Lærebok i teknisk oppbygging av sportsfly

Tor Berg og Kai Lyche
Sportsflyseksjonen
Norges Luftsportforbund

Tittel: Lærebok i oppbygging og vedlikehold av sportsfly

Av Tor Berg og Kai Lyche

Kapittel 3 er utarbeidet av Jostein Eide

Utgave 2, juli 2020

Utgitt av Sportsflyseksjonen, Norges Luftsportforbund

Inspirasjonskilder er gammelt lærestoff fra sportsfly ABC og fra kurs for besiktningsmenn. Stoffet er omarbeidet og tilrettelagt som lærestoff for å gi et bedre utgangspunkt for de som skal erverve et flygebevis og eventuelt får ansvaret for vedlikehold av eget sportsfly.

Innholdsfortegnelse

Kapittel 1 Rigging og kontroll 7
Ting å huske på. 7
Rigging. 8
Litt om vektskift sportsfly (engelsk: ”trike”) 12
Kapittel 2 Materialkunnskap i oppbygging og vedlikehold 14
Metallenes egenskaper 14
Det periodiske systemet og spenningsrekken. 14
Korrosjon 16
Metallenes egenskaper 16
Inndeling 16
Metallenes opprinnelse i naturen. 17
”The Aluminium Association’s” klassifisering av legeringer: 17
Litt mer om korrosjon 17
Rust 18
Kjemisk eller elektrokjemisk behandling mot rust og korrodering 18
Annen behandling av jern og metalloverflater. 19
Grunnmaling (primer) 19
Toppmaling (lakk) 19
Kapittel 3 Kompositttmaterialer og reparasjoner. 20
Noen viktige detaljer om hvordan en vingebjelke blir bygget 20
Byggemetode prinsippskisse: 22
Hva gjør vi når kompositttflyet vårt har fått en skade? 25
Et eksempel: 25
Anbefaling, hva kan vi best gjøre? 26
Inspeksjon av skader. Hva vi innledningsvis ser etter. 26
Sjekk av vinger 26
Leting etter delamineringer. 27
Innfestninger av hjul, motor, vinger, ror, seter, beltefester mm. 27
Kosmetiske skader: 27
Hvordan vi kan reparere kompositt skader. 27
Polyester: 27
Glasfiber / Karbonfiber: 28
Epoxy 28
Epoxyer blanding av lim og herder / bruk: 28

Epoxyer og herding: 29
Videre basis innføring i "faget": 29
Kapittel 4 Duk og Dope 30
Duk. 30
Duk typer. 30
Dope. 31
Dopetyper. 31
Bruk av dope. 31
Reparasjon av rift. 32
Kapittel 5 Bolter, skruer og nagler 33
Generelt. 33
Bolter og skruer 33
Flybolter. 33
Clevis- og øyebolt. 34
Unbraco 35
Generelt om gjenger. 35
Muttere 36
Låsemetoder på fly. 38
Splint. 38
Sikring med sikringsskiver. 39
Låseplater. 39
Fjærskiver (AN 936-Lock washer). 39
Fjærskiver. 40
Låseringer. 40
Selvlåsende mutter (Ny-Lock mutter) 40
Låsemuttere (kontra muttere). 41
Låsetråd 41
Montering av låste bolter. 43
Bruk av momentnøkkel 43
Kontroll av momentnøkkel. 44
Nagler og nagleforbindelser 45
Konvensjonelle nagler. 45
Aluminiumsnagler. 45
Blindnagler (Mye brukt i sportsfly) 45
Kapittel 6 Flyvaier (Wire) 47
Generelt. 47

Konstruksjon og bruk. 48
Forskjellige vaiertyper. 48
Inspeksjon av vaier. 48
Vaierfester. 48
Vaierklemmer 49
Nicopress og Talurit vaierklemmer 49
Låsing av strekkfisker 52
Forspenningsmåler 53
Kapittel 7 Skader på fly 54
Hvordan en bedømmer skader 54
Stopphull 54
Når skal strukturen kontrolleres? 54
Beskadigelse ved slag eller støt. 55
Skader p. g. a. overbelastning 55
Typer overbelasninger 55
Symptomer vi leter etter ved overbelastninger 56
Skader på grunn av materialtretthet. 56
Skader på grunn av korrosjon. 57
Skadenes betydning. 57
Nedsatt strukturell styrke. 57
Nedsatt funksjon. 57
Endret aerodynamisk form. 58
Innvirkning på operasjonen av flyet. 58
Typer av skader. 59
Bulker. 59
Krater. 60
Sprekker. 60
Korrosjon. 60
Vingeforkanter. 60
Kapittel 8 Det elektriske anlegget 61
Generelt 61
Kabler og isolasjonsmateriale 61
Sikringer 62
Skjøting, festing og trekking av ledere 62
Radiostøy 63
Kapittel 9 Motor vedlikehold 64

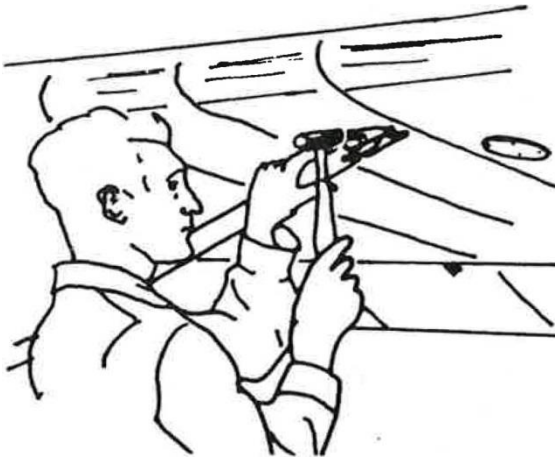
Kjølesystem 64
Luftkjøling 64
Smøresystem 66
Tenningssystemet 67
Magnettenning. 67
Elektronisk tenning. 68
Brennstoffsystemet. 69
Forgasser 71
Flymotorforgasser - Liketrykkforgasseren 72
System for forgasservarme (Forvarmning) 73
Propeller og reduksjonsgir 73
To-takstmotorer 74
Råd for bruk av to-taktsmotoren 74
PROPELLEN 75
Kapittel 10 Verktøy 76

Kapittel 1 Rigging og kontroll

I dette kapitlet skal vi gjennomgå noen av de viktige tingene ved sammen-montering. En skal benytte byggemanualen og anvisninger i flyets vedlikeholdshåndbok for kontroll av utslagsvinkler, vekter og CG beregning. Metoden for beregning av CG som framgår i figur 60, kan være noe enklere å forstå enn de som vanligvis framgår av produsentens dokumenter.

Vi skal videre diskutere prinsippene for hvorledes vingen monteres på et lite høyvinget fly. På et høyvinget fly er det normalt vingestag, mens lavvinget fly oftest har fritt bærende vinger. Det som blir forklart her er ikke ment som noen fullstendig monteringsforskrift, men skal kun orientere om de viktigste tingene i opplæringssammenheng.

Før vingen monteres må vingefestene i skroget, må beslagene på vingebjelkene, vingestagene og festene for disse kontrolleres. En skal benytte nye bolter, muttere og låsesplinter. For å få hengt opp vingen må en være flere. Når beslagene på vingebjelkene passer overens med festene i skroget skal boltene settes inn med fett og monteres med hodene fremover. Mens en av hjelperne holder i vingetuppen monteres stenderne til beslagene under vingen ved hjelp av monteringsboltene som vist i figur 1-1. En skal vente med å sette på muttere inntil all rigging er ferdig.



Figur 1-1. Montering av bolt i vingestag.

Ting å huske på.

En skal ikke sette på mutterne før alle monteringsvinkler er riktige. Stagene løftes så opp og tilpasses beslagene på skroget, og boltene settes inn. Før en kan gå videre med monteringsarbeidet må flyet settes i riggestilling, se figur 1-2. Sjekk i flygehåndboka for hvilken stilling flyet skal ha under veiing.

Merk også bakre og fremre grense for flyets tyngdepunkt (eller CG, engelsk: Center of Gravity) etter dataene i byggemanualen eller flygehåndboka. Det er livsfarlig om flyets tyngdepunkts grenser ligger utenfor produsentens anvisning.

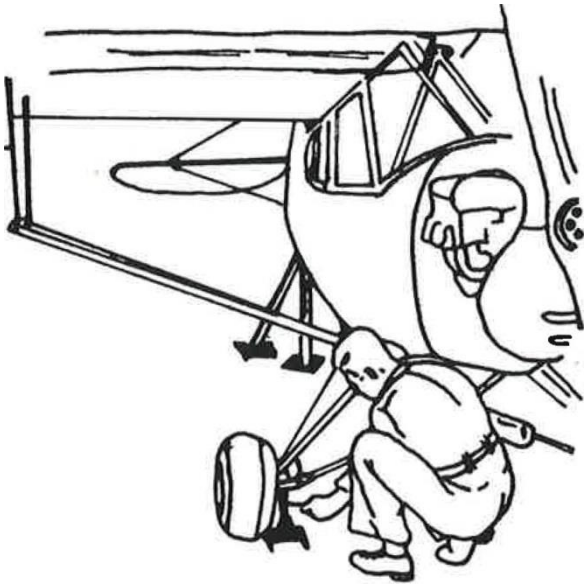


Fig. 1-2. Flyet må være i riktig riggestilling før en begynner å justere monteringsvinkel og V-form. Det brukes jekker/klosser under hjulakslene og under halen.

I flygehåndboken vil en finne opplysninger om hvorledes flyet skal stå når det er i riktig riggestilling og hvor vatringspunktene er plassert. Flyet skal vatres opp tverr- og langskips. For å gjøre det brukes vanligvis klosser som plasseres slik flyet står stabilt. En må eventuelt plassere motvekt hvis flyet vil tippe forover eller bakover.

Rigging.

For kontroll av V -form og monteringsvinkel benytter en vinkelvater. Det stilles inn på det antall grader som er oppgitt i håndboken. En måler først V-formen i figur 1-3. Hvis vingestagene har justerbare ende stykker kan både V-form og monteringsvinkelen (vinge vridning) justeres. Når v-formen er riktig skal monteringsvinkelen kontrolleres. En stiller vinkelvateret på det riktige antall grader som er oppgitt for monteringsvinkelen

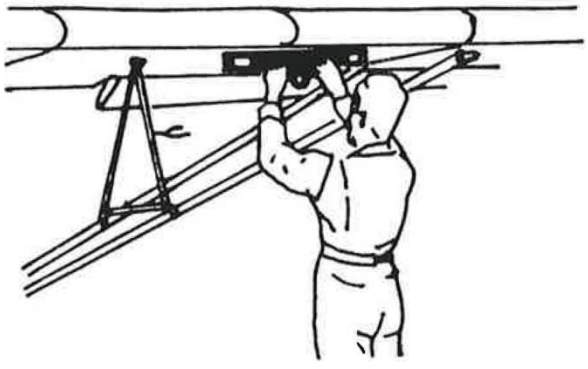


Fig. 1-3 Kontroll av V-form med vinkelvater.

Hvis vingevridningen er for stor, må en forlenge den bakre stenderen. En skal bare foreta småjusteringer om gangen. Når monteringsvinkelen er riktig, må en igjen kontrollere V formen om den skulle ha forandret seg. En bør foreta flere kontrollmålinger for å være sikker.

Når alle vinkler stemmer etter det som er oppgitt i håndboken, skal låse-mutterene trekkes til på de justerbare endestykkene på stagene. En må nøye kontrollere at de ikke er skrudd for langt ut. Flyet kan nå tas ned av klossene. Monter og trekk til alle muttere og lås dem med låsesplinter.

Det må ikke trekkes til for hardt. Bruk de momenter som er oppgitt i håndboken. En er nå kommet så langt at en kan begynne å justere støttestagene (engelsk: ”Jury”-stag), figur 1-4.

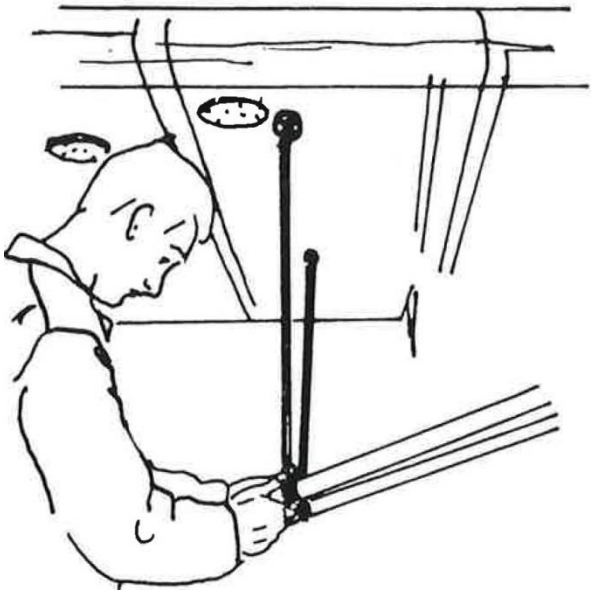


Fig.1-4. Montering av Jury-stagene. Disse må være på linje og samtidig danne rett vinkel med undersiden av vingen.

Jury-stagene skal ta opp belastninger om flyet skulle bli kastet på ryggen. De forhindrer dessuten at de lange vinge stagene begynner å vibrere i luften med mulig brudd som resultat.

Jury-stagene er festet til beslag under vingen og til klammere som er montert rundt vingestagene, eller med øyebolt gjennom staget. En må nøye påse at jury-stagene kommer på linje, og at de danner rett vinkel med vingen. Boltene i klammerne må ikke trekkes til for hardt da en kan skade stagene. (Husk at klammere må være behandlet eller av rustfritt materiale.)

En vil også finne fly som har faste stag. Det finnes løsning der monteringsvinkelen justeres ved at en har eksentriske foringer i enden av vingebjelkene. Ved å vri på disse kan en forandre monterings-vinkelen. V-formen er gitt på grunn av de faste stagene.

Enkelte sportsfly har faste stag der både V-form og vingevridning er gitt. Under monteringen må en likevel kontrollere at vinklene blir slik de er oppgitt i manualen.

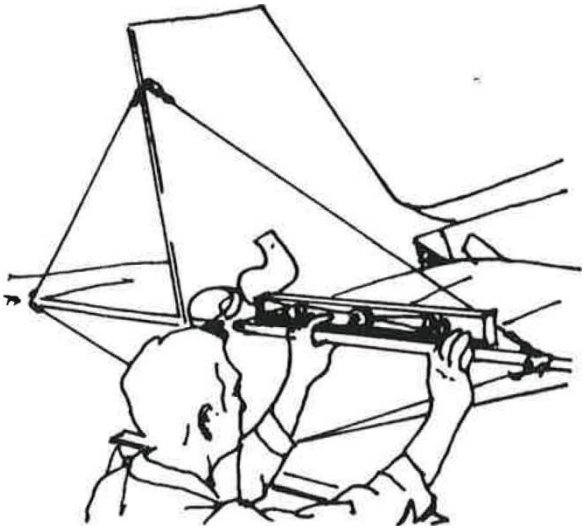


Fig. 1-5 Kontroll av horisontalflaten

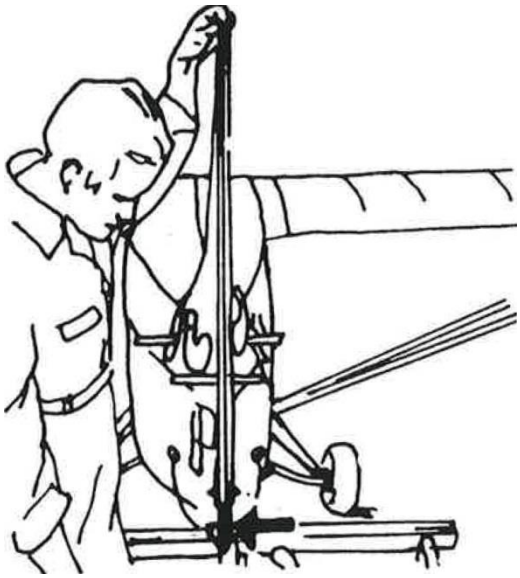


Fig. 1-6 Kontroll ved hjelp av loddesnor om styrefinnen

I flyets manual kan det være oppgitt metode for cg beregning der brannskottet eller forkant propellerboss er oppgitt som utgangspunkt. Resultatet blir det samme, men den metoden vi beskriver her kan være lettere å forstå.

Det er samme formel for beregning av CG på nesehjul og halehjulsfly. Vi summerer flyets vekt på hovedhjulene og kaller vekten H. Neste veiing er enten bakhjulet B eller forhjulet F.

L, for lengden mellom anlegget H og B(eller F), måles i senter midt mellom hovedhjulene og til senter for- eller halehjul. Sjekk i byggemanualen for hvilken stilling flyet skal ha under veiing (vanligvis flygestilling).

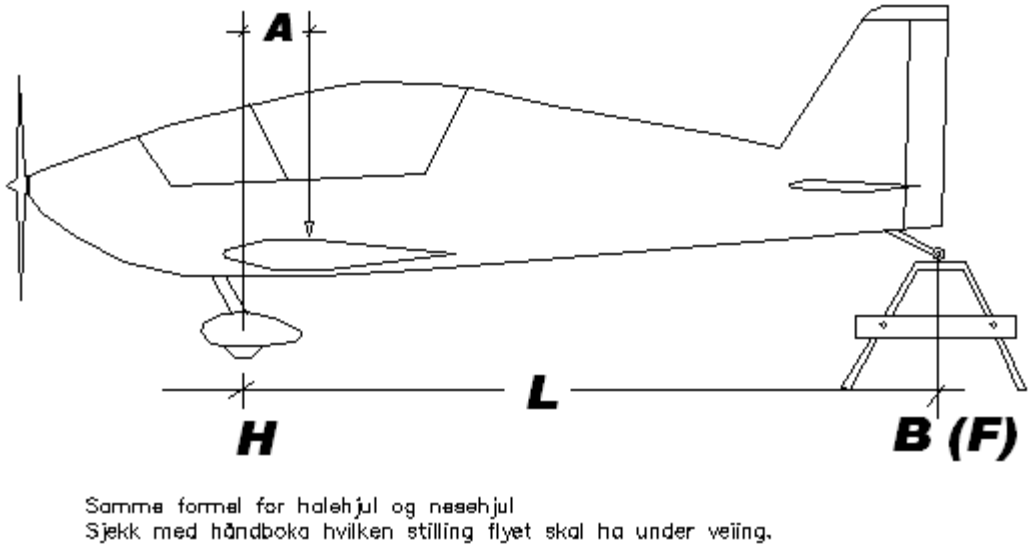


Fig. 1-7 CG beregning på fly med halehjul

$$A = \frac{\mathrm{F\ x\ L}}{\mathrm{H + F}}$$

CG ligger et antall cm (A) målt fra senter hovedhjul. Som kontroll kan det antydes at mange fly (men ikke alle!) har tyngdepunktet på eller i nærheten av vingens hovedbjelke. Kontroller flyets håndbok.

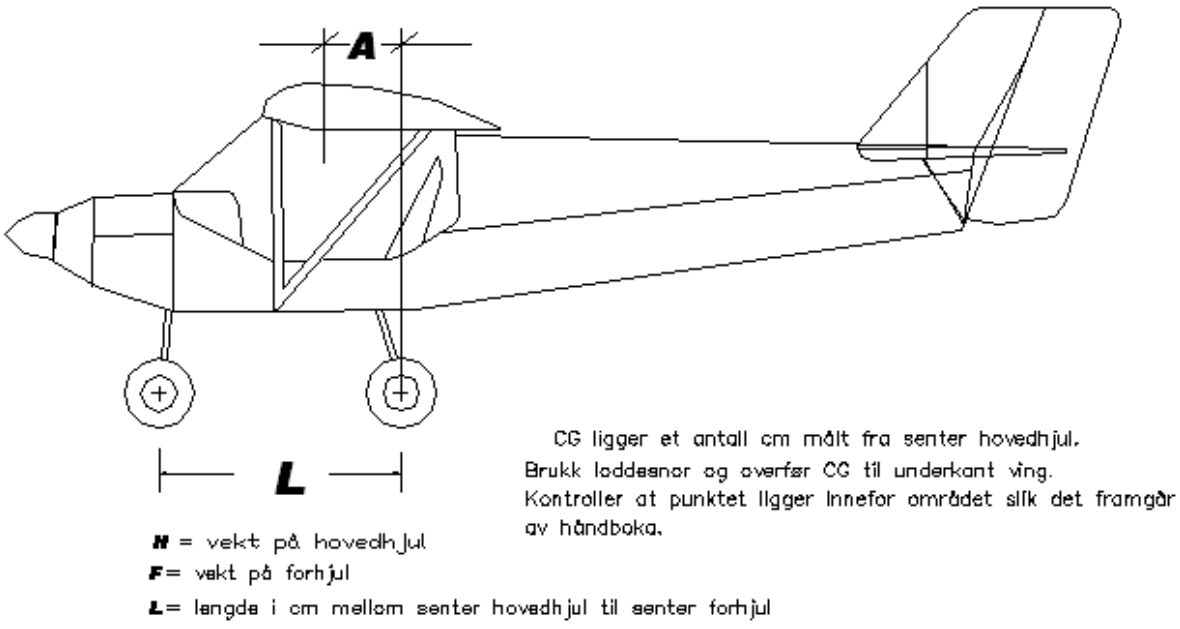


Fig. 1-8 Beregning av CG på fly med nesehjul

Bruk samme framgangsmåte som for halehjulsflyet for å finne CG. Benytt gjerne loddesnor og overfør punktet opp til underkant ving. I manualen har fabrikanten oppgitt en fremre og bakre grense, et område der CG må befinne seg for at flyet skal være i riktig balanse. Flyet

må være komplett når kontrollen foregår. Det er oppgitt om flyet kontrolleres uten vekt i setene, eller om det skal være drivstoff i tankene.

Flyet skal veies hvert 10. år og dato for neste veiing føre i loggboka på røde sider. Hvis flyet er reparert, modifisert eller fått mer utstyr kan det være krav om ny veiing og kontroll.

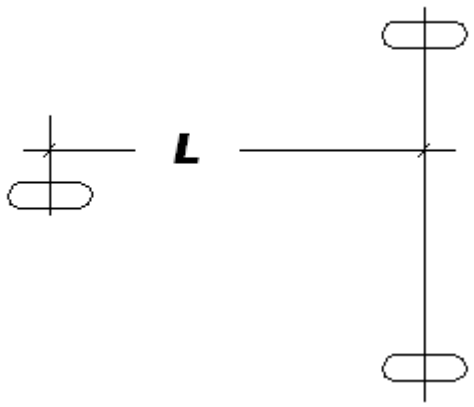


Fig. 1-6 Mål senter til senter hjul og finn L

Litt om vektskift sportsfly (engelsk: ”trike”)

Vektskift sportsfly er normalt ferdigmontert fra fabrikant. Vingen kan være av en type som skal sammenskrus, men de fleste ”trike” vinger kan demonteres med enkle grep. Det er likevel en rekke ting en må passe på.

En demontert vinge kan normalt spennes opp av en person. Vingeribber, dvs. spiler, plasseres i ferdig sydde lommer i vingetrekket. Etter at spiler er på plass skal vingen strammes opp. Selve vingebjelken i en trike vinge ligger i forkant av vingen og er festet til kjølrøret med en brakett.

Et stykke fra vingens bakkant er det via en brakett festet et delt rør vi kan kalle bommen. Ved å trekke denne bakover kjølrøret spenner vi opp vingen til riktig fasong. Strammingen foregår via wirer som er festet i bommen i strammeanordning i kjølrøret bakre del. Oppstramming går greit alene, men det er verre å montere vingen til triken uten hjelpemann.

De fleste vingene har en ”kingpost”, dvs. si et oppreist rør på vingens overside som bærer konstruksjonen opp og skal oppta negativ belastning, f. eks i hvilestilling under lagring.

For å oppta den positive belastningen er vingen staget ned til styrebøylen via wirer eller faste stag på mer moderne konstruksjoner (Med faste stag og noen tillegg i vingen kan en produsent sløyfe ”kingpost” og bærewirer).

Styrebøylen er festet i kjølrøret og holdt i stilling av flywirer frammover og bakover til kjølrøret. En rekke varianter av trikevinger gjør det vanskelig å gå mer i detalj vedrørende rigging.

Selv om duken i moderne trikevinger er god beskyttet både mot UV lys og regn, er den ikke egnet for oppbevaring utendørs. En kan også si at en oppbevaring av triken i garasjen, som

medfører nedpakking og opprigging for enhver flytur ikke er egnet i det hele tatt. For lagring trengs en hangar! Det samme gjelder for øvrig alle sportsfly, uansett hva de er laget av: en hangar er obligatorisk.

Trikens skrog er festet til vingens kjøl-rør via en brakett. Et helt fleksibelt opphengs system som kan ha fast eller justerbart oppheng dvs. vekten kan flyttes framover og øke vingen tendens til gjennom synk og dermed fartsøkning, eller bakover til en når et balansepunkt der vingen flyr alene; ”handsoff”

Alle komponenter i trike og vinge har samme kvalitet og krav til vedlikehold som øvrige sportsfly. Dagens moderne vinger gir også vektskift sportsfly hastighetsområder på linje med flere treakse sportsfly.

