Jan Christensen
Ronald Vanderloock

VEDLIKEHOLDS-TEKNIKK 2

VK2 FLYFAG



Jan Christensen og Ronald Vanderloock

Vedlikeholdsteknikk 2

VK2 Flyfag

GYLDENDAL
UNDERVISNING

© Gyldendal Norsk Forlag AS 2004

ISBN 82-05-30299-5

Det må ikke kopieres fra denne boka i strid med åndsverkloven eller avtaler om kopiering inngått med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk. Kopiering i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Henvendelser om denne boka kan rettes til:
Gyldendal Undervisning
Postboks 6860 St. Olavs plass
0130 OSLO

Fotomodell på bilder: Jørgen Svingen Mo
Utarbeidelse av ordliste: Andreas Moe
Sats: Idé konsulenten
Omslag: Reidar Gjørven
Trykk: GCS Allkopi 2004

Innhold

1 Vedlikeholdsprosedyrer 7
1.1 Innledning 7
1.2 Planlagt og ikke planlagt vedlikehold 7
Planlagt vedlikehold 7
Ikke planlagt vedlikehold 7
1.3 Base- og Line-vedlikehold 8
1.4 Planlegging av vedlikehold 9
Modifikasjoner 10
Program for oppfølging av eldre luftfartøyer 10
Kvalitetssikring 11
Utkvitteringsprosedyrer 13
Bruk av reservedeler og forbruks-materiell 13

2 Unormale hendelser (abnormal events) 15
2.1 Inspeksjoner 15
Inspeksjon etter lynnedslag 15
Inspeksjon etter hard landing 19
Inspeksjon etter kraftig turbulens 20
Inspeksjon etter kollisjon med fugl (bird-strike) 20
Inspeksjon etter kraftig aerodynamisk manøvrering 21
Inspeksjon etter for stor aerodynamisk belastning på flyets understell både under transitt og i låste posisjoner 22
Inspeksjon etter utfelling av flap ved for stor hastighet 22
Inspeksjon etter at et parkert fly er blitt utsatt for kraftig vind og/eller vindkast 23
Inspeksjon etter tauing av fly med for stor belastning 23
Inspeksjon etter hyppig avising (de-icing) 23
Inspeksjon etter at fly er blitt utsatt for vulkansk aske 24
Inspeksjon av hydraulikkpumpe og -system etter tap av hydraulikkvæske i systemet 24
Inspeksjon av generatorer etter tilstand med for høy temperatur 24
Inspeksjon etter eksplosjon av dekk 24
Inspeksjon etter meget kraftig bremsing 25
Inspeksjon etter rapport om store vibrasjoner 25
2.2 Testflyginger (Functional Check Flights) 26

3 Inspeksjonsteknikk, feilsøking og feilretting 27
3.1 NDI/NDT. Ikke-destruktive prøve-metoder 27
Visuell inspeksjon 29
Inspeksjon ved bruk av penetrerende væsker 32
Magnetpartikkelprøving (Magnaflux) 34
Virvelstrømstesting (eddy current-test) 37
Radiografi (røntgen/X-ray) 37
Computertomografi, CT 38
Termografi 39
Holografi 39
Shearography 39
Bankeprøve (tap-test/coin-tapping) 39
Akustisk stråling 40
Ultralyd 40
3.2 Systemfeil og årsaksvurderinger 43
Air Conditioning (ATA 21) 43
Electrical power supply (ATA 24) 53
Flight control (ATA 27) 57
Drivstoff-systemet (ATA 28) 63
Hydraulisk system (Hydraulic system, ATA 29) 73
Beskyttelse mot is og regn (Ice and rain protection, ATA 30) 85
Understell (Landing gear, ATA 32) 89
Oksygensystemer (Oxygen systems, ATA 35) 105
Vann og spillvann (Water and waste, ATA 38) 111
3.3 Korrosjonsfjerning, skadevurdering og utbedring 113
Korrosjonstyper og utseende 115
Fjerning av korrosjon 116
Korrosjonsfjerning fra aluminiumslegeringer (korrosjonsproduktet er gråhvitt) 118
Korrosjonsfjerning fra magnesium-legeringer 119
Fjerning av korrosjon på stållegeringer 120
Overflatebehandling 122
3.4 Prosedyrer for feilisolering (fault isolation manuals) 124
3.5 Testutstyr for avionikk 126
Built-In-Test-Equipment (BITE) – en kort forklaring 126

Vedlikehold av avionikk kan deles inn i tre typer: 127
Kategorier av testutstyr 127
Vanlige instrumenter for testing av elektronikk generelt 128
Testinstrumenter for avionikk generelt 129
Spesialutstyr beregnet på en bestemt flytype, for eksempel jagerfly 132
3.6 Utskifting og reparasjon av komponenter 133
Utskifting av komponenter 133
Demontering av komponenter 134

4 Komponenter 137
4.1 Lagre 137
Typer av lagre 137
Installasjon av nye lagre og innkjøringsperioder 137
Inspeksjon av lagre under drift 138
Smøremiddeltyper. Valg av middel og kontroll 141
Inspeksjon etter demontering 142
Beskyttelse, lagring 142
4.2 Kontrollkabler 143
Inspeksjon av kontrollkabler 144
Utskifting av kabler 145
Nylonbelagte kabler 145
Inspeksjon av trinser 145
Bowden-kabler 146
Swaging av terminaler/endestykker 146
Swagingprosedyre for kuleterminaler (ball type terminals) 148
Swagingprosedyre for hylseterminaler (sleeve type terminals) 148
Testing av kontrollkabler 149
Nicopress-prosessen 151
4.3 Rør- og slangeinstallasjoner 152
Valg av rør 152
Kutting av rør 153
Bøying av rør 153
Koning av rør 156
Koplinger uten kon (flareless fittings) 160
Inspeksjon og testing av rør og slanger 161
Inspeksjoner og utskifting 161
Montering av rør og slanger 162
4.4 Transmisjoner 164
Tannhjul 164
Kjedeoverføring 165
Reimoverføringer 166
Skrujekker 166
Push-pull rods 167
4.5 Fjærer 169
Inspeksjon og testing 169
4.6 Lodding 170
Myklodding 170

5 Plate- og strukturarbeid 179
5.1 Innledning 179
5.2 Sveisemetoder 179
Gassveising 179
Lysbuesveising eller elektrisk sveising 179
Motstandssveising (punktsveising) 180
5.3 Liming 181
5.4 Reparasjon av hudplater 181
Generelle metoder for reparasjon av hudplater 181
Andre reparasjoner 184
5.5 Bearbeiding av plater 186
Bøying av plater uten å svekke materialet 186
Setback (fratrekk) 186
Bend allowance (bøyelengde) 189
Opplegg for en kanal laget av aluminiumsplate 190

6 Etterord (om menneskelige faktorer) 193
6.1 The dirty dozen errors in maintenance 193

Ordliste 195

Stikkord 197

1 Vedlikeholds-prosedyrer

1.1 Innledning

For å opprettholde luftfartøyets luftdyktighet må det utføres vedlikehold som tilfredsstiller de krav luftfartsmyndigheten har satt. Det er operatøren (selskapet) som har ansvaret for at vedlikeholdet utføres i henhold til kravene, og myndigheten har kontrollansvar.

For å utføre vedlikeholdet må operatøren ha en godkjent vedlikeholds-organisasjon (JAR 145 eller fra høsten 2003, Part 145). Godkjenningen omfatter lokaler, verktøy/utstyr, personell og prosedyrer.

1.2 Planlagt og ikke planlagt vedlikehold

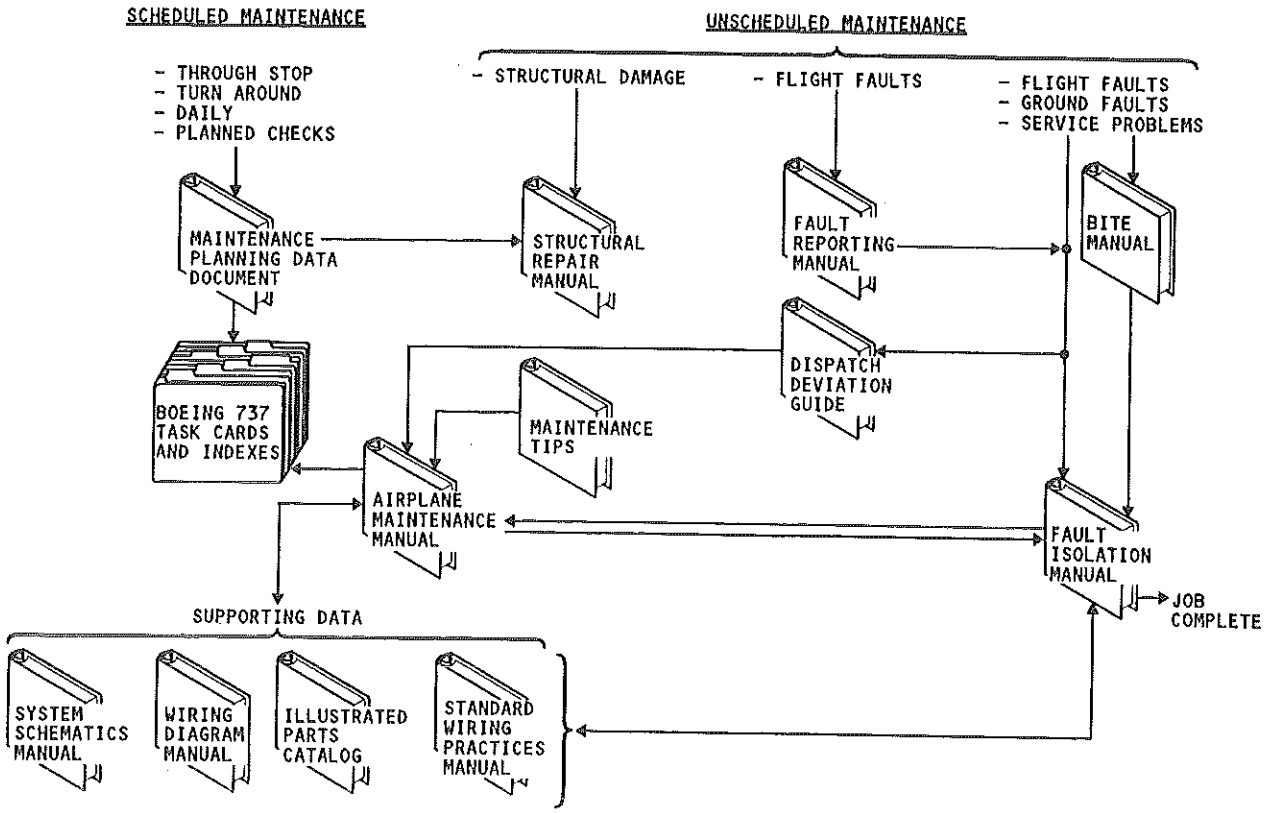
Planlagt vedlikehold

Planlagt vedlikehold er vedlikehold som er nødvendig å utføre for å opprette luftfartøyets luftdyktighet.

Planlagt vedlikehold kan være alt fra en enkel visuell inspeksjon utført mellom to flyturer, til utførelse av såkalt D-sjekk, der luftfartøyet gjennomgår en total overhaling. Mellom disse er det flere typer vedlikehold som utføres ut fra gangtid, kalender eller antall «cycles» (bevegelser). For å utføre denne typen vedlikehold bruker operatøren sine planer og prosedyrer basert på fabrikantens krav og retningslinjer.

Ikke planlagt vedlikehold

Ikke planlagt vedlikehold er vedlikehold som må utføres for å få luftfartøyet tilbake i luftdyktig stand etter feilfunksjonering eller skader som oppdages under inspeksjon. Til dette vedlikeholdet brukes dokumentasjon utgitt av produsent og underleverandører



Figur 1.1

1.3 Base- og Line-vedlikehold

Det skilles mellom to kategorier vedlikehold.

Base-vedlikehold, der luftfartøyet er tatt ut av operativ tjeneste, og Line-vedlikehold, som er det løpende vedlikeholdet som tas mens luftfartøyet er i operativ tjeneste.

Vedlikeholdet baseres på tre hovedprinsipper:

- Hard Time (HT)
- On Condition (OC)
- Condition Monitoring (CM)

Hard Time-inspeksjoner betyr at komponenten skal skiftes ut etter en viss gangtid uansett tilstand. En komponent i understellet skal for eksempel skiftes etter 3000 landinger. Komponenten går enten inn til overhaling der den blir som ny, eller i noen tilfeller kasseres komponenten.

On Condition-inspeksjon betyr at en komponent testes etter en viss gangtid. Hvis den tilfredsstiller gitte toleranser, gis den et nytt intervall til neste kontroll, for eksempel boroskop-inspeksjon av motoren.

Condition Monitoring betyr at komponenten ikke er underlagt spesielle inspeksjoner, men at den kontrolleres ved annen inspeksjon i området. Dette er selvsagt ikke komponenter som er kritiske for flysikkerheten.

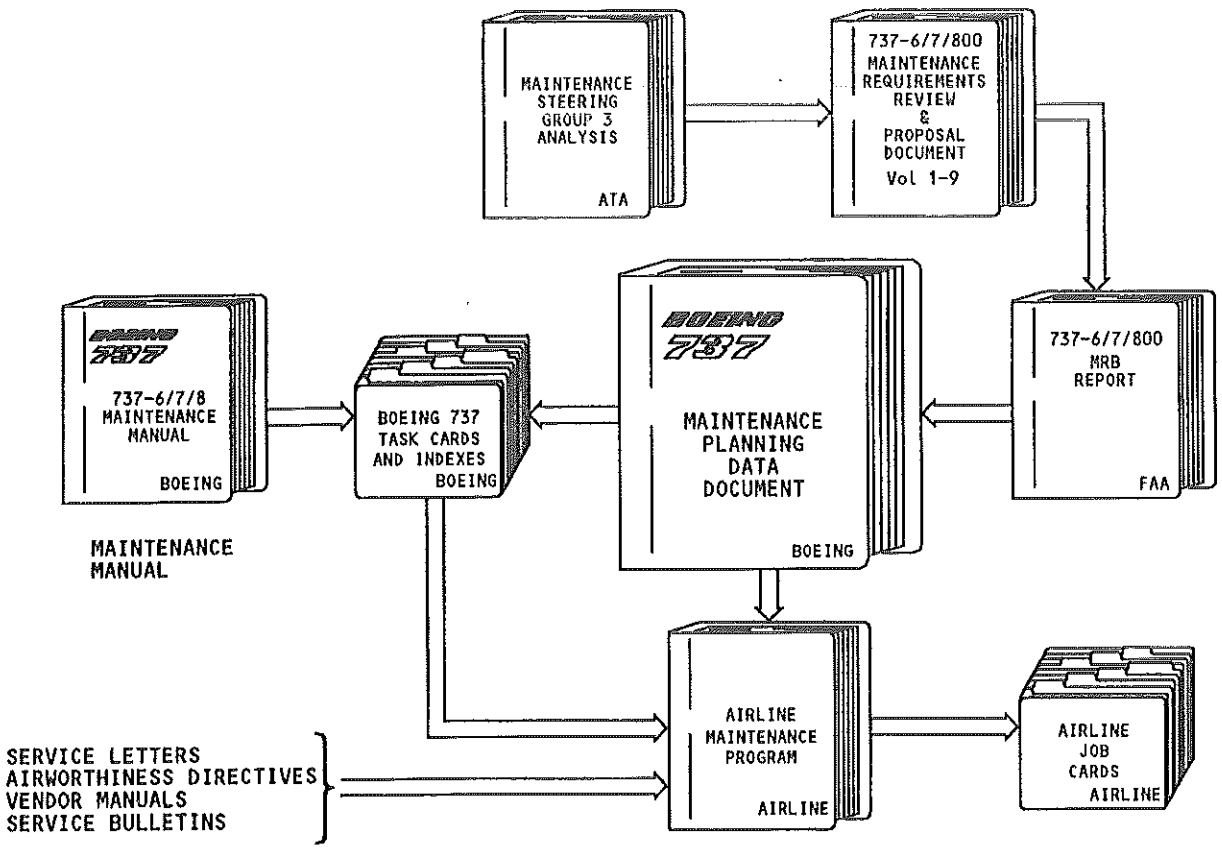
HT og OC er preventivt vedlikehold, mens CM er ikke-preventivt.

1.4 Planlegging av vedlikehold

Alle luftfartøyer er konstruert og bygget etter et produksjonssertifikat. Dette sertifikatet garanterer at luftfartøyet er konstruert og bygd etter de bestemmelsene som gjelder for valg av materialer, framstilling av komponenter, prosedyrer for sammensetting, bruk av verktøy og utstyr og personell. Produksjonssertifikatet utstedes av luftfartsmyndigheten.

Etter at luftfartøyet er ferdig bygd og testet, blir det utstyrt med et typesertifikat som garanterer luftdyktighet. For at denne luftdyktigheten skal kunne opprettholdes, må brukeren (operatøren) følge det vedlikeholdsprogrammet som er angitt i typesertifikatet.

Vedlikeholdsprogrammet er en del av typesertifikatet og er også godkjent av luftfartsmyndigheten. I vedlikeholdsprogrammet er det angitt hvilke inspeksjoner som kreves, og hvor ofte disse skal gjennomføres for å opprettholde luftdyktigheten. Dette er operatørens rettesnor for å utvikle egne vedlikeholdsplaner og prosedyrer.



Figur 1.2
Eksempel på saksgang og involverte instanser er vist på figur 1.1. Eksemplet er hentet fra Boeing 737.

«Maintenenance steering group» går gjennom luftfartøyets oppbygning og analyserer hver del av luftfartøyet. Ut fra analysene lages det en anbefaling i en «Maintenance requirement review & proposal document». Dette dokumentet brukes av «Maintenance requirements review board» (MRB) for utarbeidelse av en rapport. Ut fra denne rapporten lager fabrikanten sin «Maintenance planning data dokument» (MPD). Dette dokumentet danner grunnlag for operatørens vedlikeholdsprogram, med prosedyrer og intervaller beskrevet.

Operatørens vedlikeholdsprogram skal godkjennes av luftfartstilsynet. Operatørens vedlikeholdsprogram må også beskrive prosedyrer for hvordan operatøren ivaretar «service letters», «AD notes», «service bulletins» og manualer utgitt av underleverandører.

Operatøren kan endre prosedyrer og intervaller innenfor anbefalingene gitt i MPD, hvis vedlikeholdsavdelingene kan forelegge dokumentasjon på at en økning i gangtid eller endring av prosedyre vil være sikkerhetsmessig og økonomisk forsvarlig.

Operatøren har også sitt eget MRB eller tilsvarende som har til oppgave å følge opp og komme med forslag til endringer av vedlikeholdsprosedyrer og/eller intervaller.

Modifikasjoner

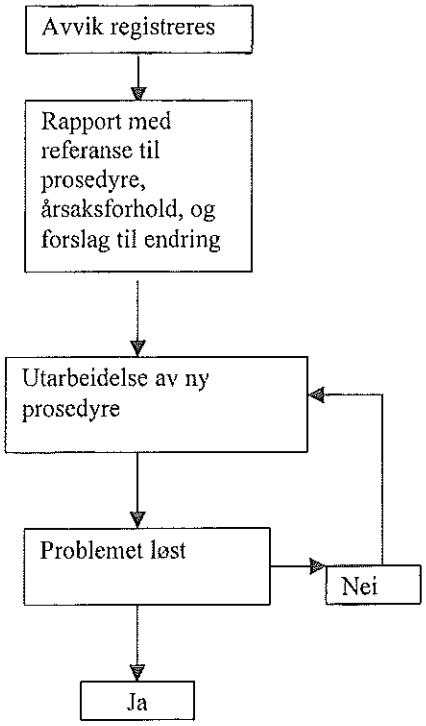
Etter en tids bruk vil operatøren ofte komme opp i situasjoner der det viser seg at det ville være hensiktsmessig å endre på den originale måten ting er løst på fra produsentens side. Det kan være alt fra å flytte på en lettvegg i kabinen til å endre på innfestingen til en komponent i det hydrauliske systemet. Disse tingene vil komme fram ettersom operatøren får erfaring med luftfartøyet, og det vil være hensiktsmessig og kanskje helt nødvendig med en modifikasjon.

For å få tillatelse til å utføre modifikasjoner må operatøren gjøre følgende:

- Ingeniøravdelingen utarbeider forslag til modifikasjon hvor det vedlegges dokumentasjon på materialer som er benyttet, fremstillingsmetode og eventuelt hvordan denne modifikasjonen vil påvirke annet utstyr eller komponenter.
- Forslaget sendes til fabrikanten med kopi til godkjenningsmyndighetene, der dette behandles, og det gis aksept eller ikke aksept.

Program for oppfølging av eldre luftfartøyer

Etter hvert som luftfartøyer blir eldre, kreves det at operatøren implementerer et program for oppfølging i sine vedlikeholdsrutiner. Programmet skal ta for seg spesielle inspeksjoner og oppfølginger i forhold til slitasje og korrosjon, og inspeksjonsintervallene for de områdene som er spesielt utsatte, kortes inn.



Figur 1.3

Kvalitetssikring

Man må til enhver tid være sikker på at vedlikeholdet som utføres, er i henhold til de standardene som er beskrevet i produsentens og operatørens egne prosedyrer. Dette krever en tett oppfølging og inngår i selskapets kvalitetssikring.

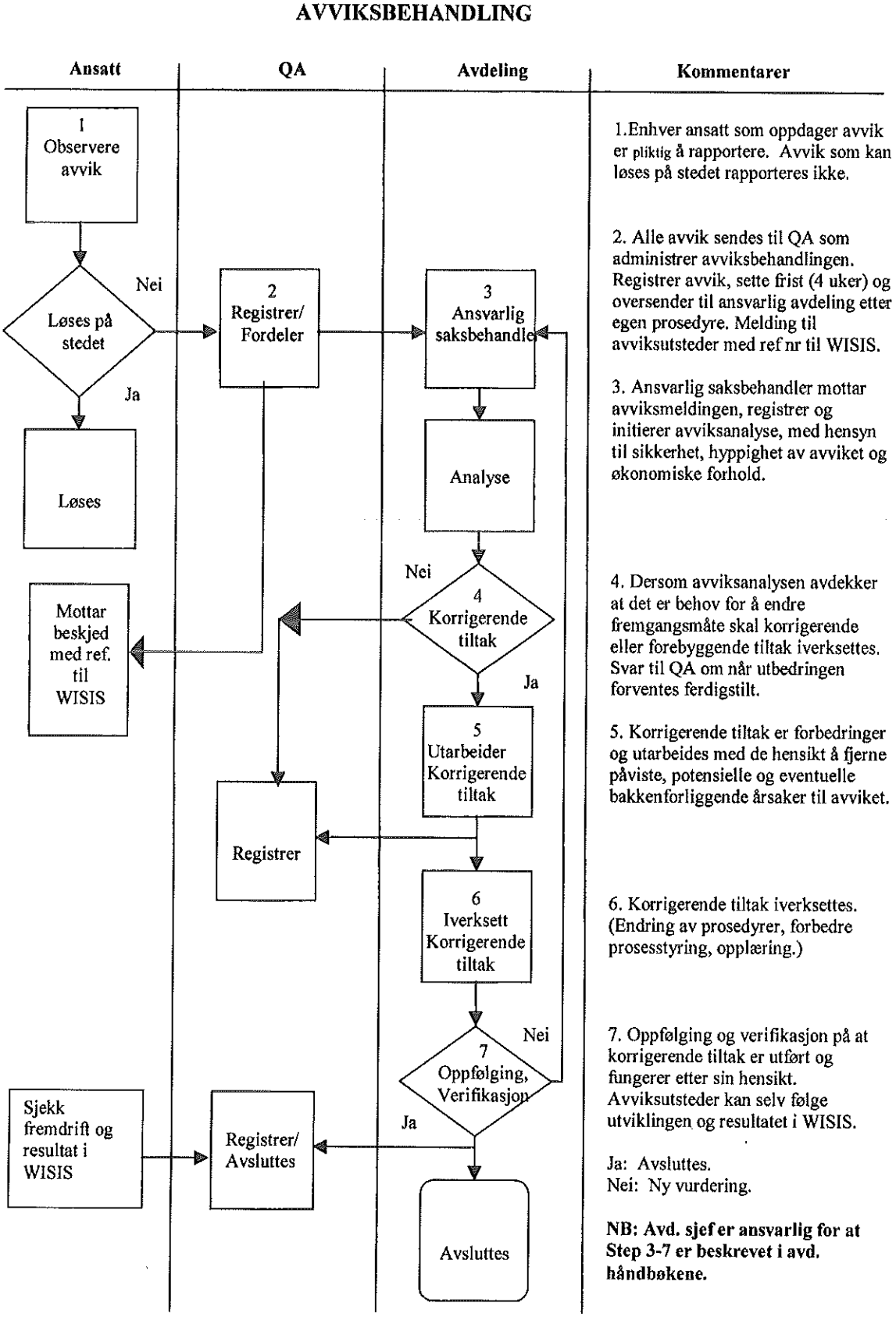
Kvalitetssikringen av vedlikeholdet går ut på å foreta analyser av oppnådd resultat i forhold til prosedyrer og krav. Denne analysen kan være å kontrollere om intervallene for de forskjellige ettersynene er tilfredsstillende, eller det kan være å kontrollere om prosedyrene for vedlikeholdet er tilfredsstillende.

Kontrollen av intervallene for vedlikehold er en oppgave for operatørens eget MRB (eller tilsvarende) i samarbeid med produsent og myndigheter, mens kontrollen av prosedyrer er operatørens egen oppgave. Et eksempel på oppgaver for MRB kan være at en komponent som er underlagt HT (Hard Time) viser ved overhaling å ligge godt innenfor de krav som stilles til funksjonalitet, og derfor kan vurderes å få utvidet gangtid.

Operatørens egne prosedyrer for vedlikehold er til enhver tid gjenstand for oppfølging og kontroll, ved at alle avvik registreres. Det er alle ansattes plikt å melde observerte avvik, og kvalitetssikringen er aldri sterkere enn det svakeste leddet. Avvik kan også registreres under kontroll fra godkjennende myndighet (Luftfartstilsynet) eller intern kontroll fra selskapets egen kvalitetsavdeling (QA).

En forenklet saksgang er vist på figur 1.3.

En mer detaljert framstilling av en kvalitetssikringssløyfe er vist på figur 1.4.



Figur 1.4

Utkvitteringsprosedyrer

Alt arbeid som utføres på et luftfartøy skal dokumenteres skriftlig, og utkvitteres av kvalifisert personell. Kvalifisert personell deles inn i to hovedgrupper:

- Personell som er autorisert innenfor egen vedlikeholdsorganisasjon for å kvittere for eget arbeid. Hvis arbeidet som er gjort, kan påvirke luftdyktighet, skal det kontrasigneres av sertifisert personell.
- Personell som er sertifisert på luftfartøytypen, og kan kvittere for luftdyktighet. Det vil si å attestere med sin underskrift at luftfartøyet er luftdyktig. Sertifisert personell har en godkjent grunnutdanning, typekurs og tilfredsstillende praksis på typen.

Sertifisert personell er delt inn i tre kategorier: B1 som er sertifisert for flyteknisk, B2 som er sertifisert for avionikk, eller en kombinasjon av begge som kan kvittere for hele luftfartøyet. Den tredje kategorien av sertifisert personell er kategori A, som er sertifisert for å kvittere for spesielle arbeidsoppgaver, for eksempel hjulskifte, skifte av lyspære osv., og vil være tilknyttet Line-vedlikeholdet. Hvordan vedlikeholdsorganisasjonen benytter dette personellet skal være beskrevet i organisasjonens godkjente håndbøker.

Utført arbeid utkvitteres enten på inspeksjonskort eller annet formular som benyttes under ettersyn, mens luftdyktighet utkvitteres i luftfartøyets papirer, for eksempel «flight log».

Bruk av reservedeler og forbruksmateriell

Alt av reservedeler og forbruksmateriell som brukes innenfor vedlikehold, skal tilfredsstille en satt standard. Alle deler og forbruksmateriell skal være merket på en slik måte at det er mulig å spore dem tilbake til produsenten. Det er ikke tillatt å bruke reservedeler og forbruksmateriell som ikke har denne merkingen. Så for eksempel å bruke skruer fra en pose, eller en plate til strukturreparasjon som ikke har merking, er ikke tillatt.

Komponenter og deler skal i tillegg være merket med en merkelapp som forteller om tilstand:

- Serviceable (brukbar) – grønn merkelapp
- Unserviceable (ikke brukbar) – gul merkelapp
- Rejected (kassert) – rød merkelapp

Merkelappene skal inneholde informasjon om komponentens

- status
- partnummer
- serienummer
- gangtid siden overhaling

Ved lagring skal brukbare og ikke brukbare deler lagres atskilt.

2 Unormale hendelser (abnormal events)

De følgende inspeksjonene er relatert til spesielle hendelser. De er derfor klassifisert som *special inspections* og har ikke faste intervaller. De fleste av eksemplene nedenfor er generelle, men noen er relatert til en spesiell flytype. For konkrete inspeksjonsprosedyrer viser vi imidlertid til vedlikeholdsmanualene (MM, Maintenance Manual) for hvert enkelt fly.

2.1 Inspeksjoner

Inspeksjon etter lynnedslag

Inspeksjon etter lynnedslag i fly er en av de spesielle inspeksjonene vi har (se læreboka Vedlikeholdsteknikk 1 VK1 flyfag). Lynnedslag i fly skjer av og til. Statistikk for de Havilland DASH 8 (1994) viser ett tilfelle per fly per år. Det utvikles stadig nytt og bedre utstyr for å redusere skader på fly som følge av lynnedslag, men selve nedslaget er vanskelig å forhindre.

Ved direkte lynnedslag vil man alltid finne et sted der den elektriske ladningen har gått inn i flymaskinen, og et sted der den har forlatt maskinen. Disse punktene finner vi oftest på utstikkende deler som neseparti, vingetipper, halekoner, horisontale og vertikale stabilisatortupper, bakkant av rorflater, tuppen på propellblad osv. Noe sjeldnere kan vi finne merker på motornaceller, frontruter, vinduer og understell (om dette har vært ute i anslagsøyeblikket).

Vi skiller mellom to typer skader ved lynnedslag. Den ene typen er skade som skyldes lynets «direkte» kontakt med flyet, og som gir strukturskade og brennskade, og likeså annen fysisk skadeform forårsaket av en kraftig trykkbølge som et resultat av stor strømgjennomgang. Den andre typen av skade er den «indirekte» som er forårsaket av store elektromagnetiske felt som produseres ved strømgjennomgangen, og som påvirker det elektriske og elektroniske utstyret som er i flyet. Disse indirekte skadene kan i prinsippet også forekomme uten at lynet er i direkte kontakt med flyet. Instrumentene kan derfor elektronisk indikere lynnedslag uten at flyet får fysiske strukturskader.

Det er vanskelig å vurdere en skade ut fra erfaring med tidligere nedslag, da variasjonen i styrke og varighet er meget stor. Gjennom flyets hudplater kan strømmen på det største være opp til 200 000 ampere, så det er store krefter vi har å forholde oss til.

Indikasjon på en normal inn-/uttrengningsskade på grunn av lyn vil være en svidd grop eller et hull. Størrelsen kan variere, men ca. 1/8 tomme er ikke uvanlig. I tillegg vil det være misfarging av malingen. Foruten hovedinnslaget kan vi finne små sekundærinnslagspunkter bak dette på en rett linje. Avstanden mellom disse punktene kan være fra en

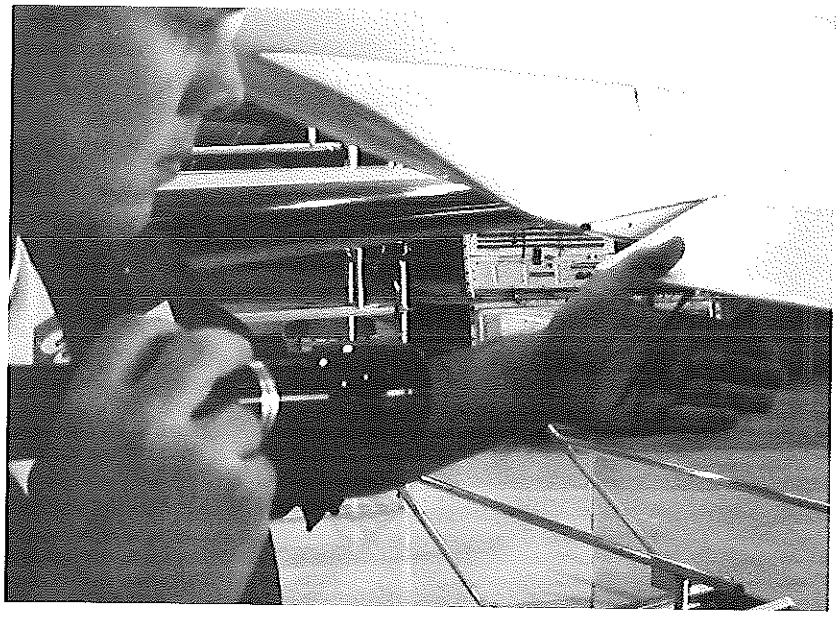
tomme til flere fot. Årsaken til disse sekundærinnslagene er flyets bevegelse med høy hastighet gjennom lynet.

Når den høye strømmen går gjennom flyets struktur, kan det i noen tilfeller føre til sammensveising av deler (hengsler, aktuatorforbindelser osv.). For å lede strømmen er alle strukturdeler forbundet elektrisk ved hjelp av jordingsforbindelser (bondings). Lynnedslag kan påvirke og skade struktur og komponenter innenfor alle områder på flyet. Det er derfor nødvendig med en omfattende inspeksjon.

Som et eksempel tar vi for oss en del sjekkpunkter fra «special inspection after lightning strike» for de Havilland DASH 8 og Fokker F-28, og ser mer detaljert på disse.

Utvendig inspeksjon:

1 Inspiser kompositttstruktur for blemmer i maling og skade i området der kompositt- og metallstruktur møtes.
2 Inspiser hudplater for bølger (spesielt i nærhet av inntrengningspunktet).
3 Sjekk for skade på utvendige lys. Påvises dette, må ledningsnettet sjekkes inn til sikringen eller i en viss lengde fra lyset.
4 Foreta operasjonssjekk av posisjonslys, antikollisjonslys og landingslys.
5 Sjekk «standby magnetic compass» for nøyaktig indikasjon.
6 Sjekk rorflater, hengsler, lager og jordingsforbindelser (bonding jumpers) for skade.
7 Sjekk alle utladningspunkter for statisk elektrisitet (static dischargers) og monteringspunkter for skade.



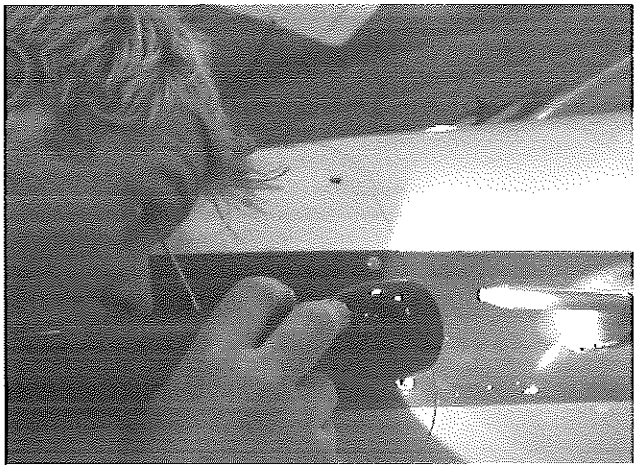
Figur 2.1
Utladningspunkter for statisk elektrisitet (static dischargers) kan få betydelige skader ved lynnedslag i fly.

8 Sjekk elektrisk motstand på alle utladningspunkter for statisk elektrisitet (se manualen MM).
9 Sjekk alle antenner for skade.

10 Sjekk AOA-transmittere for synlig skade og bevegelse.
11 Sjekk pitotrør for skade.



Figur 2.2
Skade på AOA-transmittere kan forekomme etter lynnedslag.



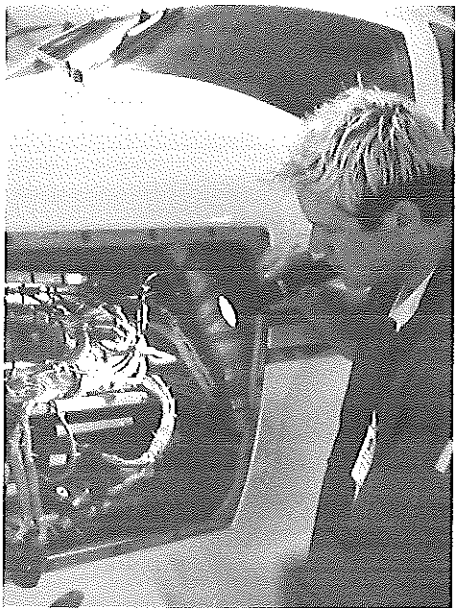
Figur 2.3
Pitotrøret er utsatt ved lynnedslag i fly, og er et naturlig punkt i inspeksjonen.

12 Sjekk «static ports» for skade.
13 Sjekk isdetektorer for skade.
14 Foreta operasjonssjekk av AOA-transmittere (korrekt bevegelse, indikasjon og varme), sjekk av lekkasje fra pitotrør og korrekt isdetektorfunksjon.
15 Sjekk neseradom. Påvises skade, sjekk videre radommonteringsdeler og delene innenfor (radardisk, koaksialkabler osv.).
16 Sjekk «windshields» for delaminering.



Figur 2.4
Windshields sjekkes for delaminering eller annen skade.

17 Om understellet (LG) var ute ved lynnedslaget, skal understellet og understellsdørene inspiseres for skade.



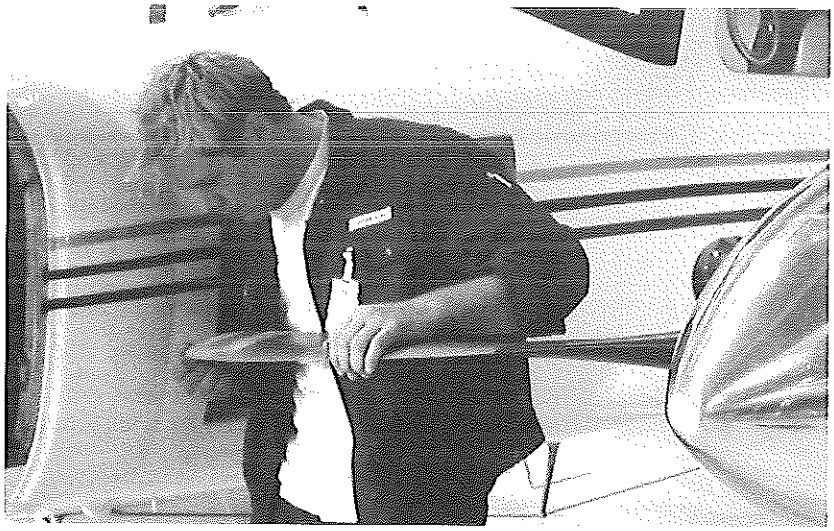
Figur 2.5
Inspeksjon av elektriske komponenter etter lynnedslag. I tillegg til inspeksjonen skal de elektriske systemene operasjonstestes.

Innvendig inspeksjon:

1 Har lynnedslaget ført til tap av generatorspenning (fra en eller flere generatorer), skal generatoren og generatorkontrolldelen samt ledninger og kontakter inspiseres for fysisk skade og/eller overtemperatur.
2 Inspiser generatorkontrollpanelet for mulig skade.
3 Sjekk alle sikringer og ledninger.
4 Sjekk radio- og navigasjonssystemer i henhold til informasjon fra mannskapet om tilstanden etter lynnedslaget.
5 Foreta total operasjonssjekk av radiokommunikasjonssystemene og navigasjonssystemene.

Motorinspeksjon:

1 Er en motor eller en propell rammet av lynnedslag, vises det til spesielle inspeksjoner foreskrevet av motor-/propellfabrikanten. Inspeksjonen omfatter blant annet sjekk av luftinntak og fremre del av motoren, utblåsningsområdet, motorkontrollmekanismer og girkasse med påmonterte komponenter.



Figur 2.6
Brennemerker kan forekomme på propellbladene dersom lynet har truffet der.

2 Er det mistanke om strømgjennomgang i lagre, inspiseres oljefilter og «chip-detectors».
3 Etter motor-/propellinspeksjonen foretas en funksjonssjekk av disse.
4 Skulle det ikke være funnet noen innvendig skade på motoren, kan det likevel være aktuelt å sjekke filter og «chip-detectors» hyppig i de nærmeste flytimene, før motoren blir «friskmeldt».

Avmagnetisering:

Skulle det i forbindelse med operasjonssjekk være indikasjoner på feil med elektroniske systemer, standbykompass og lignende, kan årsaken være magnetisk effekt etter lynnedslaget. I noen tilfeller må flyet og/eller komponenter avmagnetiseres. Det henvises da i MM til spesielle prosedyrer for avmagnetisering, testflyging og kontroll.

Inspeksjon etter hard landing

En hard landing skal rapporteres av flymannskapet, men kan også oppdages ved avlesing av ferdsskriveren (flight data recorder) og indikasjon på flyets G-måler. Vedlikeholdsmanualene gir opplysninger om den maksimale tillatte landingsvekten og derved belastningen på flyet. Dette vurderes i forhold til flyets vertikale hastighet i landingsøyeblikket. Overskridelse av denne belastningen med en beregnet prosent vil tilsi spesielle inspeksjoner på flyet. MM for hvert enkelt fly vil spesifisere inspeksjonspunktene. Foruten en generell inspeksjon av flyets struktur og komponenter, vil for eksempel følgende områder være underlagt spesielt nøye inspeksjon:

- Understell, herunder dekk, felger, bremseenheter, støtdempere (shock struts), innfestinger i strukturen, stag og understellsdører med fester og hjulbrønner med komponenter.
- Motoren(e)s chip-detectors, filtre, rotasjonsfrihet, komponenter i olje- og drivstoffsystemene (sjekk for lekkasje og belastningsskade), elektriske anlegg og kontrollsystemer. Etter nøye motorinspeksjon vil motoren bli testkjørt og sjekket for blant annet ulyder og «run down time».
- Motorfester for strukturskade som deformasjoner i festepunkter, sprekker, løse nagle- og boltforbindelser, bølger på hudplater samt sprekk i maling og lakk.
- Vingefester for deformasjoner, løse bolt- og nagleforbindelser, forskyvning av overettmerker, lekkasjer
- Vinger og skrogoverflate for generelle deformasjoner, bølgete hudplater, sprekker i hudplater, sprekker i lakk eller maling rundt naglehoder, drivstofflekkasje fra integraltanker, trege operasjoner av flight control-flater samt ulyder ved operasjon av disse.



Figur 2.7
Dersom det er vanskelig å montere sikkerhetspinnene i understellet etter en rapportert hard landing, kan det indikere at en skade har oppstått ved landingen.

Inspeksjon etter kraftig turbulens

I tillegg til pilotens informasjon vil ferdsskriveren gi opplysninger i forbindelse med de belastningene som flyet har vært utsatt for. Inspeksjonen vil fokusere på strukturskader og er på mange punkter lik hardlanding-inspeksjon. Inspeksjonsområdene vil blant annet være:

- Utvendig skrogstruktur
- Innvendig skrogstruktur
- Vingerot-områder
- Vingestruktur
- Aileron og flaps
- Horisontal og vertikal stabilisatorstruktur
- Elevator og rudder-struktur med tabs
- Flight control generelt
- Paneler og deksel
- Drivstoff- og/eller væskelekkasje



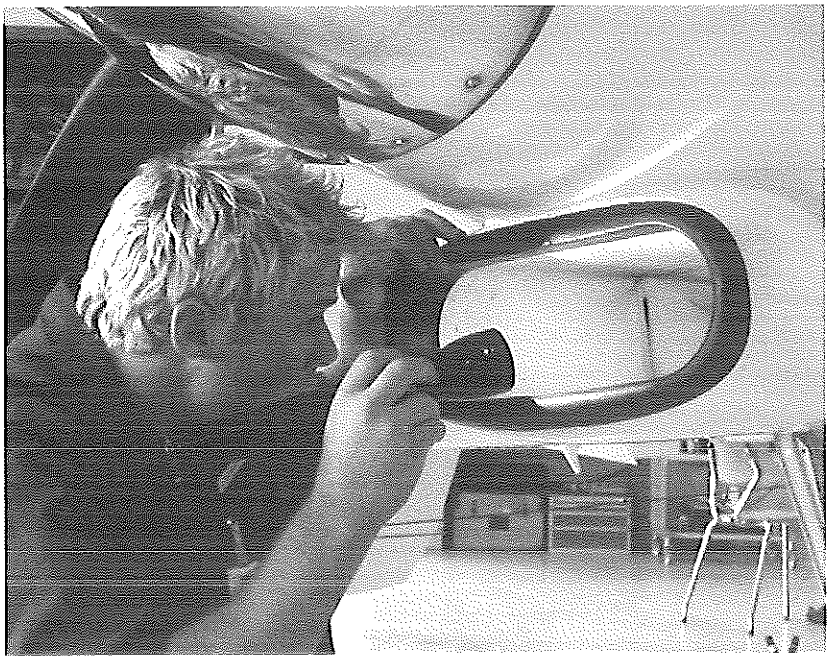
Figur 2.8
Ved stor G-belastning kan motorfestene bli overbelastet og må da sjekkes.

Inspeksjon etter kollisjon med fugl (bird-strike)

Kollisjon med fugler gir slagskade. Selv en liten og lett fugl kan forårsake store skader, om flyets hastighet er stor. Følgende områder er spesielt utsatt:

- Antenner
- Luftinntak og motor
- Skrog
- Horisontal stabilisator
- Understell
- Lys
- Motorgondoler (naceller)

- Neseradom
- Vertikal stabilisator
- Windshields og sidevinduer
- Vinger
- Flaps og slats



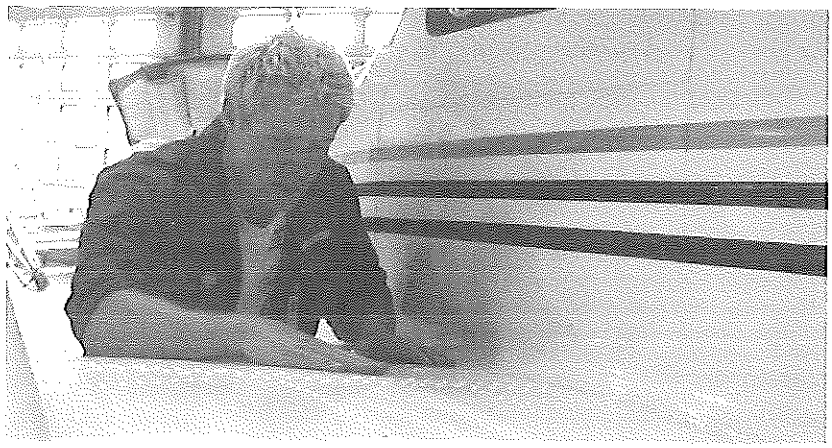
Figur 2.9
Inspeksjon av luftinntak og motor er viktig ved mistanke om kollisjon med fugl (bird strike).

Kollisjon med fugl skjer ofte i lav høyde i forbindelse med take-off eller landing, og skader oppstår da ofte på understell, flaps og motor.

Etter kollisjon med fugl vil rester av fuglen ofte være synlige, og områdene som skal sjekkes, kan være identifisert. Områdene skal rengjøres skikkelig før inspeksjonen foretas. Skulle man ha mistanke om at en fugl er kommet inn i motoren (luftinntaket), må inntaket og motorens synlige deler (fan og/eller kompressor) sjekkes. En indikasjon på rester av fugl i motoren er en meget ubehagelig lukt. Strukturskader utbedres i henhold til MM. Ved hjelp av fjærrester kan det være interessant å identifisere fuglearten, noe som har flytryggingsmessig interesse.

Inspeksjon etter kraftig aerodynamisk manøvrering

Aerodynamiske belastninger som følge av overdreven manøvrering tilsier inspeksjon av flystrukturen generelt og flight controls spesielt. Omfanget av inspeksjonen kan være avhengig av G-belastning og flyets bevegelsesmønster i stressøyeblikket, samt vekt. Ved stor G-belastning vil belastningen være stor, og på komponenter med roterende deler er det aktuelt å sjekke lagre og fri rotasjon. Analyse av smøreolje vil også gi informasjon i forbindelse med lagerskade. Dette gjelder spesielt i motorenheter.



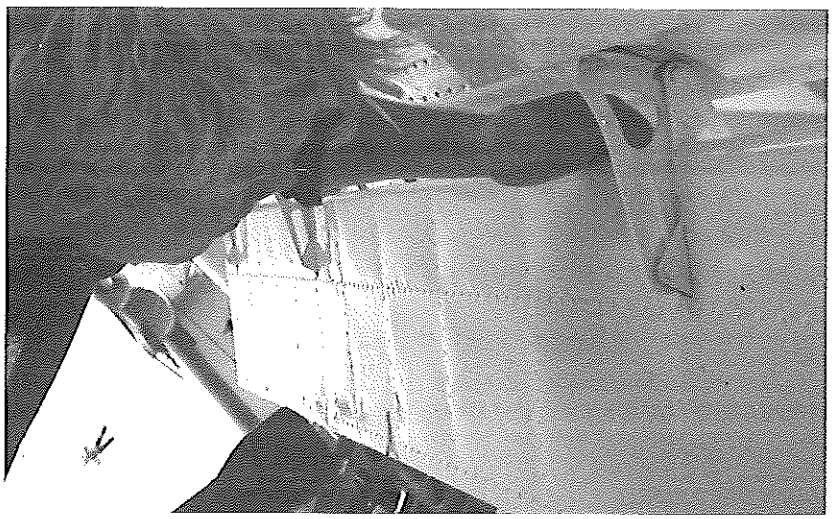
Figur 2.10
Ved stor belastning på vingestrukturen må vingenes hudplater og festeanordninger sjekkes meget nøye. Løse nagler, deformasjon av hudplatene eller brudd i maling eller lakk indikerer at en overbelastning har funnet sted.

Inspeksjon etter for stor aerodynamisk belastning på flyets understell både under transitt og i låste posisjoner

Hendelsen tilsier ekstra belastning på understellssystemet og dets komponenter. Understellets struktur, hovedoppheng, støtdempere (shock struts) og dører med hengsler inspiseres, samt hydrauliske og elektriske komponenter. Sikkerhetspinner skal kunne monteres uten treghet. Det skal utføres komplett understellskjøring. Med understellet inne og dørene lukket sjekkes det spesielt at dørene ikke er vridd eller ute av stilling, men ligger tett til skroget.

Inspeksjon etter utfelling av flap ved for stor hastighet

Flaps er blitt utsatt for stor aerodynamisk belastning. Områder som bør sjekkes, er flap-aktuatorer, skrujekker, flaphengsler og flaphud med plater og nagler. Er flaps av kompositttkonstruksjon, vil delaminering være en mulig skade. Etter inspeksjonen utføres operasjonssjekk av flapsystemet.



Figur 2.11
Hengslene til flaps kan bli skadet ved stor aerodynamisk belastning og skal sjekkes for skader.

Inspeksjon etter at et parkert fly er blitt utsatt for kraftig vind og/eller vindkast

Inspeksjonspunktene er relatert til strukturskader, rorflater og stabilisatorer. Flight control sjekkes for normal operativitet. Har «gust-lock» ikke vært i bruk, skal denne kunne aktiveres uten problemer.

Inspeksjon etter tauing av fly med for stor belastning

Inspeksjonen utføres etter mistanke om overbelastning. Dette kan være ved kraftig oppbremsing eller kraftig akselerasjon av tauevogn, eller ved aktivisering av flyets bremser mens tauevognen trekker. Festet for tauestag på nesehjulet og neseunderstellets festepunkter og struktur kan være skadet og skal inspiseres. Støtdemperne på neseunderstellet (NLG shock strut) sjekkes for lekkasje.

NB! Tauestag skal være utstyrt med en skjærepinne som knekker ved for stor belastning.



Figur 2.12
Neseunderstellet, der tauestaget normalt blir festet, er svært utsatt for skade dersom belastningen i forbindelse med tauing blir for stor.

Inspeksjon etter hyppig avising (de-icing)

Skulle flyet bli utsatt for hyppige avisingsoperasjoner, kan avisingsvæske fjerne smøremidler fra utsatte områder. Punktene i sjekken viser til områder som skal smøres på nytt. Dette gjelder blant annet flapskrujekker, flap-skinner, flap-lagre, understell og dører samt andre utsatte områder der avisingsvæsken har kommet til.

Inspeksjon etter at fly er blitt utsatt for vulkansk aske

Selv om det ikke er noen dagligdags affære, har det forekommet, og vil forekomme, at flymaskiner flyr i luft som er forurenset av vulkansk aske etter et utbrudd, eller er blitt utsatt for nedfall av vulkansk aske.

Etter flyging gjennom vulkansk aske har flymannskap rapportert om elektrostatiske utladninger over frontvinduer og et glødende lys på propellblad og luftinntak. Etter dette kan det i noen tilfeller følge motorfeil som motorstagnering (stalls) unormale variasjoner av motorindikasjoner, økning i temperaturen inn på turbinen (turbine inlet), stikkflammer fra eksosutløpene og at forbrenningen i motoren stopper (engine flameout). Utsikten gjennom vinduene blir sterkt redusert, og i tillegg oppstår røyk og støv i kabinen og cockpiten. Lukten er skarp og bitter.

Vulkansk aske er ikke betraktet som korrosjonsfremmende, men slipeeffekten av asken kan skade metalloverflater, noe som igjen gir korrosjonsangrep. Derfor er fjerning av aske og reparasjoner av overflateskader forårsaket av slipeeffekten et av de første tiltakene. Konsistensen av vulkansk aske kan minne om talkumpulver. Partiklene varierer fra 5 til 50 mikrometer. På grunn av slipeeffekten til asken bør man ikke gni på overflaten under vaskeprosessen.

Inspeksjonen er ganske omfattende, og vi viser her til MM for hver enkelt flytype.

Inspeksjon av hydraulikkpumpe og system etter tap av hydraulikkvæske i systemet

Denne inspeksjonen er et eksempel på spesielle inspeksjoner relatert til komponenter. En pumpe som går fri for olje, vil ofte få store skader om situasjonen har vedvart en tid. Pumpens filtre med delta P-indikatorer sjekkes. Etter et pumpeskifte utføres fullstendig oljegjennomstrømning (flushing) (se hydraulikkapitlet), og vi utfører filterskifte. En oljeprøve analyseres, og dersom tilstanden ikke er tilfredsstillende, utføres prosessen på nytt.

Punktvis inspeksjon er gjennomgått i MM.

Inspeksjon av generatorer etter tilstand med for høy temperatur

Eksempel på ny komponentinspeksjon. Overtemperaturer på generatorer kan indikeres ved generelle tegn på overtemperaturer (misfarging, lakkskader). Det kan også være at generatoren har påsatt temperaturstripper på utsiden som viser hvor høy temperaturen har vært.

Inspeksjon etter eksplosjon av dekk

Årsaken til at dekk eksploderer, er som regel stor varmeoverføring fra bremseenheten, som igjen er en følge av kraftig oppbremsing eller

«hengende» bremser. Sørg for å holde godkjent avstand til varme hjul i et tidsrom som er angitt i MM. Dette er for å kjøle delene. Når man nærmer seg hjulet, skal det skje rett forfra eller rett bakfra, altså 90 grader på hjulakselen. Se for øvrig kapittelet om dekk.

Inspeksjonen skal foretas på bremseenhet, understellskonstruksjon og -struktur, elektriske ledninger til anti-skid, hydrauliske rør, slanger og koplinger til bremsen. I tillegg vil strukturområder som er i nærheten, og som kan være skadet, bli inspisert. Dette varierer noe i forhold til flytyper.

Inspeksjon etter meget kraftig bremsing

Resultatet kan bli som beskrevet i punktet ovenfor. Inspeksjonen foretas på bremseenheten med hydraulikk- og anti-skid-komponenter, på felger med lager og på dekk. Husk fareområder og kjøletid. Inspiser i henhold til MM for indikasjon på overtemperatur med varig skade (se ATA kap. 32 LG). Utskifting av bremseenhet, anti-skid-komponenter og hjul er et mulig resultat. Husk operasjonstest etter montering.



Figur 2.13
Ved kraftig oppbremsing kan det oppstå skade på bremsene. Husk sikkerhetssoner når du nærmer deg en varm bremseenhet.

Inspeksjon etter rapport om store vibrasjoner

Det er viktig å få korrekte informasjoner om når vibrasjonene forekommer. Er det bare i luften eller også på bakken? Er vibrasjonene avhengig av flyhastigheten? Er vibrasjonene avhengig av et spesielt motorturtall? Forekommer vibrasjonene under manøvrering? Påvirkes de i forhold til bruken av flaps? Forekommer vibrasjonene etter landing (utrulling), før eller etter at nesehjulet er nede, under bremsing, osv.? Ut fra mange tilgjengelige opplysninger kan vi teoretisk feilsøke oss fram til den mest sannsynlige årsaken og så jobbe videre derfra.

2.2 Testflyginger (Functional Check Flights)

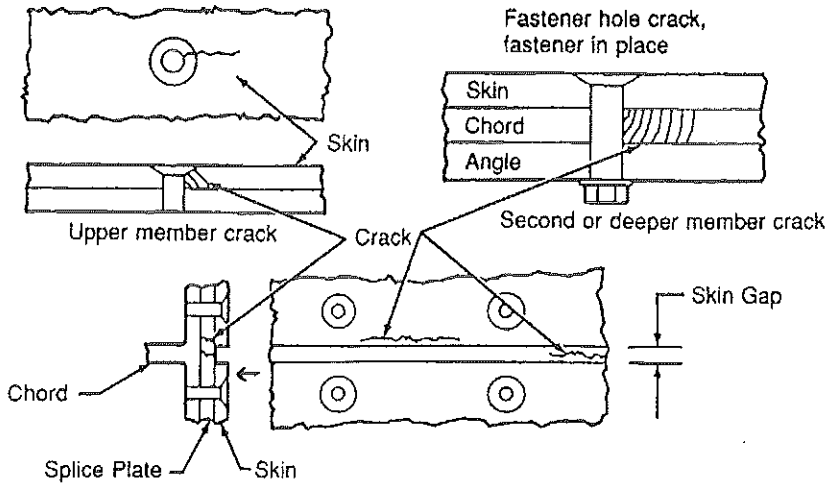
I noen tilfeller vil det være behov for testflyginger for å verifisere at flyet er «luftdyktig» (airworthiness) etter utførte reparasjons-/vedlikeholdsarbeider eller for å avdekke feil. MM vil gi informasjon om hvilke tilfeller det her er snakk om. Vanligvis er dette relatert til større arbeid på flight control, både primær og sekundær, etter motorinstallasjoner, eller i forbindelse med motorproblemer som man ikke har avdekket under testkjøring på bakken.

3 Inspeksjons-teknikk, feilsøking og feilretting

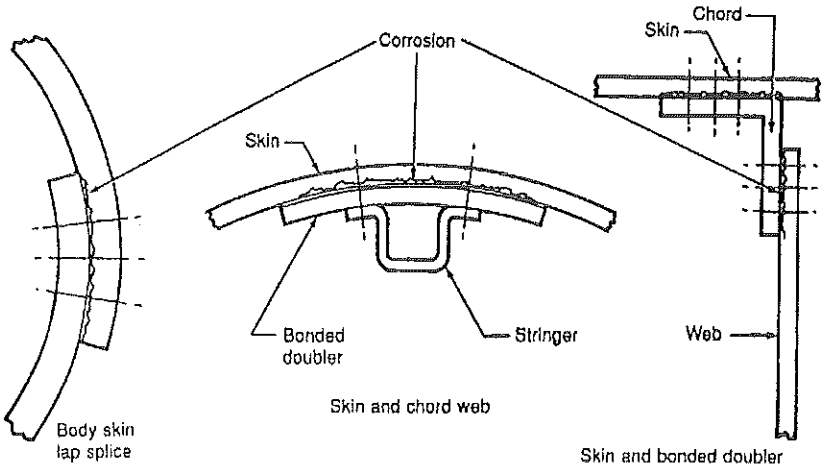
3.1 NDI/NDT. Ikke-destruktive prøvemetoder

Dette kapitlet gir en innføring i de vanligste, mest brukte og effektive ikke-destruktive prøvemetodene, og vil omhandle utstyrets bruksområde og vurdering av måleresultat. Ved bruk av en ikke-destruktiv prøvemetode vil komponenter og struktur bli kontrollert uten at en ødelegger dem. Helst bør metodene være slik utviklet at kontrollen kan utføres uten at komponenter/struktur demonteres eller tas ut av drift.

Det er utviklet metoder og instrumenter for prøving med det mål for øye å kunne avsløre materialsvakheter og defekter. Noe utstyr er enkelt og velegnet til å dekke et bredt område, mens andre typer utstyr er komplisert spesialutstyr utviklet for bestemte typer defekter. Ved materialundersøkelser er det oftest ikke tilstrekkelig med bare én prøvemetode. Om én prøvemetode gir mistanke om materialdefekt, kan dette bli bekreftet med andre metoder. Man må da søke til kombinasjon av flere metoder for å si sikkert om komponenten/strukturen har den ønskede kvaliteten eller ikke. De aktuelle prøvemetodene er i hvert enkelt tilfelle beskrevet i MM og godkjent av produktprodusenten og luftfartsmyndighetene.



Figur 3.1
Typiske sprekker under overflaten.



Figur 3.2
Typisk strukturkorrosjon.

Effektiviteten til hver prøvemetode er avhengig av flere momenter. Foruten god kvalitet på testutstyret er operatørens kunnskap og erfaring viktig for et sikkert resultat. Forståelse av grunnleggende prinsipper, begrensninger, fordeler og ulemper av tilgjengelig utstyr gir operatøren retningslinjer for valg av effektivt utstyr.

Eksempler på NDI-metoder:

- Visuell inspeksjon
- Magnetpartikkelprøving
- Penetrerende væsker (Dyecheck og Zyglo)
- Virvelstrømsprøving (eddy current)
- Radiografi
- Ultralyd
- Akustisk stråling (acoustic emission)
- Termografi
- Holografi
- Shearography
- Tap-testing/coin tapping

Fordeler og ulemper ved bruk av NDI-metoder:

Metode	Fordeler	Ulemper
Visuell. Bruk av optiske hjelpemidler og lys	Rimelig, lett bærbart, øyeblikkelig resultat, minimum opplæring, minimum forberedelse	Kun overflateinspeksjon, generelt kun større feil oppdages, feiltolkning kan forekomme
Dye-penetrant Zyglo	Transportabelt, rimelig, sensitivt for små uregelmessigheter, hurtig å arbeide med, hurtig opplæring	Kun overflateinspeksjon, uren overflate innvirker på testen, større forberedelsesarbeid (fjerning av maling, lakk etc.), stort krav til renhet, resultatindikasjonen er visuell
Magnetpartikkelprøving	Kan være bærbart, rimelig, sensitivt for små uregelmessigheter, øyeblikkelig resultat, ikke for komplisert, lokaliserer skader på overflaten og under den, relativt hurtig metode	Overflaten må være tilgjengelig, uren overflate innvirker på testresultat, større forberedelsesarbeid (fjerning av maling, lakk etc.), kun jernholdige metaller, delene må avmagnetiseres etter testen
Virvelstrøm	Transportabel, lokaliserer skader på overflaten og under den, øyeblikkelig resultat, sensitiv for små uregelmessigheter, sensitiv for tykkelse, kan avdekke forskjellige skader	Overflaten må være tilgjengelig for testproben, uren overflate innvirker på testresultatet, kun elektrisk ledende materialer, god opplæring og erfaring kreves, tidkrevende for store områder
Ultralyd	Transportabelt, rimelig, sensitivt for små uregelmessigheter, øyeblikkelig resultat, liten forberedelse, bredt inspeksjonsområde innenfor materialer og tykkelser	Overflaten må være tilgjengelig for testproben, uren overflate innvirker på testresultatet, meget god opplæring og erfaring kreves, medhjelper tidvis påkrevd
Røntgenradiografi	Avdekker skader på overflater og mellom flater, kan avdekke skjulte områder, dokumentert testresultat (film), liten forberedelse	Sikkerhetsfare, meget kostbart, prosessen tar tid, retningssensitiv, meget god opplæring og erfaring kreves, gir ikke dybdeindikasjon
Isotop-radiografi	Transportabelt, rimeligere enn røntgen, avdekker skader på overflater og mellom flater, avdekker skjulte områder, dokumentert testresultat, liten forberedelse	Sikkerhetsfare, må forholde seg til nasjonale regler for oppbevaring og bruk, meget retningssensitiv, meget god opplæring og erfaring kreves, gir ikke dybdeindikasjon

Visuell inspeksjon

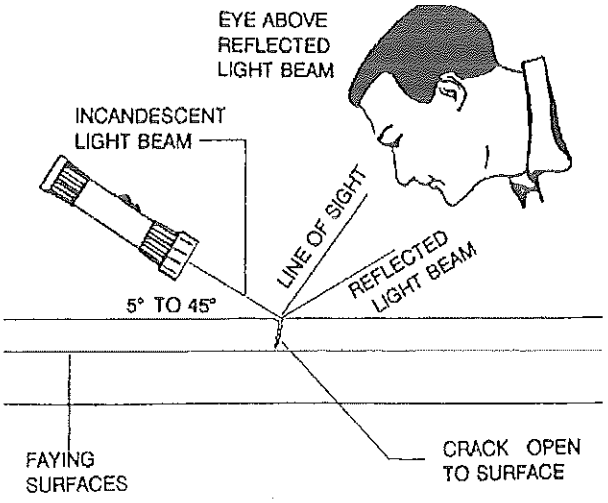
Visuell inspeksjon er den eldste og mest brukte NDI-metoden på fly. Over 80 % av alle NDI-prosedyrer utføres med direkte visuelle metoder. Denne inspeksjonsmetoden blir sterkt forbedret ved hjelp av passende kombinasjoner av forstørrelsesinstrumenter, boroskop (se neste side), lyskilder, videoskannere og annet utstyr. Visuell inspeksjon gir oss muligheten til å oppdage og inspisere komponenter og materialoverflater innenfor et bredt område. Sprekker, korrosjon, overflaterenhet og sammenføyninger av forskjellig grad kan vurderes, f.eks. sveisesømmer, loddinger og limforbindelser.

Enkel visuell inspeksjon

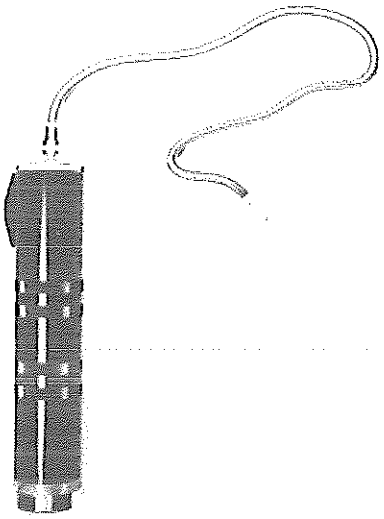
Fra naturens side er vi gitt de fineste instrumenter, idet sansene våre er velegnet for rutinemessig ettersyn og vedlikeholdsarbeid. Spesielt velegnet er syn, hørsel og følsomheten i fingrene våre. Når vi så i tillegg er utstyrt med en så fin analysator for sanseinntrykk som hjernen, er vi godt rustet til inspeksjonsarbeid. Det bør understrekes at syn-speil-lys-

prosessen kan være komplisert. Flystruktur og komponenter som skal rutinemessig inspiseres, er ikke bestandig like lette å komme til. Inne mellom strukturplater og bak kabler, rør, hydrauliske komponenter osv. kan det være komplisert å få oversikt.