Kontroll og rigging av Gyro framkommer i eget dokument.

Kapittel 2 Materialkunnskap i oppbygging og vedlikehold

For oppbygging og vedlikehold av sportsfly må man ha kunnskap om materialenes egenskaper, slik som styrke og holdbarhet, og hva som fører til korrosjon. Vi skal også se litt på beskyttelse mot korrosjon, dvs. overflatebehandling.

For å kunne forstå hva som skjer hvis man bolter, nagler eller på annen måte føyer sammen en konstruksjon av forskjellige metaller som ligger langt fra hverandre i spenningsrekken, trenger man å friske opp noen grunnleggende kunnskaper.

Man må ha forståelse for hva slags prosesser som settes i gang hvis man for eksempel nagler sammen stålplater med aluminiumsnagler, eller benytter stålnagle i aluminiumsplater. I et fuktig miljø kan deler av konstruksjonen da gå i oppløsning.

Legert aluminium med betegnelsen 6061-T6 er mye benyttet i sportsfly (den samme legeringen benyttes i Douglas DC-3 ”Dakota”). Stål som vanligvis benyttes er også legert, og har betegnelsen 4130

I pensumkravene til sportsflybevis kreves kunnskap om hva som forårsaker korrosjon og rust, og kjennskap til det som framgår av de neste sidene. For mer inngående studier av emnet finnes en mengde artikler på nettet.

Metallenes egenskaper

Metall er en fellesbetegnelse for metalliske grunnstoffer eller legeringer av disse. Metaller kan ha forskjellige egenskaper. Wolfram er ekstremt hardt og har et veldig høyt smeltepunkt. I motsetning er kalium veldig mykt, kan formes med hendene, og smelter ved 63,38 grader celsius. Kvikksølv er det eneste flytende metallet ved romtemperatur. Metaller generelt gjenkjennes ofte ved den metalliske glansen og leder i ren tilstand elektrisitet og varme..

En legering er en blanding av ulike grunnstoffer som oppfører seg som et metall og inneholder minst ett, men gjerne flere ulike, metalliske grunnstoffer.

Fra gammelt av har man delt grunnstoffene i metaller og ikke-metaller. Av ca. 110 grunnstoffer er ca. 80 metaller. De forekommer i alle grupper i grunnstoffenes periodesystem med unntak av gruppe 17 og 18. Grensen mellom metaller og ikke-metaller er ikke skarp. Noen grunnstoffer, som germanium, tinn, arsen, antimon og tellur, har både metalliske og ikke-metalliske egenskaper, de er halvmetaller.

Med unntak av kvikksølv, som er flytende, er alle metaller faste, krystallinske stoffer ved alminnelig temperatur. Kvikksølv har foruten lavest smeltepunkt (–38,87° C) også lavest kokepunkt (356,58° C) blant metallene. Lave smeltepunkter har også alkalimetaller, og for øvrig tinn, vismut og bly. Høyest smelte- og kokepunkt har wolfram med 3422° C.

Det periodiske systemet og spenningsrekken.

Periodesystemet, som også kalles det periodiske systemet eller periodetabellen, er en tabell over de 118 første kjemiske grunnstoffene. I dette systemet organiserer man grunnstoffene etter atomnummer (antall protoner) slik at hydrogen, som har nummer 1, kommer først.

Deretter blir grunnstoffene delt inn i perioder etter hvilke elektronskall de har og i grupper etter hvor mange frie elektroner de har.

Grunnstoff med like mange frie elektroner har ofte svært like kjemiske egenskaper. I det periodiske systemet inngår 92 metaller og 6 halvmetaller

Edelmetallene ligger i ene enden eller på ene siden i rekkefølgen og kan kalles katode. I andre enden ligger de uedle metallene, som lettest gir og tar imot elektroner og kan kalles anode. Når flere metaller er elektrisk forbundet og ligger neddykket i en elektrolytt, så vil det minst edle metallet løses opp hurtigst.

Forskjellen kan måles som spenninger mellom metallene, og det er den effekten som danner grunnlaget for batteriers funksjon. Rekkefølgen nedenfor gjelder for oksygenfattig sjøvann, spenning i Volt. Verdiene kan variere noe, alt etter legeringen og temperaturen.

Tabell 2-1 Den galvaniske spenningsrekken.

Grad av edelhet	**Metaller**	**Spennings potensial i volt**
	Gull	+ 0,42
	Sølv	+ 0,19
	Rustfritt stål (passivt)*	+ 0,09
	Kobber	+ 0,02
	Tinn	- 0,26
	Rustfritt stål (aktivt)	- 0,29
	Bly	- 0,31
	Stål	- 0,46
	Kadmium	- 0,49
	Aluminium	- 0,51
	Forsinket stål	- 0,81
	Sink	- 0,86
	Magnesium	- 1,36
	Referanse her er oksygenfattig sjøvann – spenningen varierer med temperaturen	

* (Med et tynt oksidbelegg kan metallet bli passivt)

Hvorfor heter det spenningsrekken? Spenningsrekken viser metallene ordnet i rekkefølge etter sin evne til å gi fra seg elektroner. Her er noen metaller ordnet etter evne til å gi fra seg elektroner.

Dess lenger nede i spenningsrekka metallet står, jo lettere oksideres det (gir det fra seg elektroner). De metallene som oksideres lett, kalles uedle metaller. De som står øverst, holder seg best i metallform og kalles edle metaller. Det er en gradvis overgang mellom uedle metaller nederst og edle metaller øverst i spenningsrekka..

Gull og sølv finner vi i naturen som rene metaller. Uedle metaller som kalium, kalsium, magnesium, aluminium forekommer ikke som rene metaller i naturen. De finnes bare som ioner (oksidert form) i forbindelser med andre grunnstoffer.

Korrosjon

Korrosjon er enhver flykonstruksjons største fiende. Forståelsen av mange korrosjons-problemer bygger på kunnskapen om metallenes spenningsrekke. Vi kan også bruke spenningsrekken til å forutsi hva som vil skje hvis vi blander et metall med ionene til et annet metall. Ved reparasjon av en skade på flyet må man vite hvilke materialer som kan benyttes. Feil materialvalg kan svekke hele konstruksjonen.

Metallenes egenskaper

Både i fast og flytende tilstand har alle rene metaller en karakteristisk metallglans. De er grå eller sølvhvite med unntak av kobber som er rødbrunt, og gull som er gult. Karakteristisk for metaller er også at de er ugjennomsiktige. Selv gullblad med en tykkelse på bare 0,0001 mm, er ugjennomsiktig. De fleste metallene er seige og lar seg hamre eller valse til tynne plater og trekke ut til tynne tråder. Noen er så myke at de kan skjæres med kniv, f.eks. litium, natrium og kalium. Andre, f.eks. krom med hardhet 9, er så hardt at det risser glass.

Både i fast og flytende tilstand er metaller gode ledere for varme og elektrisitet. Sølv leder best, mangan dårligst. Konduktiviteten (evnen til å lede) avtar med stigende temperatur. Med synkende temperatur tiltar den, og i nærheten av det absolutte nullpunkt kan den bli usedvanlig stor. Mange metaller blir s. k. superledende.

Metallenes egenskaper skyldes at de såkalte ledningsevne-elektronene kan bevege seg relativt fritt i det faste krystallgitteret. Disse elektronene er i betydelig grad delokalisert, dvs. at de tilhører ikke enkeltatomer. Til disposisjon for disse elektronene står en hel rekke nærliggende energitilstander, energibånd, og innen dette kan elektronene uten større energiforbruk overføres fra én energitilstand til en annen. Man kan forestille seg krystallgitrene bygd opp av regelmessig romlig ordnede positive metall ioner neddykket i en gass av delokaliserte elektroner. Denne bindingsformen har tradisjonelt blitt kalt metallisk binding.

Inndeling

Det er vanlig å dele metallene i lettmetaller (densitet < 5 g/cm3) og tungmetaller (densitet > 5 g/cm3). Litium med densitet 0,534 g/cm3 er lettest, iridium med densitet 22,65 g/cm3 er tyngst. Videre deles metallene i edle og uedle metaller, avhengig av evnen de har til å reagere med oksygen. Edle metaller som sølv og gull oksiderer sent i luft og løses ikke i vann eller svake syrer, mens uedle metaller som natrium og kalium reagerer meget livlig under de samme forholdene. Metaller som reagerer med oksygen ved oppvarming, f.eks. kvikksølv, kalles halvedle.

Metallenes opprinnelse i naturen.
Det er bare de edle metallene vi finner i ren form i jordskorpen. Alle ikke-edle metaller opptrer naturlig som positive ioner i ulike mineraler. Mineraler der metall ionene er bundet til oksygen kaller vi metalloksider. Det er særlig disse mineralene vi bruker til metallframstilling. Det gjøres ved å skape forhold som tilfører elektroner til de positive metall ionene, slik at de går over til å bli elektrisk nøytrale metallatomer.

Metall som er mest benyttet i fly er aluminium. Ren aluminium produseres av Bauxitt ved en flertrins prosess. For å forbedre aluminiumens egenskaper blir den legert. Egenvekten på aluminium er bare en tredjedel av egenvekten på stål.

Aluminium kan bearbeides både med smiing, valsing, ekstrudering og støping. Ren aluminium og enkelte slike legeringer er svært bløte og kan lett bearbeides. Hvis den blir hard under bearbeidingen kan den bringen tilbake til 0 ved gløding. Handelsvare navn kan være Duralminium.

"The Aluminium Association's" klassifisering av legeringer:

- AA1xxx – Rent aluminium
- AA2xxx – Aluminium legert med kobber
- AA3xxx – Aluminium legert med mangan
- AA4xxx – Aluminium legert med silisium
- AA5xxx – Aluminium legert med magnesium
- AA6xxx – Aluminium legert med magnesium og silisium
- AA7xxx – Aluminium legert med sink, kobber og magnesium
- AA8xxx – Aluminium legert med litium

Med 3 eller fire siffer bak AA fortelles det om legeringen er støpbar eller kan valses osv.

I tillegg til dette, kan aluminiumslegeringer defineres videre med en bokstav- og tallkode. Denne koden angir hvilken tilstand som legeringen er i. Eksempelvis:

- 0 – Myk-glødet
- H - Herdet gjennom bearbeiding
- T – Varmebehandlet (herdet gjennom en varmebehandling), tall angir herdetilstand

6061 og 2024 er kjente navn på legeringer. Begge disse er mye brukt i flykonstruksjoner. 2024 (populært kalt "Alclad") er sterkere enn 6061, men korroderer lettere. Har legeringen tilleggsbokstaven T så er den temperaturbehandlet, f. eks 6061-T6. 6 tallet står for strekkfasthet. For utdyping av dette emnet kan du søke på nettet.

Alle aluminumslegeringer kan sveises, men enkelte kan forandre egenskapene katastrofalt i sveiseområdet. Derfor må en være "spesialist" for å utføre slikt.

Legeringene 1100, 3003, 5052 og 6061 har spesielt god sveisbarhet, mens 2017, 2024 og 7075 forandrer seg i varme, og her benyttes vanligvis bare punktsveising.

Litt mer om korrosjon
I kontakt med vår oksygenrike atmosfære, vil metallatomene lett komme til å gi fra seg elektroner til oksygen slik at det dannes et metalloksid. Dersom prosessen får fortsette vil metallet tæres vekk. Dette er korrosjon.

Heldigvis er de aller fleste metall oksid faste, dvs. det dannes en ugjennomtrengelig beskyttende hinne på metallets overflate. Denne hinnen hindrer videre korrosjon av det underliggende metallet.

Oksidene som dannes på nikkel og krom er så tynne at de er fullstendig usynlige. Overflaten bevarer derfor sin perfekte metallglans. Andre oksider er synlige, men har like fullt evnen til å verne underliggende metall mot korrosjon. Aluminium, for eksempel, får et overtrekk av aluminiumoksid, Al2O3. Dette gjør at overflaten blir noe mattere, men fortsatt glatt og fin.

Det er ikke bare oksider som kan danne en slik beskyttende overflate. Dersom sink oppbevares i tørr luft, dannes kun sinkoksid. Men dersom luften er fuktig, dannes ulike typer sinkkarbonater. Bly får i fuktig luft et mørkt grått og matt overtrekk av blyoksid som også kan inneholde blykarbonat og blysulfat. Kobber reagerer med karbondioksid og vann i lufta og danner mineralet malakitt, Cu2CO3(OH)2, et grønt mineral. Industrialderens luftforurensing fører dessuten til at kobberet også kan reagere med svovel og danne ulike kobbersulfater. Belegget som dannes kalles irr og det beskytter effektivt mot videre korrosjon.

Rust
Jern er i særklasse vår sivilisasjons viktigste metall. Men også når det gjelder korrosjon, står jern i en særstilling. Årsaken er at det produktet som dannes når jern korroderer, rust, dessverre ikke beskytter jernet mot videre korrosjon.

Vi må derfor påføre en korrosjonshindrenne hinne. Denne består som regel av en prosess i tre trinn; rensing – rushindrende middel gjerne zink, og til slutt et toppstrøk med en egnet holdbarhet mot slitasjen.

Kjemisk eller elektrokjemisk behandling mot rust og korrodering
For å beskytte materialene mot uheldig påvirkning fra miljøet kan vi etterligne og forsterke naturens egne metoder, der enkelte metall danner en oksid hinne som hindrer videre korrodering.

De fleste av disse metodene er ikke egnet for eget vedlikeholdsarbeid, da dette er prosesser i produksjonen, men det vil være hensiktsmessig å kjenne til hva som er gjort eller ikke gjort fra fabrikkantens side for å hindre eller forsinke korrosjon og rust. Vi har en rekke slike overflatebehandlinger av aluminumslegeringer og stål.

Navnet på behandlingen kan til en viss grad fortelle oss hva dette er:

- Nikkelplettering
- Kromplettering
- Kadmiering
- Kromatering
- Kjemisk behandling av aluminium, (”Alodine”-behandling)
- Eloksering.

For eksempel er eloksert aluminium lett gjenkjennelig med sin glatte overflate. En kadmiert bolt har gjerne ”gull” farge.

Når slik overflatebehandling slites av eller må gi tapt for miljøpåvirkning er det lite vi kan gjøre for å reparere skadene. Hvis utsatte deler er angrepet kan utskifting være eneste mulighet.

Annen behandling av jern og metalloverflater.

Maling er det mest brukte korrosjonsbeskyttelsesmiddelet for metaller. Vanligvis bruker en ett eller flere sjikt med organiske materialer. Malingen vil dels isolere metalloverflaten fra det korrosive miljøet, og dels ha en passiviserende virkning.

En absolutt betingelse for at et fargesjikt skal ha korrosjonsbeskyttende virkning, er at sjiktet er godt forankret til metalloverflaten. Denne forankringen kan vi bare oppnå dersom metalloverflaten er helt ren, det vil si fri for fett, olje, voks, faste partikler, kjemiske utfellinger, salt, vaskemidler, korrosjonsprodukter og andre løse, ikke-ønskelige oksider.

Grunnmaling (primer)

Den viktigste oppgaven til grunnmalingen eller primeren er å sikre et godt feste mellom metalloverflatene og malingen (lakken), og gjennom pigmentet å beskytte aktivt mot korrosjon.

Bindemiddelet i grunnmalingen kan være av flere typer, for eksempel alkyd, epoksy, polyuretan eller polyvinylbutyrat som i ets primer (”wash”-primer).

Pigmentet i de grunnmalingene som nyttes på luftfartøyer, består av forskjellige kromater, for eksempel sinkkromat eller strontiumkromat. Disse stoffene har den egenskapen at de er langsomt oppløselig i vann. Når grunnmalingen blir fuktig, oppløses en liten mengde kromat som ved kontakt med metalloverflaten passiviserer denne, og dermed øker korrosjonsbeskyttelsen. I sure miljøer er kromatene ikke så effektive.

En spesiell type grunnmaling er ets-primeren eller heftprimeren (wash-primer, FCR-primer). Den er en mellomting mellom korrosjons- beskyttelsesmaling og fosfateringsløsning. FCR-primer er spesielt framstilt for å beskytte mot filigranskorrosjon (FCR: filiform corrosion resistant).

Ets primeren er ikke spesielt kjemikaliebestandig, og tåler f. eks ikke hydraulikkolje eller bremseveske. Den tåler heller ikke vann i lengre tid, og bør derfor alltid dekkes av andre grunnmalinger eller toppstrøk.

Ets primeren er utviklet for bruk på rene metalloverflater. Dersom den brukes oppå gammel farge, plast eller Alodine- behandlet aluminium, kan ikke fosforsyren etse fargen så godt inn i overflaten, og grunnmalingen får dårligere feste.

Toppmaling (lakk)

Etter at metalloverflaten er fullstendig rengjort påføres grunningen. Deretter påføres toppmalingen som har til oppgave å beskytte grunnmalingen mot påvirkning fra miljøet, slitasje og annen mekanisk påvirkning samt mot kjemikalier og smuss.

Husk at vidunder metoder som beskriver ruststopper, grunning og toppstrøk i ett, bare er egnet på gamle biler. Lakkering av overflater trukket med duk, er beskrevet i kapitlet Duk og Dope.

Kapittel 3 Kompositttmaterialer og reparasjoner.

Litt generell informasjon om kompositt, flybygging og teknologi. Vinge og vingebjelke konstruksjon og typisk byggemetode. Grunnfunksjon av bjelke og vingeskall. Hva er oppgaven til bjelken og hva er oppgaven til vingeskallet.

Fig. 3-1 Bøying av vingen. Bjelken tar opp ca 90% av lasten. (Bilder og illustrasjoner fra DG, AS, NAAS)

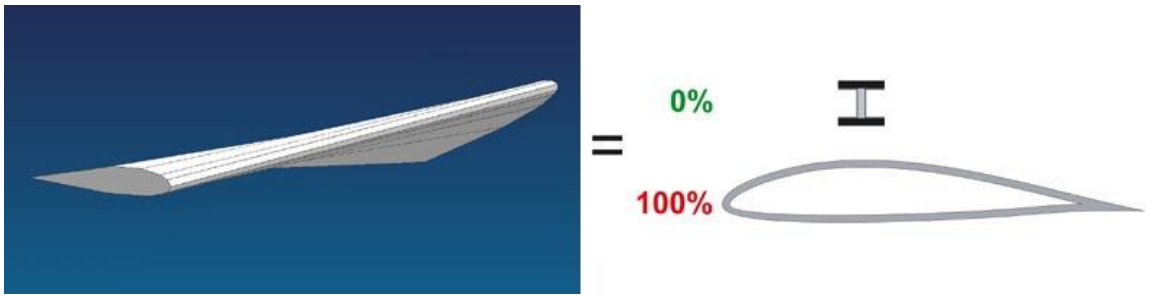


Fig. 3-2 Vridning av vingen, torsjon. Bjelken har i prinsippet intet bidrag. Imidlertid er det viktig at vingeskallet er helt og uten skader.

Torsjonskreftene på en vinge er betydelig. For et typisk sportsfly i ca 200 km/h er det torsjonskrefter fra vingen som belaster vingefester med gjerne 3000 N (~300 kg).

Noen viktige detaljer om hvordan en vingebjelke blir bygget
Hvordan og hvorfor en vingebjelke blir bygget slik som den blir. For dagens kompositttvinger blir bøyekreftene stort sett absorbert av bjelken. Da spesielt av bjelkeflensene, dvs toppen og bunnen av bjelken.

Ser vi for oss en bøyebelastning oppover på vingen får vi en kompresjon i toppen av bjelken og et strekk i bunnen av bjelken. For å kompensere for dette prøver bjelkeflensene å bevege seg mot senterlinjen av bjelken. Dette blir hindret av bjelkelivet og det oppstår kompresjonskrefter i bjelkelivet.

I tillegg vil bjelken under last forsøke å vri seg sidelengs, legge seg over på siden, vrenge seg flat, i et forsøk på å unnslippe belastningen. Dette blir hindret av at bjelken er fastlimt i vingeskallet og av bjelkelivet. Kreftene som oppstår i bjelkelivet er da kompresjonskrefter og diagonalkrefter.

Det totale belastningsbildet er ganske komplekst. De største belastningen vi utsetter sportsflyene våre for er vanligvis turbulens (gust load). Harde opptrekk er også belastende, men her bestemmer vi mer selv hva vi gjør. Det gjør vi for så vidt også når det gjelder turbulens.

Holder vi oss innenfor Va, maks manøvreringsfart, er der i prinsippet ingen fare for overbelastning. Farten er ikke stor nok til at noen manøver eller turbulens kan over overbelaste flyet. Flyet staller før overbelastningsgrensen nås. Imidlertid flyr en fortere enn Va, opp mot VNE er der betydelig fare på ferde.

Turbulens kan komme som julekvelden på kjerringa, og nå er den hardtslående. Eks. Økes flyfarten fra 200 til 300 km/h øker mulig belastning som kan oppstå med 225 %. Virkelig noe å tenke over hvis en har tenkt å legge ut på tur i høye hastigheter.

Denne korte beskrivelsen av vingelaster forklarer hvorfor vingebjelke oppbygging og liming er svært viktig. Denne limingsprosessen er ytterligere komplisert av det faktum at en må gjøre blindliminger uten muligheter for etter kontroll av høybelastningsdeler når en vinge skal sammenføyes.

Designere har muligheten for alternative løsninger og plassering av denne blindlim skjøten. Basert på en vanlig bjelke design har vi 4 forskjellige alternativer, se figur 3-3.

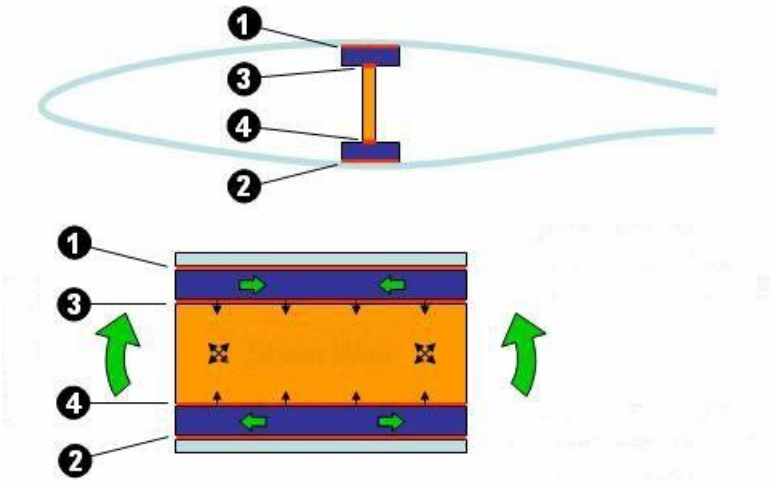


Fig. 3-3 Fire alternativer for liming av en kompositttvinge

1. Mellom toppen av bjelken og vingeskallet.
2. Mellom bunnen av bjelken og vingeskallet.
3. Mellom øvre delen av bjelken og bjelkelivet
4. Mellom nedre delen av bjelken og bjelkelivet.

Alternativ 1 og 2 gir oss muligheten til å bygge vingebjelken separat og så lime den inn i vingeskallet, noe som kan være svært praktisk.

Under normale belastninger vil imidlertid alternativ 1 plassering av blindlimingen ha visse svakheter / være mer kritisk. Dette fordi at ved harde belastninger når vingen bøyer seg oppover, kommer øvre vingeskallet og øvre del av bjelken i kompresjon. Dette er krefter som

da vil forsøke å delaminere øvre vingeskallet fra bjelken. Kompresjons induserte skrukker eller buklinger som introduserer rivkrefter i limskjøten. Derfor vil det ikke være bra å ha en blindlimskjøt som ikke kan kontrolleres her.

Alternativ 2 plassering av blindlimskjøten gir langt bedre arbeidsforhold for limskjøten da en her er i en strekkbelastnings situasjon når vingen belastes oppover.

Her blir limflatene presset mot hverandre når vingen bøyes oppover, og det oppstår rene skjærkrefter. Det kunne vel i prinsippet ha hengt i sammen på et vis uten lim.

Alternativ 3 og 4. Dette blir blindliminger som må gjøres samtidig med lukking/sammen-limingen av vingen. Fordelen med dette er at en får gjort svært gode limforbindelser mellom vingeskall og bjelkeflensene under kontrollerbare forhold.

Vanskeligheten ligger i at en må produsere nøyaktig bjelkeliv. Men siden disse lim-forbindelsene blir utsatt for kompresjon og skjærkrefter blir de ganske tilgivende ovenfor fabrikasjonstoleranser. På denne bakgrunn av ovenstående brukes ofte blindlimingsalternativ nr 4.

Byggemetode prinsippskisse:

Når vingeskall og bjelke er laget skjer den endelige sammenlimingen i prinsippet slik de tre skissene viser.