Hjelpemidler for visuell inspeksjon er speil av forskjellige typer, luper, kikkert, mikroskop, boroskop og selvfølgelig god belysning. Riktig avpasset lysstyrke og innfallsvinkel kan i mange tilfeller avsløre alvorlige feil som det normalt ville være vanskelig å oppdage. Moderne lommelykter gir kraftig lys ved hjelp av spesielle pærer som krypton, halogen og xenon. Batterier er oppladbare og har lang holdbarhetstid.



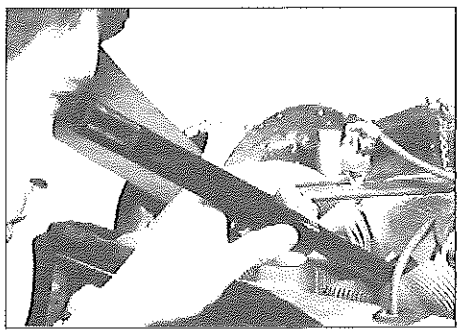
Figur 3.3
Bruk av lommelykt for å inspisere sprekker.



Figur 3.4
En spesiell lommelykt med forlengelse til lyskilden gir oss muligheten for å komme til på vanskelige steder.

Lyskilder som brukes i flyvedlikehold, skal være av godkjent type (f.eks. støtsikker, eksplosjonssikker, tåle varme til en viss grense, osv.). Det finnes speil av forskjellige typer. Noen av dem har innebygd lyskilde, og de fleste kan roteres 360 grader, og vinkelen kan justeres. I tillegg kan de være av teleskoptypen. Refleksflaten skal være ren, uten sprekker eller annen skade.

Det er en selvfølge at det området som skal inspiseres, må være rent. I enkelte tilfeller må maling og lakk fjernes.

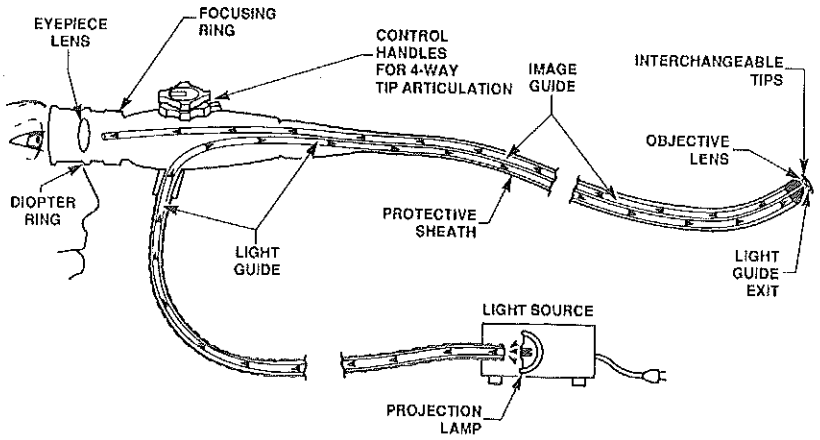


Figur 3.5
Et boroskop er et optisk verktøy som gir oss muligheten for innvendige inspeksjoner i blant annet motorer. Her inspiseres innsiden av en sylinder i en stempelmotor.

Boroskop

Disse instrumentene er lange rør-/slangeformede optiske presisjonsinstrumenter med innebygd lyskilde. Boroskop blir brukt for å kunne inspisere normalt utilgjengelige områder uten å måtte demontere systemer og/eller struktur. Instrumentet kan ha en fleksibel slange (optiske fibrer) eller et stivt rør med forskjellig lengde og diameter. Det gir oss den riktige optiske forbindelsen mellom synsdelen (øye-enden) og tuppen på boroskopet. Optikken er justerbar med muligheter for linseskifte, og slangetuppen, som kan ha egen optikk og speil, kan manøvreres i forskjellige retninger. En fiberoptisk lyskilde gir normalt hvitt lys, men ultrafiolett lys kan brukes om man vil kombinere denne inspeksjonen

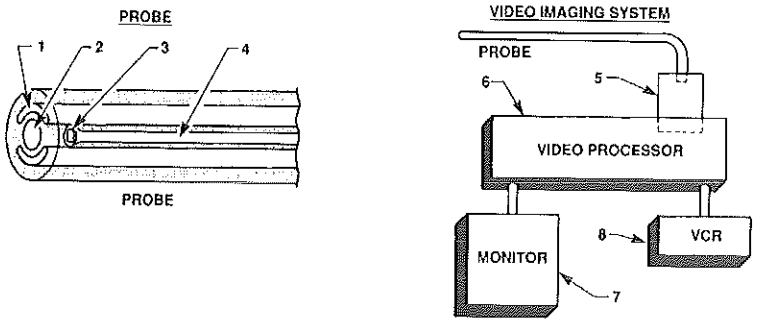
med fluorescerende penetranter. Lysdioder er også brukt som lyskilde i slangetuppen.



Figur 3.6
Et typisk fiberoptisk boroskop.

Boroskop brukes, som tidligere nevnt, i fly- og motorvedlikeholdsprogram for å unngå kostbare demonteringer.

Flymotorer har spesielle inspeksjonsplugger eller tilgjengelige åpninger, som gjør det mulig å undersøke brennkamre, kompressordeler, turbinblad/skiver, pakninger osv. Instrumenter av denne typen er ømtålige. De må håndteres forsiktig og være lagret på en betryggende måte.

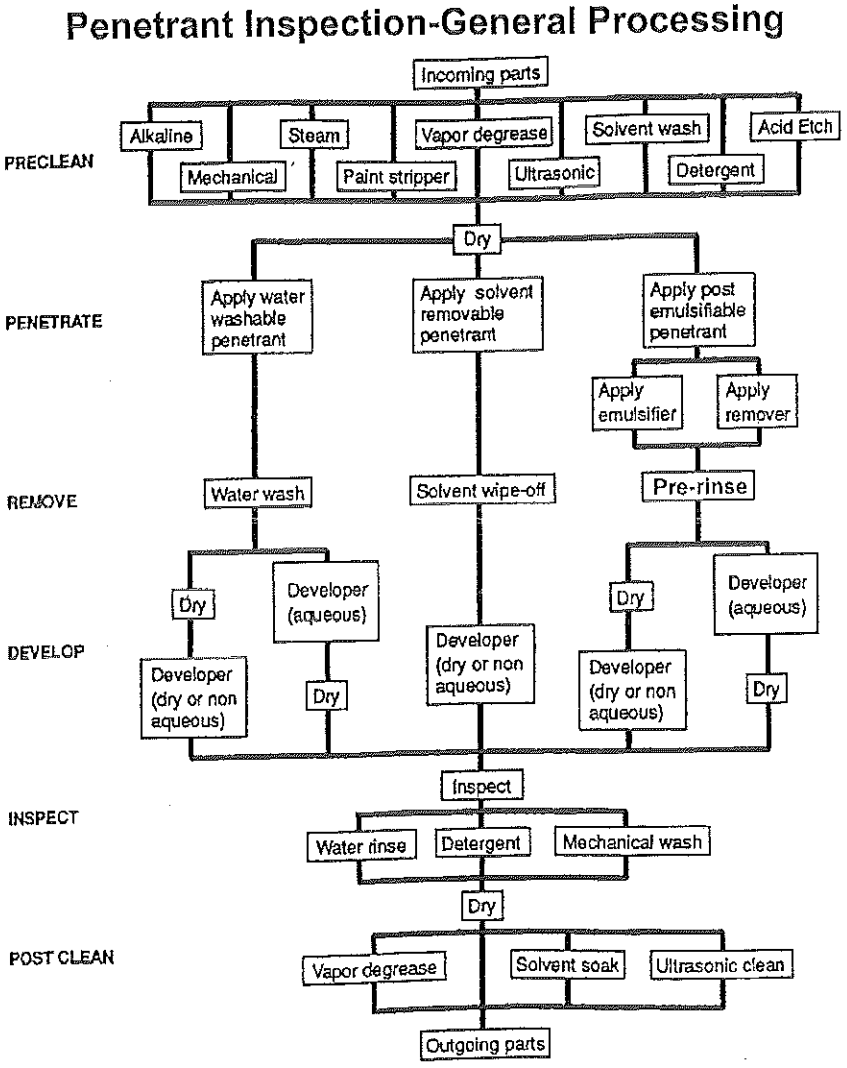


1 – LIGHT OUTLET INSPECTED AREA IS ILLUMINATED BY FIBEROPTIC LIGHT GUIDES (IN COLOR PROBES) OR LEDs (IN BLACK AND WHITE PROBES)
2 – LENS. DIRECTS REFLECTED LIGHT TO CCD CHIP.
3 – CCD CHIP. CONVERTS LIGHT INTO ELECTRONIC SIGNAL.
4 – WIRE. CONDUCTS IMAGE SIGNAL—NO FIBER-OPTIC IMAGE BUNDLES TO BREAK.
5 – CLOCK DRIVER CIRCUITRY.
6 – VIDEO PROCESSOR. ASSEMBLES AND OUTPUTS SIGNAL IN RGD (RED-GREEN-BLUE) OR COMPOSITE VIDEO.
7 – MONITOR. DISPLAYS BRIGHT MAGNIFIED IMAGE.
8 – VIDEO RECORDER. PROVIDES CONVENIENT DOCUMENTATION DIRECT FROM PROCESSOR.

Figur 3.7
Lys bringes til objektet ved hjelp av fiberoptikk eller lysdioder (1). Bildepresentasjonen «ses»gjennom en linse (2), av en lyssensitiv «chip»(3). Bildet bringes videre elektronisk via en ledning (4) til videoprosessoren (6). Bildet kan nå betraktes på en monitor (7) og kan lagres på videotape (8).

Inspeksjon ved bruk av penetrerende væsker

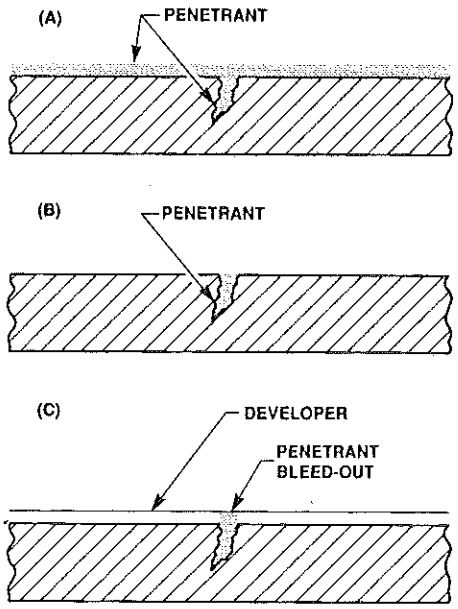
Penetrant inspeksjon kan brukes på alle typer materialer. Metoden kan avsløre feil og defekter på overflaten som ikke kan ses med enkel visuell inspeksjon.



Figur 3.8
Inspeksjon med penetrerende væske, generell prosedyre.

Vi har to typer penetrant inspeksjon, Dyecheck og Zyglo. Selv om prinsippene er ganske like, gir Zyglo et bedre resultat, og ved mange verksteder stilles det krav om Zyglo-sjekk når penetrant inspeksjon skal brukes.

Dyecheck
Området som skal undersøkes, må rengjøres omhyggelig slik at sprekker og urenheter i overflaten er åpne og fri for fett eller andre forurensinger som kan hindre væsken i å trenge inn. Om så er tilfellet, vil væsken bli liggende utenpå overflaten og bli vasket bort under rengjøringen, og vi får ikke noen indikasjon.



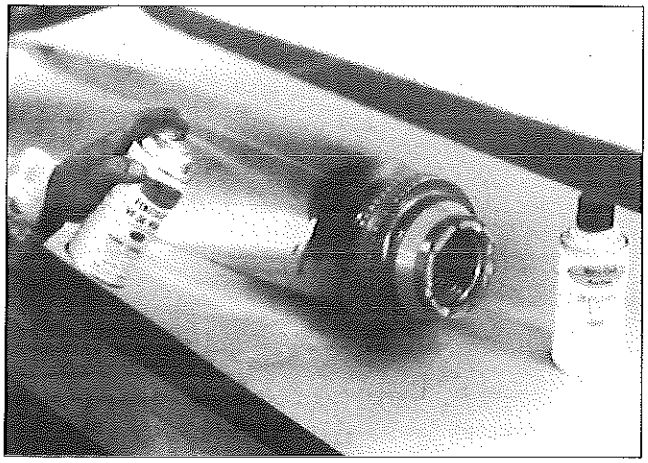
A) En penetrerende væske sprøytes på overflaten på det stedet som skal inspiseres.

(B) Etter at penetranten har fått anledning til å trekke inn i sprekker som er åpne til overflaten, vaskes det overflødige vekk.

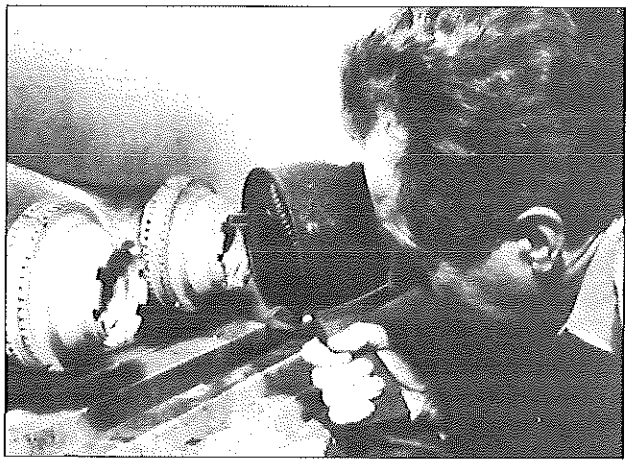
(C) En absorberende framkaller sprøytes på overflaten, og resterende penetrant vil komme til syne. Sprekken blir synlig.

Figur 3.9

Det sprøytes på en væske med lav overflatespenning som trenger inn i alle fine åpninger i overflaten. Etter en viss metningstid rengjøres overflaten igjen. Den penetrerende væsken blir tilbake i sprekker og lignende feil i overflaten. Så påføres en framkaller i form av pulver eller hurtigtørkende absorpsjonsvæske som trekker den penetrerende væsken ut av sprekkene og indikerer dem. Ved dyecheck brukes gjerne et hvitt framkallingspulver og en væske med skarp kontrastfarge, for eksempel rød.



Figur 3.10
Fargestoff brukes i penetranten. Inspeksjonen kan da utføres i vanlig lys.



Figur 3.11
Ved bruk av fluorescerende farge i penetranten bruker vi ultrafiolett lys (black light) ved inspeksjonen.

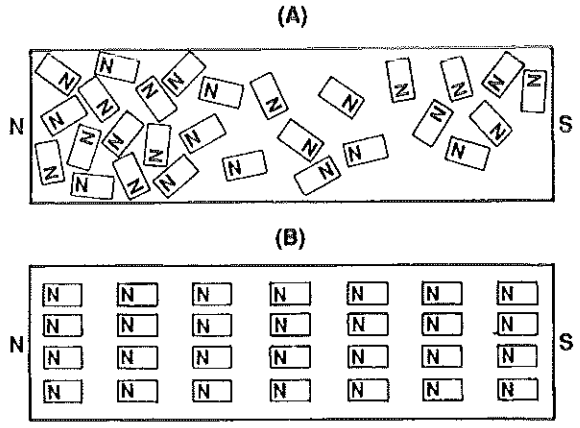
Zyglo, bruk av ultrafiolett lys (black light)

Denne metoden er i hovedsak lik Dyecheck, men fordi den penetrerende væsken er tilsatt et fluorescerende stoff, får vi en bedre indikasjon av sprekker eller andre feil i overflaten. Ved inspeksjonen bruker vi ultrafiolett lys.

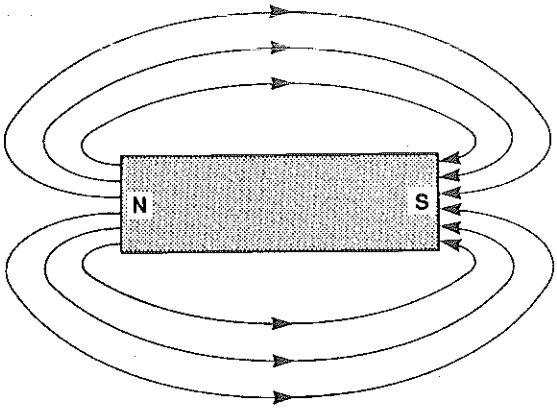
Inspeksjon med bruk av penetrerende væsker er en billig og enkel metode, men på langt nær så sikker og fintfølende som andre, for eksempel magnetpulvermetoden. Men magnetpulvermetoden kan ikke brukes på umagnetiske materialer. Derfor har penetrerende væsker en fordel når det gjelder ikke-magnetiske materialer, for eksempel aluminiumlegeringer, rustfritt austenittstål, magnesiumlegeringer osv. Et minus ved metoden er den omhyggelige rengjøringen, maling- og lakkfjerningen og fettløsningen. Og i ettertid av inspeksjonen kommer en ny rengjøring og overflatebehandling for å hindre korrosjon. Rester etter kjemikaliene kan på enkelte legeringer også øke risikoen for hydrogensprøhet, interkrystallinsk korrosjon og spenningskorrosjon under belastning.

Magnetpartikkelprøving (Magnaflux)

Magnetpartikkelprøving er en metode for å påvise sprekker eller skader i eller nær overflaten i ferromagnetisk materiale (jern eller stål). Metoden kan benyttes både på ferdige materialer/komponenter og under produksjonsprosessen. Et eksempel er sjekk av sveisesømmer.

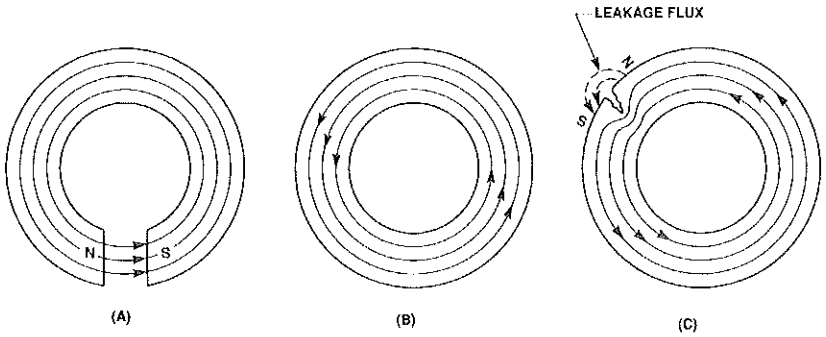


Figur 3.12
(A) I et umagnetisk stålstykke ligger de magnetiske områdene ustrukturert, og de utligner hverandre. Vi får ingen resultantmagnet.
(B) Når materialet er magnetisert, vil magnetområdene være strukturert, og vi får en nordpol og en sørpol.

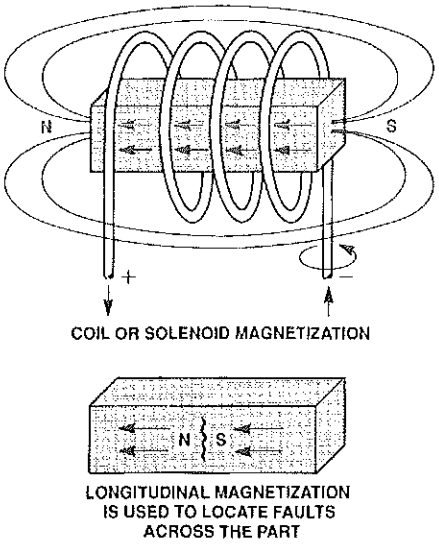


Figur 3.13
Magnetiske flukslinjer forbinder polene i en permanent magnet. Linjene er fullstendige og forlater og ankommer magneten i rett vinkel uten å krysse hverandre.

Prinsippet består i at delen som skal kontrolleres, gjøres magnetisk ved hjelp av en vekselstrøms- eller likestrømskilde. Ved å sende strøm gjennom delen ved direkte kontakt, (direct induction), eller ved indirekte kontakt (indirect induction) vil det danne seg et sirkulært magnetfelt rundt delen. Ved å sende strøm rundt delen (spole eller coil) vil det danne seg et langsgående magnetfelt.



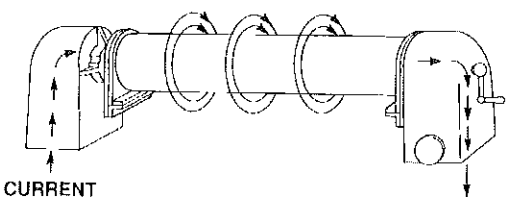
Figur 3.14
(A) En stavmagnet bøyd i sirkelform med avstand mellom endene vil ha en konsentrert magnetisk kraft mellom endene. Den vil ha nordpol og sørpol.
(B) Blir magneten forbundet i en hel sirkel, får vi ikke poler, men fremdeles flukslinjer.
(C) Er det en sprekk eller skade på overflaten eller under den, vil flukslinjene bli forstyrret, og det blir «lukslekkasje» på utsiden, og en egen nordpol og sørpol dannes.



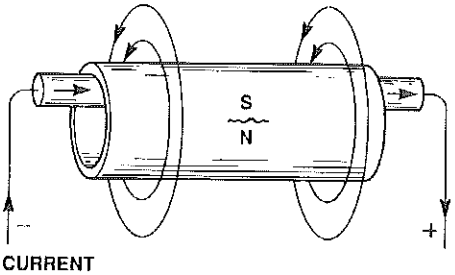
Figur 3.15
Når en del er magnetisert i en coil eller spole, passerer flukslinjene langs materialdelen. Vi kan da finne sprekker som går på tvers av materialet.

Ved dette vil det danne seg magnetiske feltlinjer i materialet. Finnes det materialfeil, for eksempel sprekker, blir feltlinjene trengt ut i overflaten ved feilen og brutt. Derved oppstår det små magnetfelt med motsatte poler i det defekte området. Når vi drysser et fint ferromagnetisk pulver (tørt eller oppløst i væske) på overflaten, vil dette tiltrekkes til polene langs sprekken og indikere den. Hvis vi setter opp et sirkulært magnetfelt, kan vi identifisere sprekker som går langsetter delen opptil 45 grader på magnetfeltet. Hvis vi setter opp et langsgående magnetfelt, vil vi identifisere sprekker som er 45 til 90 grader på magnetfeltet i denne retningen.

Til indikering kan vi altså bruke tørt pulver eller pulver blandet i væske. Bruker vi væske, kan vi også tilsette fluorescerende stoff. I så tilfelle må undersøkelsen foretas med ultrafiolett lys. Tilsetning av fluorescerende partikler er å foretrekke på grunn av den høye følsomheten. På grove flater er det hensiktsmessig å påføre et tynt sjikt av en kontrastmaling, for eksempel hvit, før vi sprøyter på magnetpulveret i væsken. Påsprøytingen må gjøres forsiktig så indikasjonene ikke spyles bort. Pulveret kan blandes i flere typer væske (f.eks. white-spirit eller såpevann).



Figur 3.16
Når strøm passerer gjennom delen, vil flukslinjene omsirkle delen, og den blir sirkulært magnetisert.



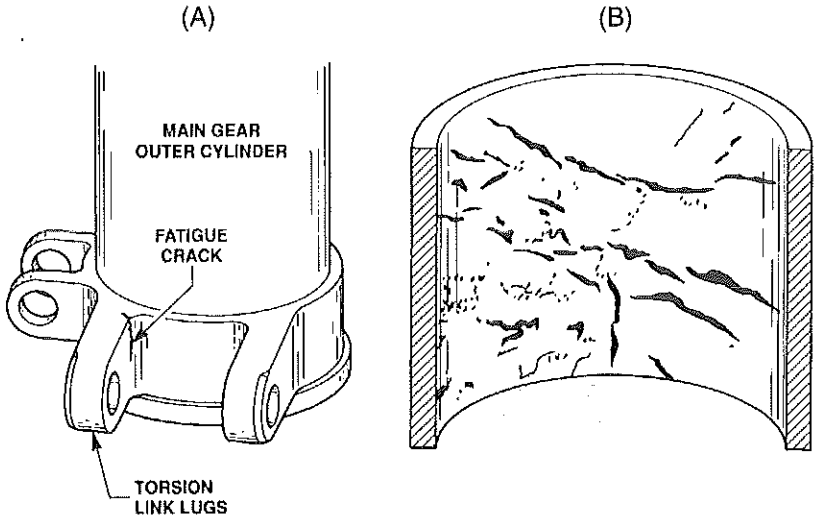
Figur 3.17
Sprekker og skader som går i lengderetningen av delen, kan bli oppdaget ved sirkulær magnetisering.

Som nevnt kan både vekselstrøm og likestrøm brukes som strømkilde. Brukes vekselstrøm, blir bare overflatesprekker indikert. Med avansert utstyr og under gunstige forhold kan likestrøm gi indikasjon på sprekker som ligger noen få millimeter (5 mm) under overflaten. Prøving med magnetpulver er en enkel, men meget sikker metode for å påvise overflatesprekker. Betingelsen er et sterkt magnetisk felt. Men komponenten må ikke bli overmagnetisert. Det kan skje, og det kan gi villedende resultater.

Delen som skal sjekkes, må være ren for alle belegg (maling/lakk og grunning samt kromplettering tykkere enn 3/1000″ eller nikkelplettering tykkere enn 1/1000″). Olje og fett fjernes, og rust slipes bort. Kraftig blåsing (sand eller glass) kan virke inn på vurderingsresultatet. Brukes pulver blandet i væske, må overflaten være så slett at væsken beholder spenningen. Dersom oppløsningen dekker hele flaten jevnt, er dette kravet imøtekommet. Lagre bør ikke sjekkes med denne metoden, fordi de er meget vanskelige å avmagnetisere.

Innvendig inspeksjon av skrubolter eller borehull kan gjøres ved hjelp av «magnetisk gummi» (finfordelte magnetiske partikler oppløst i flytende silikongummi). Blandingen sprøytes inn i hullene som skal inspiseres. Mens blandingen tørker, tilføres området et magnetisk kraftfelt. Dette må holdes over en viss tid, slik at magnetpartiklene tiltrekkes til defekte områder og holder seg i denne posisjonen inntil «pluggen» er herdet. Etter herding fjernes pluggen og undersøkes for indikasjon på uregelmessigheter.

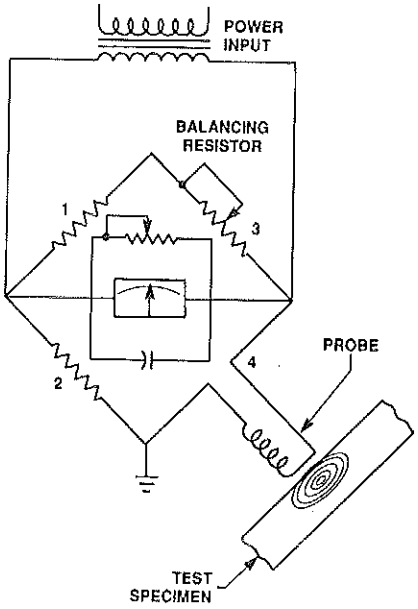
Ved undersøkelse av deler med skarpe kanter, for eksempel gjenger, tannhjul og stjernespor (splines), kan det være aktuelt å bruke hjelpemidler som mikroskop eller kraftig forstørrelsesglass (10^x–30^x), i tillegg til godt lys.



Figur 3.18
Årsakene til sprekkdannelse kan være forskjellige, for eksempel sprekker på grunn av utmatting (A), og sprekker som er forårsaket av varmebehandling (B).

Etter at testen er utført, må delene avmagnetiseres, og de sjekkes med gaussmeter for at avmagnetiseringen er skjedd. Da visse materialer har permanente magnetismeegenskaper, er det viktig at dette skjer. Det hin-

drer sponansamlinger eller at magnetisk følsomt utstyr påvirkes, for eksempel navigasjonsutstyr. Etter avmagnetisering sjekkes delene på flere steder for å være sikker på at prosessen er komplett. Rengjøring av delene og testutstyret for magnetpulver og fluorescerende væske er meget viktig. Det skjer med godkjent rensevæske, og det krever god tørking. Resultater etter testing loggføres.



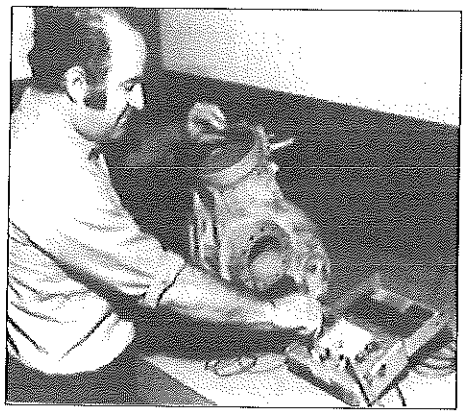
Figur 3.19
Metoden baseres på å måle hvor mye strøm som trengs for å indusere virvelstrøm på et bestemt nivå i delen som testes.

Virvelstrømstesting (eddy current-test)

Virvelstrømsprøving brukes for å avdekke sprekker, både på overflaten og under den, korrosjonsangrep og andre defekter og former. Man kan også foreta måling av tykkelse på materialer og materialbelegg.

Metoden er basert på at det induseres virvelstrøm i et elektrisk ledende legeme når det påvirkes av en testprobe (coil) som er tilført vekselstrøm. Proben induserer et vekslende magnetfelt i legemet, som igjen gir virvelstrøm, sterkere jo høyere frekvensen er på vekselstrømmen. Dette tilsier at metoden bare kan brukes på elektrisk ledende materialer. Defekter i materialet eller forskjell i materialtykkelse influerer på strømmen gjennom materialet, og det igjen forandrer probens (coilens) impedans. Instrumentet indikerer forandringer i impedansen, enten analogt ved skalaavlesning eller ved digitale plottinger. Man kan også få lydsignal som aktiviseres om defekter/sprekker o.l. er større enn en viss forhåndsinnstilt verdi.

Det finnes mange forskjellige typer av virvelstrømscoiler og prober. De er forskjellige i forhold til materialet som skal testes, frekvensen og typen av instrument som brukes. Det er ikke alltid mulig å bytte disse innbyrdes.



Figur 3.20
Når eddy current-proben passerer over fell eller skade i materialet, blir det indikert på instrumentet.

Sprekker i flystrukturen er som regel et resultat av materialutmatting eller spenningskorrosjon. Begge disse typene av sprekker starter i overflaten på materialet. Er overflaten tilgjengelig for inspeksjon, kan en prøve med høyfrekvent virvelstrøm utføres med et minimum av forberedelse og med høy sensitivitet. Ligger sprekken på et lavere nivå, kan en bruke en prøve med lavfrekvent virvelstrøm. Virvelstrømsprøver kan som regel utføres uten å fjerne maling og lakk fra komponentene eller strukturen.

En referansestandard er nødvendig for kalibrering av testutstyret. Referansestandarden hentes fra et metalltestskykke av samme type materiale som skal testes. Teststykket har defekter og sprekker med kjente dimensjoner, samt solide flater, forsenkede hull, gjengede hull for bolter osv. Proben settes mot de aktuelle områdene på teststykket, og man kalibrerer instrumentet i forhold til de kjente verdiene. Etter dette plasseres proben på det området som skal undersøkes. Virvelstrømsmetoden dekker ikke store områder om gangen.

Radiografi (røntgen/X-ray)

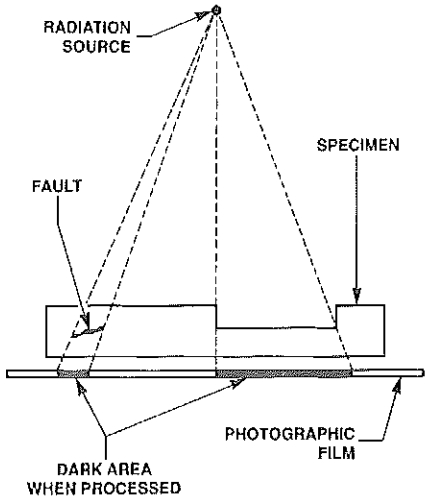
Radiografi er en NDI-metode som brukes for inspeksjon av komponenter og materialer, der vi bruker materialenes egenskaper for å absorbere røntgenstråler under gjennomtrenging. Hvert materiale som skal under-

søkes, har forskjellig tetthet, tykkelse, form og størrelse, og absorberingen av strålene blir forskjellig. De uabsorberte strålene som passerer gjennom materialet, blir registrert på film, fluorescerende skjermer eller monitorer. Indikasjon på innvendig og utvendig tilstand framkommer som varianter av svarte, hvite og grå kontraster på en framkalt film, eller som variasjon i farger på en fluorescerende skjerm.

Sammenlignet med andre NDI-metoder er radiografi kostbart. Stasjonært utstyr krever stor plass og er dyrt i bruk. Transportabelt utstyr krever mye tid for oppsett og klargjøring.

Ved bruk av film vil røntgenstrålene skape et todimensjonalt bilde som ligger latent på filmen. Filmen må framkalles før man kan se resultatet. Det tar tid, og resultatet er ikke kjent før framkallingen er ferdig. I enkelte tilfeller trengs nye bilder fra andre vinkler.

Ved bruk av spesielt utstyr kan man vise det todimensjonale bildet direkte og øyeblikkelig på en monitor eller en annen type visningsskjerm (real-time radiography). Det skjer ved at de uabsorberte røntgenstrålene blir konvertert til et optisk eller elektronisk signal. På denne måten kan delen som inspiseres, vendes i forskjellige retninger mens den «belyses», for best å kunne identifisere feil og defekter og størrelsen på dem. På denne måten kan vi også få et tredimensjonalt inntrykk. De bildene vi får på monitoren, kan også dokumenteres på film. For mer nøyaktig vurdering bruker vi andre teknikker for eksempel stereoradiografi og triangulær radiografi.



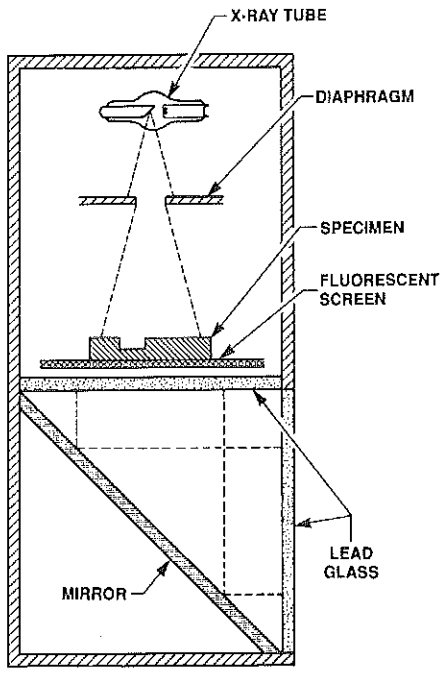
Figur 3.21
Røntgenstråler trenger igjennom delen som testes, og eksponerer en fotografisk film. Jo større tetthet materialet har, desto færre stråler trenger igjennom, og dermed mindre eksponering.

Computertomografi, CT

CT er en annen viktig metode for bedre å oppdage og lokalisere feil og defekter. Ulikt film og monitoridentifikasjon gir CT oss en undersøkelse av materialet splittet lag for lag. Overliggende og underliggende lag influerer ikke på det laget som undersøkes, og metoden er meget sensitiv for små forandringer i materialtetthet. Den er i tillegg lettere å tolke enn røntgen.

Radiografi har mange fordeler. Metoden gir

- mulighet for å inspisere både utvendige og innvendige feil
- mulighet for å inspisere overdekkede deler og strukturer
- mulighet til å avdekke kritiske feil i sammensetninger
- permanent dokumentasjon på data i forbindelse med undersøkelsen



Figur 3.22
Om man ikke trenger et permanent bilde, kan vi se på delen ved hjelp av en fluorescerende skjerm.

SIKKERHET
Ved bruk av radiografi kan vi utsettes for stråling som kan gi helseskade. Det er meget viktig å følge de anvisningene som er gitt for dette arbeidet.

Termografi

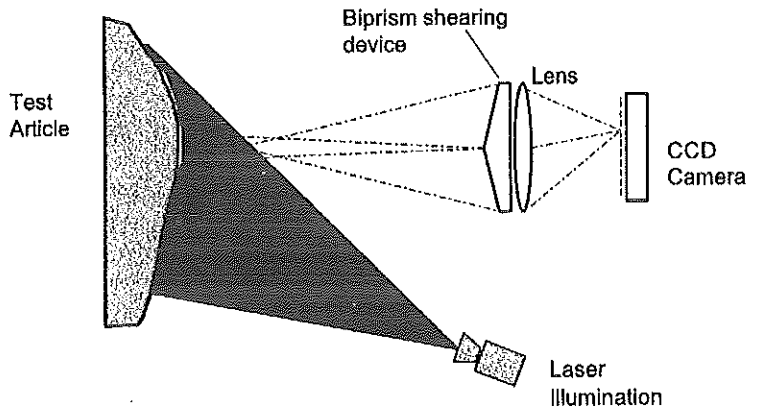
Termografi er en NDI-metode som bruker elektromagnetisk varmestrålingsenergi for å avdekke feil og defekter i materialer. Hvis det er en feil i materialet, vil det gi en unormal temperatur i dette området på grunn av redusert varmeledningsevne.

Holografi

Holografi er en NDI-metode som bruker lysstråler. Sammen med fotografisk teknikk gir den et tredimensjonalt bilde. Det brukes to laserstråler, en referansestråle og en objektstråle, som rettes mot objektet (delen som skal undersøkes) mens det blir utsatt for en belastning som gir mekaniske spenninger. Indikasjonen på spenninger og feil i materialet vil vises som spesielle linjer over delen i et konkret bilde. Holografi brukes som en hurtig undersøkelse av overflatefeil i kompositttstrukturer.

Shearography

Prinsippet er belysning av et ubelastet objekt med laserlys. Hvert lite område på objektet bidrar med refleksjon. Objektet reflekterer lyset fra objektet, splittes, og går gjennom en linse for så å bli avlest på en CCD-brikke i et kamera. (Brikken omdanner lysstrålene til elektroniske signaler.) Bildet lagres så i en datamaskin. Under belastninger som termisk belastning, strekkbelastning, trykk, vibrasjon og liknende vil objektet forandre form, og lengden lyset må tilbakelegge fra objektet til CCD-brikken, blir forandret. Det gir oss et annet bilde enn det første referansebildet. Datamaskinen sammenligner så bildene. En varig forandring av formen på objektet kan leses grafisk på et display. Metoden er godt egnet for søk etter delaminering i plastmaterialer, gummimaterialer, kompositttmaterialer og for å finne sprekker i metall.

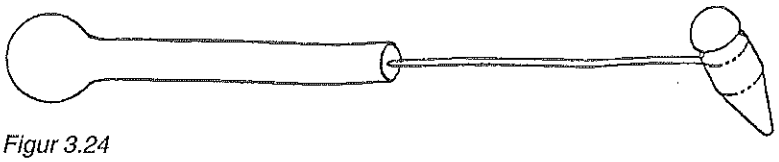


Figur 3.23
Prinsippet for shearography.

Bankeprøve (tap-test/coin-tapping)

En bankeprøve er mye brukt for å foreta en hurtig overflateundersøkelse hvis man har mistanke om delaminasjon. Prøven foretas ved å banke lett med et metallstykke (mynt, lett hammer e.l.). Den lyden man hører,

sammenlignes med lyden som oppstår når man banker på et område man vet er i orden. Man må ta hensyn til geometriske former, da lyden kan forandres på grunn av geometrien selv om konstruksjonen er i orden. Området som skal undersøkes, må være rent og fritt for olje, fett og forurensninger. Det kreves god erfaring for å evaluere resultatene av undersøkelsen. Denne typen sjekk blir som regel ikke dokumentert, men fører ofte til bruk av andre NDI-tester ved mistanke om feil.



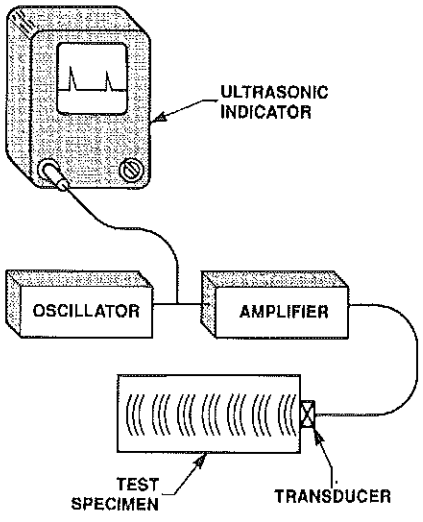
Figur 3.24
Hammer for bankeprøve.

Akustisk stråling

Akustisk strålingsprøve er en metode der det plasseres akustiske sensorer på flere steder på flystrukturen, før man så belaster strukturen og oppnår mekaniske spenninger. Flere typer belastninger kan tilføres, og derved oppnår man flere typer mekaniske spenninger (strekk-, trykk-, skjær- og bøyespenninger osv.).

Materialene avgir lyd- og stressbølger i form av ultrasoniske bølger som kan oppfanges av sensorene. Ved skader som sprekker eller korrosjon vil lydbølgene være forskjellige fra solid materiale.

Akustisk test har den fordelen i forhold til andre NDI-tester at den avdekker alle typer skader i et område. Metoden angir ikke størrelsen på feilene, men dette kan avdekkes med andre NDI-metoder.



Figur 3.25
En oscillator genererer AC-energi med riktig frekvens. Energien blir forsterket og sendt til «transduseren», som sender vibrasjonsbølger inn i delen som testes. Når bølgene når baksiden av delen, blir de sendt tilbake som et ekko, oppfanget av transduseren, konvertert til et elektrisk signal og sendt til en skjerm (CRT) for avlesning.

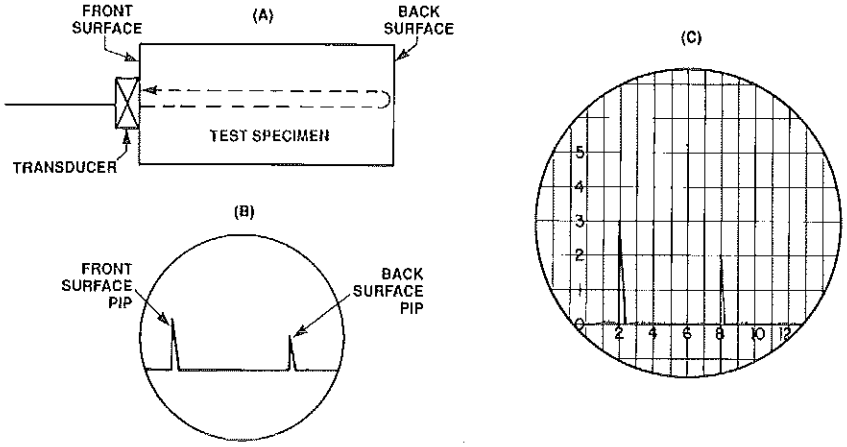
Ultralyd

Ultralyd er en prøvemetode som bruker lydenergibevegelse for å avdekke feil. Lydenergien som går gjennom materialet som skal sjekkes, blir indikert enten på en CRT-skjerm (cathode ray tube), på en LCD-skjerm (liquid crystal display) eller på en dataskjerm. Indikasjon på over- og underflate samt innvendig og utvendig tilstand kommer fram som vertikale signaler på CRT-skjermen eller som data i dataprogrammer.

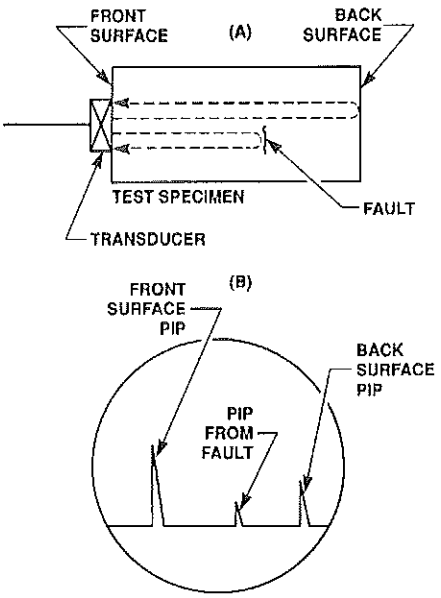
Den praktiske anvendelsen av ultralydbølger bygger i første rekke på at disse bølgene har god evne til å forplante seg i metalliske materialer og i væsker, mens de forplanter seg dårlig i gasser (luft). I faste stoffer og væsker går bølgene som rettlinjede strålebunter som brytes og reflekteres på samme måte som lysstråler. Lydbølgene forplanter seg gjennom materialet eller prøveobjektet så lenge det er homogent. På grenseflatene mellom ulike faste stoffer og gasser er refleksjonen nesten 100 %. Ved materialfeil som sprekker, porøsiteter eller andre inhomogeniteter vil det alltid være en tilstrekkelig luftspalte som reflekterer lydbølgene og derved registrerer materialfeilene. På grenseflaten mellom faste ulike stoffer eller mellom faste stoffer og væsker oppstår brytning og delvis refleksjon (demping) som gjør det mulig å avsløre bindefeil. Som

nevnt forplanter lydbølgene seg dårlig i luft. På grunn av luftspalten mellom lydhodet og overflaten til materialet som skal sjekkes, er det nødvendig å bruke et kontaktmedium, for eksempel olje eller fett. Ultralyd kan brukes på de fleste materialer.

Det er i hovedsak to typer av ultralydmetoder som brukes, pulsekkometoden og gjennomstrålingsmetoden.



Figur 3.26
Vibrasjonsbølger sendes inn i materialet og returneres når de når baksiden. Utslag (pip) kan avleses på indikasjonsskjermens «tidslinje». Ett utslag representerer overflaten der signalet sendes inn, og ett utslag representere baksiden. Distansen mellom utslagene og høyden på dem kan justeres for å stemme overens med skalaen som er indikert på skjermen.



Figur 3.27
Den ultrasoniske energien blir reflektert der det er feil i materialet. Refleksjonen fra feilen gir et utslag som ligger mellom forside- og baksideutslagene som er indikert.

Pulsekkometoden bruker et lydhode som både sender og tar imot den ultrasoniske pulsen. Den mottatte pulsen deler seg, ut fra den tiden det tar for lyden å nå de forskjellige lagene som den reflekteres fra.

Størrelsen (amplituden) på refleksjonen står i forhold til størrelsen på den flaten som reflekterer. Pulsekkometodens signalmønster analyseres i forhold til signalets amplitude og separasjon. Treffer lydbølgene en hindring i form av materialfeil, vil den reflektere hele eller deler av lydenergien avhengig av feilens form og størrelse. En slik refleks vil alltid returnere før bunnekkoet (ekko fra baksiden).

Registreringen skjer som utslag på skjermen, der mottatt refleks regnes om til metrisk skala.

Gjennomstrålingsmetoden benytter seg av to lydhoder, ett som sender ut den ultrasoniske lyden, og ett som mottar. En feil i materialet mellom disse to vil gi forstyrrelser i overføringen av lydsignaler. Mengden av forstyrrelse gir forandring i amplituden og derved evalueringsmulighet av testresultatet. Ved mindre feil er gjennomstrålingsmetoden mindre sensitiv enn pulsekkometoden.

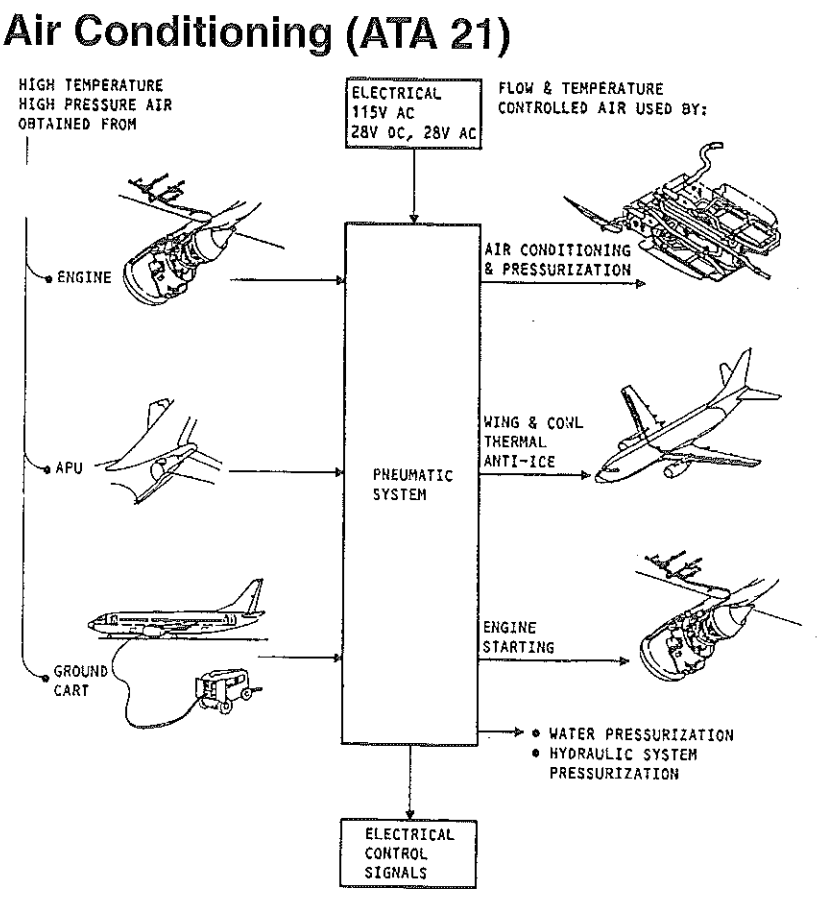
Ultralydinspeksjon avslører effektivt feil og defekter i solide materialer og sammensetningen av disse (sveiselodding). Metoden brukes også for å måle materialtykkelser og inspisere kompositttstrukturer.

For å kunne få en korrekt vurdering av de resultatene inspeksjonen gir, er det viktig at personen som utfører testen, har god kjennskap til den konstruksjonen som skal analyseres. Konstruksjonstegninger må studeres, og det kreves kjennskap til detaljer i form og størrelse som kan innvirke på signalindikasjonen. Referansemåling blir ofte gjort på et prøvestykke (kjent materiale) før inspeksjonen foretas. Det kreves autorisasjon for å utføre ultralydinspeksjon, og et godt erfaringsnivå er en betingelse for korrekt analyse. Ultralyd er en av de mest brukte og pålitelige NDI-metodene.

3.2 Systemfeil og årsaksvurderinger

I dette kapitlet vil vi bevege oss inn i noen av flysystemene for å avdekke og beskrive en del av de forskjellige typene av feil som kan oppstå. Vi vil ta for oss en del symptomer på feilfunksjonering og hvordan vi kan avdekke årsaksforhold ved hjelp av inspeksjonsteknikker, utstyr, forståelse av systemene og logisk tenkning. I tillegg skal vi fokusere på vedlikeholdsmomenter som skal ivareta sikkerheten i arbeidet, både for personell og utstyr. Et hovedmål er at man ved preventivt vedlikehold og inspeksjoner skal kunne oppdage tilløp til feil før de blir en risikofaktor. Vedlikeholdsmanualene (maintenance manuals, MM) vil ofte ha et eget skjema for feilsøking (trouble shooting) med flytskjema og med forslag til testprosedyrer og feilkilder, men det er en selvfølge at god systemforståelse er et viktig kriterium for å avdekke systemfeil og for lokalisering og reparasjon. Systemenes kompleksitet varierer mye, og de eksemplene som presenteres, er hentet fra forskjellige konstruksjoner.

Systemfigurene er vesentlig fra Boeing 737. Tilleggslitteratur for 737 er en fordel ved systemvurderinger, men ingen betingelse. Generelle systemkunnskaper gir et godt grunnlag for teknisk-filosofiske betraktninger, men en del momenter i systemoperasjonene er tatt med for at man bedre skal kunne vurdere sammenhengen i problemstillingene. Som vi vet, er det en rivende utvikling innenfor tekniske områder, og stadig mer moderne konstruksjoner er videreført ut fra tradisjonelle løsninger. For den enkelte flytypen må man derfor konsultere vedlikeholdsmanualen (MM).



Figur 3.28
Luft med høy temperatur og høyt trykk hentes fra motorer, APU eller bakkeutstyr og leveres til brukerområder i flyet, blant annet til air conditioning og til kabintrykksystemene.

På luftfartøy med turbojet eller turbopropellmotorer tapper vi blødeluft fra motorenes kompressorer eller fra APU for å bruke den til flyets air conditioning-system. Dessuten tappes også luft til andre systemer som for eksempel duggfjerner i cockpiten (cockpit de-fog), luftpakninger, avisingssystemer (anti-ice og de-ice), trykksetting av brenselstanker, anti-g-systemer, servotrykk til ventiler, osv.

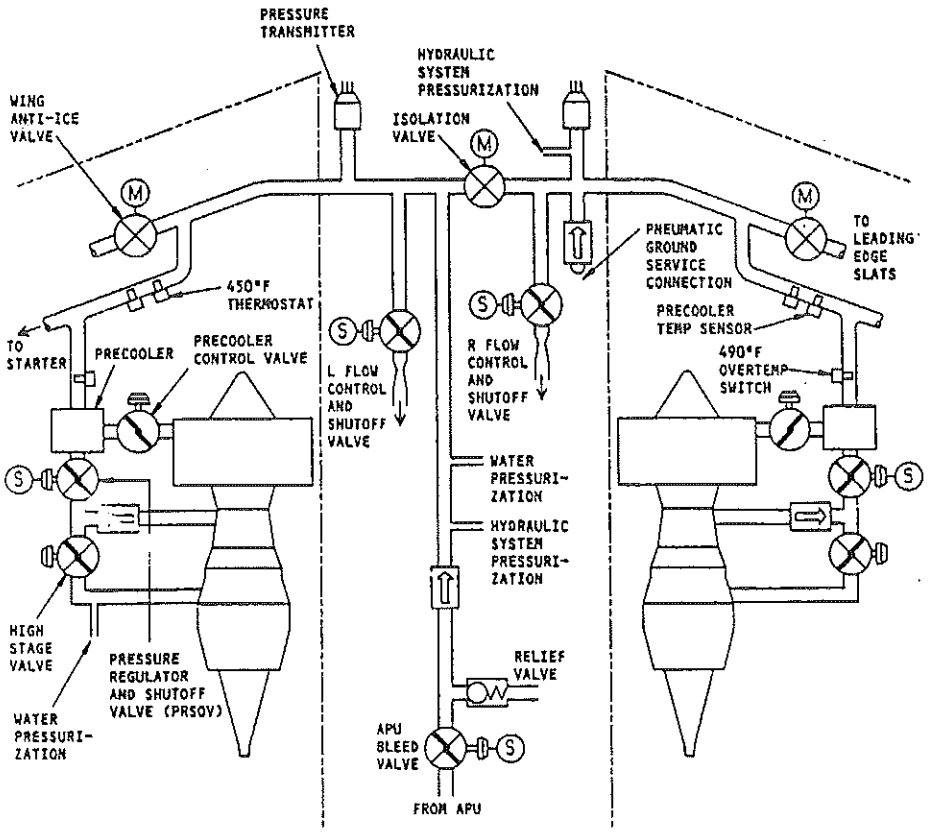
Air conditioning-systemet skal gi oss en behagelig temperatur i kabinen og et passende trykk. Systemet sørger også for kjøling av flyets elektroniske systemer. Luften må reguleres i trykk, mengde og temperatur.

Trykk- og mengderegulering foregår ved hjelp av ventiler. Disse reguleres enten med servotrykk eller elektriske motorer. Input til ventilene kommer fra ønskede innstillinger («settinger») i cockpiten, termostater og trykksensorer i systemet. I moderne fly leveres disse dataene til en datamaskin som behandler signalene og gir videre signal ut for å omstille de enkelte ventilene, dersom det er noe som skal justeres.

For å få nedkjølt en del av blødeluften brukes varmevekslere og kjøleturbiner. Enkelte varmevekslere påsprøytes vann for kjøling i tillegg til kjøleeffekten fra ramluften. Vannet hentes fra systemets vannseparator, som søker å redusere fuktighetsinnholdet i luften.

Kabintrykket bør stå i forhold til atmosfæretrykket i flyhøyden, slik at strukturen ikke overbelastes. Hvor fort trykket i kabinen skal synke eller stige, kan justeres uavhengig av flyets stige-/synkehastighet. Vi bruker begrepet «kabin-/cockpit-høyde» relatert til dette trykket.

Når det gjelder kabintrykk og temperatur, kan luftfartøyene ha både en automatisk og en manuell kontroll.



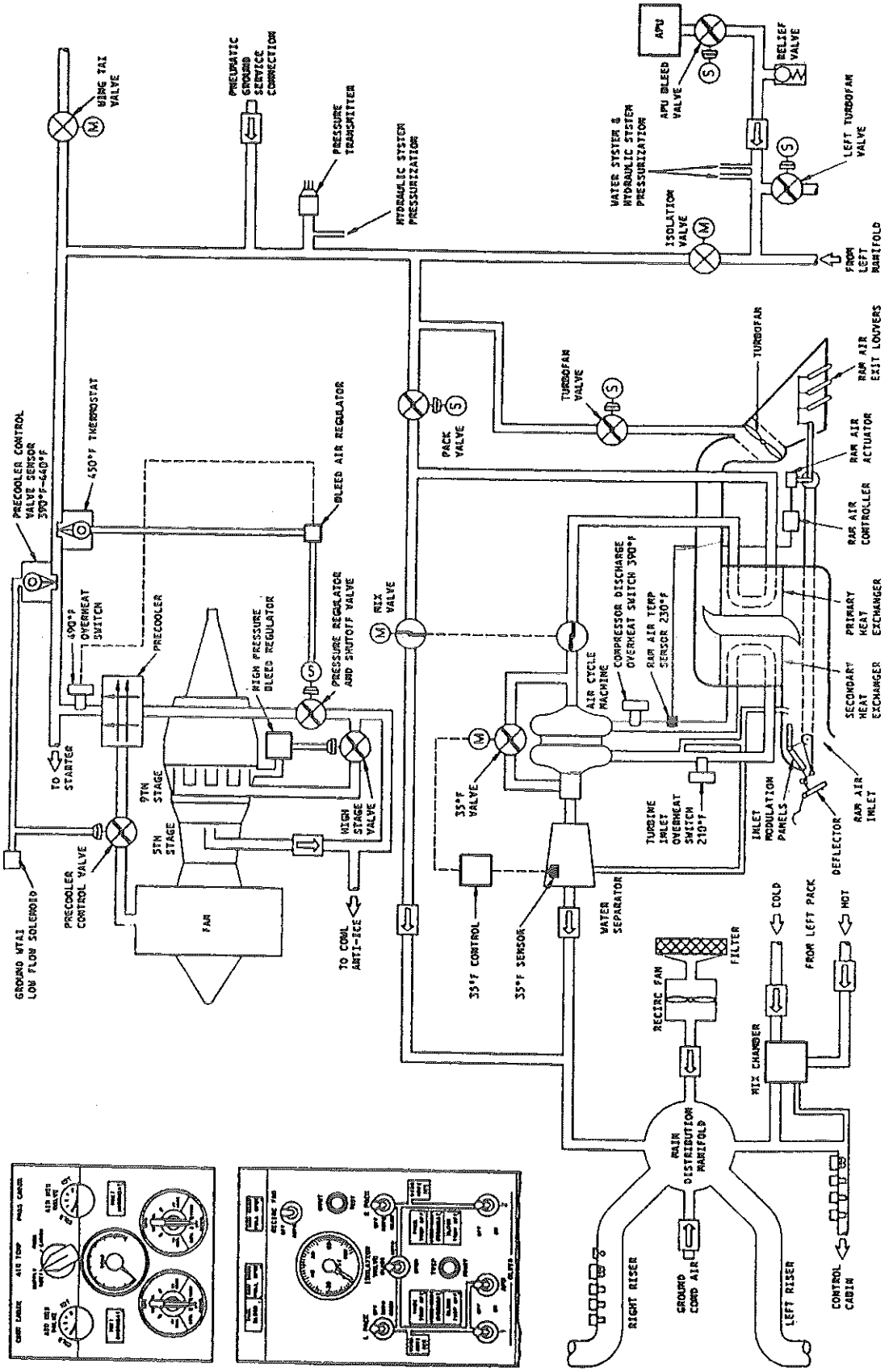
Figur 3.29
Det blir ikke levert luft til systemet fra APU selv om den er i orden. Kan det være en systemfeil?

Symptomer på feil i temperaturkontrollsystemet
Temperaturen i kabinen er enten for høy eller for lav, og den lar seg vanskelig justere

Her er det viktig å finne ut om problemet er der både i auto og manuell stilling. Virker systemet OK i manuell, kan mange av de mekaniske komponentene elimineres. Problemet ligger helst i den elektroniske delen (kontrolldelen), for eksempel relatert til temperatursensorer, datafeil, ledningsbrudd og liknende.

Er problemet like stort i manuell stilling, må vi fokusere mer på de mekaniske eller pneumatiske konstruksjonene: ventiler som sitter fast, eller tap av servotrykk på grunn av lekkasje i koplinger eller ventilbelger. Feil med servoregulatorer er også mulig. I de tilfellene der ventilene kjøres med elektriske motorer, kan selvfølgelig ledningsnettet, selve motorene og bryterfunksjonene være en feilkilde.

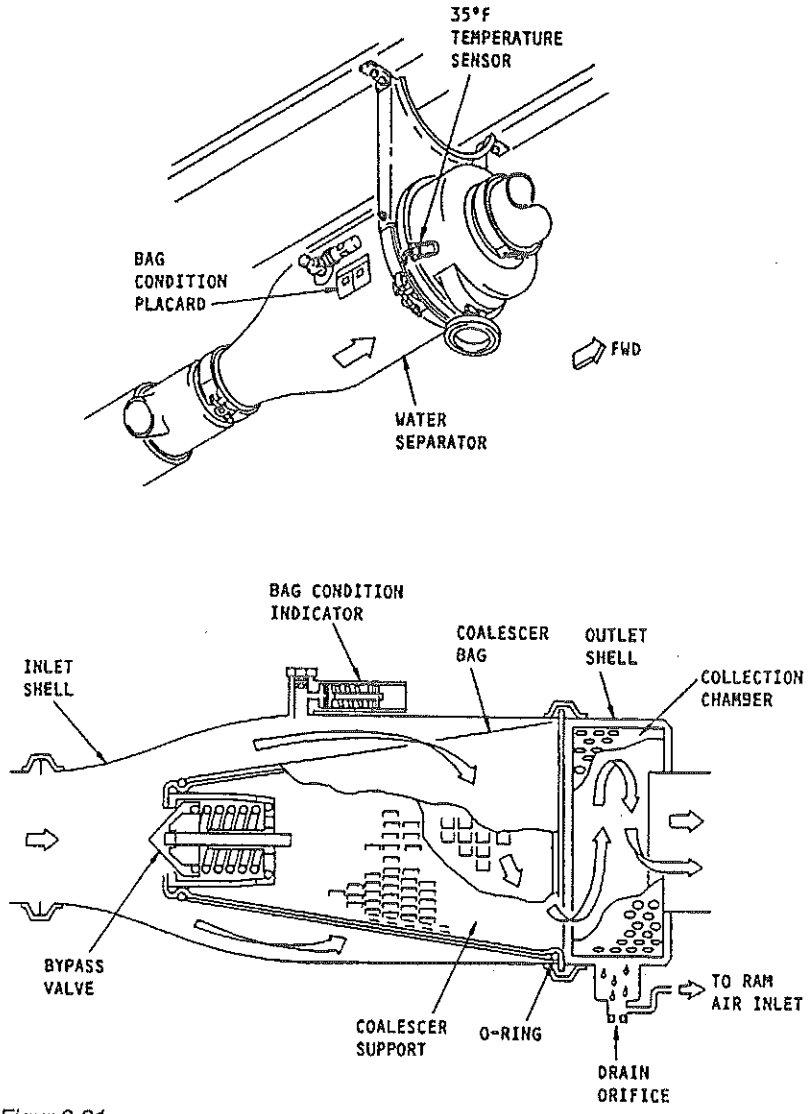
Skulle systemet bare levere for varm luft, vil man også se på kjøledelen. Kjøleturbinen opererer med høyt turtall, noe som krever gode lagre og god smøring. Systemet søker å hindre for høyt trykk (overspeed) på turbinen. Det gjøres ved å redusere luftmengden inn på turbinen og relateres til om temperaturen her er for høy. En overspeed kan gjøre at turbinen «skjærer seg», og man mister kjøleeffekt. Temperatur-sensorer sørger for at leveringsventilene «strupes» eller, dersom temperaturen stiger, lukker dem helt. Systemet stenges av («shutter ned»). Umotivert avstenging av systemet kan skyldes feil i temperatursensorene eller i temperatur-releer som sensorene sender signaler til. Dersom de elektriske komponentene ikke får tilstrekkelig kjøleluft, vil de bli for varme, og varsellys vil komme på i cockpiten.



Figur 3.30
Se på dette systemet, og sett gjerne farger på det. Finn komponentene i forbindelse med spørsmålene:

a) *Hva kan forårsake for høy temperatur i kabinen?*
b) *Luften inn i kabinen inneholder mye fuktighet. Hva kan være årsaken til dette?*

Ising i vannseparatoren kan forekomme. Temperaturen er her meget lav. Det fører til at en sikkerhetsventil åpner seg og leder luften «usepa-rert» til kabinen. Dette kan gi stor fuktighet i kabinen og dogg. Samtidig vil ikke varmevekslerne få tilført nok vann, og kjøleeffekten reduseres. Tilstopping av vannseparatorens dreneringsrør eller for svak fjær i sikkerhetsventilen kan gi de samme symptomene.