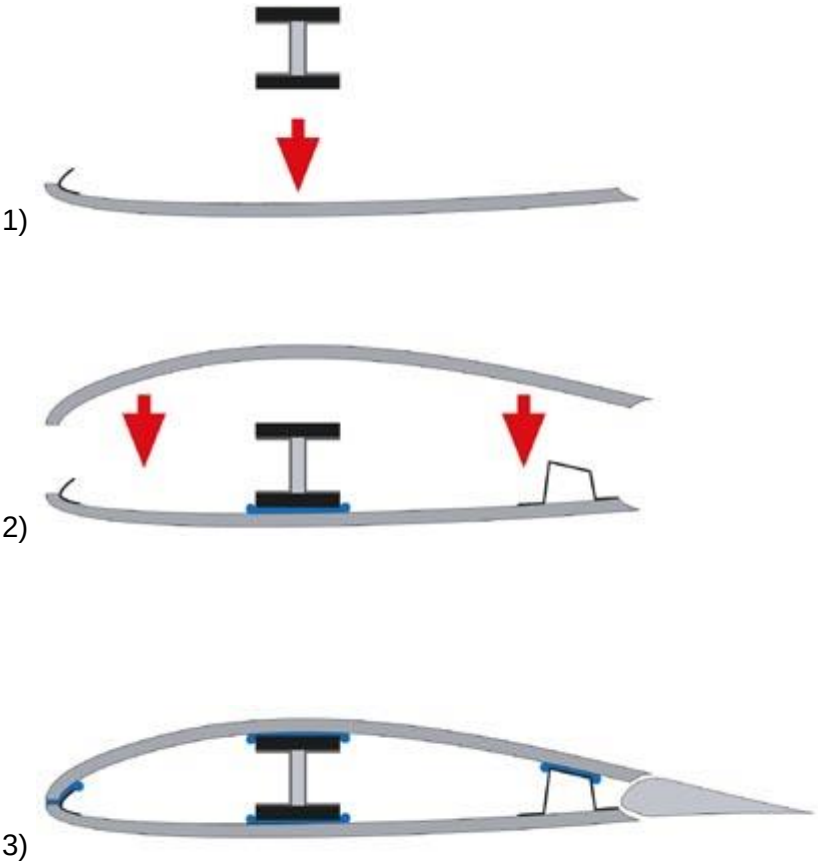
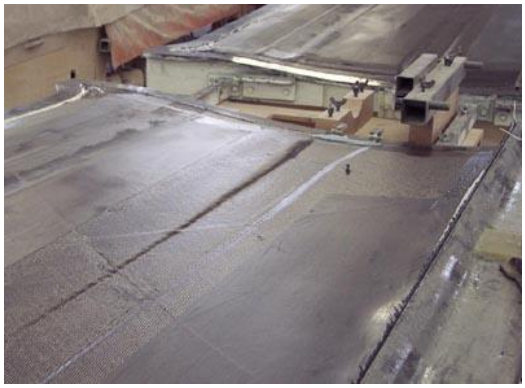
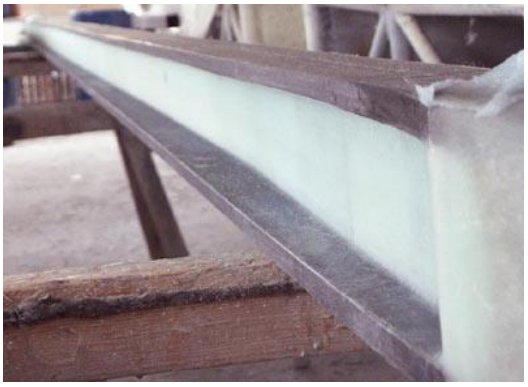


Fig. 3-4 Rekkefølgen på sammenlimingen

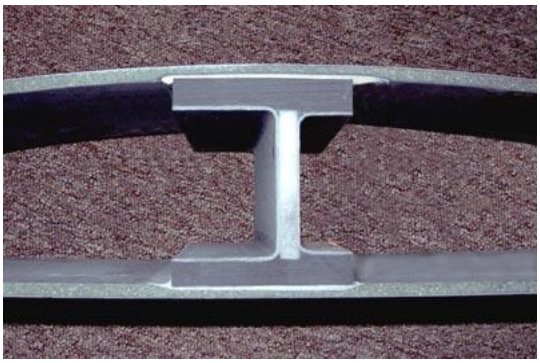
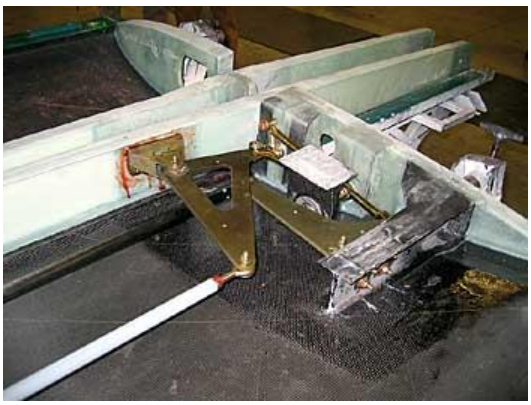



Fig 3-5 Noen bilder som viser i praksis hvordan det kan gjøres

Fig 3-6 Liming av større deler

Hva gjør vi når kompositttflyet vårt har fått en skade?

Som et ledd i vårt kontinuerlige arbeid med å videreutdanne våre, piloter, instruktører og våre tekniske besiktingsmenn har TK utarbeidet dette dokumentet som en generell informasjon til alle. Mange av oss kan mye om dette emnet allerede, er så seriøse, at en gjerne kan si at en er fullt på høyde med det best.

Det vi imidlertid trenger å gjøre er at en gjennom våre dokumenterte systemer og rutiner for mer å synliggjøre dette ved kurs og seminarer etc. slik at samtlige av oss får et basis kunnskapsnivå. Dermed kan en bedre vurdere både synlige småskader og mer ”usynlige” skader og eventuelle reparasjoner av disse. Og tilfeller der du kan ha utsatt flyet ditt for uheldige belastninger, som en med en slik basiskunnskap om kompositttkonstruksjoner vil oppfatte situasjonen slik at en tilkaller fagekspertise for nærmere vurderinger og eventuelle reparasjoner.

Ja, som så mye annet så ønsker vi å reparere alle skader på beste og billigste måte så snart som mulig. Som så mye annet så ønsker mange av oss nevenyttige, ”kan alt”, personene selvfølgelig å gjøre reparasjonene selv. Da blir det både ”best”?, ”billigst”? og snarest mulig.

For å ta ovenstående resonnement og tankerekke et steg videre så kan nok dette være sant i mange tilfeller. Dette fordi mange av de tingene vi gir oss i kast med er ting vi har gjort mange ganger før. Det er videre og som oftest lett å se / kontrollere at det / den reparasjonen vi har gjort er tilfredsstillende. Men hva om det er aller første gang i livet du skal gjøre ett eller annet? Ville du da som et slikt førstetilfelle eksperiment velge å reparere en skade på et kompositttfly?

Et eksempel:
Hvis det var første gang i livet du f.eks. skulle borre et hull i en aluminiumplate ville du bruke flyet ditt som prøveklut? Neppe, det ville nesten garantert gå galt både en og flere ganger før du fikk hullet akkurat slik du skulle, og der du skulle ha det. Nå er det slik at de fleste av oss har boret hull både her og der gjennom et langt liv så derfor virker det verken spesielt skremmende eller særlig komplisert og få gjort dette, materialene er også kjente osv. Og ikke minst, det er så veldig enkelt å kontrollere at det du har gjort er ok etter utført jobb.

Tenk deg nå at du står med en skade på et kompositttfly. Du står da veldig mye oftere i en situasjon som følger: Du har aldri før i livet jobbet med kompositt materialer og prosesser. Ville du bruke kompositttflyet ditt som prøveklut ? Neppe, det ville nesten garantert gå galt (både en og flere ganger). OBS. Nå blir det som med hullboringen: Du har bare en mulighet, det blir ikke noen flere ganger eller forsøk. Det du gjør blir vondt verre og den beskjedne skaden du hadde blir til en større skade / reparasjon. Her ligger også en annen vesentlig forskjell:

At du fikk hullet på rett plass er lett å kontrollere. En kompositttreparasjon som er feilaktig utført er det imidlertid vanskelig å kontrollere kvaliteten på uten at en må rive det i stykker igjen, og da har en som sagt gjerne laget seg en større skade. Derfor MÅ kvaliteten på kompositttreparasjoner være innebygget i, og grunnlagt i kunnskap om, materialene og de nødvendige prosesser som må til, slik at alt blir gjort rett fra innledende forberedelser til siste finish.

Anbefaling, hva kan vi best gjøre?
Som en oppsummering og konklusjon på dette kan en på generelt grunnlag si at en som hovedregel bør overlate til fagfolk å reparere og vurdere skader tilløp til skader på kompositttkonstruksjoner, med mindre en har dette faget i fingra.

Videre kan vi heller ikke sende alt mulig av bagateller tilbake til de respektive fabrikanter. Vi erfarer da at for de aller fleste tilfeller så vil frakt og forsikringskostnadene langt overstige den egentlige reparasjonskostnaden. Likedan må vi også ta i betraktning at en slik forsendelse kan medføre transportskader. Da er en liksom like langt og mye verre. Konkret eks: Frakt for en kompositttvinge Tsjekkia-Norge TR kan koste ca. 30-40000,- kroner pluss moms.

Hvis vi refererer oss til vårt eget miljø så kan vi nevne at bla. Nordic Aircraft AS i Kinsarvik De har velvillig gitt oss lov til å bruke deres reparasjonsmanual til internt bruk for sportsflyseksjonens opplæringsarbeid. Denne manualen gir en fin beskrivelse og innføring i hva og hvor vi kan utføre reparasjoner selv, samt hvor en kan gjøre sine egne ting, og hvor på flyet en absolutt bør unngå å gjøre ting selv.

Nordic Aircraft AS har alt som trengs av knowhow, lokaler med varmeboks, vakuum-eringsutstyr, veieutstyr og materialer for de fleste reparasjoner. Det en evt. ikke har kan lett skaffes da leverandørkanalene er åpne. Det er mye enklere å ta med tingene til Kinsarvik enn til det store utland. Der kan de skadede delene, vinge, flykropp eller hva det måtte være bli vurdert og reparert forskriftsmessig. Vi regner med at de respektive kompositttfly fabrikanter minst gir ut reparasjonsunderlag på høyde med, eller langt bedre, enn vedlagt eksempel på en reparasjonsmanual. I eventuelle tilfeller så får en forhåpentlig det underlaget som trengs slik som en får for seilfly.

Inspeksjon av skader. Hva vi innledningsvis ser etter.

Sjekk av vinger.
En må innledningsvis si at dette ikke er noen enkel taktikk som gir noen entydige eller klare svar, - bare indikasjoner og hint. Det vil være et ledd i en rekke undersøkelser som samlet sett kan føre til konklusjoner. Her kreves øvelse i trouble shooting, tolkninger, vurderinger av de signalene en får.

Resonans svingetall for vinger. Dette vil endre seg i tilfelle vingen har fått en indre skade / delaminering. Høyre vinge vil ikke svinge i takt med venstre etc. Fabrikanter oppgir hvilke ca. svingetall vingen til en flytype har. Her er litt ± så derfor kan det være lurt at du finner ut hvilke svingetall din vinge har. På seilflyvinger, lange og tunge er dette svært lett å finne ut. Flyet skal stå på hjulet med rett lufttrykk. Man tar enkelt tak i vingetippen og rister med det som er den naturlige takten vingen inntar. Så teller man svingningene over en viss tid. En får da f.eks. 150 svingninger pr. minutt.

Knirkelyder ol. fra vingen når den belastes / bøyes / ”ristes”? Forutsetning; det må være stille der du forsøker å finne ut noe om dette. Det skal ikke være noen lyder / knirkelyder ol. fra en kompositttvinge når ror og annen leamikk er eliminert. Her må det bemerkes at det er slett ikke gitt at kompositt knirker i eventuelle delamineringer ol. Så om du ikke skulle høre noe så er ikke det egentlig noe entydig tegn på at alt skulle være ok. Men det kan oppstå knirkelyder, knepplyder, buklelyder, subbelyder i en skadet kompositttvinge.

Nærmere lokalisering av evt. lyder kan f.eks. gjøres ved bruk av kontaktmikrofoner, -slike som mekanikere bruker til å lytte på lagre, girkasser, motorer osv.

Leting etter delamineringer.
En kan bruke en kraftig lyskilde og ser da på lysgjennomtrengningen. Dette kan brukes der en ikke har tykke sandwichlaminater eller Karbon. Det vil som regel opptre skygger og ikke så klar lysgjennomtrengning der hvor det er delaminering ol. Lysgjennomtrengning i moderne skrog, spes cockpitområder, vingeenderibber etc er oftest effektivt blokkert av kosmetikk, lystett overflatefinish. Den må evt. bort før en kan se noe som helst.

Banking / knakking med fingre eller annet passende verktøy. Her lytter en etter lydforandringer. Normallyden er vanligvis en død stum lyd. Der hvor en måtte ha delamineringer kommer der ofte ekstralyder, noe ala ”dobbelt klikk”, -vanskelig å beskriver, men ofte lett å høre og lett å forstå. Dette er kanskje noe av det mest effektive vi kan gjøre i mange sammenhenger. Selvfølgelig, erfaring og rutiner hjelper mye. Ta kontakt med andre / hjelp hverandre.

Delamineringer er ingen absolutt vitenskap og ikke enkelt. En kan lett overse delamineringer, - de avslører seg ikke. En må evt. gå hardere til verks, dvs. bryte ting i stykker, lage seg direkte innsyn, overbelaste osv.

Innfestninger av hjul, motor, vinger, ror, seter, beltefester mm.
Her vil det være viktig å se etter både små detaljer og større tegn på skader. Kan nevne bla. Innstøpte belastningsbærende styrepinner hylser som har flyttet seg. ”Hvite” kanter rundt innstøpte bolter og fittings. Spant og lasker som har løsnet / delaminert spesielt i og rundt lastknutepunkter. I slike tilfeller blir det gjerne mer hvitaktig inn i laminatet en hva omgivelsene er.

Markerte sprekker / krakeleringer i gelcoaten / lakken som ligger i mønster, mer systematisk mønster enn som ved vanlig krakelering pga varme / kulde / tidspåvirkning. Slike mønstre kan tyde på inntrykninger / stukninger der underlaget har gitt etter / blitt overbelastet.

(Gelcoat krakelerer mest ved ekstrem kulde. Dette fordi den krymper langt mer ved kulde enn epoxyunderlaget den sitter på. Den blir også hardere og sprøere i kulde.)

Kosmetiske skader:
Små inntrykninger i sandwich flater der kjernematerialet er Divinycell, Rochacell ol. kan fås ut igjen i noen grad eller tilnærmet helt ved bruk av varme, varmluftblåser, strykejern ol. Dette går ikke om kjernematerialet er Nomex ol.

Hvordan vi kan reparere kompositt skader.

Her kan vi innledningsvis nevne helt elementære retningslinjer som må følges.

Polyester:
Egner seg ikke til flybygging eller reparasjoner på flydeler. Polyester er et mer sprøtt materiale og krymper adskillig mer ved herding en epoxy. Bruk derfor alltid epoxy som anbefalt av fabrikanten. Epoxy er seigere om mer motstandsdyktig mot vibrasjoner.

Glasfiber / Karbonfiber:
Den rovingen / matter som båtbygger bruker skal ikke inn i noe flymaskin. Det som en båtbygger bruker i sammen med polyester kan ikke brukes sammen med epoxy. De går ikke i sammen. Det som holder disse mattene i sammen er et limstoff /guffe som polyesteren klarer å løse opp og ta opp i seg selv. Epoxy løser ikke opp dette bindestoffet og det hele blir hva en kan kalle en ”løsmasse”. Dette sagt i tilfelle noen kunne tenke seg å bruke båt-roving og epoxy til å reparere båten sin.

Glasfiber til flybruk er i all hovedsak vevde duker (ikke matter) som ser ut som den fineste silke. Det brukes enkelte steder også roving, da for epoxy bruk, som f.eks. til å bygge tykkelse og crash-styrke i front og bunn av f.eks. seilfly. Men alltid i sammen med duker av f.eks. glasfiber, aramid, carbon.

Flyfabrikantene angir hvilke type duker, antall, rekkefølge, tykkelser, kvaliteter, leggeretning mm. som er brukt hvor på flyet, og dette må følges ved eventuelle reparasjoner.

Epoxy.
Bruk ikke hvilke som helst epoxy, eksempelvis Standard eller Rapid Araldit som en kjøper i nærmeste butikk. Vest System for båter er et annet produkt som oftest vil gjøre vondt verre. Her skal brukes epoxy som er godkjent til flybruk, og som er kompatibel. Bruk fortrinnsvis samme type som flyet er bygget av. Dette er ikke noe absolutt, mange flygodkjente epoxyer går godt i sammen. Det er nevnt to epoxyer i ” Manualen” her, MGS L 285 og Ciba LY 5052.

Cibaen er kanskje noe av den aller sterkeste epoxyen tilgjengelig. Den er sterkt etsende, skader hender på sikt selv gjennom Nitril hansker. Ciba i herdet form får en noe dårlig vedheft om en bruker MGS mot denne. Omvendt, om en har herdet MGS og går på med Ciba holder det som bare det. MGS L 285 er usedvanlig snill mot hud og hender.

Epoxyer blanding av lim og herder / bruk:
Epoxy blandes med fordel basert på vekt. Vekt alternativt volum blandingsforholdet er ikke det samme. De fleste fabrikanter oppgir begge. Blandingsforholdet er kritisk, dvs en må være MEST MULIG nøyaktig. En fabrikant sier bedre enn 0,5 %. Erfaringsmessig er ikke dette godt nok. I praksis for best resultat: Bruk en god vekt, bruk for eksempel plast drikkekopper, ikke papp da de avgir voks og lignende.

For å oppnå en presis blanding er det vanskelig å få dette til med kvanta mindre enn ca 100 gram lim. Sette koppen på vekta null vekta. Fyll på ønsket mengde lim uten å søle på kanter. Noter med vekt eks 87, 46 gram. Dette tallet ganges så med blandingsforholdet, eks, 1,38. En får da her 120,695 gram. Fyll nå på med herder til vekta viser dette tallet. Igjen ikke søl. En har nå ”rett” blanding. Nå må ALL lim og herder blandes godt, vel og lenge. Blandingen er først matt og uhomogen. Den blir etter hvert blank / klar og viskositeten går ned. Nå er blandingen klar til bruk.

Fabrikanter oppgir Pot Life. Det er i prinsippet hvor lenge blandingen er bearbeidbar. Det er ikke hvor lenge den kan stå i koppen og fortsatt være brukbar. Selv om pot life kan være eks 6 timer ved 20° C er en blanding brukbar kanskje ca. en time. En merker det fort at viskositeten øker, blandingen fukter glasfiberen ganske mye saktere. Har en noe som vil ta lang tid å bli ferdig med kan en med fordel jobbe ved for eksempel lavere temperatur, 15 til 17° C. Men igjen, det vil gå tregere å fukte glasfiberen da viskositeten øker, limen blir mer

tyktflytende, og det merkes godt ved for eksempel 15° C. Det fungerer å jobbe med epoxyer ved lavere temperaturer. Herdeprosessen går betydelig langsommere.

Som en vil forstå av dette så må en ved større arbeider ikke lage store blandinger. I praksis vil det ikke fungere noe særlig om blandingen er over ca. 500 gram. Da skal en i tilfelle ha store arbeider og ha muligheten til å jobbe raskt. 100 til 200 gram synes greit i de fleste tilfeller.

Rør om blandinger ofte. Dette bremser noe på herdeprosessen, samt at det reduserer egenoppvarming. En litt større blanding som for stå i fred ender fort opp med egenoppvarming. Dette kan bli så varmt at det kan ta fyr, det vil boble / koke, smelte plastkoppen.

Epoxyer og herding:
Epoxyer brukt til fly og produksjon slik vi her diskuterer herdes i to trinn. Ved romtemperatur, 18 til 25° C, (minst 12 timer til uker og år) og ved en høyere temperatur, 50 til 80° C, 24-50 timer. Denne prosessen MÅ følges. Styrken / kvaliteten til herdet epoxy øker radikalt ved høytemp herdingen. Epoxyen endrer seg fra å være noe ”plastikkaktig” til noe som blir hardt glassaktig etter høytemp herdingen.

Videre basis innføring i ”faget”:

For å gi en basis innføring / beskrivelse av hva og hvordan vi kan vurdere og reparer kompositt skader kan det være nyttig f.eks. å ta utgangspunkt i dette eksemplet på en reparasjonsmanual. Her er det bla. beskrevet noe om hvor på flyet en kan gjøre visse reparasjoner selv, og hvor en absolutt ikke skal forsøke seg på å reparere.

Et underlag på linje med hva denne manualen viser må vi vanligvis ha tilgjengelig hvis vi skal gå i gang med reparasjoner av kompositttflyet vårt.

Reparasjonsmanualen er vist i sin helhet i vedlegg 1 for å illustrere hvordan et slikt komplett dokument bør se ut, og hvilke kvalitetsnivå et slikt dokument bør ha.

Vedlegg 1: Reparasjonsmanual for kompositttmaterialer

Kapittel 4 Duk og Dope

Duk.
I de tilfeller der hele, eller deler av flyet er trukket med duk, skilles mellom to hovedtyper: det er sydd en ferdig' konvolutt' som blir spent over et rammeverk, eller duken blir festet til et rammeverk med lim eller liknende, og så strammet opp ved hjelp av varme.

I moderne trike vinger er duken vanligvis spesialtilvirket og ferdigbehandlet med UV-beskyttelse, samt at farger og forsterkninger er innvevd. Den er alltid ferdig tilsydd i den fasongen den skal ha. På samme måten er vingetrekk ferdig tilsydd til en rekke av sportsflyene som finnes i dag. Får man en større skade på et slikt ferdig tilsydd trekk er det vanskelig å få sydd inn et stykke uten spesialkunnskap. En seilmaker kan dette faget, og vil kunne reparere uten å få endringer i fasongen. Dacron "seilduk" er det mest vanlige stoffet til slike ferdig sydde trekk.

Slike trekk må ikke dopes, males, lakkeres eller på annen måte påføres forsegling! Hvis trekke har falmet, er det en veldig dårlig ide å overlakkere. Fargen kommer kanskje tilbake, men trekker er svekket. Vektøkningen er dessuten betraktelig, da Dacron vanskelig lar seg mette. Det finnes eksempel på lakkering av slik duk som holdt i fire måneder etter behandling. Overflatens evne til å tåle UV lys har blitt endret av lakkeringen.

Det er kun duk som leveres på rull for tilpassing og liming direkte på konstruksjonen, "Ceconite", som skal varmestrammes, primes med UV-sperre og til slutt lakkeres. Leverandøren av duk har også et utvalg egnete produkter som benyttes til finish. Følg bruksanvisningen.

"Gammeldags" duk trekking av fly eller kontrollflater blir mindre brukt i større fly, men i både seilfly, sportsfly og enkelte eksperimentfly er duk trekking aktuelt ved både restaurering og vedlikehold, og ved sammenstilling av nye monteringssett

Duk typer.
De eldre bomull og lin typene brukes nå bare til restaureringsarbeid, mens kunststoffer av polyester eller dacron er helt dominerende på nytt materiell. Årsaken er den raske nedbrytningen av de eldre typene."Ceconite" er et handelsnavn vi vil finne når det gjelder nyere typer, og produktet leveres i flere styrkegrader.

Det finnes dessuten spesielle moderne duk typer med innvevd "ripstop" og pålagt vanntett overflate, som benyttes i ferdigsydde betrekninger uten tilleggsbehandling. Som nevnt ovenfor, har de ofte strammeløsning som ligner på skolisser.

For at en duk trukket konstruksjon skal tåle sollys må den behandles ved at den påføres en UV-stopper. Det benyttes UV-stoppere med aluminium eller sølv, men i dag kan en også kjøpe dop systemer som stenger ute UV-lys med kjemiske remedier.

Hvis en Dacron trukket konstruksjon er beskyttet mot sollys kan den ha en svært lang levetid, men styrken må likevel kontrolleres jevnlig som en del av flyets vedlikehold. Profesjonelt benyttes vanligvis en såkalt punsj test med en " Maule tester".

For å få en oversikt over dukens kvalitet, kan det ofte være enklere å bruke en finger med den andre handa som mottrykk, alternativt knoken på langfingeren. Hvis det knaser og det blir stående igjen en bulk i duken etter fingeren, er det grunn til å tro at duken er svekket. Både duk og eventuell preparering skal være så elastisk at alt er gått tilbake til tidligere tilstand etter senest et par minutter.

Dope.

Som nevnt tidligere strammes moderne duk av ”Ceconite” typen ved hjelp av varme. Etter at den er strammet, påføres den en primer som inneholder en UV-sperre, før den påføres lakk. I og med at duken er fleksibel, uansett hvor stram den er, må lakken iblandes en mykner, opptil ca 30 %, ellers vil den flakke av etter kort tid.

Tidligere var det umulig å benytte duk på fly uten å dope den, for etter doping blir duken:

1. Stram
2. Sterk
3. Olje og vanntett
4. Glatt

Fordi varmespenning er relativt nytt, finnes det fremdeles flere sportsfly av eldre type på norsk register med duk av kunststoff, som likevel er dopet

Dopetyper.

En skiller mellom to hovedtyper.

- Cellulose dope (Acetat og Nitrat)
- Syntetisk dope

En må holde disse typene nøye fra hverandre.

Cellulose dopen er mest brukt på fly, den fordamper lett og er svært ildsfarlig. Den er giftig, og det er nødvendig med godt avtrekk i rommet hvor den brukes.

Merk

Bruk friskluftmaske ved dop arbeider og dop ikke i rom som ikke har mekanisk avtrekk. Dop gjør luften i et rom eksplosiv.

Bruk av dope.

Cellulosedope må aldri legges på underlag av syntetisk dope eller lakk, da overflaten etter hvert vil begynne og ‘'koke". Syntetisk dope utenpå cellulosedope er tillatt.

Fortylningsvæske for dope må brukes på riktig måte. Cellulose tynner eller Lynol for cellulose dope. Syntetisk terpentin for syntetisk dope.

Merk

Det er bare tillatt å bruke cellulosedope på duk og treverk i fly. Dope legges gjerne på med kost eller sprøytepistol. Gjør malerutstyret rent etter bruk.

Som vi ser av advarsler og anvisninger vedrørende bruk av dope, er dette ingen jobb for nybegynnere. Følg uansett fabrikantens anvisninger

I enkelte konstruksjoner er det helt nødvendig med bedre feste for duken enn bare å lime rett på f. eks vingeribbene.

Vi har da flere alternative løsninger for å feste duken:

- Festet til ribbene med gjennomgående sting.
- Festet til ribbene ved løkker rundt ribbelistene.
- Festet ved at en metalltråd blir tredd gjennom små ører med hull.
- Duken er festet med trelist (på skrog).

Forsterkningsbånd er av sterkere kvalitet enn dukbånd. Brukes bl.a. på duken over ribbene når den skal syes fast til ribbene. Denne metoden er sjelden i bruk på nye byggesett, men benyttes på restaurering og reparasjon.

Dukbånd brukes over sømmer, deksler o. l. Kantene er tagget for å gi en bedre bindeflate.

Mer inngående forklaringer finner en på Internett.

To reparasjonstyper er tillatt:

1. Overlapping.
2. Innfelling.

Renskjær det skadede partiet til enten rundt eller ovalformet hull. Rens skaden som vanlig.

Lag en lapp 2-3 cm større enn hullet og brett inn

Før en begynner å sy, festes lappen midlertidig. Sy med fiskebensting" (Baseball) (se neste reparasjonsmetode) og vokset lintråd.

Dope og legg på dukbånd.

Reparasjon av rift.
Fjern gammel dope og sy sammen med fiskebensting.

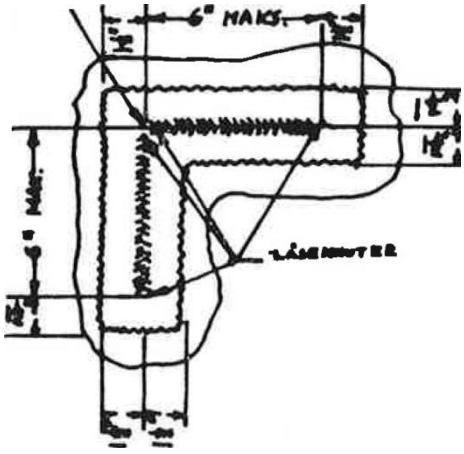


Fig. 4-1 Eksempel på reparasjon

Kapittel 5 Bolter, skruer og nagler

Generelt.

Det brukes forskjellige festeanordninger for komponenter og strukturdeler i fly. Sveising og klinking (nagling) brukes vanligvis på steder som sjelden trenger utskifting eller demontering. For valg av løsning er det tatt hensyn til strekk- og skjærepåkjenninger.

Til sportsflykonstruksjoner kan det være benyttet bolter av annen kvalitet enn det vi kaller ”flykvalitet”. En skal være varsom med å endre kvalitet, dimensjon eller lengde på en bolt. En AN- bolt (amerikansk bolt i flykvalitet) behøver ikke være sterkere enn en 8.8 bolt fra jernvareforetningen, men det er noen vesentlige forskjeller. Derfor må vi kunne litt om dette.

Det viktigste for en bolt er kvaliteten. Mens en vanlig bolt etter en DIN norm vil ha en feilfrekvens på 3 % (3 bolter av hundre ryker før spesifisert belastning er oppnådd), vil de samme tall for en AN-bolt være 0,5 %.

Bolter og skruer

Brukes mest som festeanordning for deler som periodisk må demonteres og som blir utsatt for spesielle belastninger. Bolter og skruer spesielt til fly er laget av:

1. Nikkelstål (SAE 2 3 30)
2. Rustfritt stål
3. Aluminiumlegering (2024-T4)
4. Messing

Stålboltene er vanligvis plettert med sink eller kadmium.

Særlig i fly produsert i Europa er det ikke sjelden benyttet bolter med metriske dimensjoner. Styrken kan være 8,8, og det er ofte svært vanskelig å skille dem fra en vanlig ”jernvare bolt”, hvor fabrikanten har vurdert at denne kvaliteten er god nok. Men som regel benytter flyprodusentene metriske bolter i henhold til en spesiell DIN-norm, hvor gjengepartiet er ganske kort sammenliknet med ”jernvare varianten”, og dessuten er gjengen rullet inn i bolten, og ikke skåret. Dette minsker i stor grad muligheten for brudd.

Akkurat det samme gjelder for flykvalitet bolter med empiriske dimensjoner, som benyttes i engelske og amerikanske fly. Derfor må en aldri erstatte en metrisk flykvalitet bolt eller en AN bolt med noe annet enn det fabrikanten har spesifisert.

Flybolter.

Disse kan deles i to hovedgrupper.

1. AN (AIR FORCE- NAVY); norm bolter.
2. AN- og NAS (NATIONAL AIRCRAFT STANDARD); toleranse bolter.

AN- normbolter nyttes vanligvis i flyet der det ikke er påkrevet med høy pasning, slik at de ikke er produsert med så stor nøyaktighet som gruppe 2. AN- og NAS toleransebolter er produsert for nøyaktige tilpassinger (0,006" toleranse for 5 l 8-1 bolt).

Både materialtypen og gruppen boltene hører til, kan når det gjelder AN- bolter identifiseres ved hjelp av merker på hodene:

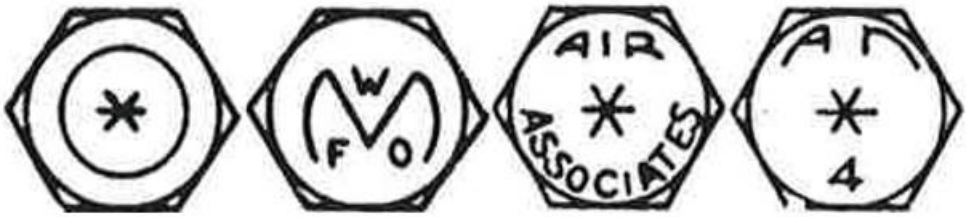


Fig. 5-1 Eksempel på merking av AN bolter.

Bokstavene og tallene er produsentens eget merke, bortsett fra bolten merket AN4, hvor 4 står for diameter 4/16" (6,35 mm). På samme måte står 3 for 3/16" (4,76 mm), 5 for 5/16" (7,93 mm), 6 for 6/16" (9,52 mm) osv.

Rustfrie bolter merkes med en opphøyet eller nedpresset strek. Bolter fremstilt av aluminium- legeringer merkes med to opphøyde eller nedpressede streker.

Modifiserte bolter, dvs. standard bolter som er bearbeidet til en spesiell dimensjon, ser slik ut som vist. Sirkelen stemples eller etses utenom den opprinnelige stjernen. Aluminiumsbolter merkes på lignende måte med en sirkel et eller annet sted på hodet.

Magnafluks kontrollerte bolter blir merket med en Y. En påmalt oransje strek på en bolt (f.eks. en standard bolt) viser at bolten har vært magnafluks kontrollert ved magnetisering på langs. En påmalt grønn strek viser at bolten har vært magnaflux kontrollert både på langs og sirkulært.

De forskjellige boltetypene er ordnet i AN- og NAS-serier, og hver bolt får et serie- eller kodenummer, som bl.a. angir hodefasong, størrelse og legering. Det vil føre for langt å komme inn på de forskjellige seriene. Vi skal derfor ta for oss det mest karakteristiske ved de mest brukte boltene.

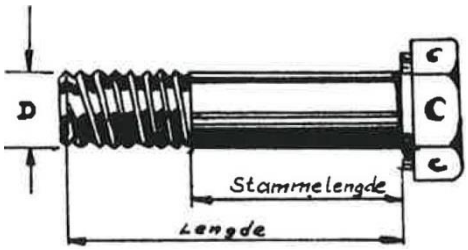
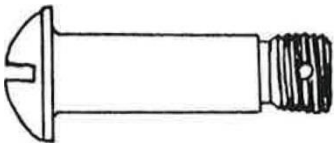


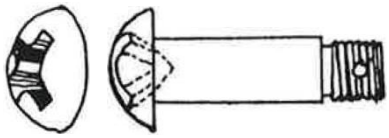
Fig. 5-2 Målsetting av AN bolter

Flybolten har et vanlig sekskantet hode. Gjengepartiet eller hodet kan være gjennomboret for låsing.

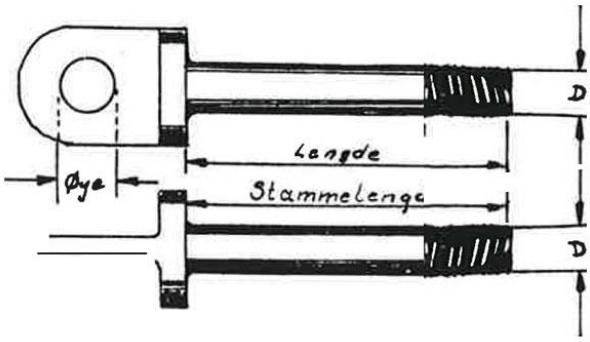
Clevis- og øyebolt.
Den glatte delen av boltestammen kalles boltens stammelengde. Clevisbolten nyttes generelt på fly og har stor strekk- og skjærstyrke, og benyttes på steder med store skjærbelastninger.



Clevisbolt



Clevisbolt

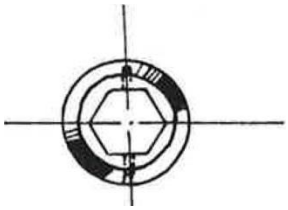


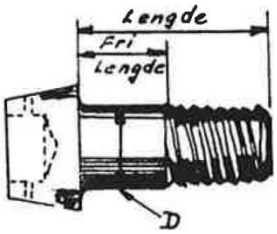
Øyebolt

Fig. 5-3 Clevis- og Øyebolter

Øyeboltene brukes på steder med stor strekkbelastning. F.eks. til feste av stag og strekkfisker.

Unbraco
Unbraco bolter (sylinderhode bolter - cap screws) har kvalitet 12.9 og benyttes på viktige strukturdeler. De har som angitt meget stor strekkfasthet, og leveres både i metriske og empirisk dimensjoner, samt som passbolter og også med forsenket hode. De kan også oppta større skjærkrefter enn bolter med lavere kvalitet. Vær imidlertid oppmerksom på at de ved overbelastning kan ryke tvert av uten først å forlenges. Ved tiltrekking brukes sekskantnøkkel





Bolt med innvendig sekskanthull (sylinderhode bolt, cap screw). Denne kan forsenkes. Ved tiltrekking brukes Unbrakonøkkel (sekskantnøkkel).

Fig. 5-4 Unbraco-bolter

Generelt om gjenger.
Som regel benyttes bare høyregjenger. Venstregjenger brukes bare i de tilfeller der dette er eneste løsning. F. eks i en strekkfisk finnes normalt begge gjenger.

Gjenger er en forbedring av kilesystemet og kan på en hendig måte holde deler sammen. Gjenger kan også brukes til å overføre kraft i et snekkedrev.

Formen på gjengene kan være forskjellig, og de har alle sine spesielle fordeler. Det er 8 - 9 forskjellige gjenge systemer. Vi går ikke inn på alle her, men nøyer oss med å fastslå at metriske bolter har millimeter grovgjenger, mens AN- bolter har UNF gjenger.

I fly er det et prinsipp at boltehodet enten peker oppover eller fremover. Når mutteren er strammet til, skal det være minst fri 1 1/2 gjenger over mutteren. Bolten velges alltid slik at det ALDRI ligger gjenger i godset/komponentene som føyes sammen

Utvendige gjenger er vanligvis skåret inn i overflaten av bolten og kan derfor kalles **minusgjenger**. Det samme gjelder for bolter hvor gjengen er rullet inn i overflaten.

Hvor det er viktig å beholde boltens styrke, kan den del som skal gjenges lages med større diameter slik at gjengen stikker opp over boltens overflate, og de kalles da **plussgjenger**.

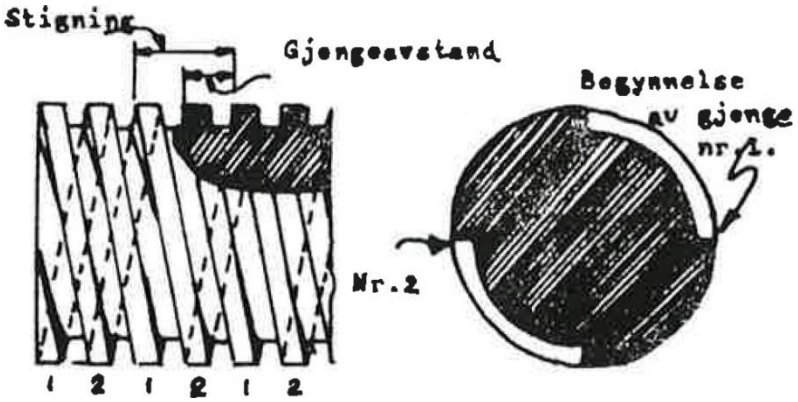


Fig. 5-5 Gjengestigning

Muttere

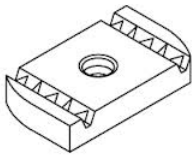
Vanlige sekskantede muttere er svært lite benyttet i flykonstruksjoner, da de trenger spesielle låsemetoder, f. eks kontramutter, for å hindre at forbindelsen løsner.

Sekskant mutter, høy | Sekskant mutter, lav | Kontra mutter

Krone mutter med hals | Krone mutter, lav | Krone mutter uten hals

Fig. 5-6 Muttere

Kronemuttere nyttes på gjennomborede bolter for låsing med splint eller låsetråd.



Palmutter Ankermutter

Fig. 5-7 Pal- og ankermutter

Ankermutter benyttes når vi skal forankre noe med bolt eller skrue der det ikke er egnet å lage gjenger i materialet. Anker muttere finnes i en rekke varianter. Ofte benyttet ved innfesting av motorkåpe, der en trenger en enkel demonteringsmulighet.

Kantspormutter, sylindrisk Selvlåsende muttere

Fig. 5-8 Selvlåsende mutter med fiber eller nylonlås (nylock)

Skjæremutteren er en "lav" kronemutter og benyttes sammen med Clevis bolten.

Låsemuttere eller pal- muttere nyttes som lås- anordning på en vanlig sekskant mutter. Skal ikke brukes sammen med kronemuttere. Mutteren settes utenpå hovedmutteren, og en må være sikker på at det er nok gjenger utenfor hovedmutteren til at låsepartiet entrer. Etter at en slik låsemutter er på plass må det igjen være minst 1,5 fri gjenger. Låsemetoden er lite benyttet på fly.

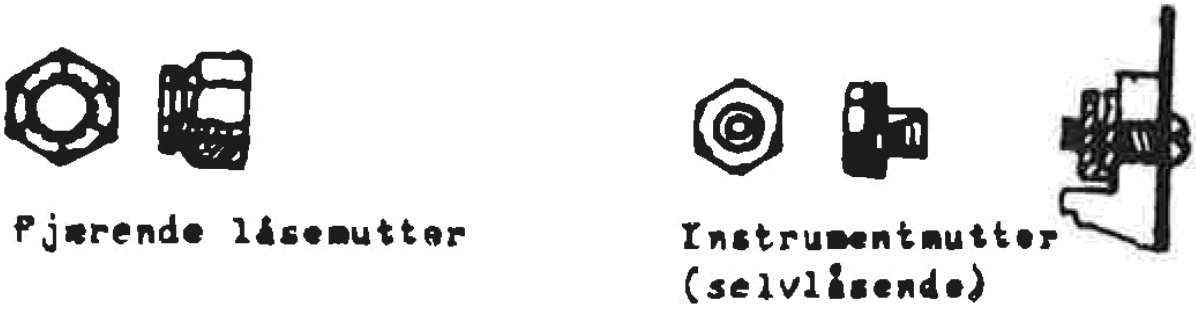


Fig. 5-9 Fjærende låsemutter og Instrumentmutter.

Selvlåsende muttere kan være av forskjellige typer:

- Nylock mutter
- Fibermutter.
- Fjærende låsemutter. (Fjærende krone)
- Instrument- monteringsmutter.(halvveis splittet fra siden)

For selvlåsende muttere gjelder følgende:

- De må ikke brukes i kontrollsystemer eller flykonstruksjoner hvor det er muligheter for at mutteren vil rotere sammen med bolten.
- En fibermutter eller en nylockmutter må ikke brukes på steder som kan bli utsatt for en temperatur på over ca. 120 C.
- Bolt- enden må også her stikke minst 1 ½ gjenge utenfor mutteren.

Vingemutter nyttes når tiltrekningen skjer med hånd.

Låsemetoder på fly.

Under påvirkning av vibrasjoner og skiftende påkjenninger har muttere, skruer, bolter o. l. på fly en tendens til å skru seg opp. Forskjellige metoder brukes for å forhindre dette.

Splint.

Dette er bløte stålsplinter som går gjennom et spor i mutteren og et hull i bolten. Benyttes sammen med kronemuttere.

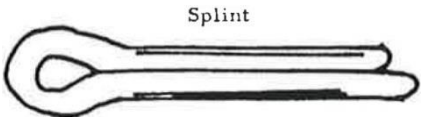


Fig. 5-10 Splint

Splinten må passe godt både i sporet og i hullet. Splintene kan fås i forskjellige størrelser. Særlig viktig er det at det ikke er for stor klaring mellom splinten og hullene i bolt og mutter. Bena må bøyes skikkelig, se nedenfor.

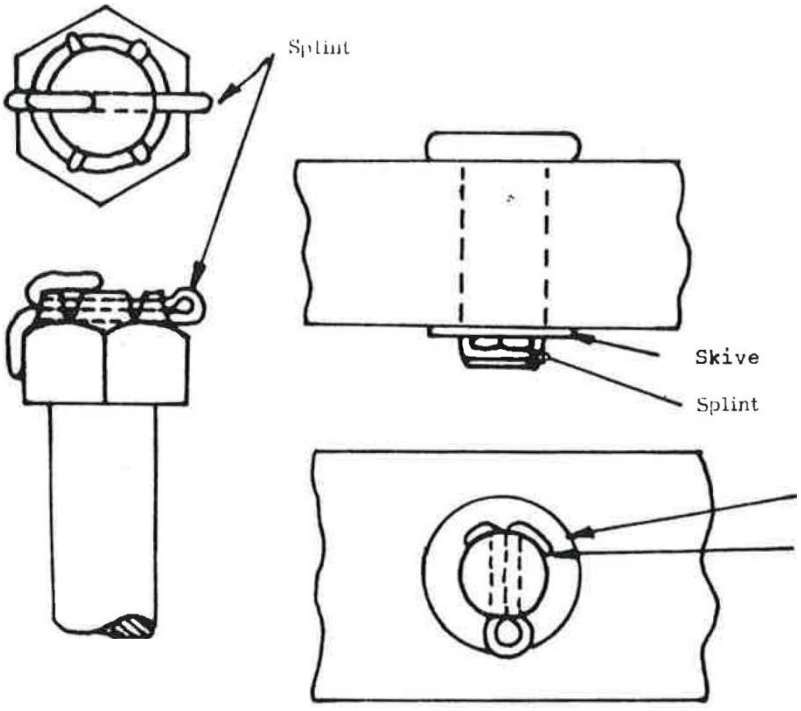


Fig. 5-11 Montering av splint

Sikring med sikringsskiver.
Dette er tynne skiver med to eller flere ører. Det ene øret bøyes over kanten på arbeidsstykket eller ned i et hull. Det andre øret bøyes opp mot en side av mutteren. Sikringsskivene fås i flere forskjellige størrelser. Pass på at skivens ører slutter godt til godset og til mutterens ene side.

Fig. 5-12 sikringsskiver. Hver skive må bare brukes en gang!

Låseplater.
Dette er tynne plater som settes rundt mutteren etter at denne er trukket til. Ved hjelp av en liten skrue hindres låseplaten i å rotere. Hullet i låseplaten er vanligvis tolvkantet for å gi mutteren bedre tilpassing.

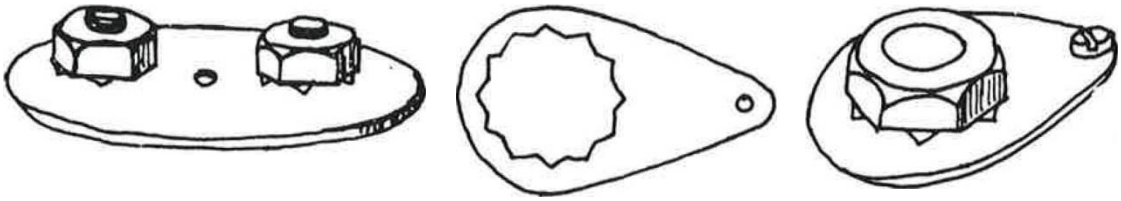
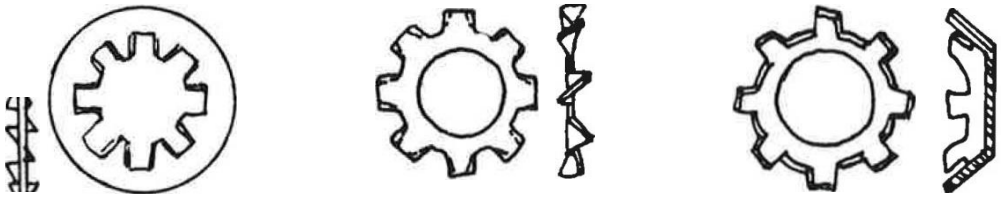


Fig. 5-13 Låseplater for to muttere og enkel mutter.

Låseplaten kan brukes om igjen hvis den fremdeles passer godt på mutteren, men må naturligvis kasseres hvis det er den minste antydning til slitasje eller svikt i kantene.

Fjærskiver (AN 936-Lock washer).
Av fjærskiver har vi 3 typer:



1. Innvendige tannet 2. Utvendige tannet. 3. Senkfjær skive tannet.

Fig. 5-14 Fjærskiver

Fjærskiven legges under mutteren og denne trekkes til. Tennene på skiven vil da bite seg fast i undersiden av mutteren og i anleggsflaten. Dette hindrer mutteren i å skru seg ut. Materialet i skivene er av stål eller bronse, men hver skive må bare brukes en gang!

Fjærskiver.
De består av en enkel eller dobbel vinding av en fjær med firkantet tverrsnitt og skarpe kanter. Fjærskiver anbringes under mutteren. Den blir presset helt sammen når mutteren strammes til. De kan brukes om igjen så lenge de fjærer og beholder sine skarpe kanter.

Fig. 5-15 Enkel fjærskive

Låsingen skjer ved at de skarpe kantene på sprengskiven skjærer seg inn i mutteren og anleggsflaten.

Låseringer.
Disse brukes for runde påskrudde deler og virker på samme måte som en splittpinne, men låseringene er ikke gjennomgående. De lages av fjærtråd.

En låsering kan også hindre aksial forflytning, se figur 5-16 C og D. Låse ringen kontrolleres for fjærende egenskaper og kan da brukes flere ganger.

Låsering for utvendig låsing | Låsering for innvendig låsing | Eksempel på bruk av låseringer. T.h eksempel som hindrer aksial forflytning

Fig. 5-16 Låseringer

Selvlåsende mutter (Ny-Lock mutter)
Det finnes mange forskjellige typer selvlåsende muttere på fly. Her skal vi bare se på den vanligste typen fibermutter med innpresset fiber ring, eller mer vanlig i dag er nylockmutter.

Fig. 5-17 Simmonds fibermutter

I en Simmonds fibermutter er det lagt inn en ring av fiberstoff som griper rundt gjengene og hindrer at mutteren skrur seg ut. Tilsvarende i nylockvarianten. Slike muttere kan brukes igjen hvis friksjonsmaterialet ikke er skadet og hvis den gir et godt tak.

HVIS EN KAN SKRU MUTTEREN PA ELLER AV UTEN BRUK AV VERKTØY, MÅ MUTTEREN KASSERES!

Låsemuttere (kontra muttere).
Låsemuttere skrus til mot en vanlig mutter, eller mot den delen som en utvendig gjenge er skrudd ned i. De brukes ofte på kontrollstag, strekkfisker, strekkstag o.l. hvor ende stykkene er skrudd inn i et beslag. De brukes som regel ikke til å låse vanlige muttere og bolter.

Kontra mutter Låse mutter

Kontramutter Låsemutter

Fig. 5-18 Låsemuttere

Hvis mutteren ikke er beregnet til å tas av er det vanlig å klinke eller kjørne enden over mutteren.