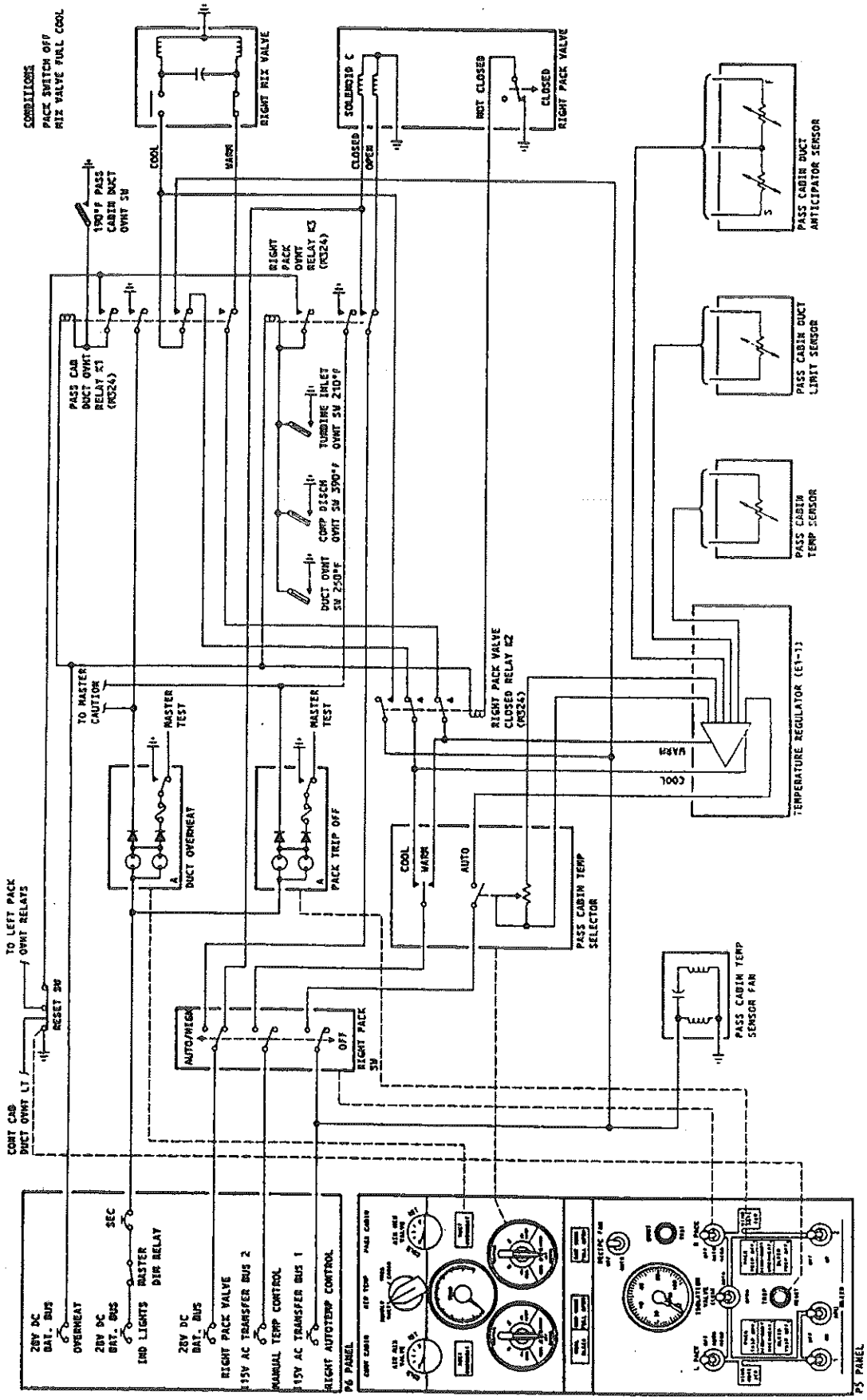
Figur 3.31
Hva kan være feil i systemet når bypassventilen i vannseparatoren åpner?

Vi finner ofte at varmluftsventiler har hvilestilling stengt, mens kald-luftsventiler har hvilestilling åpen.

Dette kan gi oss en veiledning i forhold til de symptomene som oppstår. Vi bruker betegnelsen «hvilestilling» bare for ventiler med fjærmeka-nikk, der fjærspenningen får maksimalt utslag. Ved gjentatte ventilope-rasjoner kan fjærspenningen bli redusert, og ventilen virker på feil måte. Dette problemet blir imidlertid ivaretatt ved at ventilene skiftes ut etter HT-systemet.

I enkelte systemer tas blødeluft fra ulike trinn i motorens kompressor, alt etter motorens turtall og dermed avhengig av trykkbildet i kompres-

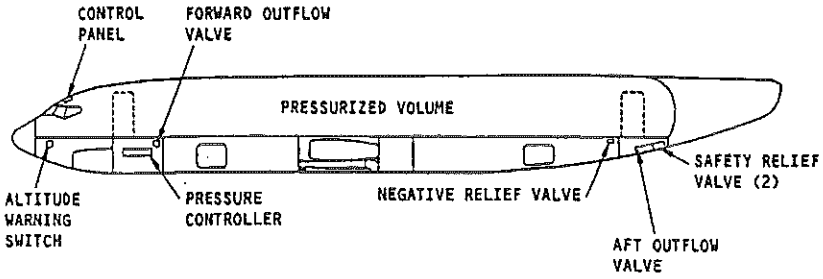
soren. Vi finner da at de forskjellige ventilene skifter på med å levere luft. Her må det være en synkronisering mellom ventilene for at det ikke skal bli et fall i trykkleveransen, noe som kan oppleves ved at systemet stenges for så å komme på igjen.

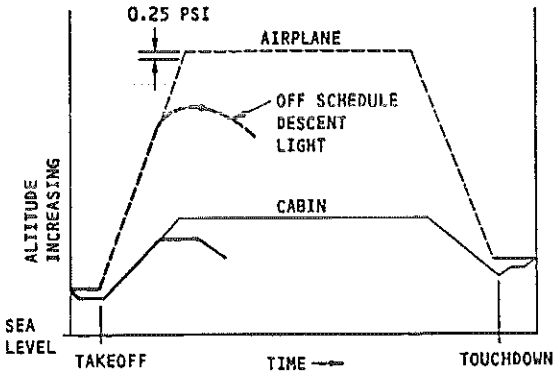


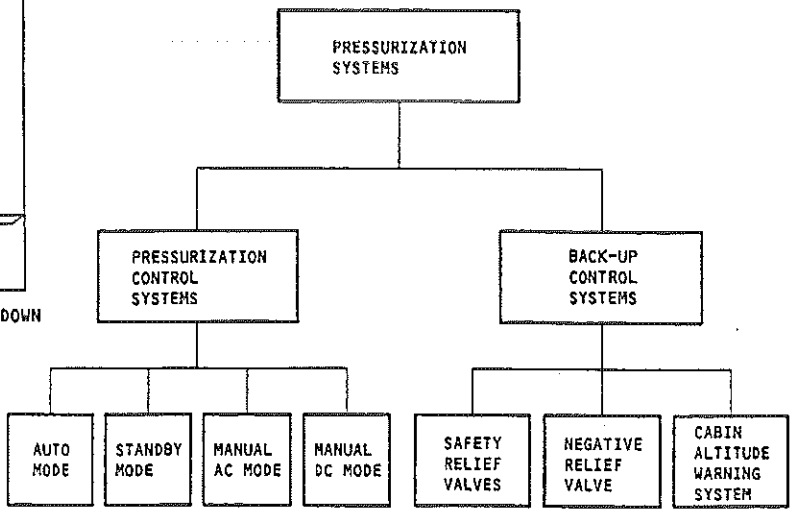
Figur 3.32
Hva vil skje i systemet om «turbine inlet overheat switch« slår inn? (temperatur 210 °F)

Feil med kabin-/cockpittrykk

Uansett hvilken temperatur luften har, vil den skape et trykk når den kommer inn i kabinen. Det gjelder under forutsetning av at «utluftingen» fra kabinen strupes slik at det blir en trykkoppbygging. Som nevnt skal kabintrykket være på et slikt nivå at det er behagelig for passasjerene, både med hensyn til hvordan trykket påvirker kroppen, og når det gjelder tilførsel av oksygen. Samtidig skal trykkforskjellen mellom kabintrykket og atmosfæretrykket ikke gi overbelastning på strukturen.



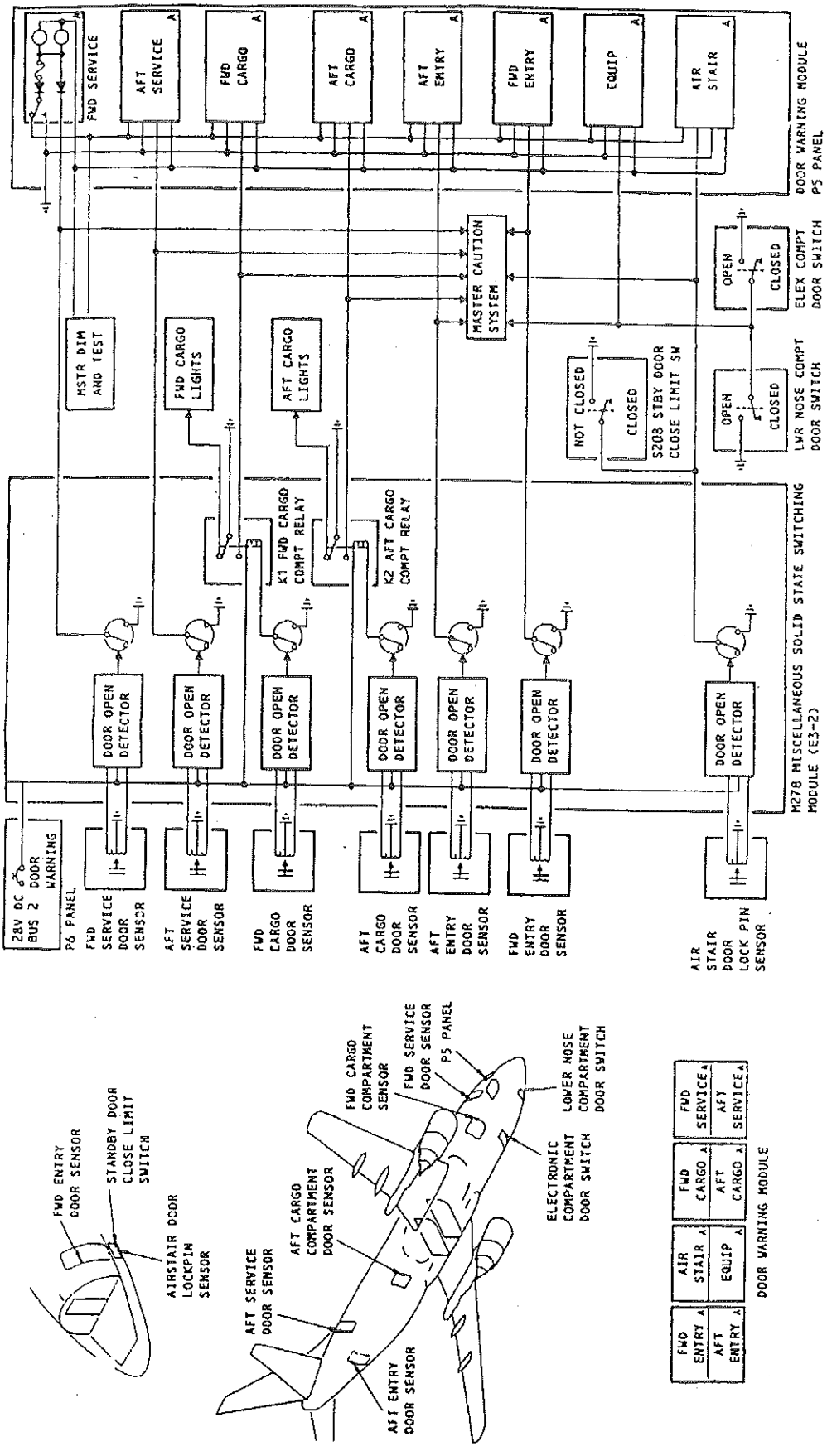




Figur 3.33
a) Oversikt over et moderne kabintrykksystem.
b) Flyet har en «altitude warning switch». Hvilken oppgave har den?

Kabintrykket reguleres ved hjelp av ventiler, «outflow valves», som får signaler fra blant annet innstillinger valgt av piloten, det ytre atmosfæretrykket og det følte kabintrykket. Svikter disse ventilene og trykket øker, vil en sikkerhetsventil åpne. Det er også en negativ trykkventil i systemet som åpner seg dersom atmosfæretrykket overstiger kabintrykket.

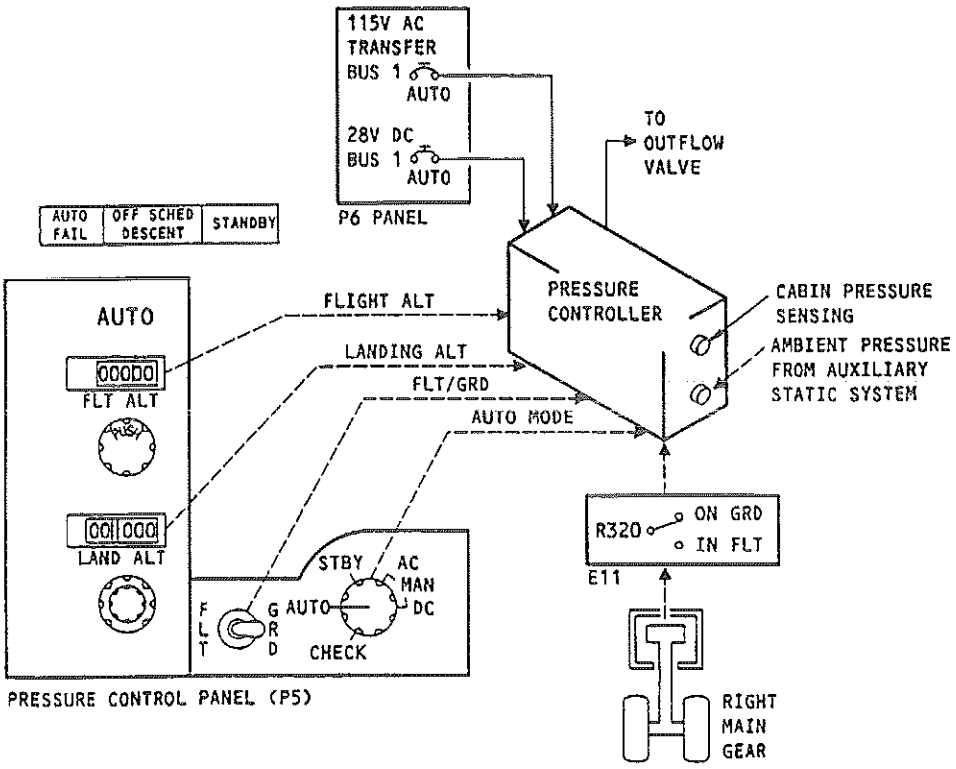
Trykkfall i kabinen kan ha flere årsaker: feil i trykksensorene, punktering av trykkbelger, lekkasje i senserør eller tilstopping av dem, mekaniske feil i ventilene, feil i den elektroniske kontrollenheten eller skade i skroget. I slike tilfeller vil piloten søke å bringe flyet ned til lavere høyde, og oksygenmaskene vil bli utløst.



Figur 3.34
En forutsetning for å få riktig kabintrykk er at dører og luker er skikkelig lukket. Varsellamper (door unlocked indicators) indikerer om dører eller luker er åpne.

I forbindelse med feilsøking blir skroget trykksatt på bakken for å sjekke lekkasjenivået. Ut fra vedlikeholdsmanualer (MM) finner vi ut om lekkasjen er for stor.

Det er ofte mulig å høre en luftlekkasje. Man kan også bruke lekkasjespray. Ligger feilen i en komponent, vil denne bli skiftet ut, og den defekte komponenten testes i en testbenk. Hver komponent har en egen manual der operasjonen er beskrevet.

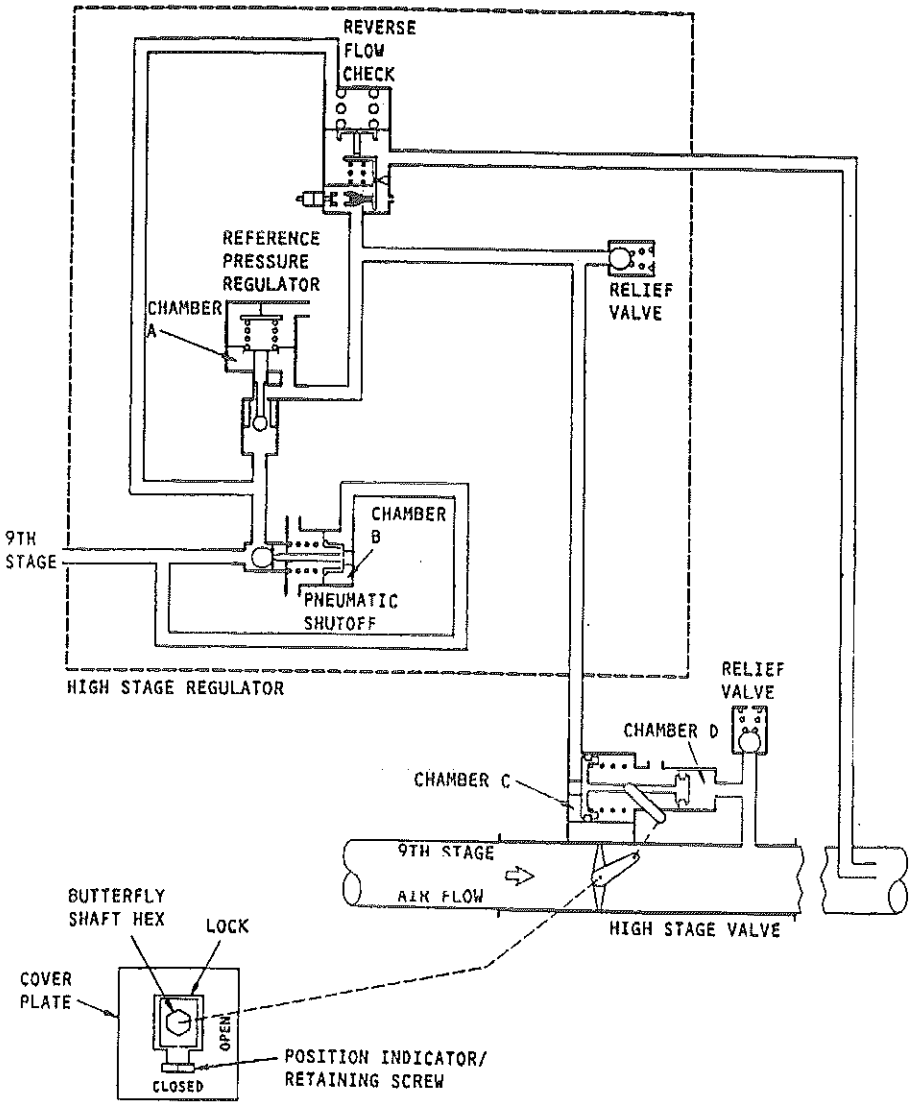


Figur 3.35
a) En WOW-bryter er involvert ved kabintrykkregulering. Hvorfor?
b) Hva kan forårsake at kabinhøyden blir feil?

Testutstyr for air conditioning-systemet

For å finne årsaken til feil er det viktig å hente ut informasjon om trykk og temperatur fra forskjellige områder i systemet og sette disse dataene i sammenheng med de innstillingene som er valgt. Det gjelder også servotrykkverdier og elektriske verdier. For å kunne teste samtlige komponenter må luften hentes ut fra motorenes kompressorer. Dette er ikke like hensiktsmessig når flyet er i hangar. Vi har da den muligheten å tilføre systemet trykkluft fra serviceenheter som svarer til leveransen fra kompressoren. Ramluft-effekten vil imidlertid ikke være optimal, selv om en viss luftgjennomstrømning over varmevekslerne kan skje ved hjelp av vifter eller ejektorer.

For enkelte av ventilene i systemet er ventilspjeldets posisjon indikert på utsiden. Ventilene kan i noen tilfeller «kjøres» manuelt til hvilestilling ved å stenge av for servotrykket. Man kan da se om ventilspjeldet beveger seg jevnt i hele arbeidsområdet.



Figur 3.36

a) På enkelte ventiler er ventilspjeldets posisjon vist ved et merke på spjeldakselen.

b) Hva kan årsaken være dersom ventilen (high stage valve) ikke vil bevege seg under en systemoperasjon?

Man starter testingen av systemet ved luftleveransepunktet og arbeider seg utover i systemet.

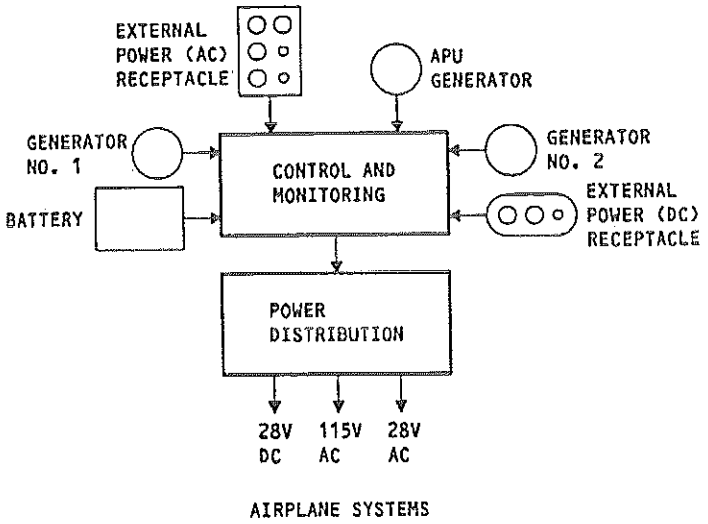
Det kan også være installert overtrykksindikatorer som utløses om totaltrykket eller et differensialtrykk kommer over bestemte nivåer. Fordi trykket varierer under normal drift, vil en kortvarig trykkøkning ikke være nok til å utløse indikatorene. Det økte trykket må ha en viss varighet. I cockpiten vil man ha indikasjon for kabinhøyde og varsellys, som sammen med indikatoren Master Caution kommer på dersom trykkfallet blir for stort.

I forbindelse med feilsøking er det viktig å innhente opplysninger om blant annet bryterstillinger i cockpiten, varselsignaler (warning), flyhøyde, atmosfæretemperatur osv. i det øyeblikket da feilen oppstod. Det er for å få et totalbilde ut av de opplysningene vi får ved bruk av testutstyret.

Etter utskifting av komponenter eller demontering av rør er det obligatorisk med en operasjonssjekk med lekkasjeinspeksjon. En eventuell lekkasje av varmluft kan gjøre stor skade, og kan også aktivere brannvarslingssystemet (fire warning). (De fleste tilfellene av «engine fire warning» er faktisk forårsaket av varmluftlekkasje fra rør eller pakninger.)

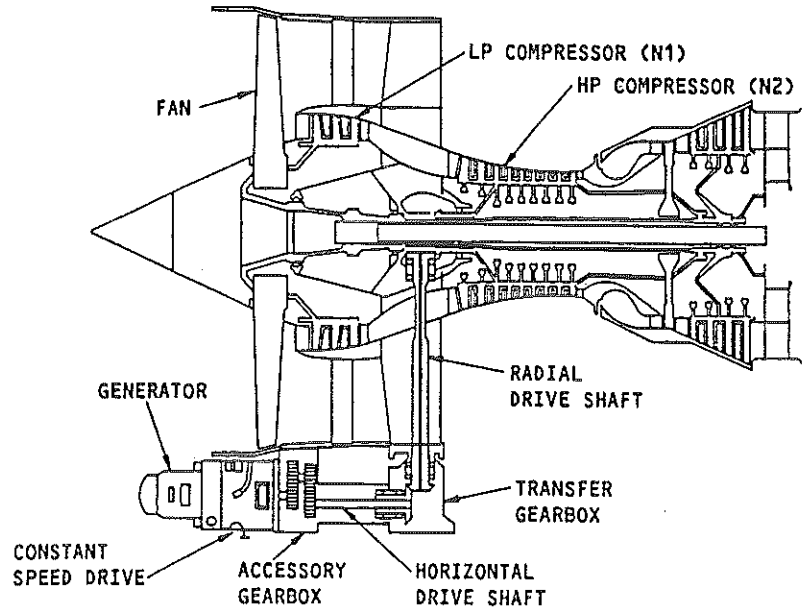
Electrical power supply (ATA 24)

Behovet for tilførsel av elektrisk energi til flyets systemer er forskjellig. Både vekselspenning og likespenning er ønskelig. Vekselspenningen er normalt trefaset 115 volt AC–400 Hz og 26 volt AC–400 Hz. Likespenningen er normalt 28 volt.



Figur 3.37
Eksempel på elektrisk energiforsyning.

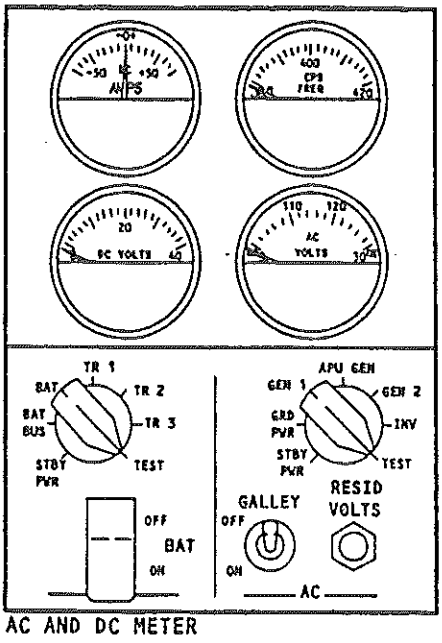
Tilførsel av elektrisk spenning kan skje fra flyets egne generatorer eller utenfra (external power). I systemet finner vi blant annet generator control unit, buss contactors, extern power contactor, transformatorer, likerettere, batterier, spenningsregulatorer, overspenningsreleer, overstrømsreleer osv. Er generatorene montert til motorens girboks (accessory drive), vil turtallet variere med motorturtallet, og derved får vi en variasjon i frekvensen. Enkelte av de elektroniske systemene som er avhengige av fast frekvens, kan få levert spenning fra hydraulisk drevne generatorer med fast turtall. Det er også viktig at vekselspenningen (AC) har riktig faserekkefølge.



Figur 3.38
Uttak til drift av generatorene kan skje fra motoren. En «radial drive shaft» varierer da turtallet i forhold til motorens turtall. Hvordan kan da generatoren som er montert her, ha konstant hastighet og levere vekselspenning med konstant frekvens?

Når vi kopler til en ekstern strømkilde (external power) vil strømmen ha vekselspenning (AC-power) fram til et innkoplingsrelé. Dette releet styres av likestrøm (DC-power). På noen fly har man et faselys som skal være tent før DC-power sendes til releet. På mer moderne fly blir ikke spenning tilført dersom fasene er feil.

Fly har som regel en egen jordingskrets, men jord kan også være tilsluttet flystrukturen. Det elektriske anlegget (electrical power-systemet) leverer spenning til essensielle (viktige) og ikke essensielle kretser («buses»). I tillegg finner vi «battery bus» og «emergency bus». Fra disse hentes spenning til de enkelte komponentene som trenger strøm.



Figur 3.39
Hvilke indikasjoner kan leses av her?

Samtlige brukerkretser er sikret med sikringer, enten det er vekselspenning (AC) eller likespenning (DC). Sikringspaneler kan være lokalisert flere steder i flyet.

I cockpiten kan vi lese av spenningsleveranse, forbruk, frekvens osv. Varsellys vil tennes om det oppstår feil i systemet. Ved over- eller underspenning eller ved for høy eller for lav frekvens vil systemet kople ut de aktuelle «buses». Lys på kontrollpanelet (warning panel) vil indikere hvilke det er.

Inspeksjon av sikringspanelene vil fortelle om strømgjennomgangen har vært for stor. Sikringer blir da utløst (popp). Det er bestandig en årsak til at en sikring utløses. Enten er det, eller har vært, en feil i systemet. Det er ingen reparasjon å «resette» en sikring!

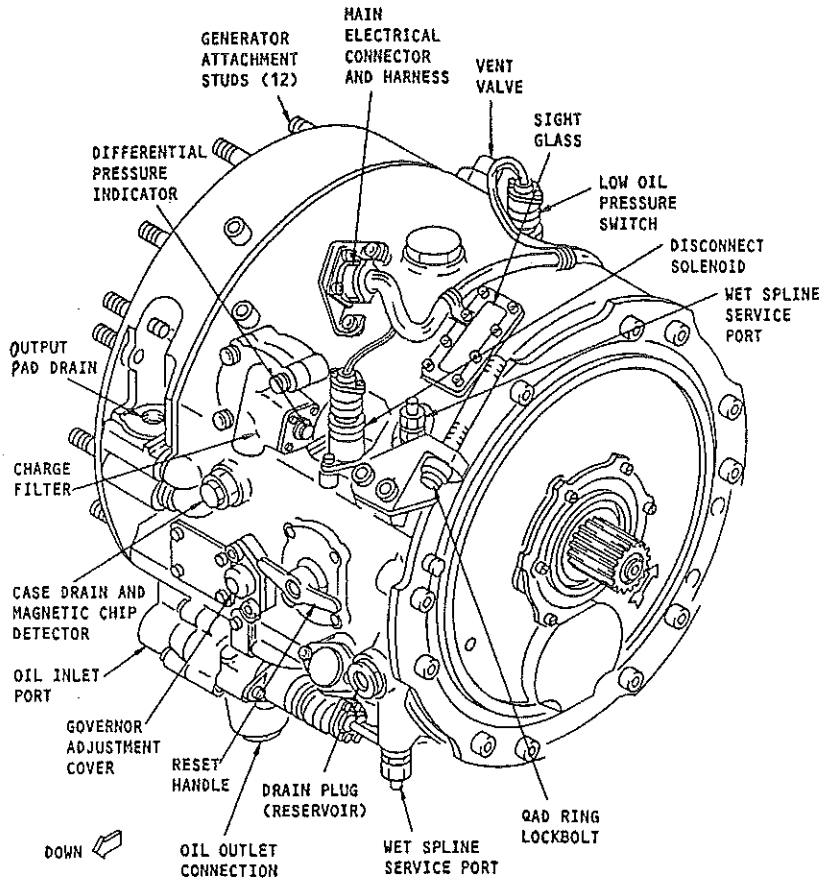
Det kan imidlertid forekomme at en sikring blir for «slapp» og blir utløst ved lavere strømgjennomgang enn den er beregnet for, eller ved mekanisk belastning, turbulens, hard landing osv., men dette er unntak.

Sikringer kan også bli «slappe» hvis man ofte trekker ut eller slår av sikringer i forbindelse med vedlikeholdsarbeid. Noen ganger er dette påkrevd i henhold til MM, men sikringer skal ikke brukes som brytere. Skal sikringer være ute (for eksempel på systemer som ikke er i bruk), skal dette markeres for eksempel med en plastring som settes rundt sikringen. Den indikerer at sikringen skal være ute, og hindrer at den blir satt inn igjen ved en feiltakelse.

På moderne fly blir det elektriske forsyningssystemet overvåket, og ved feil får man i tillegg til varsellys også informasjon om hvor feilen kan lokaliseres.

Av og til oppstår det jordingsfeil, og da kan symptomene være ganske uforståelige. En sjekk av jordingsforbindelser må utføres, både visuelt og ved målinger. Ved feilsøking starter man ved strømkilden og søker utover i systemet. Man tester kretsene individuelt, begynner med å trekke ut sikringer og kopler inn igjen etter hvert som man går utover i systemene.

Mekaniske feil i startere og generatorer, som lagerfeil og utslitte fôringer, kan medføre at komponentene «skjærer seg» ved at rotordelen berører statordelen, og vi får komponenthavari. Ulyder og/eller varmeutvikling kan være en indikasjon på at lagre og fôringer er utslitte.



Figur 3.40
«Chip detector» og «differential pressure indicator» kan fortelle oss at noe er galt. På hvilken måte skjer dette, og hvordan tolker du indikasjonene?

Ved visuell inspeksjon av flyets elektriske anlegg skal vi være oppmerksomme på blant annet gnisninger på ledninger, skader på isolasjon, løse jordingsforbindelser, løse pluggforbindelser, symptomer på varmeutvikling i ledninger eller komponenter (misfarging eller smeltede deler), korrekt bendsling, korrekt festing («clamping») av harness (flere ledninger lagt i en strømpe og påmontert plugger), varmeutvikling i generatorer (avskalling av lakk, misfarging) og liknende.

Ved stor varmeutvikling vil man også kunne merke en typisk brentlukt. Det vil også være mulig å høre sprakelyder eller gnister ved kortslutning eller dårlig kontakt. Enhver indikasjon på at noe er galt, skal føre til øyeblikkelig kutt i energitilførselen. Kommutatorer, sleperinger, elektriske plugger, terminaler og andre elektriske sammenkoplinger må holdes rene og tørre. Olje, grease, fuktighet og andre forurensninger kan gi korrosjon med påfølgende overoppheting og kontaktfeil.

Rengjøring foretas mekanisk og/eller kjemisk. Unngå å bruke smergelpapir på kommutatorer og sleperinger, da løse partikler kan gi kortslutning. Plugger og kontakter som er montert i et korrosivt miljø, er ofte tettet med en godkjent «sealant» (tetning). Husk å slå av spenningen før vedlikehold og rengjøring. For bruk av elektriske måleinstrumenter se *Vedlikeholdsteknikk 1*.

Batterier

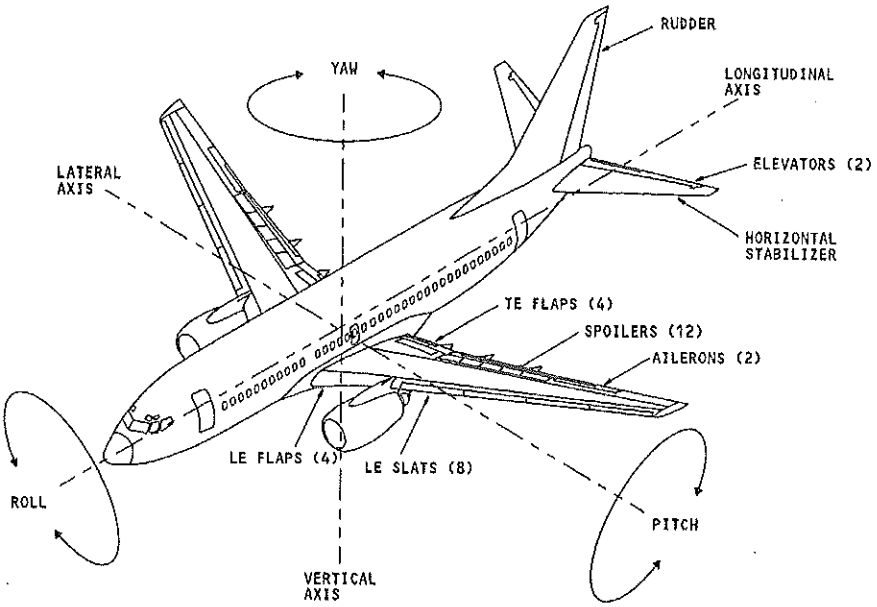
Flyets batterier skal som regel brukes til å starte motorene og som nødenergikilde. Det tilsier at batteriene må yte maksimalt til enhver tid det er behov for dette. Flybatterier er HT-komponenter og skiftes etter en bestemt syklus. Ved enhver mistanke om feil med batteriene skal de skiftes ut.