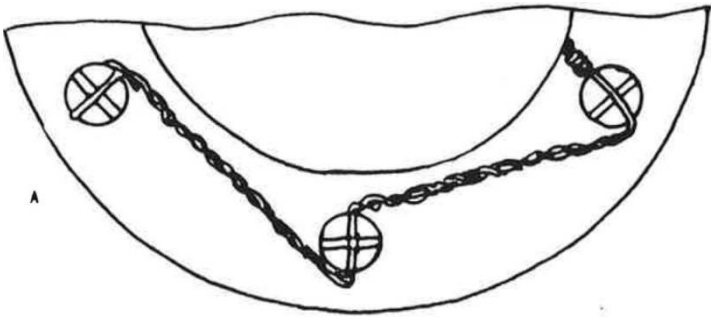
Låsetråd
Låsetråd er bløt metalltråd, f.eks. rustfri-, messing- eller galvanisert jerntråd. Rustfritt stål regnes for å være det beste. Bruk av låsetråd uten spesiell låsetang, gir sjelden fullgod låsing.

På motorer må det bare brukes låsetråd av rustfritt stål.

Nedenfor vises noen eksempler på bruken av låsetråd. Måten som tråden låser på må være slik at den motvirker den tendens en mutter eller bolt har til å skru seg opp.

DEN SAMME TRÅDEN MA BARE BRUKES EN GANG!

A



B

C

Fig.5-19 På figur A og B går låsetråden over skruehodene. På fig, C går låsetråden rundt skrue- hodene,

Fig. 5-20 Låsing av bolter med en tråd som er tvunnet

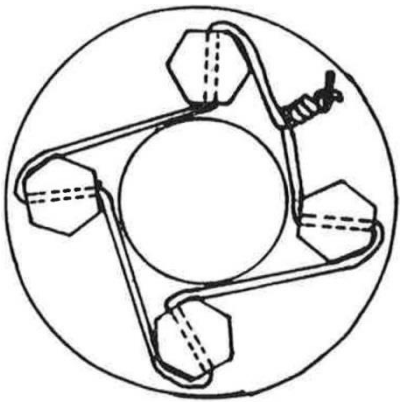


Fig 5-21 Låsing av bolter med en tråd som bare er tredd gjennom hullene i boltehodet.

Fig. 5-22 Låsing av kronemuttere. Eksempler på låsing av høyre gående skruer og muttere.

ALLE DELER SOM BLIR BRUKT VED LASING OG SOM BØYES, SLIK SOM SPLINTER, LÅSETRÅD, LÅSESKIVER OG LIGNENDE, MÅ BARE BRUKES EN GANG.

Montering av låste bolter.
Også ved montering av låste bolter skal boltens hode, hvis mulig, peke oppover, fremover eller utover. Det er for å hindre bolten i å falle ut hvis låsingen blir ødelagt. Manglende eller feilaktig utført låsing har gjennom tidene medført havarier.

Bruk av momentnøkkel

For å sikre korrekt tiltrekking, er det i de aller fleste tilfeller påbudt å bruke spesialverktøy på bolter og muttere. Dette gjelder uten unntak på alt motorarbeid og tilsetting av alle typer AN festemidler. Verktøyet kalles momentnøkkel.

Hensikten med verktøyet er å måle tiltrekkingsmomentet ved tilsetting av bolter, muttere osv, slik at forspenningen blir satt korrekt. Dermed unngår en at bolten enten trekkes i stykker, eller at hele forbindelsen løsner.

Momentet regnes ut ved å multiplisere kraftens størrelse med den vinkelrette avstand til senter av bolten. Momentet angis i tommepund (in-lbs) for små dimensjoner eller fot-pund (ft-lbs) og Nm for de større. Det kan bli nødvendig å regne om størrelser, og det er da best å benytte overgangstabell.

Eks.: Momentet 12 tommer x 10 lbs = 120 x tommer x pund. Altså 120 tommepund.

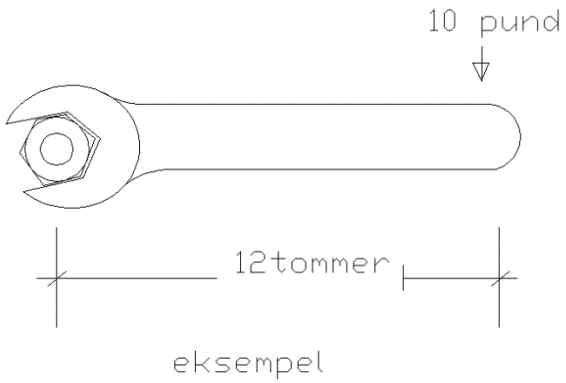


Fig. 5-23 Eksempel på beregning av moment

Enhver bolt, skrue eller mutter tåler bare en viss strekkbelastning. Hvis den tillatte belastning overskrides, kan delen likevel holde en tid, men etter hvert foregår det en utmattingsprosess i materialet som med tiden kan føre til brudd.

Forøvrig er det nødvendig å få lik strekkbelastning på samtlige bolter i en forbindelse. Derfor SKAL det nyttes momentnøkkel.

Kontroll av momentnøkkel.
Alle momentnøkler som er i bruk, skal med jevne mellomrom prøves for riktig justering. En kan gjennomføre en slik kontroll selv som vekt x arm.

Fest en bolt i skrustikka. Sett på momentnøkkelen. Mål armen (sett om nødvendig på et rør for å forlenge denne til f. eks 1 meter) Belast momentnøkkelen med den vekta den er innstilt på, for å kontrollere om nøkkelen er riktig kalibrert.

Tabell 5-1 Veiledende moment i tommepund for AN standard bolter og skruer

NØKKEL- STØRRELSE	STANDARD MUTTRE, BOLTER OG SKRUER		
	BOLT-1 PINNESKRUE - ELLER SKRUESTØRRELSE	STREKKTYPE-MUTTERE AN10 og AN365	STREKKTYPE-MUTTERE AN10 og AN365
ll/32	8 - 36	12 - 15	7 - 9
3/8	10 - 32	20 - 2'5	12 – l5
7/16	1/4 - 28	50 - 70	30 - 40
1/2	5/16 - 24	100 - 140	60 - 85
9/16	3/8 - 24	160 - 190	95 - 110
5/8	7/16 - 20	1150 - 500	270 - 300
3 14	1/2 - 20	480 - 690	290 - 410
7/8	9/16 - 18	800 - 1000	480 - 600
15/16	5/8 - 18	1100 – 1300	660 - 780
1-1/16	3/4 - 16	2300.. 2500	1300 - 1500
1-1/4	7/8 - 14	2500 - 3000	1500 – 1800
1-5/16	l - 14	3700 - 5500	2200 - 3300

Nagler og nagleforbindelser

Konvensjonelle nagler.
Med konvensjonelle nagler i fly mener vi massive nagler som klinkes på vanlig måte ved bruk av mothold og lufthammer eller meisel "squeezer", hvorved altså en del av naglen stukes og nytt hode formes.

Aluminiumsnagler.
De aluminiumsnagler som benyttes mest i flystruktur er MS20470 (linsehode) og MS20426 har 100° forsenket hode.

De konvensjonelle naglene betegnes ved angivelse av type, materiale, diameter og lengde. For mer inngående studie av emnet, søk på nett etter: MS, NAS og Q-standard. Det benyttes både fargemerking og et merke på naglehodet.

Blindnagler (Mye brukt i sportsfly)
Vi har en rekke forskjellig kvaliteter og typer i handelen.

- Rustfrie eller syrefaste
- Aluminiumlegerte
- Legert stål

Disse leveres igjen i en rekke forskjellige dimensjoner, lengder og tykkelser, og finnes en rekke forskjellige hoder: senkehode, linsehode og platehoder.

Ved montering av blindnagler er det viktig at diameter på hullet tilsvarer naglens diameter. Det er ikke sikkert at en bare kan bore hull med håndverktøy og få riktig dimensjon. Kanskje en må forbore med bor som er en tiendedels millimeter trangere og deretter bruke brotsj med riktig dimensjon i forhold til naglen. Så gjenstår rensing av borehuller med ”deburring tool” (avgrading), et spesialverktøy som lett fjerner gradene etter boringen. Uten slik rensing av hullets kanter kan naglen løsne.

Husk dette med korrosjonsfare, og benytt alltid den naglen som er anvist av fabrikanten.

Blindnaglen må settes og trekkes til rett for at forbindelsen skal være som spesifisert. Derfor må arbeidet etterkontrolleres. Benytt f. eks et sigarettpapir og prøv å få dette innunder naglehodet for hver 90 grader rundt hodet. Lykkes dette på ett sted, er naglen satt skjevt og må bores ut, før det settes ny nagle.

Bore ut skjevt satte syrefaste blindnagler er langt ifra enkelt, så en venner seg fort til å utføre ordentlig arbeid!

Tabell 5-2 Blindnagler i ulike materialer

Diameter	aluminium	Kobber	stål	Rustfritt stål	CuNi
2,4	v				
3,0	v	v	v	v	
3,2	v	v	v	v	v
3,4	v	v			
4,0	v	v	v	v	v
4,8	v	v	v	v	v
5,0	v	v	v	v	v
Blindnagler finnes i en rekke kvaliteter og dimensjoner.					

I denne boka omhandles verktøy i kapittel 10.

Kapittel 6 Flyvaier (Wire)

Generelt.

Flyvaier er laget av tynn, bøyelig ståltråd. Man har etter hvert gått over til å benytte rustfritt materiale. Trådene i viren er tvunnet sammen til kordeler. Kornellene er tvunnet sammen til en vire. Det finnes to typer virer. Den ene har tråder som er vridd under fabrikasjonen, og har dermed fått en permanent vridning. Den andre har rette og "uformede" tråder.

Vaier benyttes i fly både til å stive av en konstruksjon, samt til å operere de fleste kontrollmekanismer, f.eks. rorflater, motor kontroller osv. Vaier produseres i en rekke tykkelser og dimensjoner. Typisk for sportsfly er diametere fra 2,5 – 5,0 mm.

Den permanent formede vaieren nyttes mest fordi:

a. Den er fri for innvendige strekkpåkjenninger grunnet de vridde trådene.
b. Trådene flises ikke opp når viren kuttes. (Den utvinnede fliser seg opp hvis ikke viren er surret på begge sider av kuttet.)
c. Den kan bøyes uten at det oppstår tretthetsbrudd.
d. Den er mer fleksibel og dermed lettere å behandle.

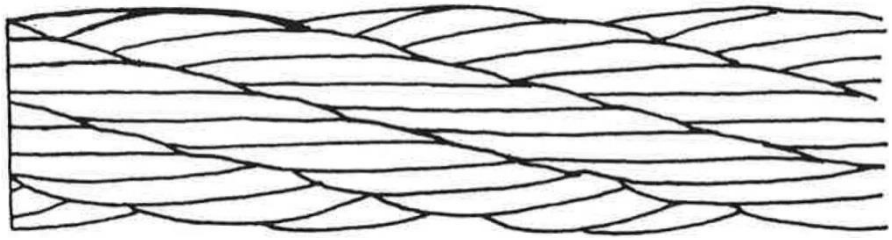


Fig. 6-1 Her ser vi hvordan trådene og kordelene ligger i forhold til hverandre i vaieren. Alle tråder og kordeler er permanent formet. Denne typen er meget fleksibel og benyttes gjerne hvor det kreves små bøyeradier.

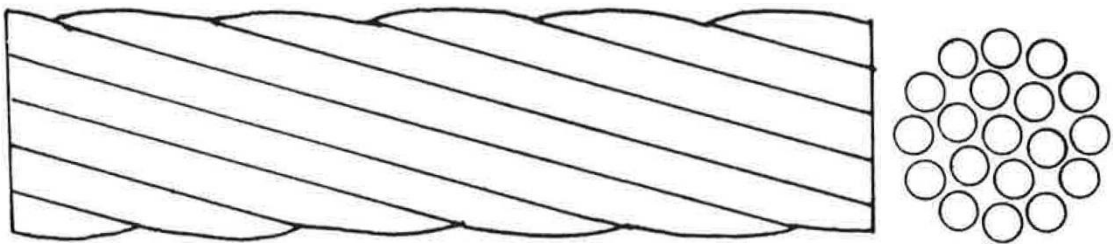


Fig. 6-2 Stiv (non-flexible) vaier 7x19

.

Konstruksjon og bruk.

Forskjellige vaiertyper.

Hver kordel er tvunnet rundt en kjernekordel. Trådene i kordelen er venstretvunnet og kordelene er høyretvunnet rundt kjernekordelen. Vaier fremstilles av kullstoffstål eller i rustfritt.

Hvis vaieren er av kullstoffstål, er den galvanisert eller fortinnet for å hindre korrosjon. Den kan også være satt inn med rusthindrende olje under produksjon. Rustfri vaier trenger ikke rusthindrende middel.

Vaier som ikke er så bøyelig, nyttes kun i begrenset utstrekning på moderne fly, f.eks. til rette gjennomganger hvor det kreves høy styrke, eller i struktur.

Inspeksjon av vaier.

Vaieren inspiseres på periodiske ettersyn for korrosjon og brukne tråder. For kontroll av brukne tråder brukes ullfille, alternativt en bomullsdott, som strykes langsmed vaieren. Henger det igjen rester på vaieren, må den skiftes. Vær særlig oppmerksom ved trinser og avsporings sperrer; det er erfaringsmessig her det oppstår mest slitasje.

Vaierfester.

I flyet er vaier montert og festet til de forskjellige deler ved hjelp av endestykker, trinser og føringshylser. Endestykkene kan være hylseforbindelser (engelske: swaged), kause eller bøssing.

Fig 6-3 Endestykkene festes til vaieren ved hjelp av en spesiell maskin.

Vaier enden stikkes inn i hylsen som settes inn i apparatet og presses sammen rundt vaieren.

Vaierklemmer
Selv om endehylser er både estetiske og meget sterke, er den langt vanligste ende forbindelsen den såkalte vaierklemmen. Det finnes to separate godkjente systemer, og det er særdeles viktig at de to ikke blandes. Det ene systemet er beregnet for vaier med metrisk diameter, det andre for empiriske dimensjoner.

Det metriske (europeiske) systemet benytter Talurit klemmer. Det empiriske (engelske og amerikanske) benytter Nicopress klemmer.

Nicopress og Talurit vaierklemmer
Fra lang tid tilbake har stålvaier vært i bruk i fly konstruksjoner. De kunne brukes til staging av vinger og kropp, men også i stor grad for overføringer mellom styreapparater og ror.

Konstruksjonene har endret seg, men wire benyttes fortsatt om enn i mindre grad og da fortrinnsvis på rorkontroller og på todekkere.

Tidligere var det vanlig at man benyttet en spleis med en kause. Dette er en omstendelig metode og det ble utviklet andre systemer. Av de godkjente systemer skal nevnes Nicopress og Talurit. Som nevnt er dette to forskjellige systemer som er forholdsvis like, men som dog ikke må blandes sammen. Felles for systemene er at vaieren en låses med klemhylser som skyves inn på wiren og presses sammen slik at det gir en varig solid låsing. Klemmene er dimensjonert for den enkelte vaierdiameter.

Nicopress klemmene er lett kjennelige med sitt 8-tallignende tverrsnitt. De kan også være merket Nicopress. Klemmene er av kobber, som kan være forniklet. Særlig til bruk på rustfri wire er dette blitt alminnelig.

Talurit har vanligvis klemmer av aluminium. Tverrsnittet er ovalt med flate sider. De fleste tyske seilfly og motorglidere er utstyrt med disse klemmene, og også en del produsenter av sportsfly benytter dem. Wiren er da vanligvis galvanisert.

For å tilfredsstille det marinemessige marked av småbåter med wireutstyr, er Talurit kommet med vaierklemmer for bruk på rustfri wire. Dette bidrar til å skape mer forvirring blant brukerne. De tyske luftfartsmyndigheter (LBAI overveier å gå ut med en LTA (LDP) om disse problemer

Det skal brukes spesialverktøy for de respektive systemer og vaierdiameter.

Nicopress har tenger med hulldimensjoner for de forskjellige klemmestørrelser (vaierdiameter). Presslengden er kort og skal gjentas avhengig av dimensjon.

Talurit klemmene presses i hele lengden med et hydraulisk verktøy, eller et spesielt slagverktøy tilpasset klemmens dimensjon.

Fig. 6-4 Det finnes en rekke verktøy for sjekk av vaierdimensjon og hylser. Eksemplet viser Nicopress systemet.

Det som er spesielt viktig er:

- Ikke bland de forskjellige Nicopress og Taluritt systemene.
- Millimetersystemer og tommesystemer må heller ikke blandes!

Fig. 6-5 Nicopress med Nicopresstang. 3,2 med = 1/8".

Fig. 6-6 Nicopress med Nicopresstang. 2,4 mm = 3/32".

Fig. 6-7 Nicopress før og etter arbeidsoperasjonen.

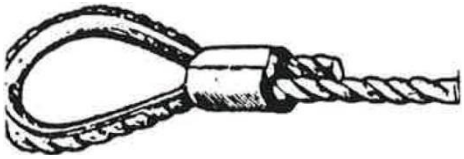


Fig. 6-8 Talurit med Talurit verktøy. Vaierdiameter 3,2 og 2,1 m

Fig. 6-9 Talurit med Nicopresstang. 3,2 mm. ***Feil verktøy!***

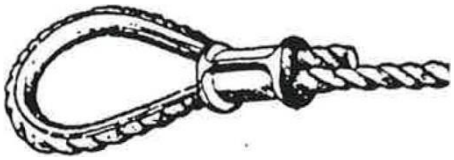


Fig. 6-10 Talurit med Nicopresstang. 2,1 mm. ***Feil verktøy!***

Bemerk spesielt at det alltid skal benyttes kause når det benyttes klemhylser. Kausen skal vær tilpasset vaierens diameter! Det finnes to typer, se figur:

Fig. 6-11 Kause

Det er vanlig å benytte en strekkfisk (engelsk: turnbuckle), når vaieren skal strammes opp til riktig forspenning. Strekkfisken er bygget opp om vist på figuren nedenfor. Strekkfisken velges slik at den korresponderer med vairenes styrke.

Fig. 6-12 Strekkfisk med øye-endestykker

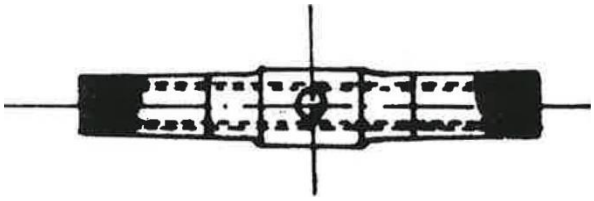


Fig. 6-13 Strekkfisk tønne.

Flyvaier justeres slik at de får riktig strekk (engelsk: tension). Til dette nyttes strekkfisk. Den består av en tønne og to endestykker. Tønnen er innvendig gjenget, høyregjenger i den ene enden og venstregjenger i den andre. Det nyttes fire typer endestykker.

Låsing av strekkfisker.

For å unngå at strekkfisken skrur seg opp under bruk, må den låses. Låsemetodene har variert en del, men en metode er vist nedenfor. Låsingen kan for øvrig også være utført ved hjelp av spesielle låse nåler som vil spare inn tid ved monteringsarbeider.

Før låsing må ende stykkene være tilstrekkelig skrudd inn i tønnen. Maksimum 3 gjenger er tillatt synlig. Mange strekkfisker har også et indikatorhull: når det ikke er gjenge synlig i hullet er endestykket skrudd for langt ut.

Til låsing brukes to låsetråder som kan være laget av rustfritt stål eller sinkbelagt bløt ståltråd.

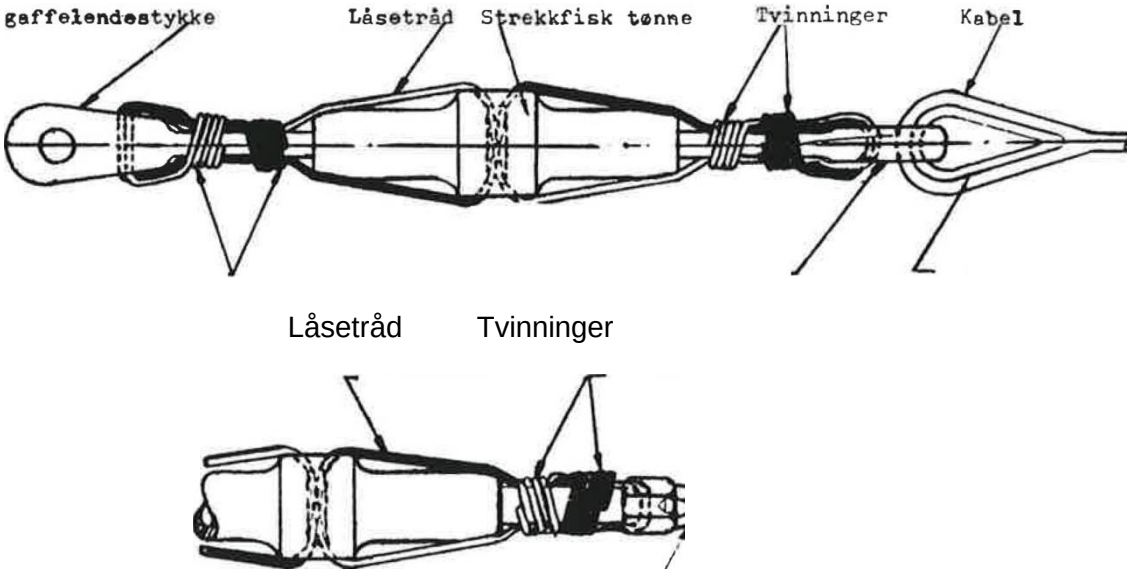


Fig. 6-14 Låsing av strekkfisk.

Forspenningsmåler

For å kontrollere at strekkfisken er strammet opp tilstrekklig og at vaieren dermed har fått korrekt forspenning, benyttes et s.k tensiometer. Flyprodusenten oppgir alltid hvilket forspenn vaieren skal ha. Verktøyet ser ut som angitt nedenfor.

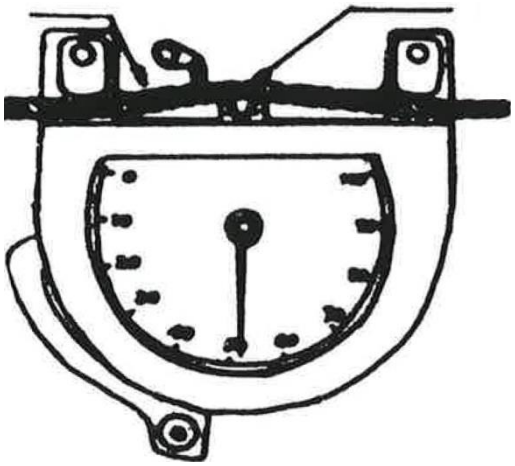


Fig. 6-15 Tensiometer.

Den midtre klossen er fjærbelastet oppover og koplet til en instrumentviser. Når denne klossen presses opp mot vaieren, vil viseren slå ut. Avlesningen på skalaen overføres til en tabell, hvor den riktige strekk i lbs (pund) kan leses av.

Instrument avlesningen på må omgjøres til tension i lbs ved hjelp av kalibreringstabellen for "kloss" nr. 2.

Kapittel 7 Skader på fly

Hvordan en bedømmer skader

En må ha lang erfaring for å bedømme skader. Etter et havari kan det oppstå hull, sprekker, forskyvninger bøyde hjullegger eller andre skader som er vanskelig å oppdage. En uerfaren pilot eller flyeier må aldri sette i gang med å reparere større skader uten først å ha konferert med teknisk ansvarlig i klubben eller en besiktningsmann. Mindre skader, som ikke har med flyets struktur å gjøre, kan repareres.

Husk at det er altid flyets eier, eller den som skal bruke flyet (piloten) som har ansvaret for at flyet er vedlikeholdt, og i orden, slik det er bestemt. Hvis flyet har vært utsatt for skade, skal dette alltid føres som en anmerkning i loggboka.

En skade kan ofte se ut til å være ubetydelig, men kan være farlig for flysikkerheten. Dette må en huske på ved bedømmingen av skader. En må finne finne ut hvilke ytre eller indre belastninger som kan være årsak til de synlige skadene.

En må alltid foreta en grundig kontroll av alle steder hvor det kan tenkes å ha vært belastninger. Det kan være skader som kan være meget vanskelig å se uten en grundig kontroll. Samme type skade kan ha forskjellig betydning etter hvor den befinner seg på flyet og hvordan flyet er konstruert.

En sprekk som er 1 - 2 cm lang på et motordeksel betyr ikke så meget, men en må alltid ”stoppbore” sprekken, slik at den ikke kan gå videre. En sprekk i selve motorgondolen eller i motorbukken, kan være så alvorlig at flyet må groundes inntil skaden er reparert.

En sprekk på 10 mm ute ved vingetippen er som regel ufarlig, og en kan la flyet gå når sprekken er stoppboret. En sprekk av samme lengde er farlig, hvis den er et sted hvor det er store belastninger f.eks. ved understellfeste, motor- bukkfeste, skjøt mellom senterving og ytterving, skjøt mellom flykropp og midtving samt feste for finne og haleflate til skrog.