Batterier kan ha påmontert en temperaturindikator for å indikere overoppheting. Feil med batterier kan blant annet skyldes feil i ladespenning eller ladestrøm. En del batterier har montert en innvendig termisk bryter som forhindrer overtemperatur. Bryteren kopler ut ladestrømmen når temperaturen blir for høy, og kopler den inn igjen ved normal temperatur.

Det finnes flere typer flybatterier. Små fly bruker blybatterier eller Ni-Cd-batterier. Større fly bruker kun Ni-Cd-batterier.

NB! Blybatterier og Ni-Cd-batterier skal ikke lagres eller vedlikeholdes i det samme området. Det medfører stor risiko.

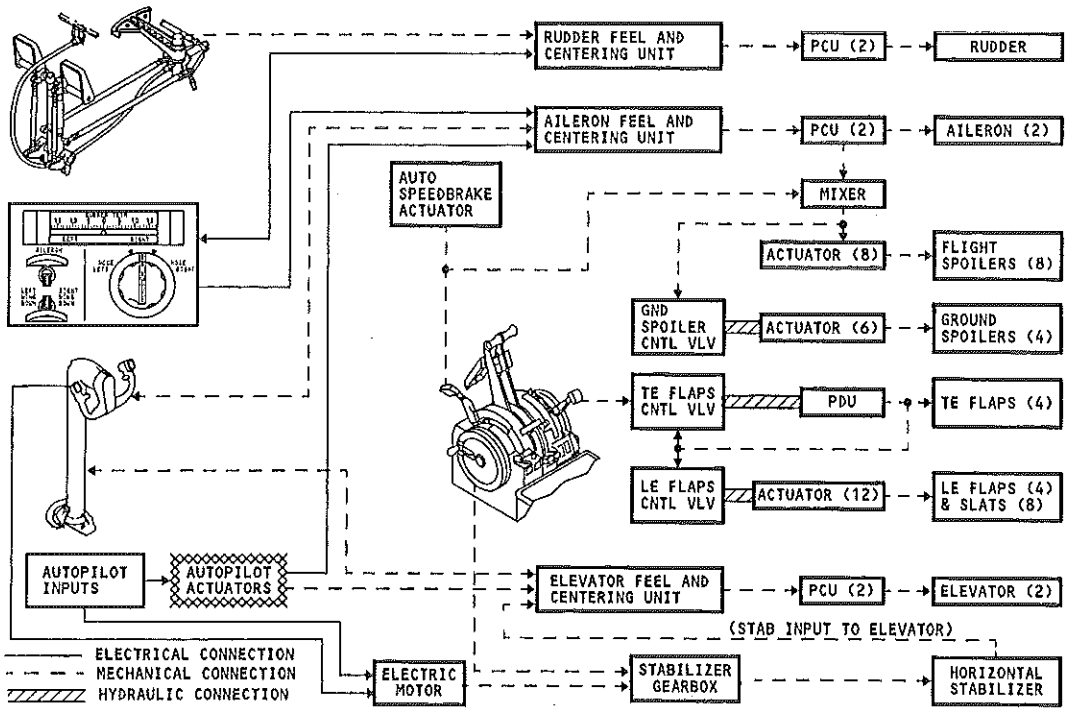
Flight control (ATA 27)



Figur 3.41
Aerodynamisk manøvrering.

Vi skiller mellom flyets *primære* og *sekundære* flykontrollsystem (flight control system). Primærsystemet omfatter høyderor, sideror og balanseror, og på moderne fly kombinasjoner av disse. Ror har også trimmemuligheter. Sekundærsystemet omfatter flaps, spoilere og speed-brakes.

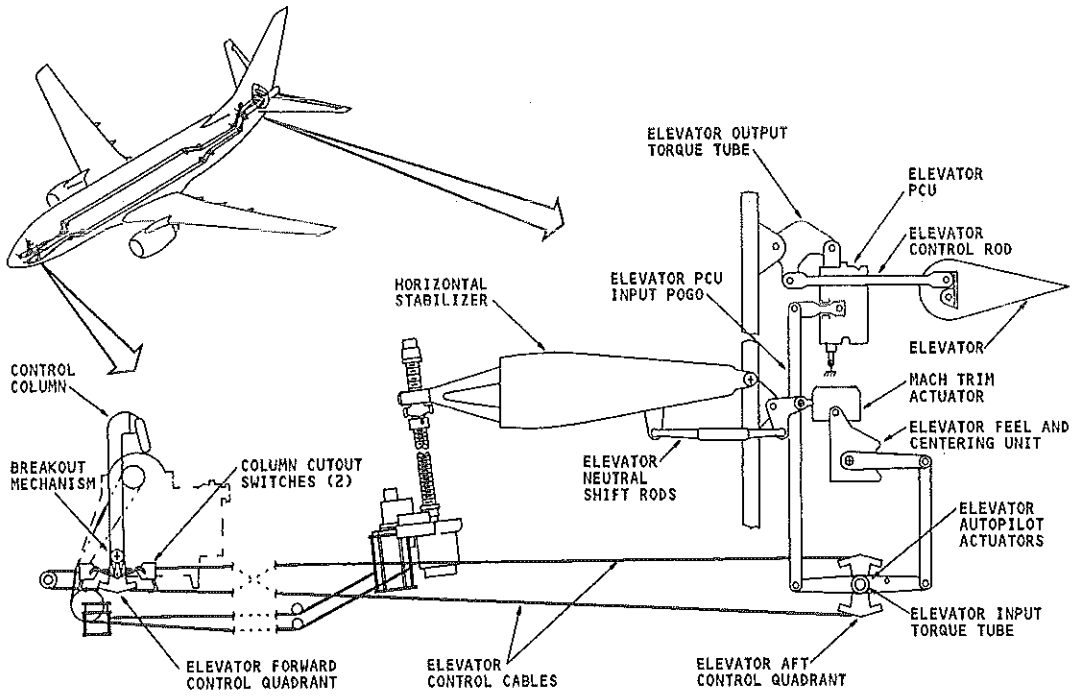
Vi skiller mellom flere kontroll- og operasjonsmuligheter for roroperasjoner. Roret kan være mekanisk kontrollert og mekanisk operert, mekanisk kontrollert og hydraulisk operert, eller elektrisk kontrollert og hydraulisk operert (fly-by-wire).



Figur 3.42
Eksempel på signaloverføringssystmer. Hvor brukes mekanisk, elektrisk og hydraulisk overføring?

Vaieroverføringer er kombinert med kvadranter, strekkfisker, festegafler, trinser, spenningskompensatorer (tension compensators), se *Materiallære 2* for beskrivelse, bell-cranks eller mekanismer som skal begrense rorutslag for eksempel «rudder limiter». osv.

For å kontrollere og justere vaierspenningen låses de bevegelige delene med riggepinner. Etter at vaierspenningen er kontrollert og eventuelt justert, låses justeringsmekanismene og riggepinnene fjernes. Det foretas så input på stikke eller pedaler, og rorutslaget kontrolleres og justeres. Dette gjelder uansett om vaieren går direkte til roret eller til en hydraulisk servoenhet. Rorutslaget kontrolleres med en riggefikstur, og verdiene oppgis i grader eller i tommer fra et nøytralpunkt. Dette gjelder også for kontroll og justering av trimutslag. Trimsystemet kan ha egne trimror eller kan bevege hele kontrollflaten. Trimsystemet opereres mekanisk eller med elektriske motorer.

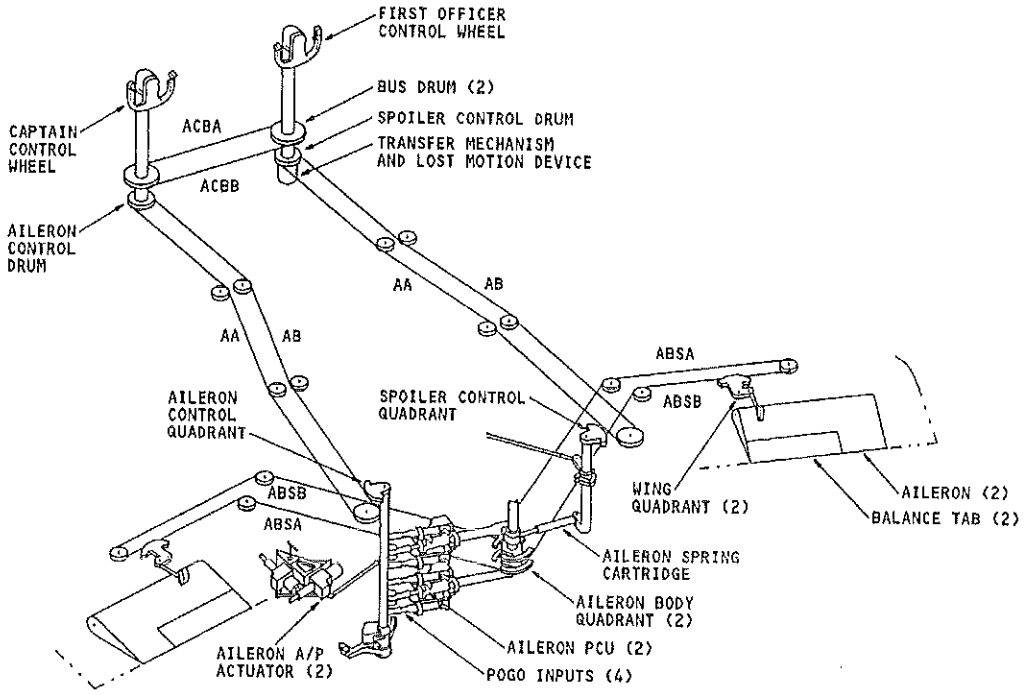


Figur 3.43
a) Systemet har en «mach trim control». Hvilket formål har den?
b) Ut fra denne tegningen ser det ikke ut til at elevatoren kan trimmes, og det er heller ikke et eget trimror. Hvordan skjer trimfunksjonen?

For et fly-by-wire-system går de elektriske signalene fra stikke og/eller pedaler til en datamaskin (flight control computer). Signalene behandles sammen med andre input-signaler, og resultatet sendes til rorenes kontrollventiler. For å ha et sikkert system med back-up går det flere parallelle signaler. Alle signalene overvåkes og sammenliknes. Skulle det oppstå feil med et av signalene, blir det kuttet ut, og et feillys blir tent i cockpiten.

Feil med flight-control-systemet vil som regel gi symptomer der flyet får bevegelsestendenser om en av aksene uten at det er gitt input fra cockpiten. Unormal trimsetting forteller det samme. Her må man være bevisst på et korrekt vekt- og balanseforhold.

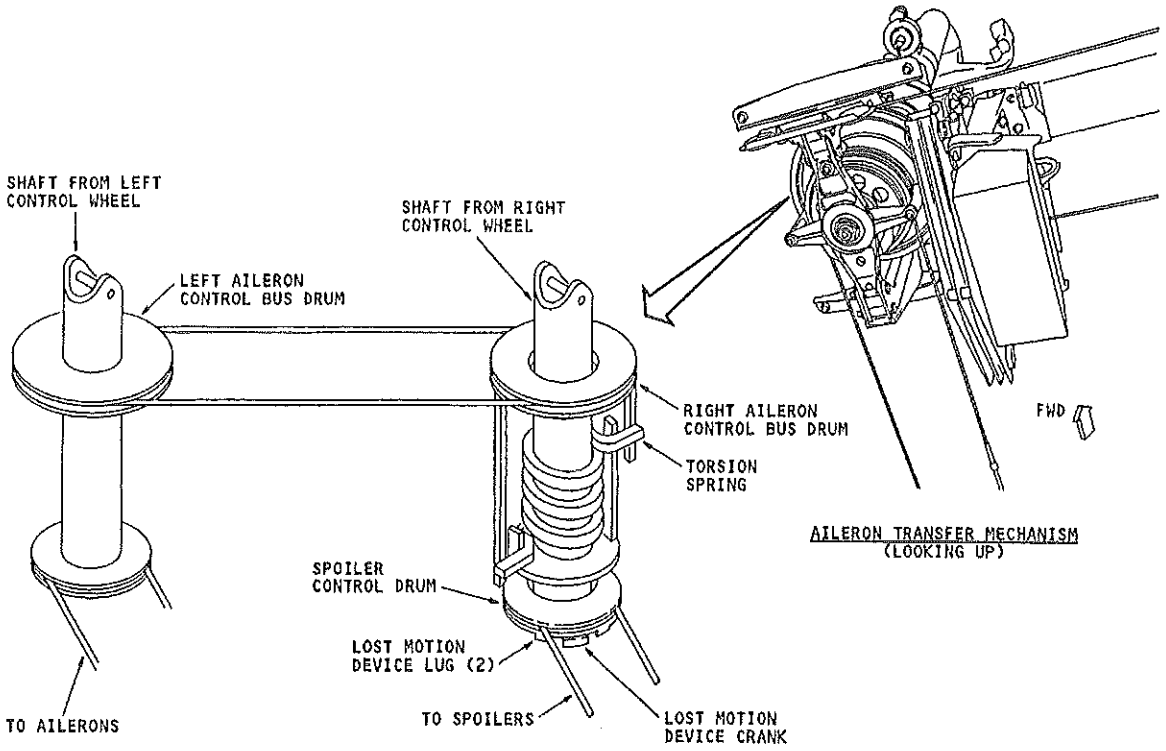
Man foretar en visuell kontroll av flyets struktur for å finne årsaker til dette. Man sjekker for eksempel vaiere, spenninger, terminaler (låsing og sikring av disse) og rigging, sjekker at trimsystemet er i henhold til MM, og vurderer vekt og balanse. Man ser også på mengden av drivstoff i de forskjellige tankene.



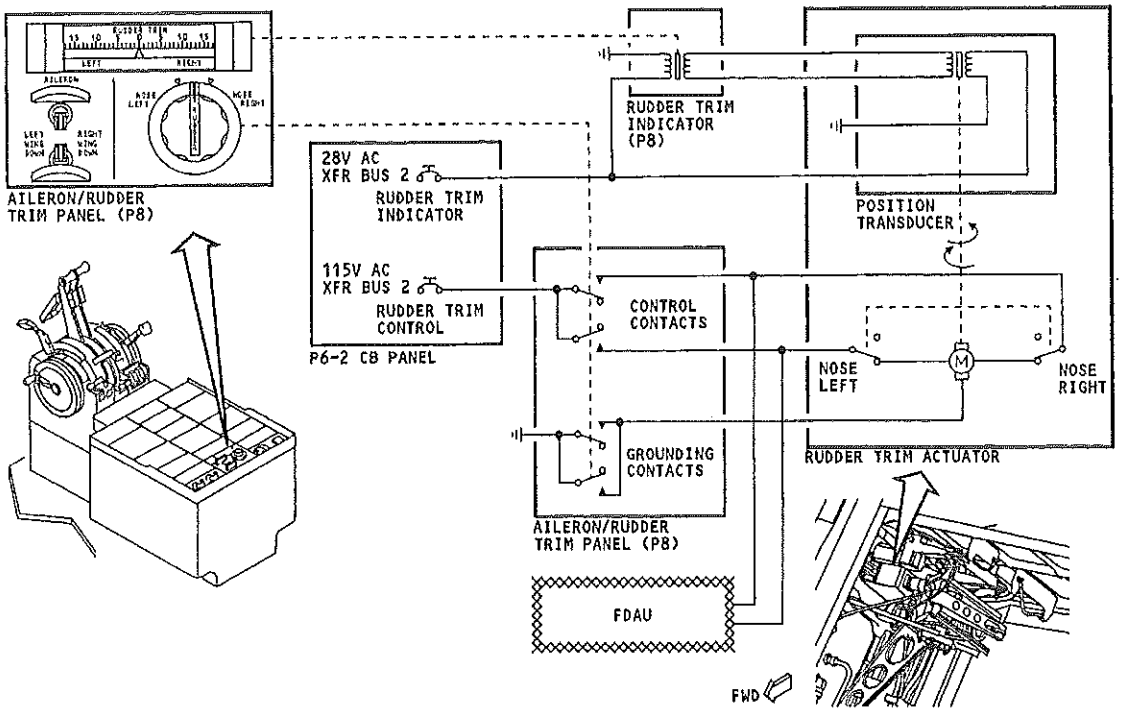
Figur 3.44
a) Balanseror samkjøres med flight spoiler. Hva er hensikten med det?
b) Når høyre balanseror går ned, går det venstre opp. Skal utslagene være like store?

Hydrauliske servoaktuatorer og kontrollventiler sjekkes for oljelekkasje og eventuelle mekaniske feil. Hydrauliske komponenter kan ha innvendig lekkasje, noe som kan indikeres ved oljedrypp fra bestemte dreneringshull. Ved feilfunksjonering kan fly-by-wire-systemet avdekke en del av årsakene ved hjelp av en selvtest. Både den elektroniske delen av systemet og en del av det hydrauliske systemet blir sjekket. En treg hydraulisk servoaktuator eller mekaniske feil kan for eksempel gi for lang operasjonstid i forhold til et testsignal, og feilen (feilkoden) blir vist på kontrollpanelet. Komponenten skiftes og ny operasjonssjekk utføres.

På mekaniske og mekanisk/hydrauliske systemer vil treghet i trinser, gjennomføringer, lagre og roroppheng føre til at en må bruke større kraft på stikke og ror. Slike symptomer gir grunnlag for inspeksjon av systemet og for å kontrollere om kraften som må tilføres til stikke og pedaler, står i forhold til rorutslaget. Slakk og slitasje i roropphenget og manøvreringsmekanismene sjekkes ved å påføre en direkte belastning på roret med et bestemt moment, samtidig som riggepinner er montert for å låse vaiere og stagoverføring. Man kan da måle om det er slakk utover det MM tillater. Ror med elektrisk trimsystem har indikasjonslys i cockpiten som indikerer nøytralstilling av roret. Ved operasjonssjekk sjekkes lyset mot en visuell inspeksjon av rorets posisjon.



Figur 3.45
Høyre og venstre kontrollstikke er ved aileron-operasjon sammenkoplet via en fjær (torsion spring). Hva er hensikten med den?



Figur 3.46
Hva kan være feil dersom vi ved bruk av «rudder trim» i cockpiten får en bevegelse av roret, men indikatoren ikke gir utslag?

APC

For å hindre at flyet får så stor angrepsvinkel at man mister løftet over vingen (stall), kan det være installert et APC-system (auto pitch control). Gjennom info fra AOA-transmittere vil APC-systemet gi en advarsel dersom AOA er faretruende stor, for så (dersom AOA øker) å bevege høyderoret for å senke nesen på flyet. En operasjonssjekk for å kontrollere at dette fungerer i henhold til AOA-nivå, er meget viktig. Skulle APC komme inn ved for lav AOA og i for lav høyde, kan resultatet bli katastrofalt.

Flaps

Flaps kan opereres med elektriske motorer eller med hydrauliske motorer tilsluttet et mekanisk drivverk. Flapsposisjonen velges fra cockpiten, og flapsposisjonsbrytere kutter kontrollspenningen når den ønskede stillingen er oppnådd. Samtidig blir flapsposisjonen indikert i cockpiten.

En differanse i utfellingen mellom høyre og venstre flaps (split flap) vil gi en «roll»-bevegelse på flyet. Skulle en split flap oppstå, kuttes kontrollspenningen, og en flap-brake aktiveres. Den låser flapsene uansett posisjon.

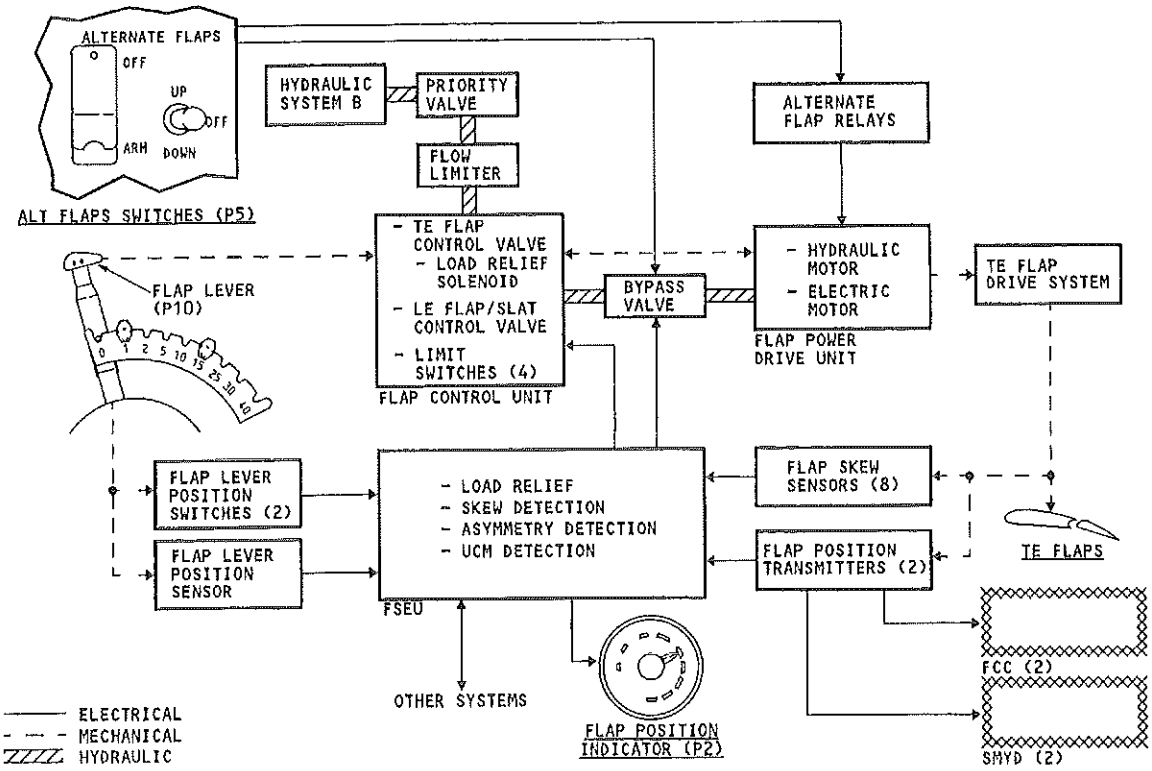
På enkelte fly vil rorutslaget på rudder og aileron bli begrenset når flyet kommer opp i en viss hastighet, eller når understellet er felt inn (rudder/aileron limiter). Skulle en split flap oppstå, vil behovet for å kompensere for «roll»-tendenser være maksimalt, og aileron-limiter vil bli opphevet. Symptomer på utilsiktede begrensede rorutslag eller redusert aerodynamisk roreffekt vil være en god grunn for å kontrollere rorlimiter-systemet.

Utfelling av flapsflaten, enten det er leading edge eller trailing edge, skal skje jevnt og rolig. Visuell kontroll skal kunne avdekke forkiling eller «henging« (hakkete ujevn gange). Lydbildet under operasjonen kan også gi informasjon om feil. Smøring av utfellingsmekanismer, skrujekker, kjeder og drev er meget viktig. Når flaps er utfelt, er de meget utsatt for vær og vind og for forurensning fra rullebanen.

Den aerodynamiske belastningen på flaps er meget stor. Hvor mye flaps som kan felles ut, er avhengig av flyhastigheten.

Kontroll og justering av flapsbevegelsen skjer ved hjelp av en riggefikstur eller ved måling i grader/tommer/metriske enheter fra nøytralpunktet. Det kan være mekanisk justering av flapsflatens posisjon. Sikker låsing av justeringsmekanismen er høyt påkrevd.

Inspeksjon av flapsflatens struktur og festeområdene skjer etter faste sykluser. Indikasjon på løse nagler (sprukket lakk rundt hodet) eller misdannelser i hudplatene (bølger, vridninger) kan indikere at flapsene har vært overbelastet. Slakk i flapsoppheng eller festeanordninger kan vi (som for ror) sjekke ved å påføre en belastning på flaten oppover og nedover og måle bevegelsen. Målingene relateres til MM. Slakk i flapsmonteringssystemet (hengsler, festeanordninger og aktuatorer/skrujekker) kan gi symptomer som vibrasjoner i flyet når flapsene er utfelt, eller når de er under utfelling.

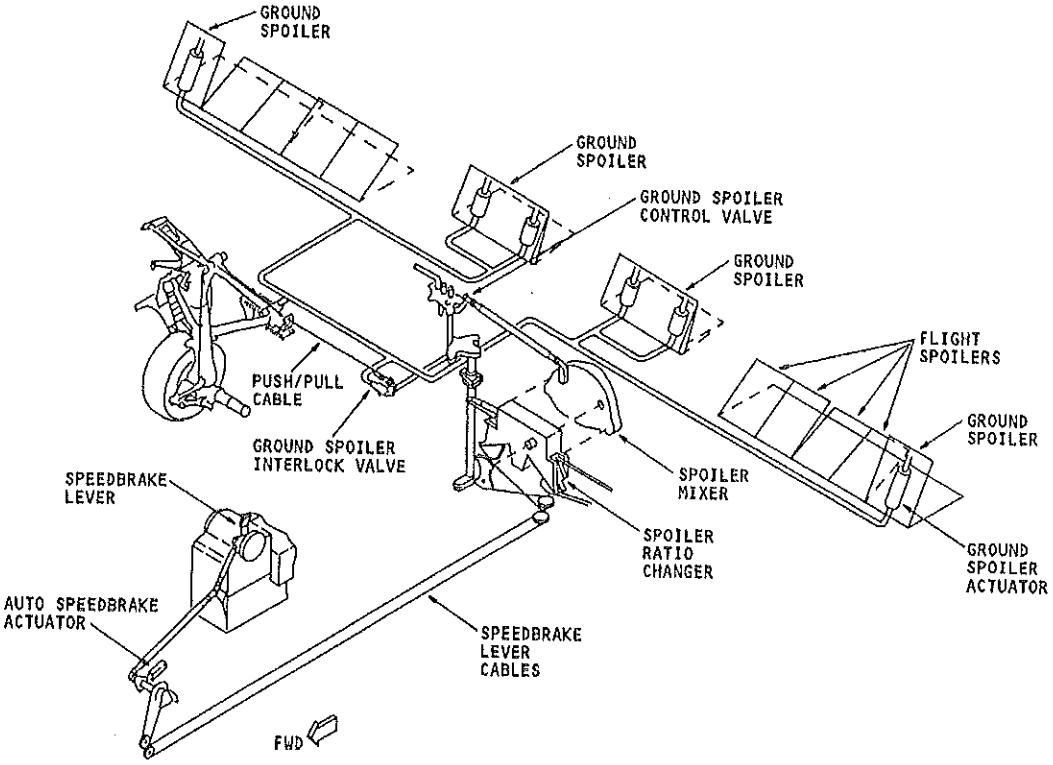


Figur 3.47
Med flaps i transitt stopper de i en posisjon som ikke er valgt. Hva kan være årsaken til det?

Spoilersystemene

Vi skiller mellom «flight spoiler» og «ground spoiler». Flight spoilersystemet jobber sammen med aileron for å kontrollere flyets rullebevegelse. Systemet kan bestå av flere spoilerflater, der alle er i bruk ved lav hastighet, mens noen ikke er i bruk ved høyere hastighet. Funksjonen får samme effekt som en aileron-limiter. Spoilere opereres hydraulisk og kontrolleres av servoventiler. Feil på flight-spoilere kan gi roll-tendenser på flyet.

Ground spoiler skal være virksom på bakken og ødelegger løftet over deler av vingen. Kontrollkretsen til servoventilen krever signal fra aktiverte WOW-brytere og antiskid-systemet. Ved feil i ground spoiler-aktiveringen vil disse elektriske kontrollkretsene bli sjekket, likeså selve ventilen som leder hydraulisk trykk til aktuatorene. Spoilerflatene utsettes for stor aerodynamisk belastning, så inspeksjon av struktur, hengselpunkter og aktuatorfester må utføres med faste intervaller. Slakk i spoilersystemet kan gi vibrasjoner.



Figur 3.48
Kan det være tilfeller der både «flight spoilers« og «ground spoilers» engasjeres samtidig?

Speed brakes
Til forskjell fra spoilere vil ikke «speed brakes» ødelegge løftet, men indusere et «drag» som reduserer flyets hastighet. Speed brakes kan opereres både i luften og på bakken. Speed brake-flatene kan være montert over eller under flyet eller med én flate på hver side av flykroppen. I det siste tilfellet er man avhengig av symmetrisk ut- og innfelling (bruk av equalizer) for å hindre yaw-tendenser. Feil i operasjonen kan være hydraulisk eller i den elektriske kontrollkretsen fra cockpiten.

Drivstoff-systemet (ATA 28)

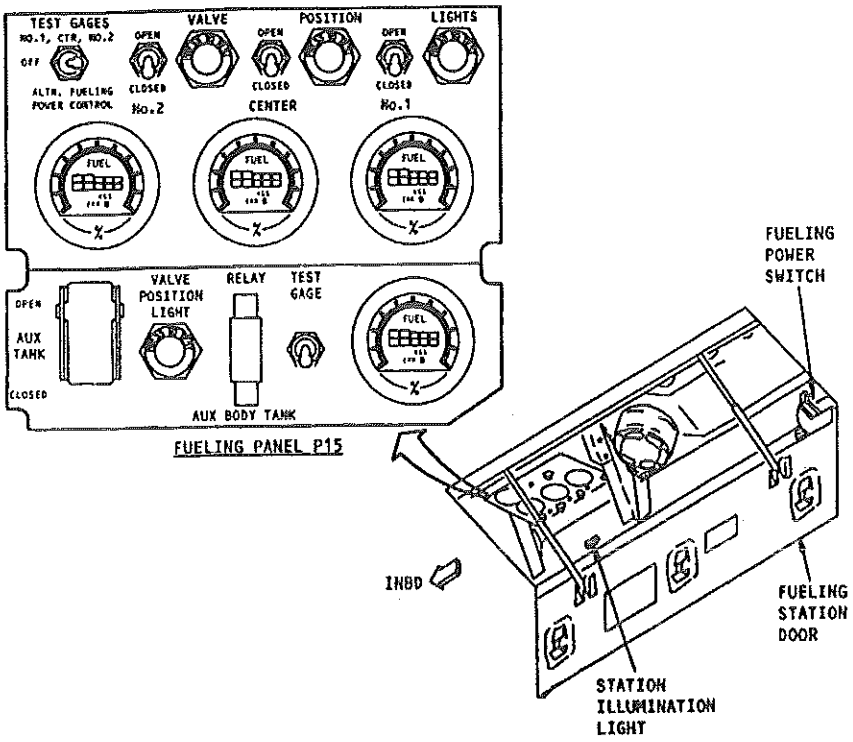
Lagring, fylling og tapping av drivstoff (fuel storing, refueling, defueling)

(se Vedlikeholdsteknikk 1)

Drivstoff fylles fra en tankvogn eller tankterminal med et bestemt regulert trykk. Hvis det bare er ett drivstoffinntak (single point), må gass luftes ut etter hvert som drivstoffet kommer inn i tankene.

Noen fly har åpen ventilasjon til atmosfæren (ikke-trykksatte tanker). Disse systemene bruker pumper (elektriske eller hydrauliske) bare for leveranse til andre tanker (transfer) og til motorer. For fly som også bruker trykkluft til dette formålet, vil regulatorene sette tankene i ventilasjonsmodus under fylling.

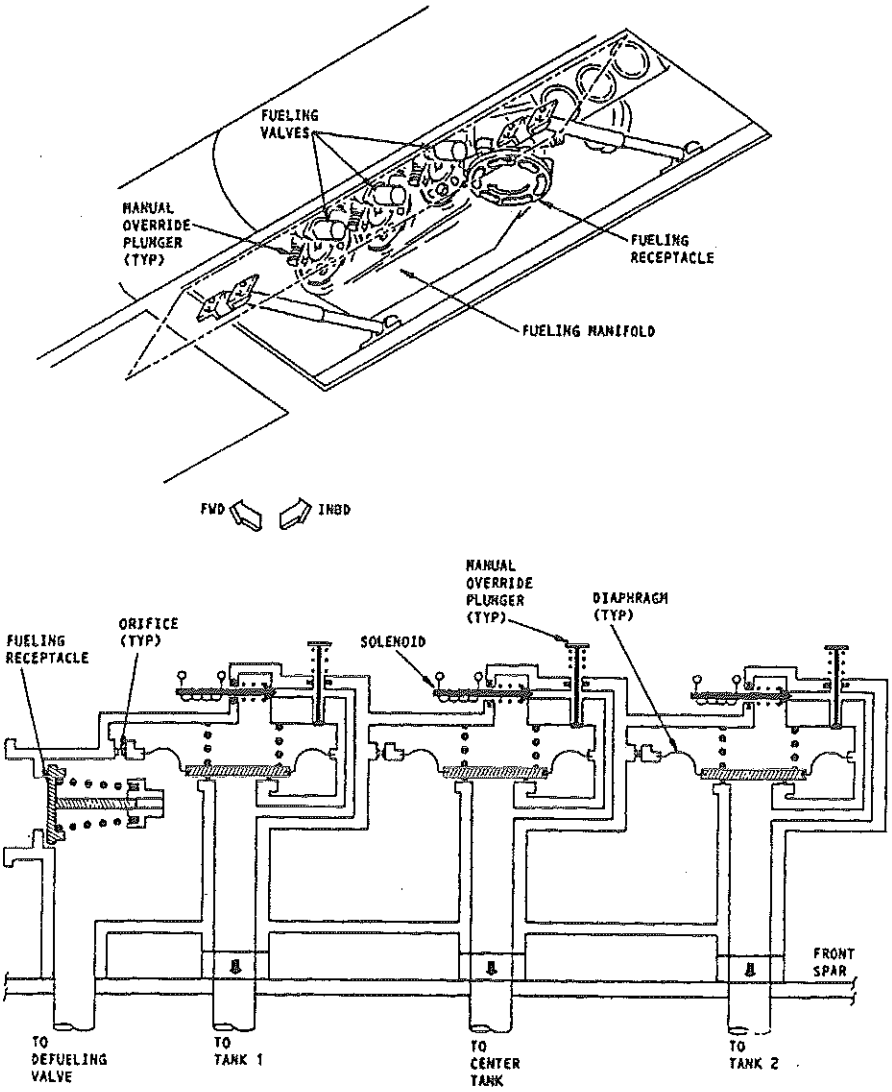
Etterfylling av drivstoff kan foregå med eller uten elektronisk kontroll. For fylling uten elektrisk spenning på flyet vil tankene fylles maksimalt inntil flottørventiler blir aktivisert for å stenge hovedfylleventilene. På enkelte fly kan man imidlertid bestemme mengden som skal fylles, med en innstilling på ground refueling-panelet. Her kan også tanknivåene bli indikert.