Sprekk i en vingebjelke er alltid farlig, og her må delen skiftes ut.

Stopphull

Med stopphull menes hull som er minst 3 ganger platetykkelsen, og som bores i enden av sprekken. Sprekken må ikke fortsette bortenfor stopphullet,

Når skal strukturen kontrolleres?

Ved ettersyn og overhalinger blir strukturen kontrollert rutinemessig i h.t. gjeldende vedlikeholdsunderlag. Likeledes kontrolleres ved rapport om hard landing, landing med overvekt, flygning i kraftig turbulens, og ved rapport om unormale flyegenskaper.

Bortsett fra disse pålagte kontrolloperasjoner vil en god mekaniker eller kontrollør alltid ved anledning ta en grov sjekk når han ser flyet på bakken.

Feil som vanskelig kan ses på nært hold, kan ofte være tydelige på større avstand. En bør alltid tenke over om flyet ser ut som det skal gjøre.

Kontroll og vurdering er meget viktige ledd i underholdet av flystrukturen. Forståelse av hvor og når man skal inspisere er derfor av betydning og vil belyses nærmere i det følgende,

Beskadigelse ved slag eller støt.
Når kan slike skader oppstå? De kan ventes å oppstå når som helst, og oftest på grunn av påkjenninger som harde landinger og etter å ha operert på dårlige underlag.

Hvor kan de finnes? De kan oppstå på kroppen, vingens for og bakkanter, vingetipper, motor- gondoler ug ror ved betjening av flyet eller ved utførelse av vedlikehold- arbeider.

Forkant av vinger, kropp og haleparti kan få slike skader under flygning. Hvilke symptomer kan man finne? Riper, bulker og revner.

Kontroller alltid for eventuelle innvendige skader slik som forskyvninger, løse, bøyde eller avskårne nagler eller sprekker i festebeslag pa grunn av påkjenningenes forplantning i strukturen.

Skader p. g. a. overbelastning.
Slike skader kan få stort omfang og kan ofte ytre seg på andre steder enn der de store belastninger angriper.

Når kan de ventes? Under flygning, ved start eller landing, når flyet er surret i kraftig vind eller ellers når strukturen utsettes for unormalt høye belastninger.

Hvor kan de finnes? Hjulinnfestinger sjekkes nøye. Skader an oppstå hvor som helst langs kreftenes forplantningsretninger mellom belastningenes angrepspunkt og flyets eller komponentens masse-senter (treghetssenter)

Typer overbelasninger
Når konstruksjonen utsettes for belastninger utover det den er beregnet for vil noe svikte, og vi får varig synlig skade. Da må vi skifte ut komponentene.

Eksempler.

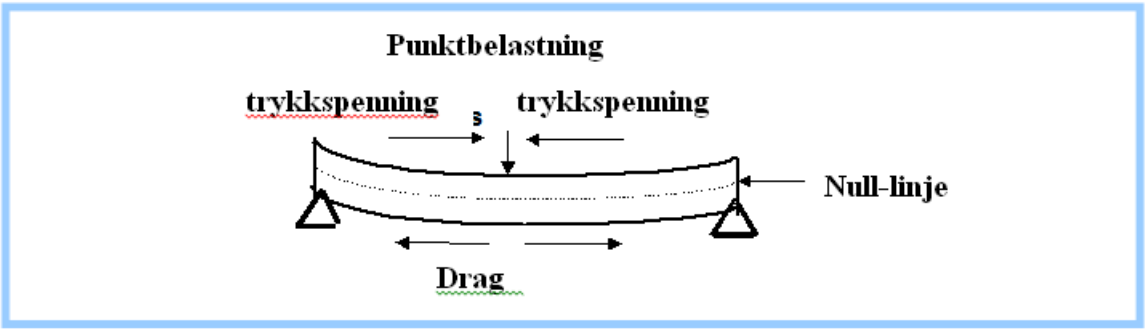


Fig. 7-1 Punktbelastning

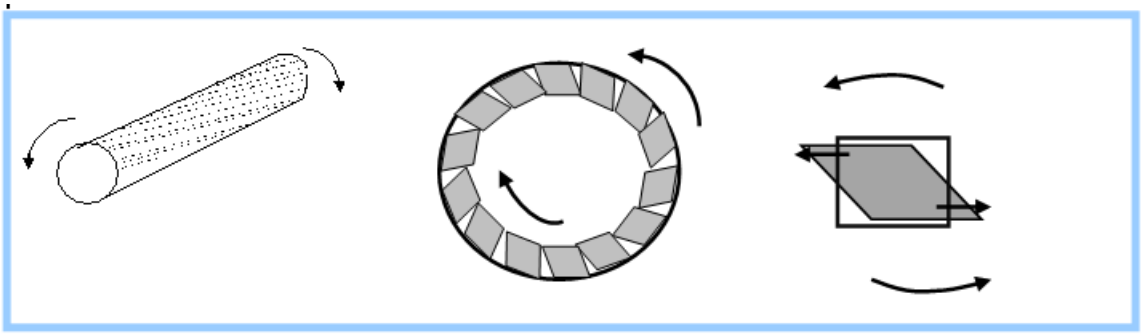


Fig. 7-2 Torsjonskrefter

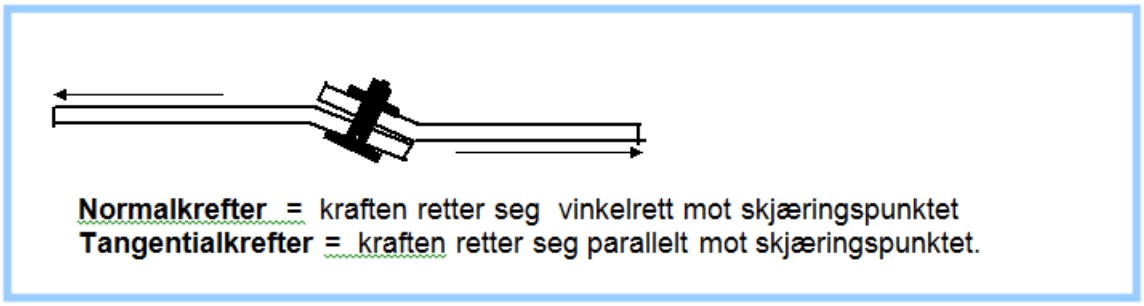


Fig. 7-3 Forskyvning

Symptomer vi leter etter ved overbelastninger
Løse, skjeve eller avskårne nagler, krøllete eller revnede plater, deformert struktur og forskyvning av deler.

Skader på grunn av materialtretthet.

Når kan de ventes? Denne typen skader kan oppstå i strukturen etter lang gangtid. De oppdages som regel ved rutinemessig kontroll. Når man skal inspisere, fremgår av vedlikeholdsunderlaget som eventuelt vil bli endret overensstemmende med de erfaringer man høster på flytypen.

Kan oppstå der det er store vibrasjoner eller høye dynamiske belastninger.

Hvor kan de finnes? Tynne plater, festebeslag, struktur for innfestning av beslag eller der tverrsnittarealet forandres plutselig, er utsatt for slike skader.

Hvilke symptomer? Slike skader begynner oftest med en strek ved et nagle- eller bolthull. Omhyggelig kontroll er nødvendig for å lokalisere slike skader mens de er små og før alvorlig brudd inntreffer.

Ofte ser en et ”skittent” område i nærheten av blindnagler. Naglen er da løs og plata avgir korrosjon.

Skader på grunn av korrosjon.

Når kan dette forventes? I en viss grad vil flyet alltid være utsatt for korrosjonsangrep. Ved ettersyn og overhaling, eller når området avdekkes må det derfor kontrolleres for angrep. En må her streve etter å oppdage og stoppe angrepene før det blir nødvendig å skifte ut deler.

Hvor kan de finnes? Alle ubehandlede aluminium-, magnesium- eller stålflater og punkter der forskjellige materialer er i kontakt med hverandre og utsettes for fuktighet samtidig er utsatt.

Hvilke symptomer? Hvitt, saltlignende belegg på aluminium fulgt av tæring i metallet. Rød rust på ståldeler. Prosessen kan foregå under maling eller lakk og kan oppdages ved at malingen skaller av eller sprekker.

Skadenes betydning.
Den skadede delens plassering er av avgjørende betydning ved bedømmelse av dens innflytelse og viktighet. Skader som kan anses ubetydelig på et sted, kan andre steder være meget alvorlige. Ved bedømmelsen må faktorer som strukturens styrke, funksjon, form, samt tilstøtende delers operasjon, vurderes.

Nedsatt strukturell styrke.

Alle skader i kraftoverførende element er av betydning. Man kan som regel alltid danne seg et bilde av hvordan kreftene opptas og overføres i strukturen. En kraft som påvirker balanserorstabben vil overføres til tabbens hengsler og innfestninger til balanserer med opplagringer og fester, til vingeboksen og videre til kroppens innfestninger og spant.

Element som er konstruert for å oppta disse belastninger utgjør tilsammen flyets primærstruktur. Hudplatene langs disse "kraftlinjer" opptar også belastninger og er deler av primærstrukturen.

Enhver endring av formen (bulker og bøyer) eller minskning av tverrsnittet (riper, hull, krater og sprekker) influerer på strukturens evne til å oppta og overføre belastninger, og denne innvirkning blir større jo nærmere flyets masse-senter skaden ligger.

En må alltid regne med at flyet vil bli skadet mer eller mindre i drift. Det er i en viss grad tatt hensyn til dette ved byggingen av flyet. Hvor store skader som kan tillates på de forskjellige stedene uten at sikkerheten nedsettes må bestemmes av en besiktningsmann. Ev teknisk leder i klubben.

Nedsatt funksjon.
Et lite hull vil få forskjellig betydning avhengig av plasseringen. I strømlinjedeksler, vingebakkanter og bakerst på kroppen vil dette ikke ha noen betydning. Et hull av samme størrelse i bensintankene kunne lede til ødeleggelse av flyet.

Endret aerodynamisk form.
Skader som endrer formen på flyets deler får også betydning avhengig av plasseringen. De viktigste steder er vingens forkanter, rorene, samt forøvrig alle skader som endrer vingeprofilens kontur.

Mange fly har vinger med såkalt Laminar Flow"- profil. Karakteristisk for disse vingeprofiler er at luftmotstanden er lavere enn for andre konvensjonelle profiler. De gode egenskapene avhenger sterkt av vingens renhet, riper, bulker, smuss, is etc. Slike skader eller urenheter vil innvirke på flyhastighetene og øvrige egenskaper avhengig av plassering og omfang.

Det er likeledes meget viktig at det utvises stor forsiktighet ved bensinfylling og ellers når man må gå på vingene. For å unngå skader må beskyttelsestrekk legges på, eller man må bruke fottøy med filtsåler. Det må absolutt forbys trakk bak bakre vingebjelke.

Skader på kroppen og spesielt på halepartiet kan få innvirkning også på fly-egenskapene. Spesielt er det viktig at haleflatene og høyderorene har jevne konturer. Skader her kan redusere høyderorenes effektivitet.

Innvirkning på operasjonen av flyet.
Ved skader som kan tenkes å ha innvirkning på operasjonen av systemer bør alle bevegelige deler undersøkes og monteringen kontrolleres. Binding eller unormal gang kan indikere skjulte deformeringer eller brudd.

Krav på reparasjonens utførelse.

Når skadens fulle omfang er kartlagt må det overveies om delene skal repareres eller om de skal skiftes ut. Faktorer som spiller inn her er arbeidsmengde, omkostninger og hva som kan skaffes av reservedeler.

Hvis reparasjon skal utføres skal denne oppfylle følgende krav:

a. Den reparerte strukturen skal h a en styrke tilsvarende uskadd struktur eller den kan gjøres sterkere enn originalt. Spesielt ved skader på grunn av materialtretthet bør reparasjonen gjøres sterkere enn originalt for å unngå at samme feil oppstår senere.
b. Reparasjoner skal utføres slik at skjevheter og usymmetri ikke bygges inn i strukturen.
c. Hvis reparasjonen er utvendig må den så nære som mulig sammenfalle med den originale aerodynamiske konturen. Ved reparasjon av festeanordning må det tas hensyn til de krav som foreligger med hensyn til riggingen.
d. Reparasjonen må ikke påvirke eller hindre operasjonen av bevegelige deler.
e. Vanlige forholdsregler mot korrosjon må iakttas som f.eks. priming eller kadmiering. Hvis forskjellige materialer ligger i kontakt med hverandre må flatene isolere. Derfor kadmieres vanligvis ståldeler som vil komme i kontakt med aluminiumlegering for å unngå galvanisk korrosjon.
f. Man bør streve etter å unngå vektøkning mest mulig. Ved å skifte ut skadede deler unngås vektøkning, men denne kan også reduseres til et minimum ved a dimensjonere reparasjonen riktig.

Typer av skader.
De skader som kan påføres strukturen kan inndeles i seks typer:

1. Riper. (R)
2. Bulker (B) -(eller bøyninger)
3. Krater (K)
4. Sprekker (S)
5. Hull (H)
6. Korrosjon.

Disse forskjellige typer av skader skal klassifiseres og omtales nærmere i følgende avsnitt.

Denne type skader er mest utbredt på flyene. De kan oppstå ved lasting og lossing eller ved utførelse av vedlikeholdsarbeider.

En ripe reduserer alltid tverrsnittarealet for delen, hvilket medfører en konsentrasjon av materialspenninger som kan føre til tretthetsbrudd. Faren for tretthetsbrudd kan reduseres ved å slipe ripen slik at alle overganger blir myke og jevne.

Riper forårsaket av skarpe gjenstander er verst fordi de kan bli ganske dype, og fordi radien i bunnen av ripen blir liten. Faren for at ripen kan danne utgangspunkt for tretthetsbrudd kan reduseres betraktelig ved sliping slik at ripen får .jevn overgang. Dette gjelder spesielt om ripene er plassert midt på en del der belastningene er moderate. Om ripene er plassert ved en kant eller ved andre spenningskonsentrasjoner slikt som f.eks. naglehull eller overgangsradius blir den skadelige virkning større. Bortsett fra skiftning av deler er det begrenset hva som kan gjøres for å hindre at progressive feil utvikles fra slike skader.

Riper som går vinkelrett mot belastningsretningen er alltid de farligste, En ripe (A) er således mer skadelig enn en ripe (B), da den første reduserer tverrsnittarealet mest. Likeledes er riper ved platekanter og i nagleforbindelser farligere enn riper inne i platefeltet.

Riper som ikke er trengt gjennom alclad-laget kan alltid betraktes som betydningsløse. Man kan avgjøre om en ripe går gjennom alcladlaget ved først a rengjøre området (med Methyl Ethyl ketone eller likeverdig) og siden fukte med en 10 % løsning av natriumhydroksyd (NaOH). Alcladmaterialet vil forbli blankt, mens det legerte kjernematerialet vil bli sort. Løsningen behøver bare virke på platene i ca. 2 minutter og må fjernes nøye ved å vaske med rent vann. (OBS Væsken virker sterkt korroderende.)

Bulker.
Bulker og bøyer reduserer ikke tverrsnittarealet for delen, men materialet får en annen innbyrdes plassering. Bulker virker skadelig aerodynamisk hvis de forekommer utvendig, og ellers kan de forårsake at deler og installasjoner forskyves. Styrken reduseres spesielt om delen utsettes for trykkbelastninger. Bulker eller bøyer med stor radius og som kan rettes opp igjen, kan anses uten betydning. Dette tilfellet støter man ofte på i kombinasjon med større og alvorligere skader. Bulker oppstår alltid som følge av at delen påvirkes i en slik grad at materialets elastisitetsgrense overskrides.

Bulker vil alltid medføre spenningskonsentrasjoner fordi strekk- og trykk- belastninger introduserer bøyemoment ved bulkene. Jo mindre radius bulkene har, dess større vil disse spenningskonsentrasjoner bli.

Krater.
Denne type av skader kan f.eks. oppstå som følge av korrosjon, innvirkning av syrer eller som punktskade der material er fjernet. Slike skader har stort sett samme virkning som riper. Tverrsnittarealet reduseres, hvilket medfører spenningskonsentrasjoner og øket risiko for tretthetsbrudd. Så lenge kraterets plassering ikke er nær inntil en kant, overgangsradius, annen del eller hull, har et krater stort sett samme innvirkning som et naglehull, så lenge krateret pusses til jevne overganger.

Sprekker.
Denne type av skader utgår vanligvis fra en kant, et hull, overgangsradius eller oppstår på steder med konsentrert belastning eller der man har bråe variasjoner i tverrsnitt.

Struktur som er utsatt for vibrasjoner og dynamiske belastninger, kan ofte medføre problemer på grunn av sprekkdannelser.

Man skal aldri betrakte en sprekk som betydningsløs. Den skal under alle omstendigheter stoppbores, samt slipes og pusses der dette lar seg gjøre.

En liten sprekk vil redusere delens tverrsnittareal. Akkurat der sprekken slutter blir radien praktisk talt lik null. Dette betyr alvorlige spenningskonsentrasjoner der sprekken slutter. Forholdene blir spesielt ugunstige da sprekker først oppstår på steder der belastningene er høye slik som ved naglehull, ved kanter eller overgangsradier.

På grunn av spenningskonsentrasjoner ved endene vil en sprekk alltid ha tendens til å forplante seg videre. Ved å stopp-bore endene av sprekken kan denne tendens stanses eller begrenses. Hull reduserer tverrsnittarealet og medfører derfor økende spenninger i området.

Korrosjon.
Områder som er angrepet av korrosjon skal rengjøres og korrosjonsbehandles slik at prosessen stoppes. Dette er behandlet i kapittel 2.

Vingeforkanter.
Med vingeforkanter menes her delene av vingen foran fremre vingebjelke og som er montert på denne bjelken. Forkantene er sekundærstruktur, men de er meget viktige idet de utgjør en del av vingens aerodynamiske profil.

Kapittel 8 Det elektriske anlegget

Generelt

Elektriske anlegg i sportsfly kan være alt fra enkle oversiktlige installasjoner til adskillig mer kompliserte opplegg via kabelmatter. Et minimumsopplegg på enkle sportsfly er tenningsanlegget med brytere.

Flyets tenningsanlegg består normalt av en eller annen form for magnettenning. Årsaken er hensynet til driftssikkerhet: så lenge svinghjulet roterer vil tennpluggene lever gnist. Et slikt system er dermed uavhengig av batteri. Tenning avslått betyr da kortsluttet tenningskrets.

På moderne motorer er det vanlig med dobbelt tenningsanlegg, som kan fungere hver for seg. Neste trinn er å utstyre motoren med elektrisk starter. Dermed behøves også et batteri, som igjen medfører behovet for en strømgenerator med tilhørende regulator og lade krets. Videre krever en rekke instrumenter også strøm for å fungere, samt ledere til senderen. Dermed blir de elektriske oppleggene mer komplisert etter hvert.

Et elektrisk anlegg er vanligvis bygget opp slik at betjeningsbrytere for lade krets, batteri-kabler og opplegg til instrumenter og utstyr er installert med en ledere, der minus, eller jord (gods) som vi kaller det, går som egen leder.

Selv om metalldelene i flyets konstruksjon er koblet sammen med batteriets minuspol, er det ikke tilrådelig å bruke konstruksjonen som felles minusleder, slik det blir gjort på biler. Kun internt på selve motoren kan dette foregå uten risiko. Å bruke flyets metallkonstruksjon som strømleder kan resultere i en rekke feiltilstander. For å sikre seg møt uønsket radiostøy må alle flyets metalldeler ha god galvanisk forbindelse, men må altså ikke brukes som strømleder.

Kabler og isolasjonsmateriale

Ved vedlikehold eller nye installasjoner i det elektriske anlegget må en først og fremst kritisk med hensyn til kabelens kvalitet. Egnede kabler har kobberkjerne eller fortinnet kobberkjerne. Kjernen er flertrådet. Tverrsnittet (kvadratet) må alltid tåle den strømmen vi skal lede gjennom kabelen. Til styrekabler og signalkabler der det ikke går strøm av betydning, er det likevel lurt å bruke kabler av en viss dimensjon for å beholde en viss mekanisk styrke.

Isolasjonsmaterialet må tåle et stort temperaturområde fra lavt til høyt uten at nødvendige egenskaper endres. Unngå derfor kabler med ren PVC isolasjon i, i hvert fall i motorrommet: driftstemperaturene blir rett og slett for høye. Det har vært flere havarier som kunne ha fått fatal utgang ene og alene grunnet bruk av PVC isolerte leder (ledere av bilkvalitet). Benytt i stedet ledere av flykvalitet med teflon isolasjon, isolasjonen kjennetegnes ved at den er hvit. Denne må anskaffes fra kvalifisert leverandør.

Det er absolutt forbud mot å benytte kabler fra skjult elektroinstallasjon i bygninger (for eksempel 1,5 mm² PN). Kjernen har for få kordeler og det blir mye luft under isolasjonen. Den trekker derfor lett fuktighet og korroderer. Den tåler lite vibrasjon før den kan skades. Isolasjonen er PVC som avgir klorgass hvis den brenner. Klorgass er særdeles giftig og ble brukt som stridsgass under første verdenskrig.

Sikringer
Alle strømførende kabler, dvs. de som skal føre strøm fra en kilde til et forbruk, må være sikret. I prinsippet skal sikringer sitte ved strømkilden. I fly er det generelt vanlig å benytte automatsikringer, dvs. sikringer som kan resettes av flygeren dersom de skulle kutte. Etter sikringen monteres bryteren.

Prinsippet for oppbygging av en strømkrets blir dermed: strømkilde (batteri pluss) – sikring – bryter – forbruker – batteri minus.

Hvis batteriet må flyttes fra motorrom og bakover i flyet for å justere tyngdepunktet, har en et problem. Strøm fra batteriet og fram til starteren har gjerne et stort tverrsnitt og kan levere flere hundre Amper. Hvis startreleet er plassert nær strømkilden er problemet redusert, men for å unngå enda en strømkabel fra batteriet og fram til forbruk blir ofte starterkabelen benyttet. Dette er uheldig og har medført brann ved havari.

Skjøting, festing og trekking av ledere
Tenningsanlegg er i sin helhet montert på motoren, mens jordings brytere er framlagt til pilotplass. Det vil si at lederne kan ha en skjøt et eller annet sted. Hvis ikke motorleverandøren har løst dette ved hjelp av et kontaktsystem eller annen form for skjøting, kan lodding (se avsnitt nedenfor) eller dertil egnede klemmesystemer benyttes. Ikke bruk kroneklemmer (”sukkerbit”), i det hele tatt er skrudde klemmer i et elektro system en uting, da skruen kan løsne under drift.

For å unngå at ledere slites, klemmes, brekkes eller blir utsatt for unødig vibrasjon er det nødvendig å planlegge føringen av disse: lederne buntes hensiktsmessig og festes ved jevne mellomrom til flyet struktur. Det kan være nødvendig med hjelpeklammere eller braketter for å feste ledere og kontakter forsvarlig. Hvis batteriet er plassert bak, og det legges løse, usikrede batterikabler gjennom flyet, er dette en stor risiko som en må unngå.

Hvis en leder av en eller annen grunn må skjøtes, er det en loddeskjøt som gir lavest overgangsmotstand, fordi tverrsnittet opprettholdes. Isolasjon fjernes og begge ender av kabelen må rengjøres nøye før lodding. Vær spesielt oppmerksom på at det foruten isolasjon ikke også fjernes kordeler fra lederen: bruk avisolerings tang!

Før loddingen påfører vi kabelen en krympestrømpe av riktig dimensjon. Vi kan gjerne fylle opp gropa etter fjernet isolasjon med tape, før vi krymper strømpa ved hjelp av varmluft. Vær klar over at lederen blir stivere ved loddeskjøten og må festes til struktur for å unngå skader/brudd som følge av vibrasjoner. Fest aldri direkte til struktur, men sørg for at det ligger en eller annen form for isolasjon mellom leder og metall.

Oppbygging, reparasjon og vedlikehold av et elektrisk anlegg, krever litt erfaring. Det kan være en god ide å kontakte en avioniker for å få noen tips, eller se hvordan han arbeider. Legg særlig merke til at han aldri trekker en leder direkte, men legger den i rause bøyer, slik at det alltid er litt slakk i systemet og at det er gode muligheter til innfesting. En vil også oppdage at han fester ved hjelp av spesiell tråd, men på sportsfly er det i dag vanlig å bruke buntebånd, ”strips”.

Ved skjøting er det vanlig å benytte flatstifter (se ill. under), som leveres i alle mulige størrelser. Vanlig i sportsfly er ”rød”; 0,5-1,5 mm2, ”blå”; 1,5-4,0mm2, og ”gul”; 4,0 til 6,0mm2. Flatstifter skal klemmes med en dertil egnet tang, og fortrinnsvis en med raster som ikke slipper før stiften er ferdig klemt. Legg også merke til at tangen ar påført fargemerking på den ene siden av kjeften: lederen skal alltid inn i stiften fra denne siden!

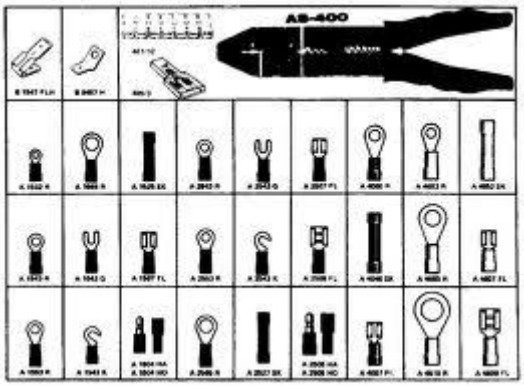


Fig. 8-1 Kabelsko og skjøtehylser. Følg bruksanvisningen nøye!

Fig. 8-1 Festeklammer for eksempelvis batterikabler

Radiostøy

Klagene fra kontrollsentraler på sportsfly kan forekomme og vi opplever alle at enkelte støyer mer på radioen enn andre. Dette er sikkert riktig, og en skal være klar over at enkelte bærbare radiosett er mer mottagelig for støy enn andre. Det kan være komplisert å finne kilden til slik radiostøy, og derfor kan det være lurt å prøve et annet radiosett før en setter i gang med feilsøking.

Flyradioen skal detektere et amplitudemodulert signal. Mottageren ser ikke forskjell på om et slikt signal er produsert av tenningen, dynamoen eller andre kilder. Mottageren detekterer og gjengir alt som kommer inn i inngangstrinnet.

Følg motorprodusentens anvisninger for å avhjelpe slike problem. Rotax 912 skal eksempelvis ha montert en kondensator på 22000 µF (mikrofarad) på det elektriske anlegget nærmest strømkilden.

Vær også oppmerksom på at en fastmontert radiostasjon i fly (alle fly, også sportsfly), skal oppebære en radiokonsesjon fra post og tele direktoratet. Før myndighetene utgir et slikt dokument, forlanges en test fra et sertifisert avionikk verksted som bekrefter akseptabel kvalitet på sending og mottak. Bruk av radiostasjon i fly krever også at flyveren har flyradiotelefonisertifikat.

Kapittel 9 Motor vedlikehold

Vedlikehold av motorer i sportsfly betinger at en har kjennskap til motorens oppbygning med relevante systemer. Likeledes er det en forutsetning at relevant dokumentasjon fra produsent er tilgjengelig, f.eks brukermanual samt installasjons- og verkstedhåndbøker.

Rent generelt kan det fastslåes at en mikoflymotor av vekthensyn er vesentlig mere lettbygget enn f.eks en bilmotor. Den vil derfor måtte vedlikeholdes og kontrolleres ofte, og har også derfor alltid en maks gangtid fra produsent (TBO-Time Between Overhaul).

I det følgende skal vi i hovedsak se på 4-takt motoren og dens systemer; 2-takteren som nå er på vikende front, blir bare perifert omtalt.

Alle 4-takt motorer har følgende eksterne primærsystemer:

Kjølesystem, smøresystem, tenningssystem og brennstoff system. Vi tar for oss oppbygging av systemene enkeltvis.

Kjølesystem

Luftkjøling

På luftkjølte motorer er systemet svært enkelt: over motoren ligger det en samlekasse med kald kjøleluft fra flyets fartsvind. Denne delvis trykkes/delvis suges ned igjennom kjøleribber på topplokk og sylindre. Den varme kjøleluften suges ut under og bak motorkåpen. Det er et falsum å tro at trykket fra fartsvinden bevirker all kjøling: viktigst er undertrykket under motoren som suger den varme luften vekk. En forutsetning for at et slikt system skal fungere tilfredsstillende blir da at systemet er tett uten luftlekkasjer som gjør at kjøleluften ikke blir ført over kjøleribbene.

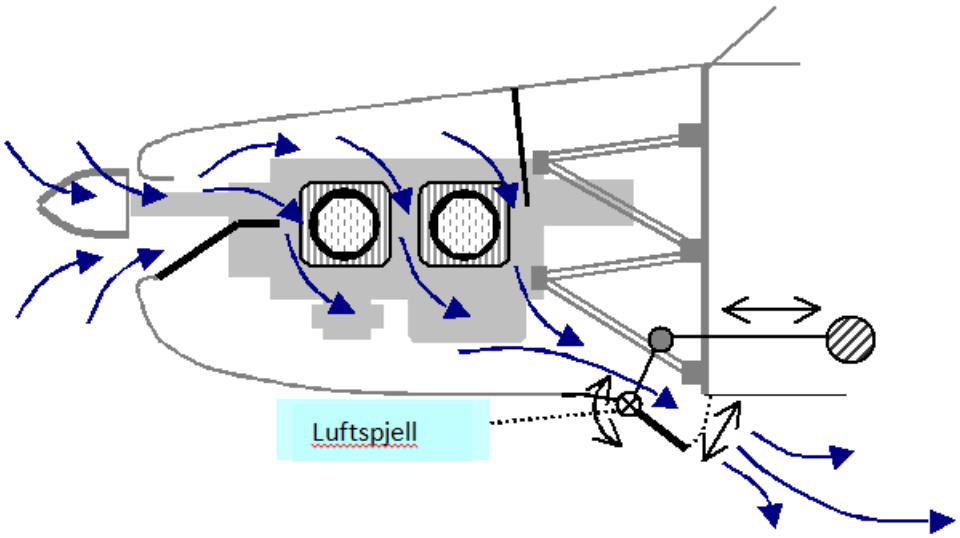


Fig. 9-1 Luftkjølt boxermotor med luftspjell

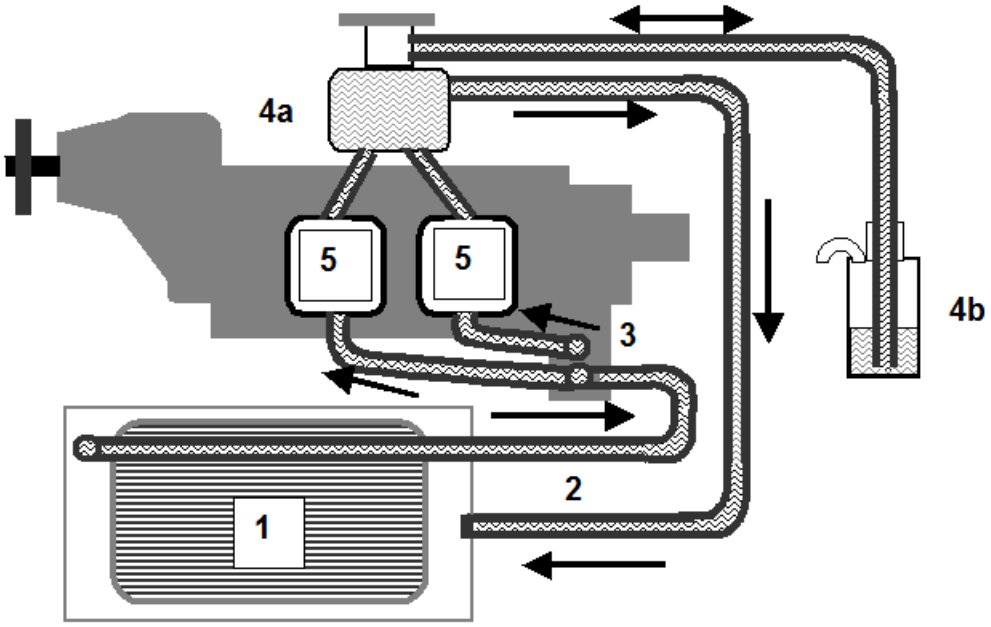


Fig. 9-2 Kombinert luft- og væskekjøling

Som på luftkjølte motorer er dette kombinerte systemet svært enkelt.

Den vanligste 4-takts-motoren på sportsfly i dag har et s.k. kombinert kjølesystem: kald kjøleluft føres over sylindrenes kjøleribber, mens de varmeutsatte topplokkene er væskekjølt med glycol/vann. Kjølevæsken pumpes så igjennom en luftkjølt radiator, slik som vi kjenner det fra bilmotorer. Et slikt kombinert system er vesentlig mere komplisert i oppbyggingen enn ren luftkjøling, og krever god oppfølging og kontroll mht. lekkasjer og andre funksjonsfeil. Fordelen med det er at det tåler større varmebelastning.

Figur 9-2 har følgende symboler:

- Radiator (1)
- Slanger/rør til/fra motor og radiator (2)
- Vannpumpe - motordrevet sirkulasjonspumpe (3)
- Fordelertank med trykklokk (4a)
- Overløpsbeholder (4b)
- Væskekjølte topplokk (5)

Vedlikehold på kjølesystemet omfatter å sjekke for lekkasjer og tap av væske, påfylling av ny, samt kontroll av frysepunkt. Vanligvis benyttes 50 % vann/glykolblanding. Bland ikke inn mer glykol, for væskens evne til å føre bort varme forringes. Pass også på at forskjellige typer kjølevæske ikke må blandes.

Mange kjølesystem er bygget opp med slanger og slangeklemmer. Trekk ikke til klemmene for hardt, for de kan skjære seg inn i slangen. Det regnes som god flymekanisk praksis å sikre skruen på klemmen med rustfri låsetråd.

Smøresystem

Vi holder oss til den vanligste motoren i sportsfly, og gir en kort bekrivelse av smøreolje-systemet, som er vist på figur 9-3.

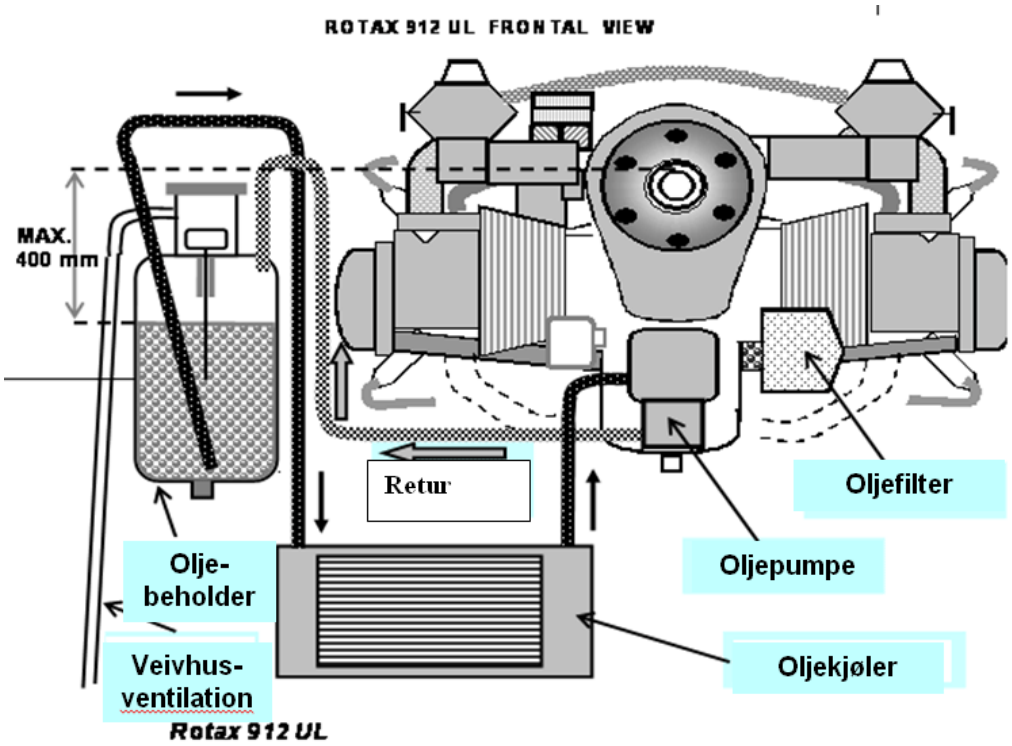


Fig. 9-3 Smøreoljesystemet

Et slikt system avviker litt fra det en muligens er vant med, fordi motorblokken ikke har egen oljesump: dette er en ekstern oljetank. Videre har motoren en påbygget oljepumpe som suger oljen fra tanken og gjennom oljekjøleren, så trykkes oljen inn i de nødvendige smørepunktene på motoren. Etter at oljen har smurt, må den føres tilbake til tank, og dette oppnår man kun ved å benytte overtrykket i veivhuset. Forklar selv hvordan dette overtrykket oppstår!

En abolutt påkrevet del av enhver daglig inspeksjon på et sportsfly, er å peile oljenivået i tanken. I og med at systemet er bygd opp som det er, kreves en spesiell prosedyre før peiling kan finne sted. Man «gurgler» motoren! Uttrykket kommer fra den gurglende lyden som fremkommer når restoljen i motoren presses tilbake på tanken.

Gurgelyden er ikke spesielt kraftig, og det frarådes fra å tørne motoren på starteren med avslått tenning, for en risikerer å ikke høre noe. Likeledes påpekes det i teksten under at motoren KUN dreies i sin rotasjonsretning, ellers kan dette føre til at en (eller flere) av de hydrauliske ventilløfterene fylles med luft - motorhavari kan ofte være et beklagelig resultat.

Fra tid til annen oppstår det tvil om motoren er slitt fordi den bruker for mye smøreolje. Til veiledning kan men gå ut fra at en «frisk» 4-takts motor ikke forbrenner mere smøreolje enn max 0,5 % av brennstoff forbruket. Har motoren brukt 100 l bensin, bør den ikke ha brukt mer enn 0,5 l olje.

Kontroll av oljenivå i en Rotax 912:

- Ta av lokket for oljepåfyllingen
- Motoren tørnes langsomt rundt ved hjelp av propellen
- Roter propellen i normal rotasjonsretning!
- Tørn motoren til du hører at oljen boblende strømmer tilbake til oljetanken.

Først da viser peilepinnen det virkelige oljenivået, for det finnes ingen andre måter å sjekke nivået på.

Daglig og periodisk vedlikehold av motorens smøresystem begrenser seg til kontroll av oljenivå med eventuell påfylling (boksermotorer bruker litt smøreolje), samt olje- og filter skift til fastsatte intervaller.

Utskifting av filter krever ofte at det benyttes spesialtang. Ikke kast det brukte filteret før det er splittet for å se om det ligger rester av metall i det; på en måte kan en kanskje unngå kostbare konsekvenser. Vær påpasselig med å bruke smøreolje og filter som motorprodusenten godkjenner!

Tenningssystemet

Magnettenning.
Flymotorer er vanligvis utstyrt med en eller annen form for magnettenning. Dvs at en ikke trenger batteri i tillegg for å få gnist på pluggen. Så lenge motoren roterer vil pluggen også gniste.

Et tenningssystem med magneter kan bygges på en rekke forskjellige måter, men felles for de alle er at det egentlig dreier seg om to separate systemer som er helt uavhengig av hverandre. Årsaken til dette er at man for enhver pris vil unngå driftsforstyrrelser her: da stopper motoren per omgående!

På typegodkjente (sertifiserte) motorer er tenningstidspunktet fast, men magneten må justeres inn på registeret ved hjelp av en kontrollboks med indikatorlys. Arbeidet er ikke vanskelig, men krever stor grad av nøyaktighet og som regel flere forsøk før man er fornøyd. Ofte kan en av magnetene ha en såkalt impulskopling (den karakteristiske klakkingen når en flymotor dreies rundt med en startmotor), som legger tenningstidspunktet nærmere motorens øvre dødpunkt for å lette starten.

På nyere motorer består vedlikehold av tenningssystemet som regel i å skifte plugger ved fastsatte intervaller. Bruk ALLTID momentnøkkel og pluggpasta!

I prinsippet ser et slikt system ut som på figur 9-4.

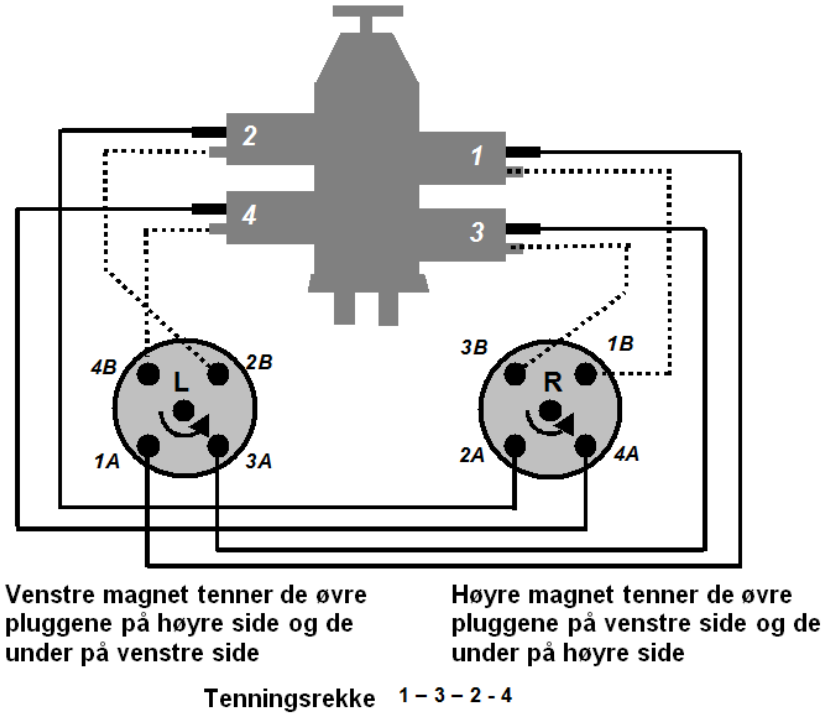


Fig. 9-4 Magnettenning

Elektronisk tenning.

Det blir vanligere at motorprodusentene av prishensyn går bort fra ren magnettenning. I stedet benyttes gjerne elektronisk tenning.

Rotax 912 motorens kapasitive tenningssystem:

- systemet består av to separate simultant virkende tenningskretser.
- strøm genereres med integrerte spoler som finnes i svinghjulet
- to tenn spoler i generatoren mater strøm til tenningsmodulene
- tenningsimpulsene oppstår av kondensatorutladninger i CDI-enheten
- spenningen ledes via coilene til tennpluggene.

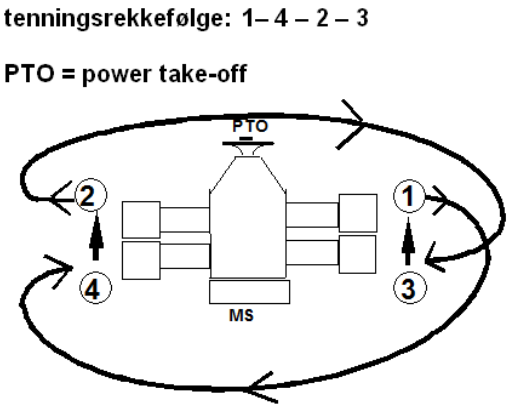


Fig. 9-5 Tenningsrekkefølge for Rotax 912

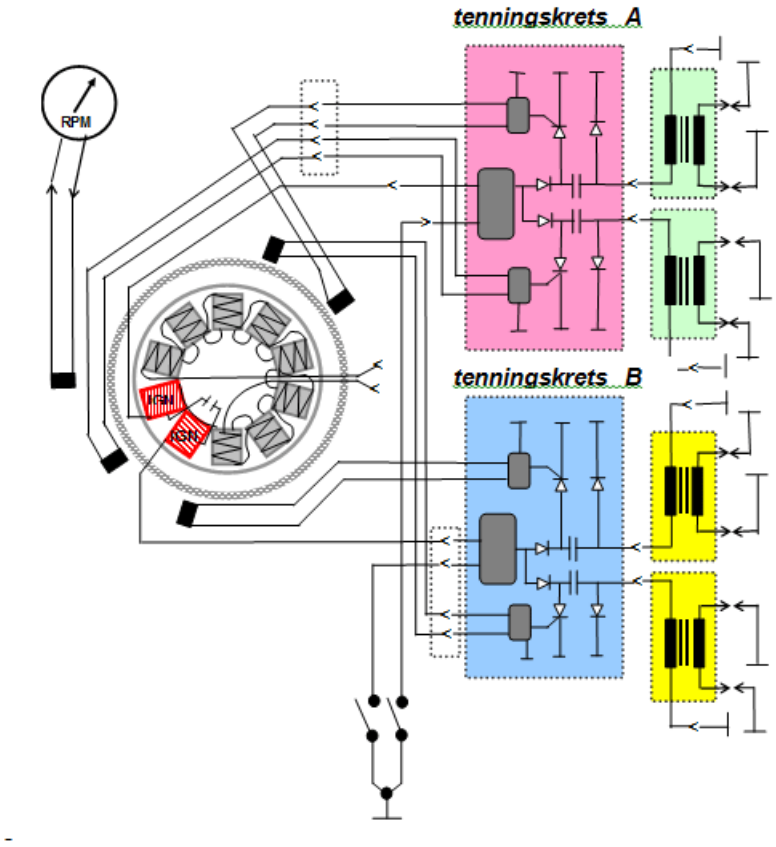


Fig. 9-6 Koblingsskjema til elektronisk tenning for Rotax 912

I forbindelse med arbeid på motorer blir det ofte snakk om motorens tenningsrekkefølge. Valgt rekkefølge er ofte en praktisk konsekvens av byggeform og tenningssystem. Ved nummerering av sylindrene blir den nærmest motorens hovedkraft uttak (propellerflensen, pto-power take off)) alltid benevnt med nr.1. Så følger de andre etter i rekkefølge.

Advarsel: sørg for at tenningen er avslått og nøkkelen er fjernet fra tenningslåsen ved alle arbeider på motoren. En varm motor kan være forbausende lettstartet!

Brennstoffsystemet.

Uten tvil det systemet som gir mest bekymringer, er flyets brennstoffsystem. Dette fordi man etter hvert blir tvunget til å benytte etanolholdig 95 oktan blyfri bilbensin. Produktet er i utgangspunktet ikke særlig velegnet til bruk på fly. Selve motoren tåler denne typen drivstoff godt, men noe annet kan det være med resten av komponentene i systemet. Tanken, filtre, pakninger, slanger m.v. Dessuten har bilbensin et mye høyere damptrykk enn ønskelig, hvilket kan medføre «koking», dvs. damplås i systemet, med påfølgende driftsforstyrrelser.

I flyene våre ønsker vi drivstoff med så lavt damptrykk som mulig. Grunnen er at jo lavere det spesifikke damptrykket er, dess mer tåler produktet av varme/undertrykk før det begynner å gasse, hvilket kan medføre gassblærer i bensinsystemet som i verste fall forårsaker motorstopp. Mens Avgas 100LL har et damptrykk på rundt 38-49kPa, vil 95 oktan bilbensin iht. norm EN228 ligge mellom 45-60kPa (sommer) og 60-90kPa (vinter).

Bilbensin 97/98 oktan, som ikke er produsert iht. EN228, ligger typisk rundt 45-70kPa (sommer) og 70-100kPa (vinter).

Bruk kun ny bilbensin rett fra pumpa på sportsflyet: bilbensin er ferskvare og egenskapene reduseres svært raskt når produktet først er fylt på flyet. Filtreringsgraden på bilbensin er altfor dårlig til bruk på forgassermotorer med grove forfiltre. Dette medfører at det alltid må benyttes filtrerende trakt ved fylling, og helst en med semsket skinn som filterduk. Ved påfylling, som alltid utføres utendørs, må flyet jordes slik at en unngår gnistoverslag som følge av statisk elektrisitet.

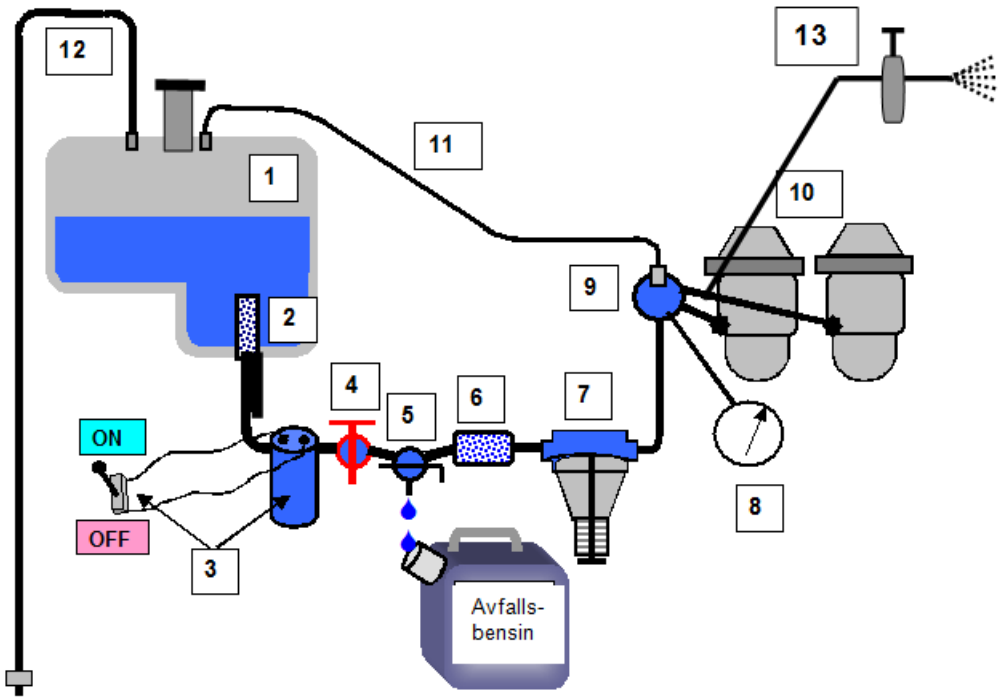


Fig. 9-7 Et typisk brennstoffsystem for et sportsfly.