Figur 3.49
Hvilke indikasjoner og operasjoner kan skje fra ground refueling-panelet?

Vi er da avhengige av elektronisk signalinformasjon fra drivstoffmåleren (fuel quantity-systemet). Blir tankene overfylt i forhold til innstillingen på panelet, bør den elektroniske kretsen kontrolleres. Drivstoffmålesystemet (quantity probes og computere) testes med spesielle testsett.

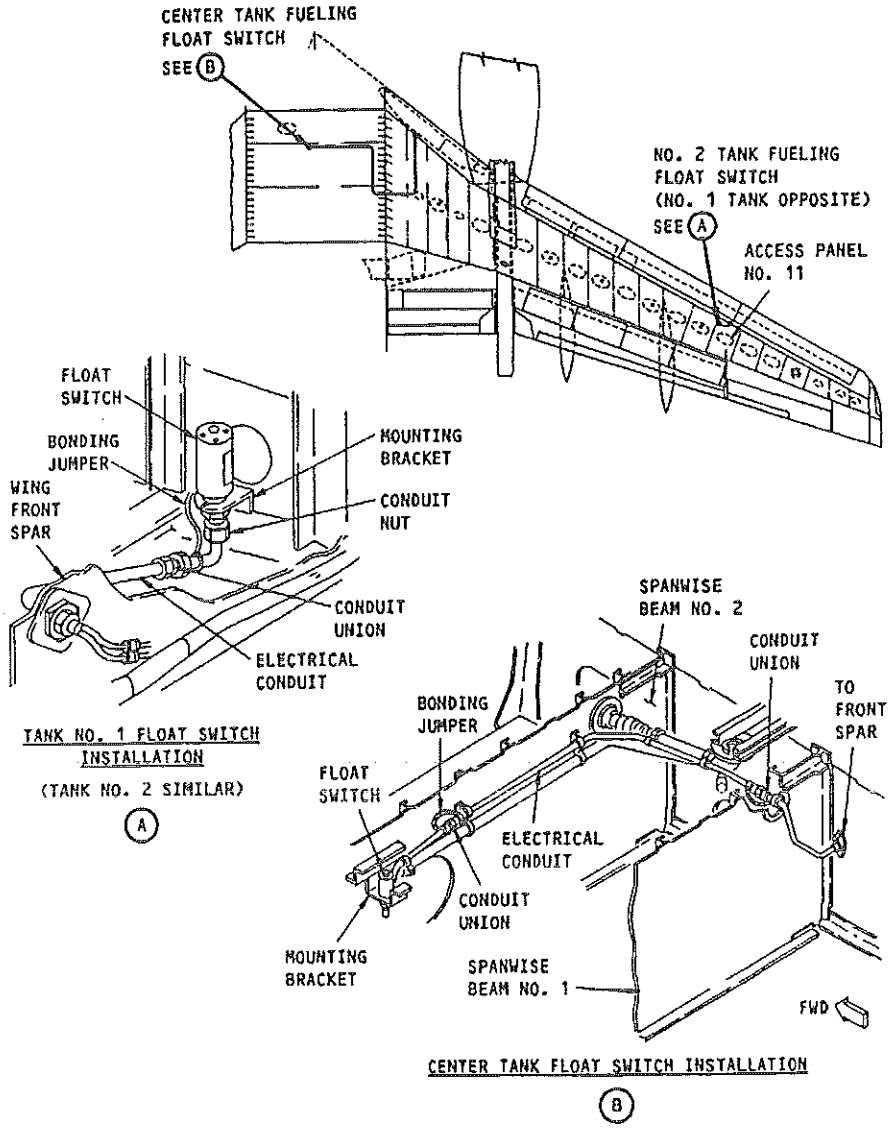
Den elektriske forbindelsen til stengeventilene sjekkes for korrekt spenning, og selve stengeventilen testes både for elektromagnetfunksjonen og for membran/stempel-operasjonen. Blir tankene overfylt likevel, må man se på de mekaniske og «hydrauliske» funksjonene på flottørventiler og fyllestengeventiler.



Figur 3.50
Tank 2 blir ikke fylt ved påkopling av drivstoffslange til fuel-manifold. Hva kan årsaken være? (Se også figurene 3.49 og 3.53.)

Sprekk i ventilmembraner, lekkasje over ventilpakninger, lekkasje i sense-rør, forurensning som kan tilstoppe sense-rør eller hindre fullstendig stempelfunksjon, og svake eller knekte ventilfjærer, kan være noen av årsakene til feil i forbindelse med fylling av drivstoff.

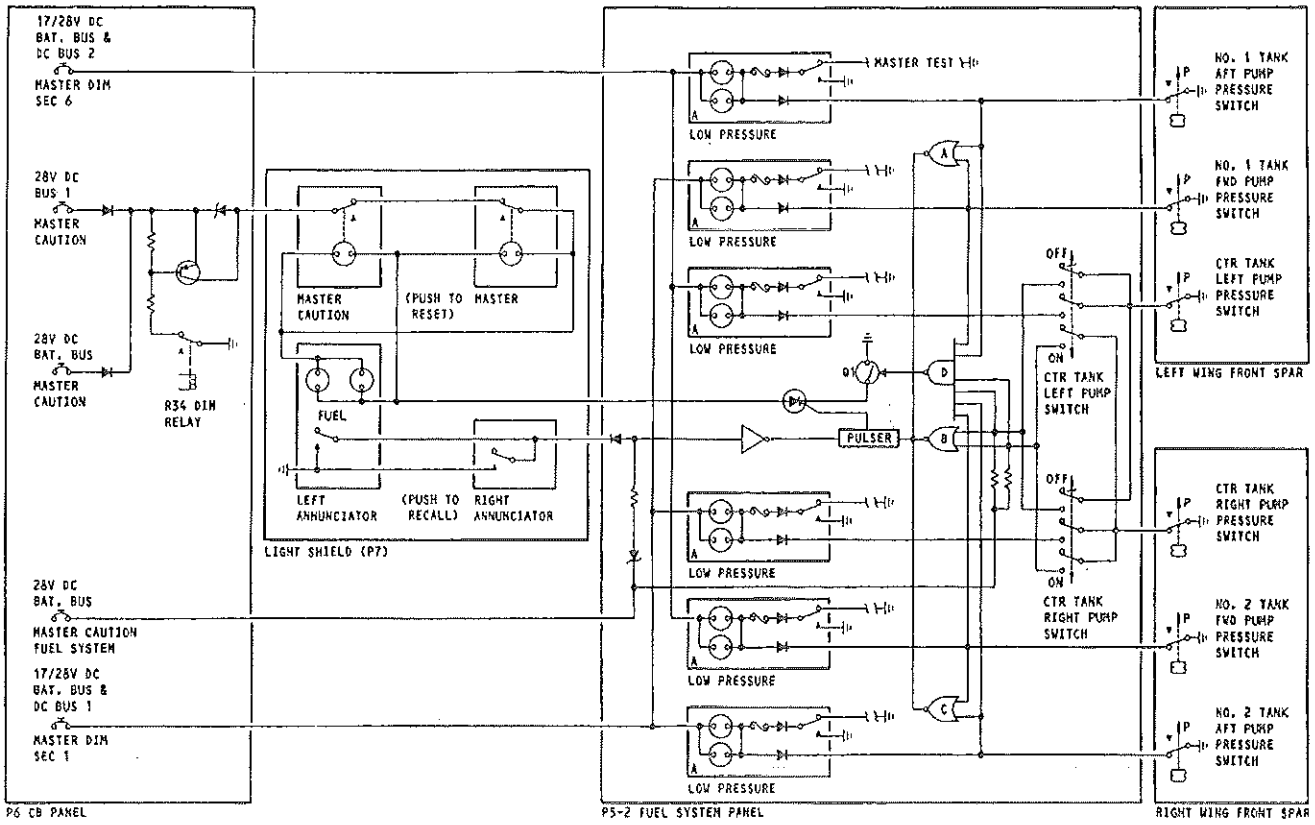
Generell visuell inspeksjon for drivstofflekkasje fra tankene er meget viktig. Det gjelder både integraltanker og celletanker og for forbindelsesrør, spesielt rør/slanger i motorrom og i områder der temperaturen kan være høy. Drivstofflekkasje gir risiko for brann. For å få en riktig lekkasjevurdering må systemet være i funksjon (trykksatt).



Figur 3.51
Hva vil resultatet bli dersom en «float switch» ikke slutter kontakt?

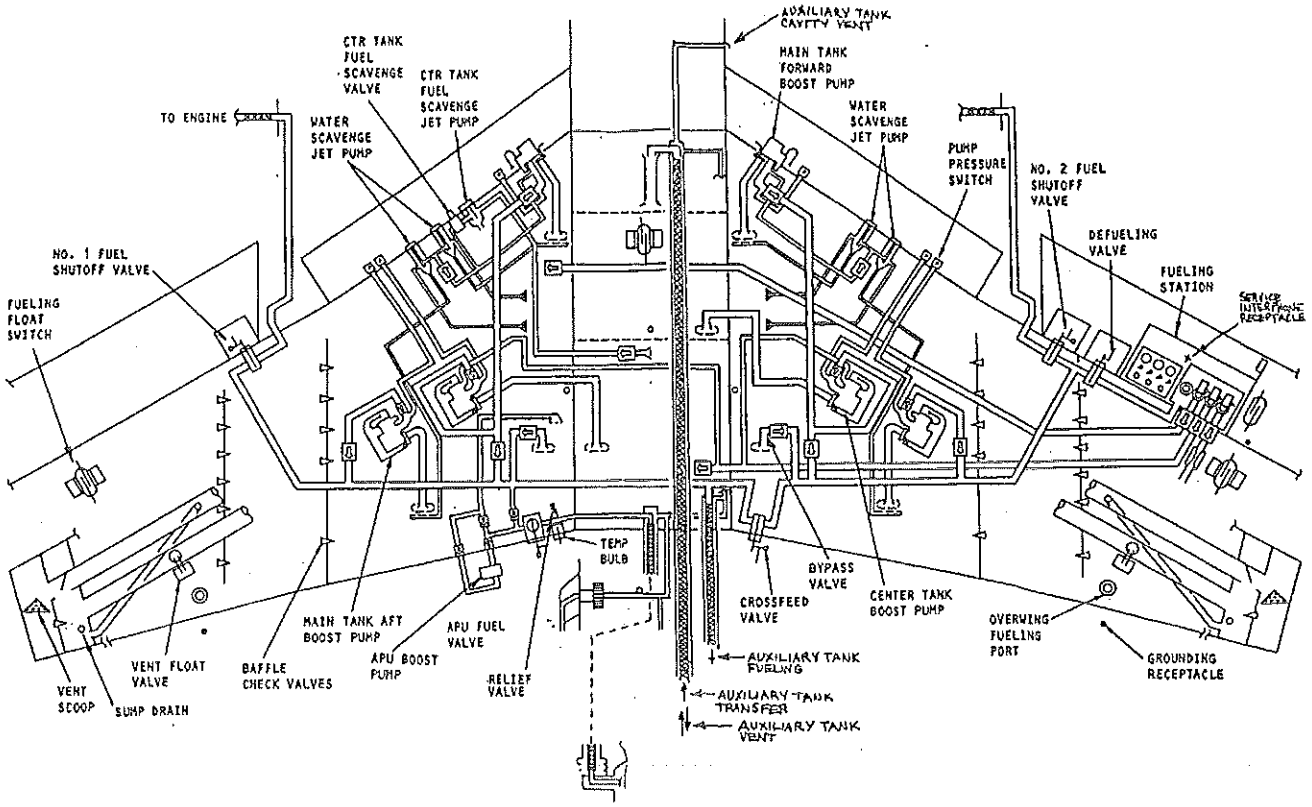
Leveranse av drivstoff (fuel delivery)

For å transportere drivstoff fra tank til tank og videre til motorene brukes pumper av forskjellige typer, og i noen tilfeller trykkluft. Av elektriske pumper er impeller-pumper mye brukt for å øke drivstofftrykket (som transfer- eller boostpumper). Som transferpumper finner vi også turbinpumper (drevet av drivstofftrykket fra boostpumper) eller ejektorpumper. Det er som regel dobbelt sett boosterpumper. De elektriske pumpene kan som regel kontrolleres fra cockpiten, men kan i tillegg styres av trykkbrytere i pumpene som føler på trykket i systemet. Drivstoff som passerer gjennom pumpen, bidrar også til å kjøle den. Er en tank tom, vil pumpen ikke levere drivstoff, den får ikke kjøling, og trykkbryteren blir aktivisert for å stoppe pumpen. Overtemperaturfølere kan også sette pumpene ut av funksjon. Drift av pumpen kan være indikert med lys. Dersom trykket i systemet skulle falle under et visst nivå, vil varsellys bli tent i cockpiten.



Figur 3.52
Hva er forskjellen på «low press»-indikasjonskretsen for sentertanken i forhold til kretsen for tankene 1 og 2?

Cross-feeding i drivstoffsystemet gir oss mulighet til å overføre drivstoff fra én tank til en annen. På den måten kan alt drivstoff bli nyttiggjort, og vektbalansen kan justeres. På noen fly starter overføring automatisk når det er et stort misforhold mellom tankene (signal fra drivstoffmåleren, fuel-quantity). Misforhold varsles også i cockpiten. Med integraltanker i vingene kan en bruke pumper for overføring (transfer), eller samle drivstoff mot collector-tanken eller main-tanken i flykroppen ved hjelp av gravitasjon. Da er det montert enveisventiler mellom de enkelte drivstoffrommene.



Figur 3.53
«Cross feed valve» står i åpen stilling. Vil det være mulig å overføre (mate) drivstoff fra én tank til en annen?

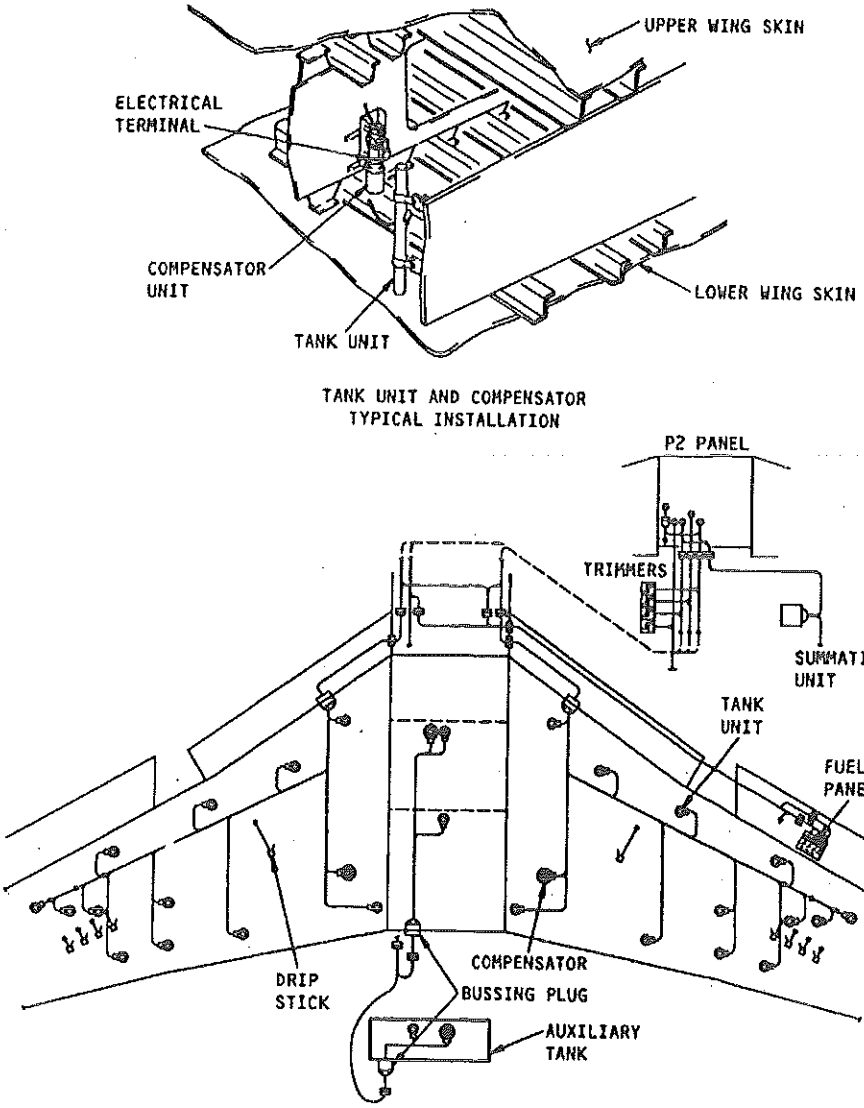
Enkelte systemer har mulighet for å «dumpe» drivstoff ut i atmosfæren. Da blir dumpeventiler åpnet fra cockpiten, og boostpumpetrykket presser drivstoff ut av tankene.

Feilsøking i drivstoffsystemene skjer ofte på bakgrunn av indikasjonsinformasjon og tolking av den. Slik informasjon kan være for høyt eller for lavt trykk, at pumper kutter ut utilsiktet, for høy temperatur på drivstoff, at drivstofftanker leverer med forskjellig «flow», at drivstoffleveransen fra en tank stopper opp (trapped fuel), overfylling av tanker i forbindelse med transfer, osv.

Komponentskifte med påfølgende systemoperasjonssjekk vil være aktuelt der årsaken til feilen synes å være åpenbar. Komponenten sjekkes deretter i en testbenk. Er årsaken uklar, kan sjekk av systemtrykk (pumpetrykk og tanktrykk) gi viktig informasjon. Ved hjelp av testutstyr kan lufttrykkregulatorer få tilført varierende atmosfæretrykk og kan derved sjekkes for varierende tanktrykk.

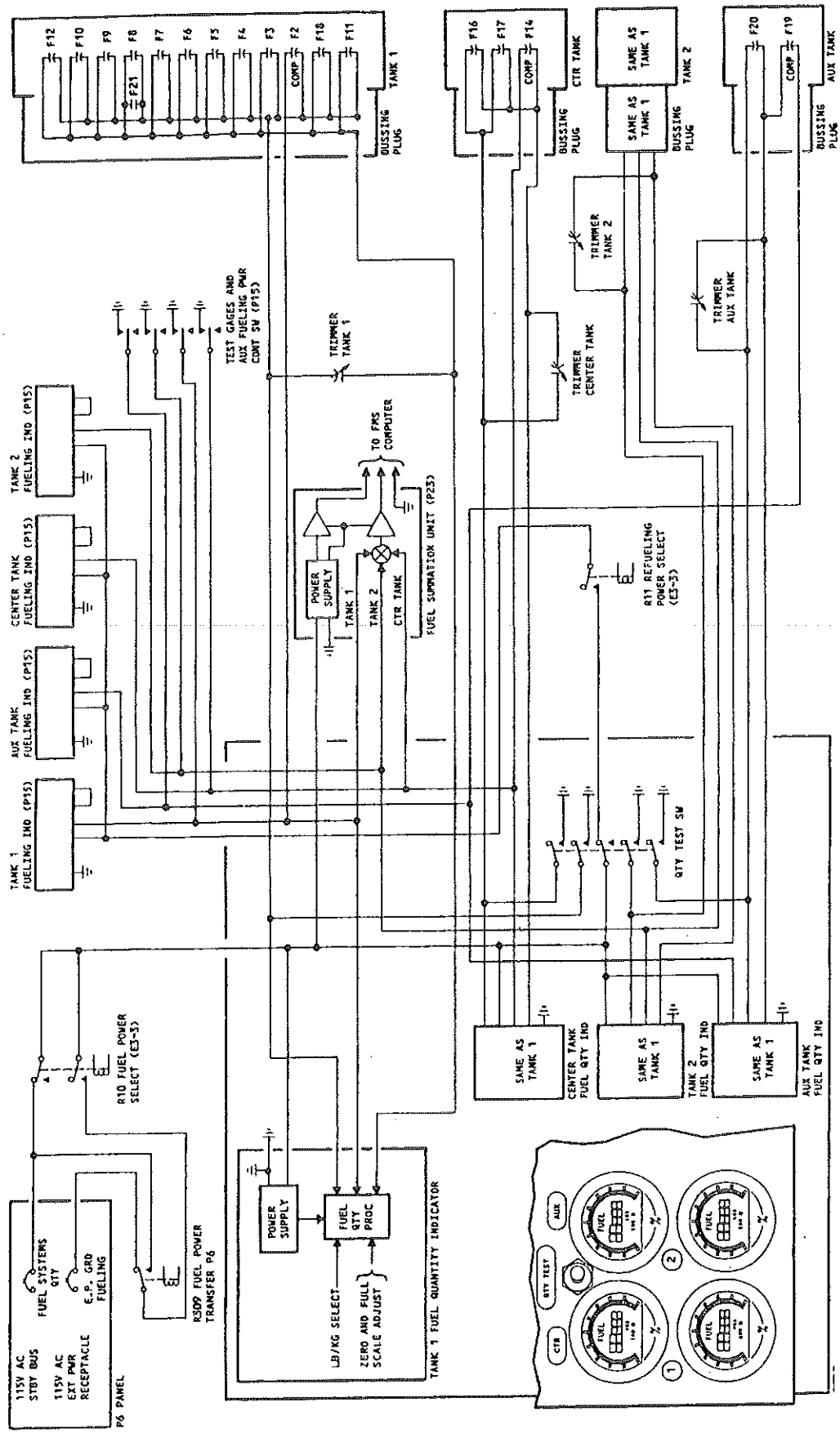
Måling av mengden drivstoff, fuel quantity-systemet

Drivstoffmengdemålingssystemet kan variere fra de enkleste systemene med peilepinne eller flottør til mer avanserte kapasitanssystemer. Et kapasitanssystem har en rekke prober som gir informasjon til en elektronisk mengdemålingsenhet. Fra cockpiten kan vi lese av tanknivåene hver for seg eller totalmengden. Man kan også sette et varsel for en spesiell mengde drivstoff (for eksempel for å fly til en alternativ flyplass).



Figur 3.54
Hva kan skje om «compensator unit« fungerer feil?

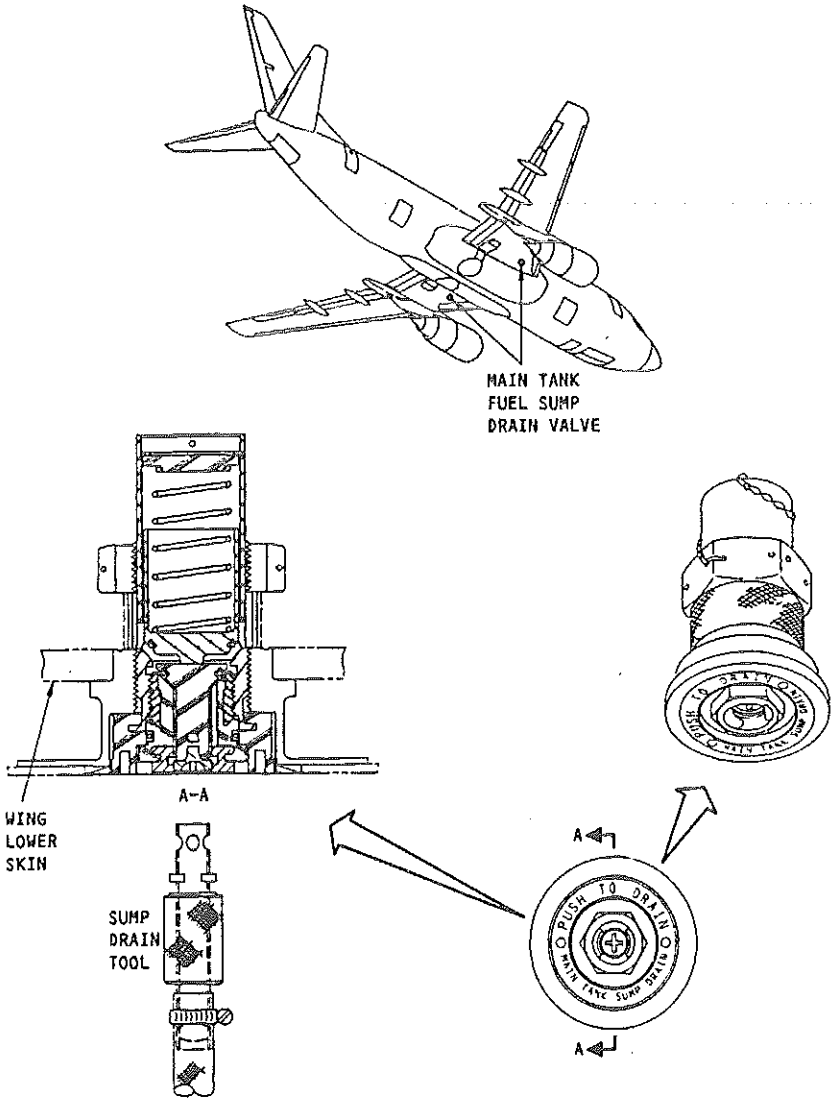
I tillegg blir et «fuel low level»-varsellys tent sammen med «master caution» ved et bestemt tanknivå. Det henter signaler fra flottørbrytere i tankene. Dette er da uavhengig av fuel quantity-systemets sensorer og indikasjonen fra dem.



Figur 3.55
Fuel quantity-systemet har en testbryter. Hva er det som testes når den blir engasjert?

I et elektronisk system vil det alltid, i tillegg til elektronisk komponentfeil, være risiko for ledningsbrudd, slitte kontakter, jordingsfeil, korrosjon, overslag osv. Dette kan være årsak til feilinformasjon i systemet. Det er mulig å bruke testutstyr for å sjekke prober og de elektroniske kretsene. Systemet kan også ha muligheter for selvtest (self test).

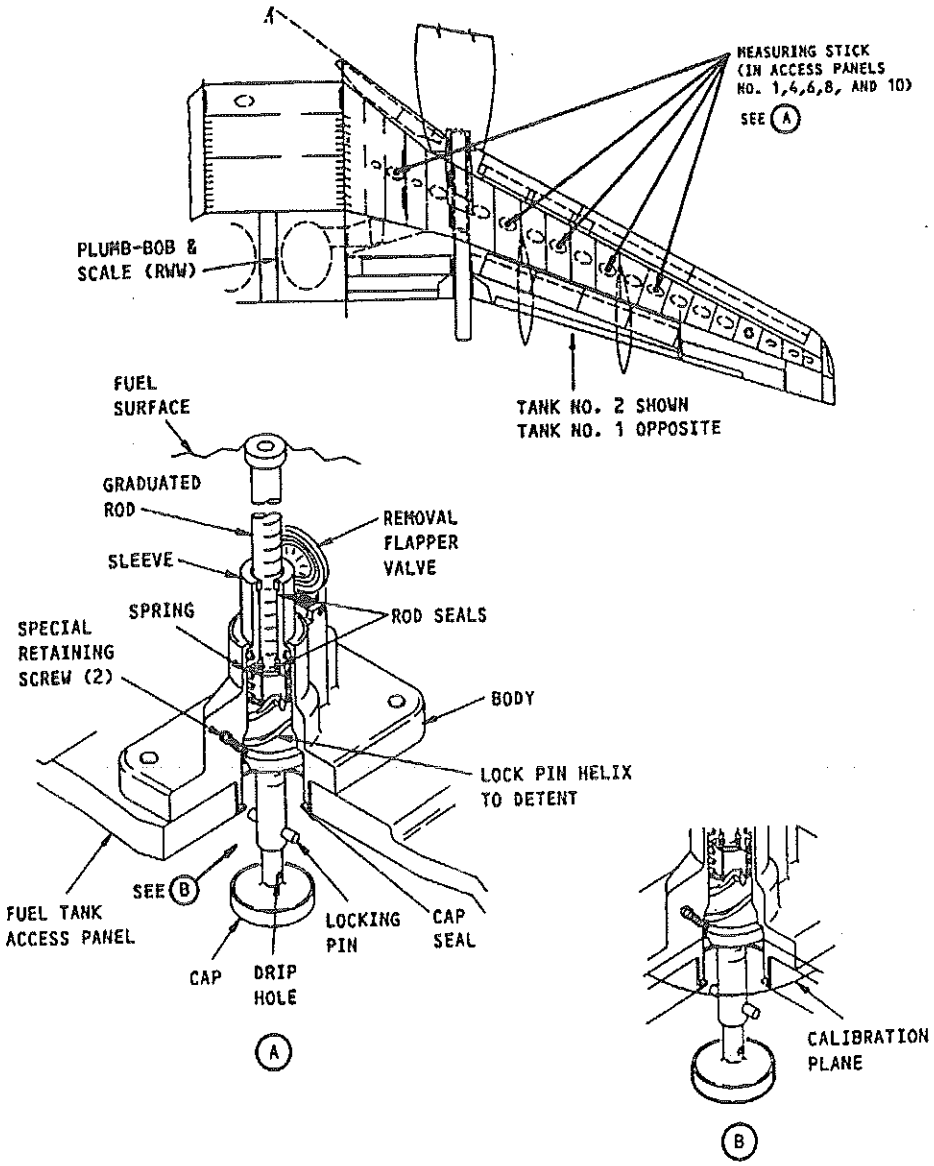
Et problem som kan oppstå i drivstofftanker, er kondens. For kapasitanssystemet vil kondensvann gi feilinformasjon, da det er drivstoff som er ment som dielektrikum i dette systemet. Derfor må en sjekke for vann i drivstoff også i større lagringstanker, i tankbiler og i flyet. Drivstofftankene skal dreneres etter faste rutiner. Påvisning av vann i drivstoff foregår ved hjelp av utstyr der prinsippet er fargeforandring. Ved avtapping fra drivstofftanker som også inneholder vann, vil vannet legge seg på bunnen av avtappingskaret og være lett synlig (det kan minne om en luftboble).



Figur 3.56

a) Dreneringsventiler finnes i bunnen av tankene. Ventilen åpnes ved at en trykker den inn. Når en samtidig vrir den, holder den seg i åpen stilling.

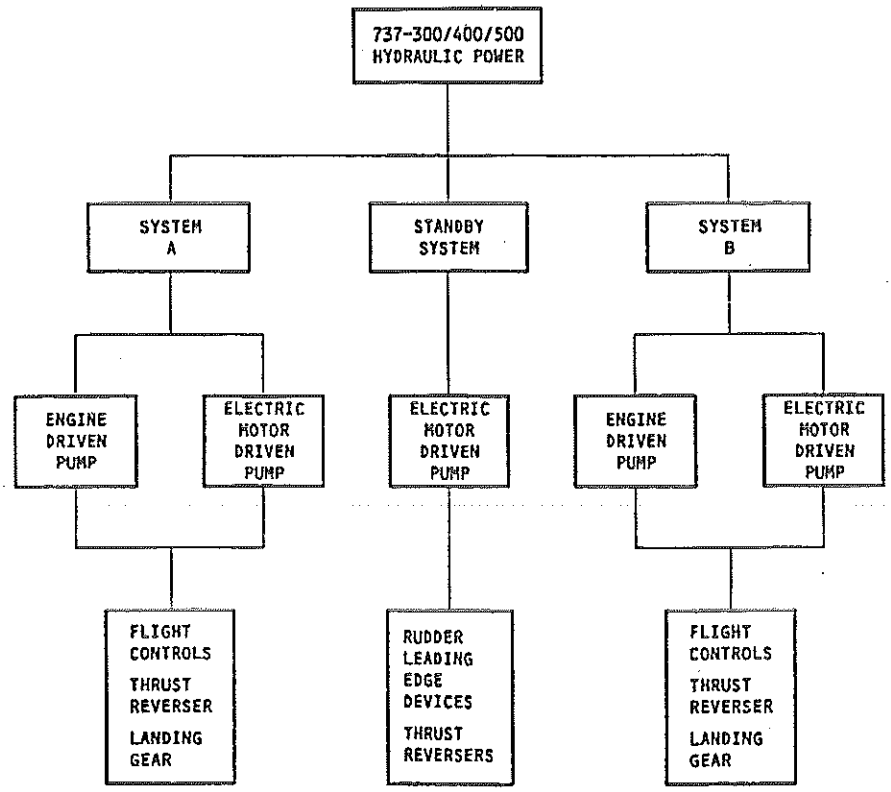
b) Hva tror du er hensikten med «sump drain tool»?



Figur 3.57
Kan en målepinne (measuring stick) gi oss feilindikasjon?

Hydraulisk system (Hydraulic system, ATA 29)

Mange av flyets systemfunksjoner opereres ved hjelp av hydraulikktrykk. Vi skal ikke ta for oss hver enkelt funksjon, men se på «hydraulic power supply» og en del generelle problemstillinger vi kan oppleve.