1 Drivstofftank
2 sil ved uttak fra tank
3 elektrisk boosterpumpe med bryter
4 tankvelger og stengekran
5 kran for drenering av kondens samt for prøvetaking
6 filter
7 mekanisk brennstoffpumpe
8 sensor (måler) for brennstofftrykk
9 forgrening for retur
10 forgasser.
11 returrør til brennstofftank
12 luftnings- og trykkutjevningsrør.
13 prime (snapse) pumpe (finns ikke i alle fly)

Vedlikeholdsarbeider på brennstoffsystemet omfatter en nesten kontinuerlig tetthetskontroll. Bensin er tilsatt en kraftig aromat, og finnes det en lekkasje et sted, vil det lukte! Absolutt ingen flyging før lekkasjen er utbedret! Det samme som er nevnt for slanger, klemmer og rør

i kjølesystemet gjelder også her. Alt av slanger på et fly er livstidsbegrenset; flyets håndbøker har nærmere data. Hvis det ikke står noe i håndbøkene, fastsetter reglene i sikkerhetssystemet utskifting etter 4 år. Det regnes som god praksis å legge brannmantler eller såkalte «firesleeves» rundt alle slanger i brennstoffsystemet. De beskytter både slangen for varmepåvirkning og gir en viss beskyttelse ved en eventuell lekkasje.

Avtapping av vann før flyging er en selvfølge ved daglig ettersyn. Kontroll, rens og eventuell utskifting av filtre hører med til det periodiske vedlikeholdet.

Forgasser

En sentral komponent i motorens brennstoffsystem, er forgasseren(e). I faget fly og motorlære er den allerede detaljert omtalt, så selve funksjonen burde være klarlagt, men et sentralt spørsmål gjenstår: at luftens tetthet avtar med høyden.

Dermed produserer en forgasser med faste dyser, som på figur 9-7, fetere blanding med økende flyhøyde (det blir mere og mere andeler av bensin i forbrenningsluften). Til slutt er blandingen så fet at motoren soter, fusker og kanskje tom stopper. Da blir det helt stille der foran, du blir livredd når flyet ikke lenger holder høyden, du drar i stikka, flyet mister flyfarten, det steiler, flikker og går i spinn, mens du fremdeles sitter der helt tafatt og vettskremt (når du likevel henger der i seletøyet kan du legge merke til at det ikke ser ut til å være flyet som spinner: det er bakken som roterer). Selvsagt, når flyet treffer bakken, kan du slå deg.

For veldig mange er det derfor av interesse at forgasseren fungerer på den måten at den sikkert og helt automatisk minsker tilført bensin til forbrenningsluften med økende flyhøyde.

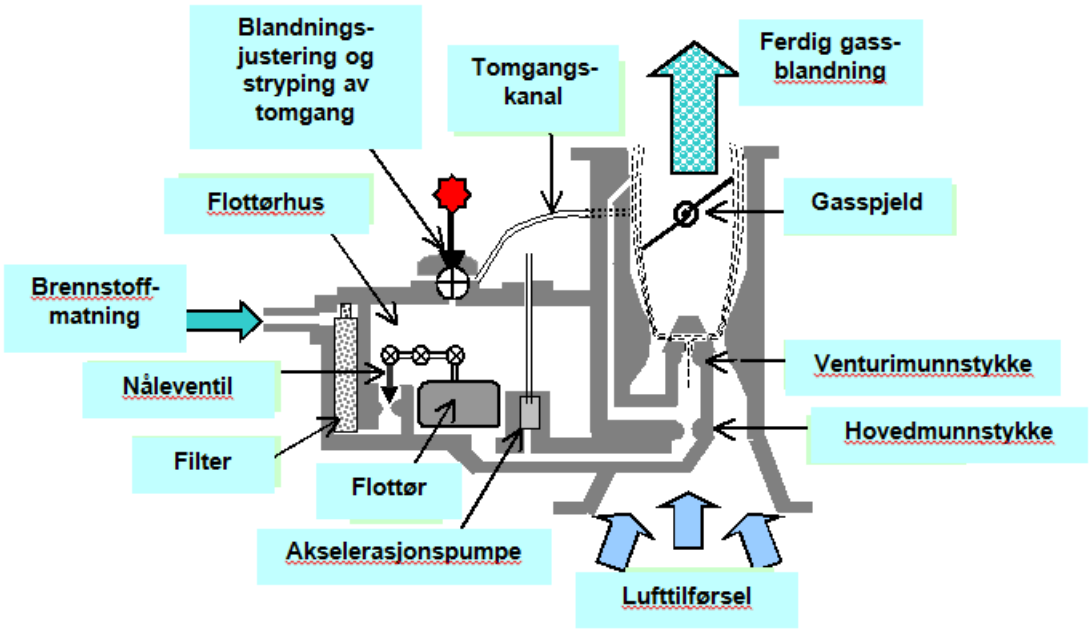


Fig. 9-7 En klassisk forgasser.

Forklar selv hvordan flymotorforgasseren på figuren over regulerer tilført bensinmengde. (OBS! DETTE ER ET LURESPØRSMÅL!)

Flymotorforgasser - Liketrykkforgasseren

Kjært barn har mange navn: CD (Constant Depression), CV (Constant Velocity), eller tysk: Gleichdruckvergaser. Denne typen avviker litt fra den vi krasjet med ovenfor, fordi den benytter en tynn konisk nål i en fast dyse til å regulere nettopp blandingsforholdet. Nålen beveges opp/ned i forgasserhuset av en gummimembran, som påvirkes av det totale trykket i forgasseren (vakuumet fra motoren og utetrykket) når gass spjeldet åpnes.

Spørsmål: hvorfor oppstår det et vakuum??

Selve membranen er fremstillet av tynn gummiduk. I likhet med all annen gummi på motoren er den derfor livstidsbegrenset, og må skiftes med jevne mellomrom. Hvis ikke, kan den sprekke og forgasseren vil dermed ikke magre ut blandingen med økende flyhøyde. Utskifting av membran er ikke komplisert, men det er en fordel med en viss erfaring. Er du usikker: spør!

Du vil oppdage at nålen ikke er festet direkte til membranen, men til et stempel, som igjen er festet til membranen. Stempelet har en utsparing, samt en for- og en bakside. Sørg for at alt sammen monteres inn rette veien (det er lett å sette det sammen feil).

Liketrykksforgasseren krever også identisk lufttrykk i forgasserhals og flottørkammer. Derfor ligger den en liten slange fra forgasserhuset og bort til samlerøret foran forgasseren(e), alternativt inn på bakkant av luftfilteret. Sørg for at også denne slangen havner på rett sted.

OBS! Hvis forgasserns flottør ventil skulle begynne å lekke grunnet forurensninger (les: du filtrerte ikke bensinen du fylte på), vil det renne ut bensin av denne slangen. Det er derfor viktig at motorprodusentens installasjonsanvisninger er overholdt.

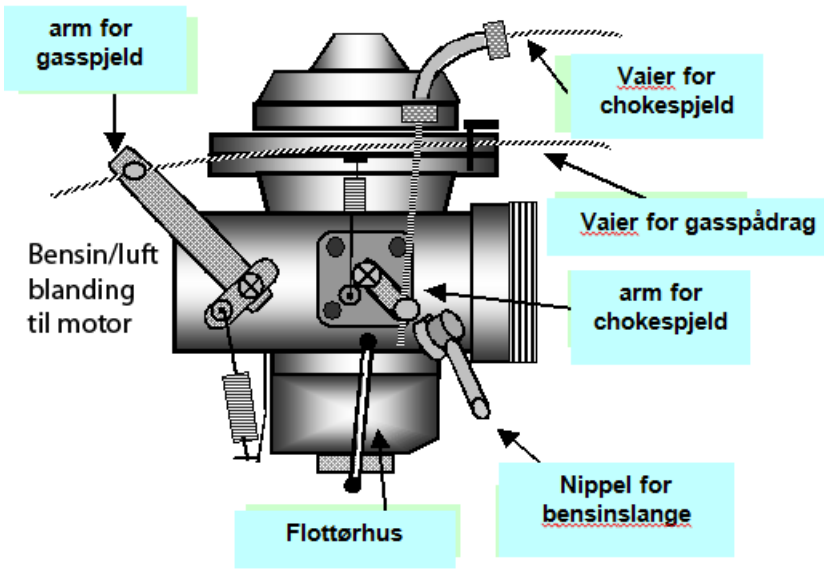


Fig. 9-8 Liketrykksforgasser

Strømningshastigheten gjennom forgassere av denne typen holder seg stort sett konstant over hele motorens turtallsområde, uavhengig av hvor mye motoren belastes.

System for forgasservarme (Forvarmning)

- systemet består av en varmeveksler og et toveis spjell
- i motorfly ledes forgasser varmluften forbi luftfiltret
- varmeveksleren i et motorfly utvikler strømningsmotstand
- strømningsmotstanden gjør blandingen rikere

Væskekjølte motorer kan også ha en vannkappe rundt forgasserhalsen, slik at forgasserhuset varmes opp så meget at det ikke kan avsettes is. Likeledes finnes det også elektriske systemer som varmer opp forgasserhuset.

Her til lands, med ofte høy relativ luftfuktighet og liten forskjell mellom ute- og duggpunkt temperatur, skal det svært gode argumenter til for ikke å ha en eller annen form for forgqasservarme i flyet. Særlig fordi slike systemer er bortimot vedlikeholdsfrie. Man må imidlertid selvsagt være oppmerksom på muligheten for eksoslekkasje når lydpotten benyttes som varmekilde. Ingen flyging før lekkasjen er funnet og tettet! Det regnes også som god praksis å ha en CO-indikator i cockpit.

Samtlige komponenter i et brennstoffsystem skal ha utførlig underlag fra produsent for både daglig og periodisk vedlikehold, samt reparasjon. En særlig advarsel ifm utskifting: unngå enhver bruk av komponenter til bil. Temperaturene i våre tette (og luftkjølte) motorrom overgår langt det som bilutstyr er beregnet for. Ikke bli en del av skadestatistikken!

Propeller og reduksjonsgir

Mange typer motorer som brukes i fly utvikler et ganske høyt turtall, mens de fleste propeller typer i våre effektområder gir optimal trekkraft rundt 2500 - 3500 o/min. Derfor kan det være nødvendig å endre rotasjonshastigheten ved hjelp av et reduksjonsgir.

Som motoren, tilhører giret komponenter med faste kjøretider og serviceintervaller. Det finnes ulike typer av reduksjonsgir med hensyn til kraftoverføring:

- kileremdrift for små effekter
- tannreim for mellomstore effekter
- mekaniske gir med oljekjølte trinn- eller planetgir

Mekaniske gir blir som oftest smurt av motorens smøresystem, og er derfor ikke særlig vedlikeholdskrevende. Men mange av dem kan ofte være utstyrt med en eller flere clutcher for å beskytte mot overlast. Fjærspennet i clutchen kan med tiden forringes, slik at denne må kontrolleres. Produsenten har klare prosedyrer om fremgangsmåte og verktøy.

Om motoren går mye med blyholdig bensin, kan bly rester fra brennstoffet bli ført med oljen til clutchpakken, som etter hvert går helt tett og slutter å fungere. Produsenten har derfor klare prosedyrer på en slik situasjon.

Eventuelle bly avsetninger i giret (tetraetyll bly), er meget giftige. Unngå innånding, hudkontakt mv.

To-takstmotorer

Det blir stadig færre sportsfly med totaktsmotor. Sammenliknet med en 4-takter er de vesentlig enklere i sin oppbygning, og er helt suverene mht til avgitt effekt i forhold til vekt. Baksiden av medaljen er høyt bensinforbruk og kort TBO (ofte kun 300 timer). Imidlertid, vi tar en liten kikk på oppbygning og virkemåte:

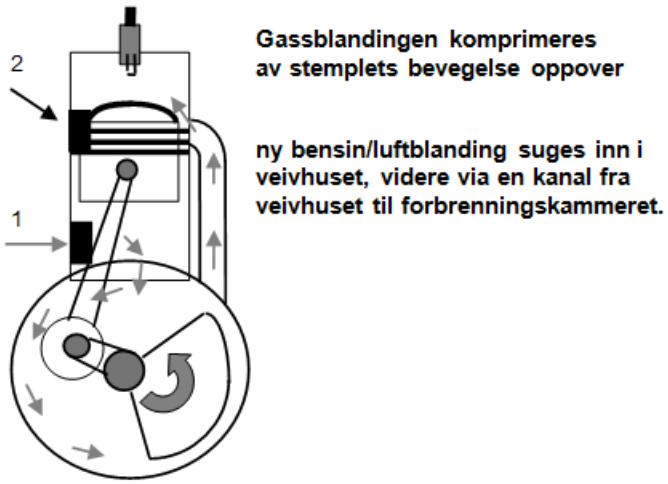


Fig. 9-9 Prinsipptegning for to-taktsmotor

1. Innsugningsport med forgasser
2. Eksosport

Arbeidstaktene i en totaktsmotor er parvis:

- Første takt: innsugning og arbeid samtidig
- Andre takt: kompresjon og utblåsning samtidig

En totaktsmotor er svært følsom for over oppvarming og -belastning. Den er også svært følsom for langtidslagring uten olje i veivhuset.

Råd for bruk av to-taktsmotoren

Etter stigning bør flyet holdes i horisontal flukt og gå på full effekt ett øyeblikk før motorturtallet reduseres, og dette må skje veldig forsiktig.

EGT måleren avslører raskt om det er risiko for motorskade på grunn av overopphetning som følge av f.eks. mager blanding.

Oljeblandingen i bensinen må stemme med motorfabrikantens spesifikasjoner.

Totaktsmotoren bør av-sotes med 50 timers intervaller, og da skal sylindrene og stempelringer løsnes. Nye pakninger må monteres etter slik service.

PROPELLEN

Flyets propell er en vedlikeholdskrevende komponent. Den blir under drift utsatt for svære påkjenninger. I tillegg blir den skadet av steinsprut, vann og insekter.

Dagens propeller produseres enten i laminert tre, alternativt kan disse også være kledd med et lag glassfiberarmert epoksy. Så finnes det propeller om er laget i harde plast typer, det finnes typer som en kan få justert stigningen på bakken, og endelig finnes det type som selv alltid tilpasser stigningen til flyets hastighet og motorens belastning.

For enhver motor finnes det en velegnet propell, samt et utall som ikke er egnet. De eneste som kan gi endelige, eksakte svar, er motor- og flyprodusenten.

Felles for de alle er at de krever omhyggelig vedlikehold for å fungere optimalt. Småskader må repareres umiddelbart etter foreskrevet metode fra produsent, vask og fjerning av insekter etter bruk er en selvfølge. Det skal ikke store skaden til før propellere må skiftes.

En skadet eller defekt propell kan være livsfarlig!

Trepropeller må ettertrekkes med jevne mellomrom, gjerne 3-4 ganger i året grunnet våre klimatiske forhold. Bruk momentnøkkel!

Det finnes to typer flygere: de som har skadet en propell og de som kommer til å gjøre det.

Ved en såkalt «propstrike» vil propellen alltid bli skadet, mere alvorlig er det at dette også går ut over motoren, og motorprodusenten har detaljerte opplysninger om hva om må gjøres når en slik skade oppstår. Som et absolutt minimum må propellerflensen klokkes for skjevhet med et mikrometer, og ved den minste antydning til dette må motoren demonteres for ytterligere kontroll. Direktedrevene motorer har dessuten en tendens til å slå veivakselen skeiv, mens både gir og veiv kan få lei medfart på typer med dette.

Ta ingen sjanser! Tap av propellen under flyging er ingen spøk, og samtlige av de som har vært igjennom dette skulle gjerne ha vært denne erfaringen foruten.

Kapittel 10 Verktøy

Som allerede bemerket i innledningen, er en viktig del av det å eie et sportsfly, selve vedlikeholdet på flyet. Til det trengs en god del egnet verktøy. Det forutsettes at bruk av verktøy inngår i eiers kunnskap.

I det følgende er det listet opp en del verktøy som bør forefinnes. Listen er ikke uttømmende, og må utvides for å tilpasses aktuell flypark:

- Pipenøkler i tommemål og millimeter. ¼" firkantfeste opp til 13mm – ½", deretter 3/8" firkant (1/2" firkant blir for grovt). Dessuten pluggnøkkel pipe
- Fastnøkler i tommemål og millimeter. Rimelige nøkler er vanligvis ikke smekre nok.
- Momentnøkkel med "klikk", både med ¼" feste og 3/8" feste.
- Skrutrekkere: stjerne Phillips og Pozidrive. Flat-trekkere. Fra små til store dimensjoner
- Unbrako sekskant nøkler, både tommemål og millimeter
- Sikringstang 6" (9" kan bli for grov)
- Filtertang av egnet type (olje filtre kan sitte hardt)
- Nebbtang, smekker, en rett og en bøyd
- Avbitertang, gjerne i et par størrelser.
- Bladsøkersett, både tommemål og millimeter
- Magnet med forlenger for å hente opp "ting som falt ned"
- Flatstift tang (dersom flyet har slike)
- Loddebolt
- Varmluftpistol

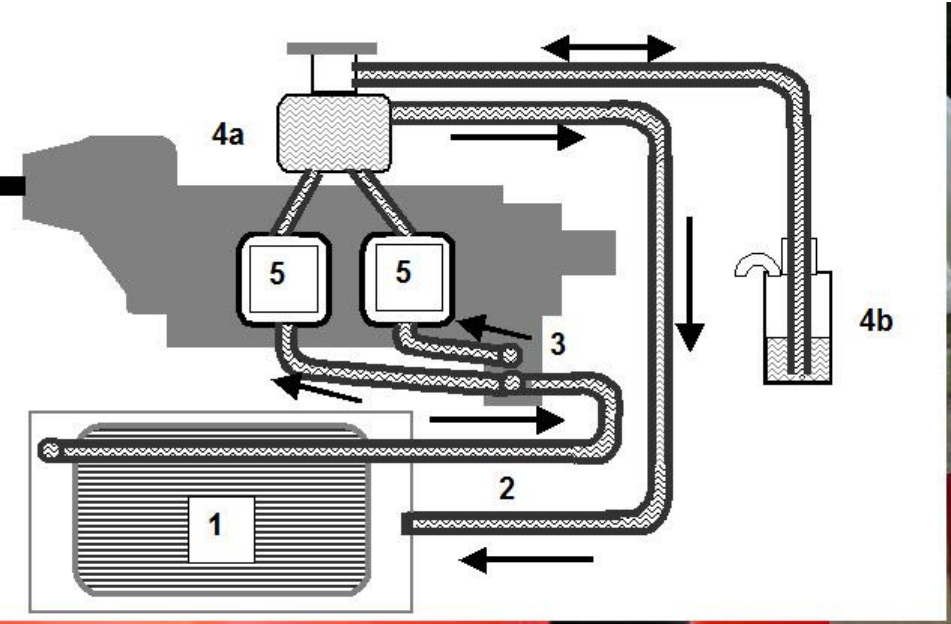
I tillegg kommer det som benevnes verkstedmateriell:

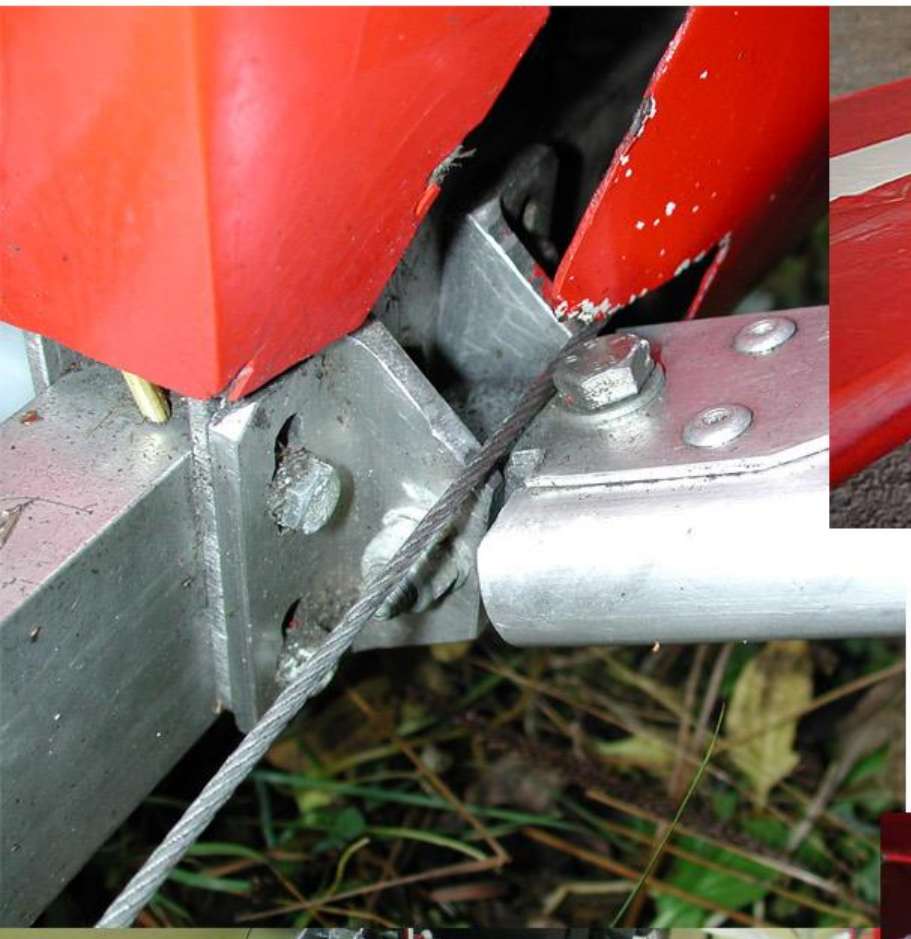
- Rensemidler
- Låsevæske ("Locktite")
- Polermidler
- Smøremidler
- Tørkepapir/filler
- Skruer, bolter, muttere og skiver i egnet kvalitet
- Loddetinn
- Krympestrømper i et utvalg dimensjoner
- Utvalg isolerte flatstifter
- Utvalg flykvalitet splinter (obs! aluminium splinter er for myke)
- Sikringstråd, rustfri, både tynn og tykk
- Teflonisolert elektrisk leder i et begrenset utvalg dimensjoner.

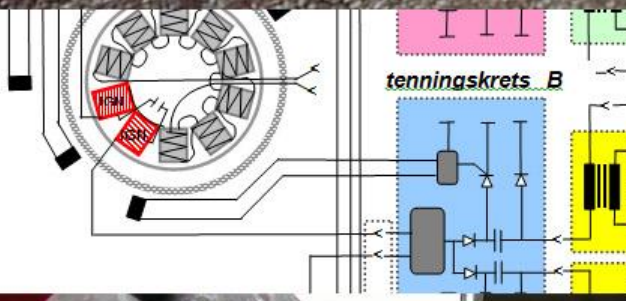
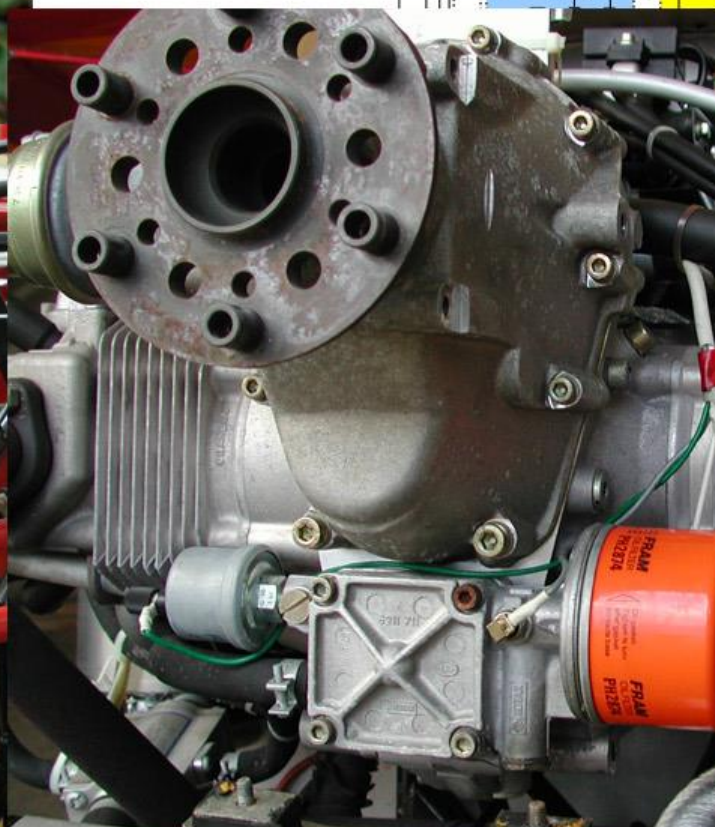
MERK:

- Skiftnøkkel er ikke egnet verktøy!
- Et trenet øye kan registrere hvor skiftnøkkel er misbrukt!
- Det er forbudt å bruke plasttape/isolasjonsbånd i motorrommet!

Blank side


4a
5
5
3
4b
2
1




tenningskrets B

Sportsflyseksjonen
Norges Luftsportforbund