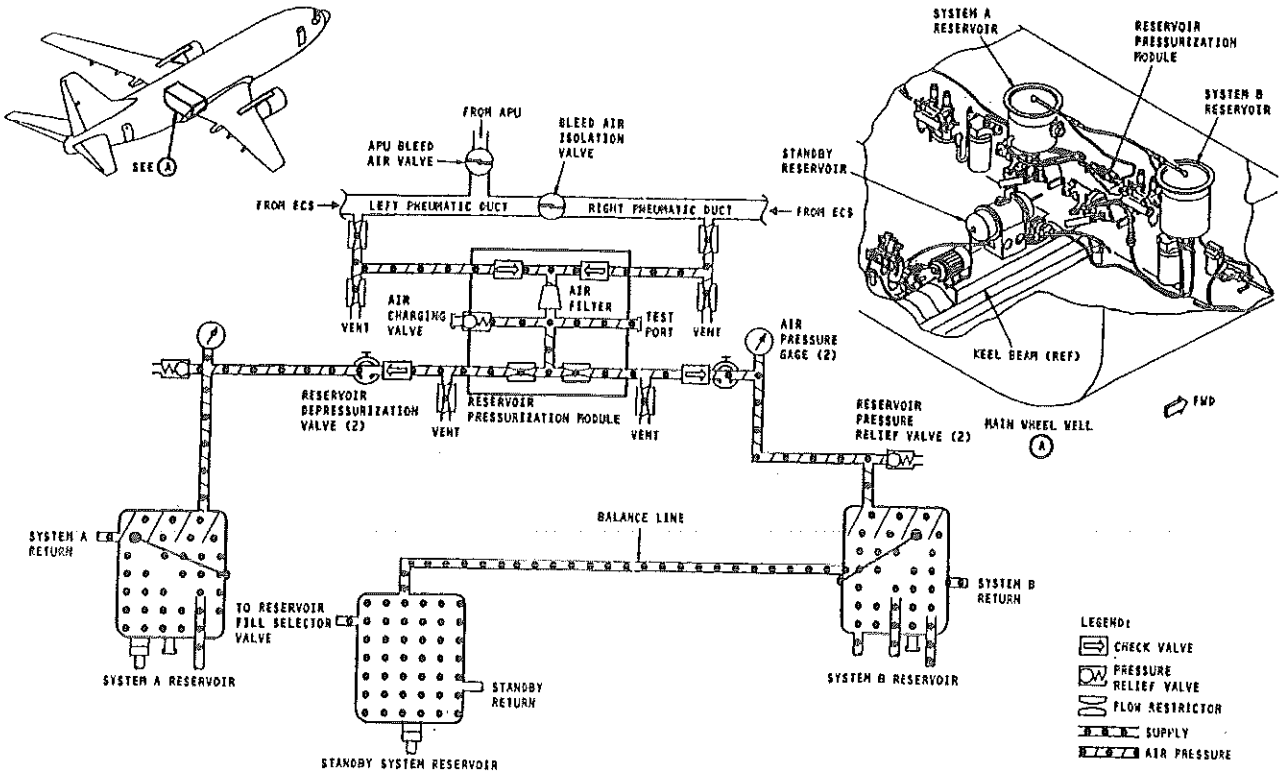
Figur 3.58
Vanlig hydraulikksystem med «stand by»-system.

I hydraulic power supply-systemet har vi blant annet følgende komponenter: hydraulic reservoir og reservoir indication, hyd-pump, pressure regulator, relief valve, pressure-, case drain- og return-filter, akkumulatorer, press indication og oil cooling system.

Hydraulikktank (hydraulic reservoir)
Hydraulikktanken kan være av forskjellig konstruksjon. På større systemer er tanken normalt trykksatt enten ved hjelp av tilført komprimert regulert luft, eller ved et stempel i tanken som presser mot oljen. Dette stempelet er mekanisk forbundet med et lite stempel der systemtrykket virker. Tanken skal gi godt leveringstrykk til pumpene, og den skal hindre gassutvikling i oljen ved lavt atmosfæretrykk (koking). Gassutvikling i oljen kan gi kavitasjon.

Svikt i tanktrykket kan skyldes reguleringsfeil i lufttrykket (air press) eller svikt i det hydrauliske trykket til press-stempelet. Mekanisk forkiling av et av stemplene kan gi svikt i tanktrykket, og dersom tankstempelet setter seg fast ved et lavt oljenivå, vil leveringsmengden av olje bli for liten når man opererer store aktuatorer, der det kreves mye olje.

I samme situasjon (oil low level – stuck piston) vil tankens evne til å ta imot returolje være begrenset, og tanktrykket øker over det normale når aktuatorene gir olje i retur. En egen ventil (reservoir relief valve) vil da åpnes, og oljen dreneres ut. Feil ved ventilen (relief-valve åpner ved for lavt trykk) kan dermed også gi for lavt nivå i tanktrykket.



Figur 3.59
Tanktrykket er for lavt. Hva kan være årsaken?

Reservoir indication

Drivstoffmåleren (oil quantity indication) kan få signal fra flottøren i tanken eller et signal relatert til tankstempelposisjonen (mekanisk overføring fra stempel til indikator). I tillegg kan tanken ha et utvendig indikasjonsrør.

Fra tanken kan man hente informasjon om oljenivå, oljetemperatur og tanktrykk/returtrykk. Kontroll av korrekt oljenivå er ofte relatert til oljetemperaturen.

Er det luft/gass i oljen, vil dette ofte skilles ut i tanken og påvirke tankstempelnivået. Så lenge systemet (og tanken) er trykksatt, blir gassen komprimert. Når trykket faller (dumpes), vil gassen utvide seg, og man kan få en unormal økning i oljenivået. (Oljenivået skal normalt stige noe i tanken ved dumping av systemtrykket, fordi oljen i systemakkumulatorene presses ut og går til retur.) Se også flyets tabeller i MM.

Unormal økning i oljetemperaturen kan være en indikasjon på feil i oljekjølesystemet. Systemet kan ha en temperaturkontrollert ventil som skal føle om oljen trenger å kjøles.

Når drivstoffmåleren viser feil, kan det også skyldes feil i flottøren, feil i overføringen fra flottør til indikator (mekanisk eller elektrisk), eller feil i overføringen av tankstempelposisjonen til indikatoren.

Hydrauliske pumper
De hydrauliske pumpene kan enten drives av en elektrisk motor eller med mekanisk overføring fra girkassen. Moderne systemer bruker stempelpumper med innebygd trykkregulator (variable displacement pump). Noen systemer kan ha pumper med konstant levering (fixed displacement). Oljeleveransen varierer da med turtallet på pumpen. Vi har da en egen «ekstern« regulator. Feil i driften av pumpen eller en mekanisk feil i selve pumpen kan føre til et fall i systemtrykket. Feil med pumpens regulator kan gi for lavt trykk, unormal trykkvariasjon eller for høyt trykk. (Relief valve vil åpne ved for høyt trykk for å sende olje i retur.)

Pumpen smøres og kjøles ved at den har en innvendig lekkasje, og en del av oljen passerer gjennom lekkasjen. Denne oljen går så til «case drain«-filteret og til retursystemet. Ved mekanisk feil i pumpen kan det forekomme metall-/material-forurensning. Dette vil bli fanget opp blant annet i case drain-filteret, som kan ha en «delta P»-indikator. Case drain-filteret har normalt en bypassventil.

Det er tetningspakninger rundt drivakslene i pumpen. Oljelekkasje kan oppdages direkte ved pakningen (åpen kopling), eller ved at den oljen som lekker ut, føres i et dreneringsrør til et dreneringshull (drain port). MM gir informasjon om lekkasje er tillatt (for eksempel i antall dråper per minutt). NB! En drain port kan ha forbindelse fra flere komponenter. For å finne ut hvor oljen kommer fra, må man kople fra dreneringsrøret på hver komponent.

Variasjon i trykket kan ha flere årsaker, som vi skal se videre. Test av systemet med «hydraulic test stand« (flyets pumper er ikke i funksjon) vil kunne eliminere eller bekrefte feil med pumpen(e). Det kan også være montert «check valves» i trykkrøret ut fra pumpen. Disse skal selvfølgelig ha korrekte inngangsverdier og utgangsverdier («in»- og «out»-verdier).

Trykkregulatorer (pressure-regulatorer og relief valves)
Trykkregulatoren skal holde systemtrykket på et korrekt og jevnt nivå. I fixed displacement pumps vil trykkregulatoren åpne for å tappe olje til retur når trykket kommer over det innstilte operasjonstrykket. I variable displacement pumps blir oljeleveransen (flow) fra pumpen redusert når trykket er over operasjonsnivå. I begge tilfeller er det i systemet montert ventiler (relief valves) som åpner ved for høyt trykk. Ventilene fører så drivstoffet i retur. For eksempel kan relief valve åpne på 3600 psi når systemtrykket er regulert til 3000 psi.

Stor variasjon i oljetrykket og for lavt eller for høyt oljetrykk kan være indikasjon på feil i trykkregulator eller relief valve. Hvis relief valve eller «ekstern» trykkregulator går til åpen posisjon, kan en indikasjon på dette være oppvarming av returrøret fra ventilen (kjennes ved å legge hånden på røret). Denne kontrollen kan utføres både med systemets egne pumper i drift og ved bruk av en hydraulic test stand. Man kan også kakke forsiktig på relief valve for å se om den henger. Dette gjøres

med systemet i «press mode». Sjekk også om ventilen er riktig montert (flow direction).

Både press regulator og relief valves kan testes i en testbenk og justeres (ved regulering av fjærspenningen) for å åpne på riktig trykkverdi. Etter justering plomberes komponenten.

NB! Det er alltid en årsak til at en komponent funksjonerer feil. Har det skjedd én gang, kan det skje igjen.

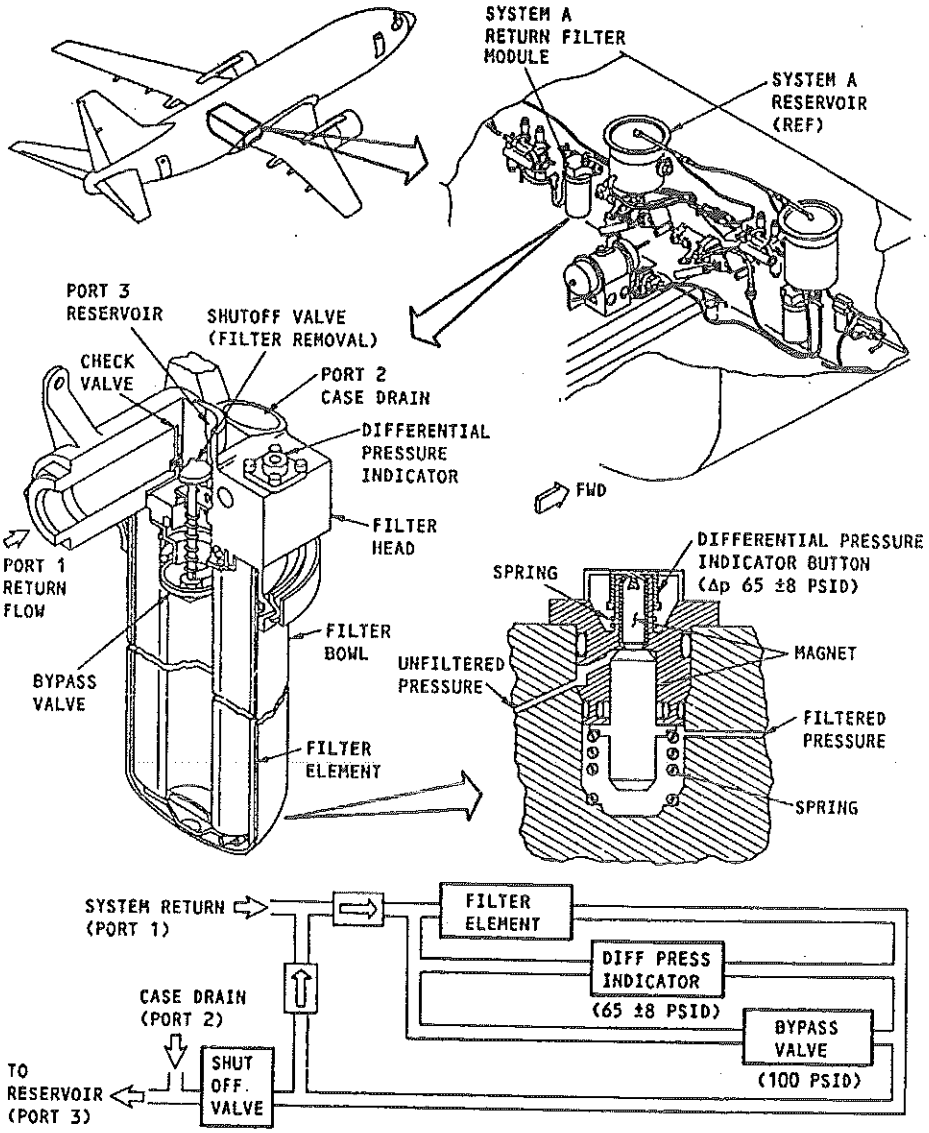
Systemfiltre

Case drain-filteret er allerede nevnt, det filtrerer olje som har kjølt og smurt pumpen. Systemtrykkfiltre er montert etter pumpen og filtrerer oljen som skal ut i systemet. Trykkfiltrene har en delta P-indikator som måler differansetrykket mellom inn- og ut-porten på filteret (PSID-), men har som regel en bypass valve der man bare har ett system (en pumpe) i flyet. På større fly med flere hydraulikksystemer vil systemene kunne operere felles aktuatorer, og da må vi passe på at vi ikke får forurenset olje ut i systemet slik at aktuatorene «jammes». Da hjelper det lite med alternativ trykkleveranse. For å hindre dette har trykkfiltrene som regel ikke bypass.

Returfiltre har delta P-indikatorer og bypass. Åpning av bypassventilen (dersom filteret går tett) hindrer hydraulisk lås i systemet, og det kan hindre aktuatoroperasjoner fra alternative systemer.

Utløsning av delta P-indikatoren er en indikasjon på at filteret begynner å bli tett. Da skal filteret demonteres for inspeksjon av filterelementet. Enkelte filtre har frakoplingsventil. Den lukker åpningen i filterhodet når filterhuset skrus ut. Finner man ingen forurensning, kan årsaken være indikatorfeil. Dårlig magneteffekt kombinert med for eksempel hard landing kan utløse indikatoren. MM gir informasjon om tiltak i slike situasjoner. For enkelte systemer er det tillatt å resette indikatoren, eventuelt skifte den, og så kjøre hydraulikksystemet en viss tid og sjekke funksjonen av filteret.

Er det forurensning i trykkfilteret og/eller case-drain-filteret, må vi først se på reservoar, stengeventiler, pumpe og eventuelle komponenter oppstrøms (upstream) i forhold til trykkfilteret. Finner man forurensning i returfilterelementene, sjekkes operasjonskretsene eller komponentene for å finne årsaken. Ut fra materiale eller metall-legeringstyper kan partiklene gi informasjon om forurensningskilden. Tiltak kan være å skifte komponenter, drenere eller «skylle» systemet (flushing), og å skifte filterelementer. Oljeanalyse tas i ettertid etter bestemte tidsintervaller før systemet friskmeldes. Se for øvrig avsnittet om forurensning.



Figur 3.60

a) «Differential pressure indicator» er «poppet». Hva indikerer dette, og hvilke tiltak skal iverksettes?

b) Hva er hensikten med bypass valve?

Akkumulatorer

Vi skiller mellom systemakkumulatorer (olje- og nitrogenfylte) og nødtrykksakkumulatorer (olje- og nitrogenfylte eller med bare nitrogen).

Systemakkumulatoren skal holde systemtrykket så stabilt som mulig. Vi har to hovedtyper systemakkumulatorer: stempelakkumulatorer og belgakkumulatorer. Stempelakkumulatoren er sylinderformet og har et flytende stempel med komprimert nitrogen på den ene siden, og den er koplet mot hydraulikksystemet på den andre siden. Belgakkumulatoren er rund i formen, og den skiller olje og nitrogen ved hjelp av en kraftig gummibelg. Ved et trykkfall i hydraulikksystemet vil nitrogentrykket presse ut hydraulikkolje for å opprettholde trykket. Ved trykkøkning i hydraulikksystemet (trykk over reguleringstrykket) vil oljetrykket komprimere nitrogenet, og trykket jevnes ut.

Akkumulatoren skal ha et «pre-charge» nitrogentrykk i henhold til MM. Det skal ikke være trykk på hydraulikksiden ved inspeksjon eller i forbindelse med servicing (fylling/etterfylling) av pre-charge. (Nitrogensiden har en egen trykkindikator som indikerer pre-charge eller systemtrykk.)

Indre lekkasje (over stempelet eller gjennom belgen), ytre lekkasje, feil i pre-charge og indikatorfeil er blant de problemene vi kan oppleve med akkumulatoren. Indre lekkasje fører til at nitrogen kommer inn i hydraulikkoljen, eller at hydraulikkolje presses til nitrogensiden. Får vi nitrogen i hydraulikkoljen, vil den gå videre i systemet og som regel ende i tanken, noe som kan gi feil reservoir quantity. (Se avsnittet om tanker.) På veien kan nitrogenet forårsake komponentfeilfunksjon, feilindikasjoner og kavitasjonsproblemer.

Gass eller luft i oljesystemet fra en lekkasje vil ofte gi en spesiell lyd (chatter) under drift. Dessuten vil en reduksjon i nitrogenmengden redusere akkumulatoreffekten i systemet. Redusert pre-charge-trykk og en unormal økning i reservoir quantity er indikasjoner på denne feilen.

Lekkasje av hydraulikkolje til nitrogensiden i akkumulatoren gir også redusert effekt. Når man åpner nitrogenventilen på akkumulatoren, kommer det ut lyserødt skum.

NB! (WARNING)
Når man tømmer nitrogensiden på akkumulatoren, bør man kople på en slange og føre nitrogenet med oljen ned i en væske for å hindre forurensning av miljøet. Ellers vil hydraulikkoljen bli forstøvet og sendt ut i luften. Dette gjelder i alle sammenhenger der olje og gass er blandet og trykket skal dumpes. Et eksempel er shock struts (spesielle støtdempere) på understellet.

En ytre nitrogenlekkasje vurderes visuelt ved hjelp av lekkasjespray eller såpevann. (Skyll og tørk av etter en slik sjekk for å hindre korrosjon.) Systemet skal være trykksatt (med operasjonstrykk) ved lekkasjesjekk.

Nødakkumulatorer kan være utsatt for de samme problemene som nevnt overfor. Akkumulatorene er avgrenset fra sine hydrauliske undersystemer med kontrollventiler som blir åpnet ved behov. Et fall i akkumulatortrykket gir indikasjon på en mulig lekkasje gjennom ventilen.

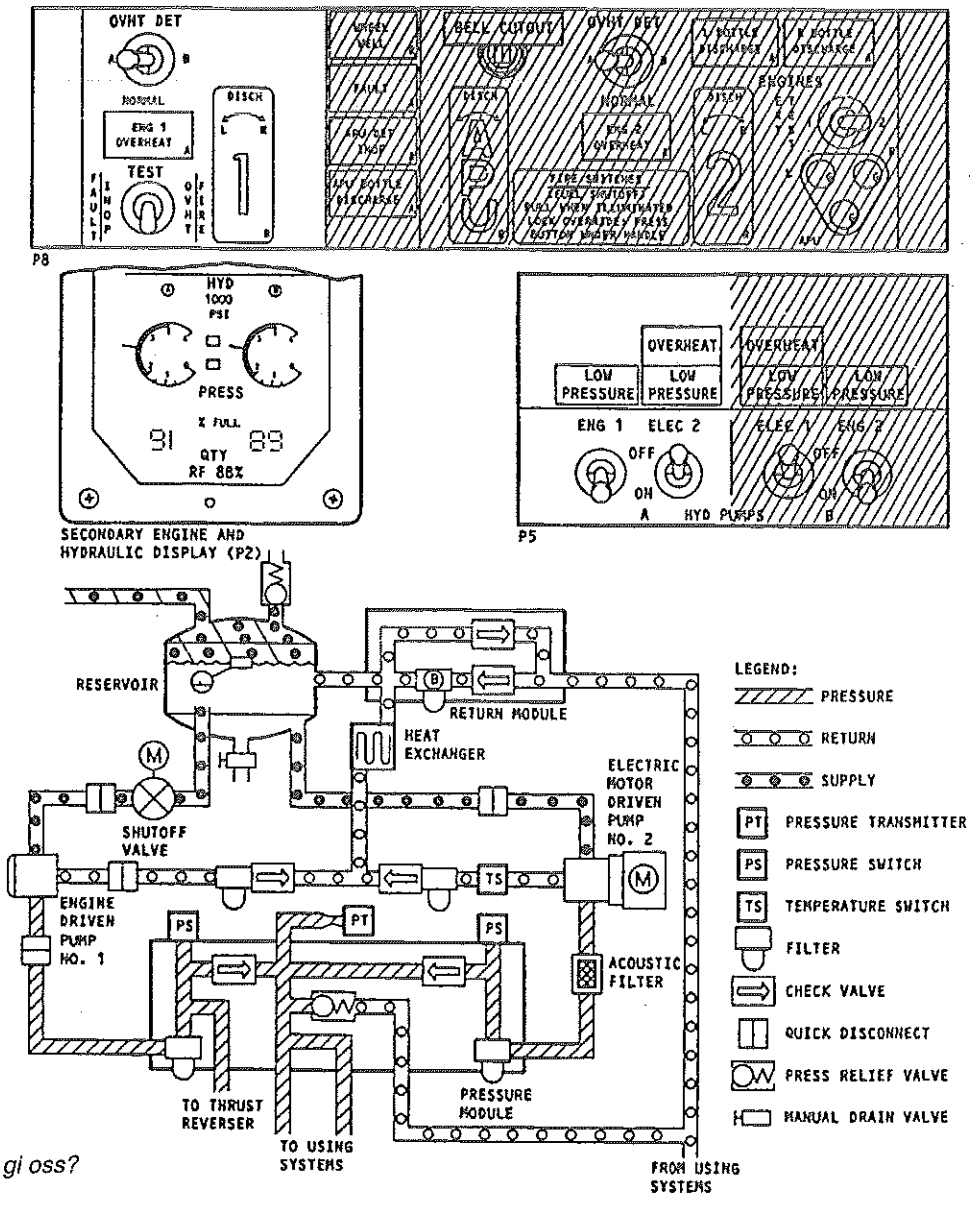
Noen nødakkumulatorer er bare nitrogenfylt og har bare kontrollventil og trykkindikator. Disse akkumulatorene har ikke stempel. Et problem vil da være nitrogenlekkasje ut til atmosfæren eller inn i systemet.

På olje/nitrogen-akkumulatorer kan vi oppleve at trykket går ned under pre-charge under hurtig tømming av akkumulatoren. Et eksempel er startakkumulatorer. Dette er normalt. Årsaken er nedkjøling under tømmingen (på grunn av energioverføring) og derved trykksenking under operasjonen. Trykket vil stabilisere seg ved normal temperatur.

NB!
Før man kopler på slangen for fylling av nitrogen på akkumulatoren, er det viktig å blåse gjennom slangen og å sjekke at koplingene er rene. Forurensende partikler som kommer inn i akkumulatoren, kan skade systemet.

System pressure indication

Systemtrykket kan leses av i cockpiten og på kontrollpanelet. I systemet finnes trykktransmittere og trykkbrytere. Transmitterne er konstruert med en belg som føler det hydrauliske trykket og omformer det til et elektrisk signal som sendes til indikatoren i cockpiten (autosyn-system). På servicekontrollpanelet kan systemtrykket leses av som et resultat av nitrogentrykket i akkumulatoren, eller med en egen indikator som er hydraulisk koplet til systemet. Ved hydrauliske brytere i systemet sluttes eller brytes en elektrisk krets ut fra et bestemt trykknivå (et lys vil komme på i cockpiten når trykket blir for lavt). Et stempel som påvirkes av hydraulikktrykket, virker på den elektriske kretsen. Hydraulikk-delen og den elektriske delen er atskilt med pakninger.



Figur 3.61
Hvilke opplysninger kan systemet gi oss?

Ved indikasjon på feil i systemtrykket er det viktig å vurdere trykkavlesningene i forhold til hverandre. Dersom trykkindikatoren i cockpiten og på servicepanelet viser korrekt trykk, vil et lys for lavt hydraulisk trykk (hyd low press) vurderes som indikasjonsfeil. Feilen skal selvfølgelig utbedres og systemet testes. Hydrauliske og elektriske brytere er fjærbelastet til å gå tilbake til normalstilling, og fjærtrykket kan som regel justeres. Utmatting i fjæren over tid fører til at bryteren slutter eller bryter kretsen på feil trykknivå. Det kan oppstå hydraulikklekkasje inne i trykkbrytere og transmittere, som fører til at vi får feilindikasjon. Disse komponentene kan ha egne dreneringsventiler eller dreneringsrør for innvendig lekkasjeindikasjon.

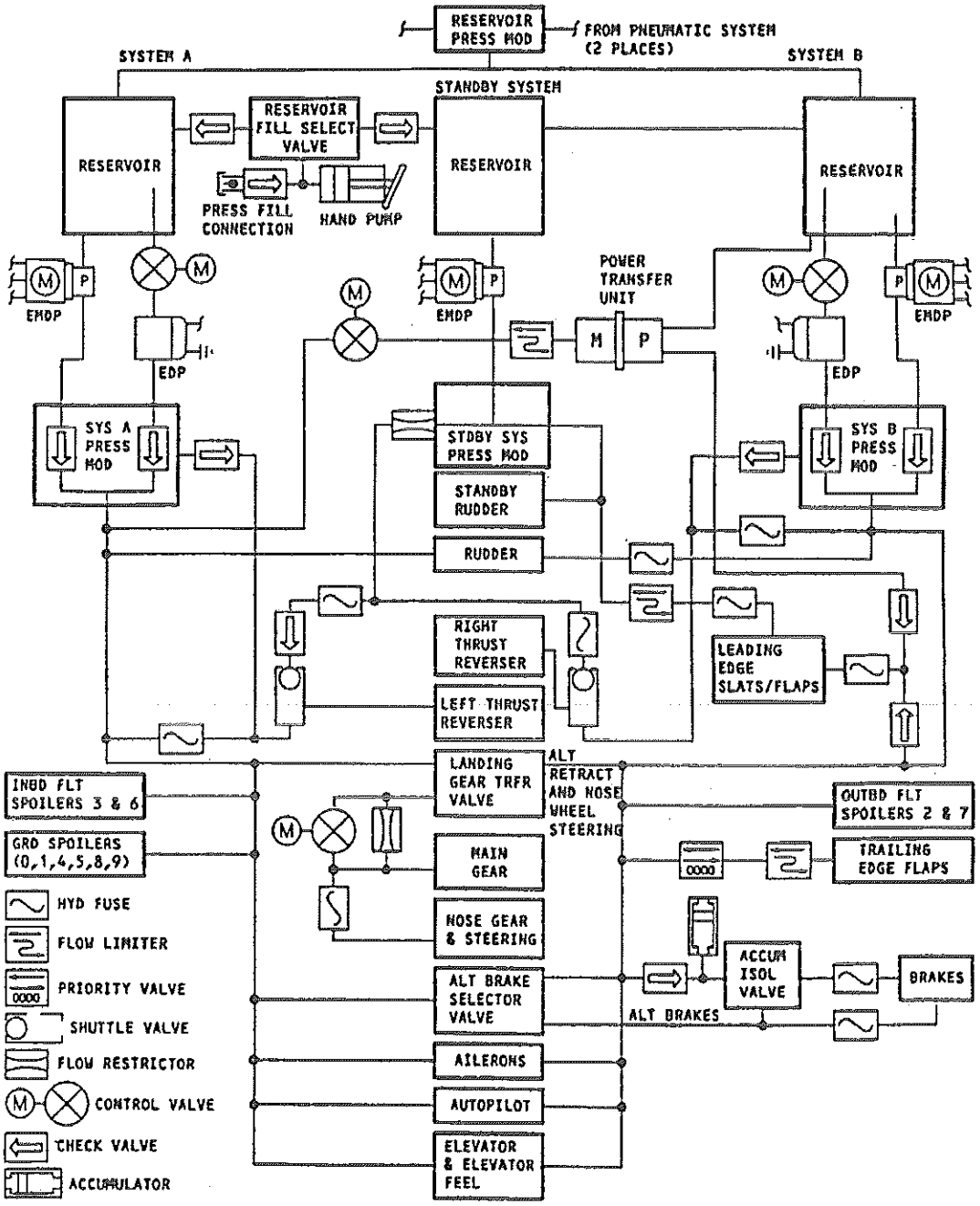
For å hindre at trykksjokket kommer inn til transmittere og indikatorer, er det ofte montert restriktorer og filtre i hydraulikkrøret som går til disse komponentene. Forurensning kan blokkere restriktorene og filtrene helt eller delvis, og vi får feilindikasjon. Både transmittere og hydrauliske brytere er montert i en del av systemet som ikke sirkulerer olje. Det er derfor viktig å tappe ut luft (bløding) etter montering av komponenter. Luft i trykkrøret vil gi feilindikasjon. Koplingen på komponentens hydraulikkside løsnes forsiktig med trykk i systemet inntil luften er tappet ut. Så torques (skrur man fast) koplingen i henhold til MM.

Oil cooling-system

I forbindelse med hydrauliske operasjoner kan oljen få så høy temperatur at den må avkjøles. Enkelte systemer har en termostatstyrt ventil som sender oljen gjennom en kjøler ved en viss temperatur, og som åpner for bypass av kjøleren ved lavere temperatur. Dersom temperaturen kan leses av i dette systemet, vil for høy eller for lav temperatur (relatert til MM) indikere feil på denne ventilen.

Oljen kan kjøles ned på flere måter. Luftkjøling og kjøling i drivstoff er mest brukt, der prinsippet er varmeenergioverføring i en varmeveksler. En lekkasje i luftkjøleren vil indikeres ved utvendig lekkasje, lekkasje fra «drain port» og tap i «oil quantity» på tanken.

Kjøles oljen med drivstoff, kan kjøleren være montert i en av flyets drivstofftanker. Skulle det oppstå lekkasje, kan trykket i oljesystemet føre til at oljen går ut i drivstofftanken. Noen kjølere har dobbelt vegg, slik at olje eller drivstoff vil lekke ut i mellomrommet og til en «drain port». Ved mistanke om oljelekkasje inn i drivstofftanken ved en eventuell oljemengdereduksjon i hydraulikksystemet inspiserer vi drivstofftanken for fargeforandring av drivstoffet.



Figur 3.62
Hva er normale og alternative trykk-kilder for bremsene?

Generell inspeksjon av hydraulikksystem (symptomer på feil)

- Ulyder i systemet under operasjon kan skyldes luft eller gass i systemet. Kjør systemene og foreta tapping (bløding) i henhold til MM. Kraftige smell i systemet tyder på kavitasjon. Dette må sjekkes i henhold til MM.
- Ulyder i systemet kan også ha en mekanisk årsak. Sjekk filtrenes differansetrykkindikatorer. Lydsjekk ved hjelp av stetoskop for å lokalisere feilen.
- Unormalt høy temperatur på komponenter gir indikasjon på feilfunksjonering.

- Ujevn eller stakkato bevegelse på aktuatorer kan være en indikasjon på for eksempel mekanisk feil, innvendig lekkasje, gass i systemet eller kontrollsignalfeil.
- Ved lekkasjesjekk sjekker man for dynamisk og/eller statisk lekkasje. Vedlikeholdsmanualen (maintenance manual, MM) gir informasjon om lekkasje er tillatt, eventuelt hvor stor lekkasje målt i antall dråper per tidsenhet eller per periode (cycle). Dynamisk lekkasje er lekkasje ved bevegelse av aktuatorer eller komponenter når systemet er trykksatt. Ved statisk lekkasje skal systemet også være trykksatt med et minimumstrykk, men aktuatorer skal ikke ha bevegelse.

  O-ringlekkasje kan ha følgende årsaker:
  - ✈ Spiralvridning i rillen
  - ✈ Skjæring mot skarpe kanter
  - ✈ Løsrivning og utblåsning ved for stor klaring
  - ✈ Slitasje ved bevegelse over tetteflatene og ved bevegelse og kompresjon i rillen
  - ✈ Pumpevirkning i rillen ved store trykkforandringer og når operasjonsretningen veksler
  - ✈ Ujevnheter i pakningens overflate og i riller og tetteflater
  - ✈ Sammentrekning ved lav temperatur
  - ✈ Dårlig anlegg mot tetteflatene etter lengre tid uten trykkbelastning

- Ved lave temperaturer kan pakninger trekke seg sammen, og lekkasje kan oppstå, som nevnt over. Ved å kjøre systemet en stund slik at temperaturen øker, kan lekkasjen reduseres eller opphøre.
- Videre lekkasjetoleranser og feilsøkingsinformasjon kan du finne i MM.

Vedlikehold av hydraulikksystemer

De følgende punktene fokuserer spesielt på vedlikeholdsproblematikk i hydraulikksystemene. Imidlertid vil mange av disse momentene være aktuelle i alle flysystemer.

For å oppnå ønsket effektivitet og levetid for et hydraulisk system er det av største betydning å holde oljen i systemet ren og fri for fremmedpartikler, andre væsker og gasser. Selv om vedlikeholdspersonellet vet at hydrauliske oljer og andre systemvæsker skal være tilnærmet rene for å kunne indikere et godt system, er det få som er fullt ut klar over hva dette egentlig innebærer av forholdsregler, tilstandskrav og kontroll. Systemforurensning er en trussel mot flysikkerheten og betyr også større vedlikeholdskostnader. Det er altså vel anvendt tid å ta alle forholdsregler mot forurensning. Kravet til driftssikkerhet er alene en god nok grunn for disse reglene, men økning i komponentenes brukstid, økonomisk innsparing og bedre effektivitet i vedlikeholdsarbeidet bør også motivere oss.

Forurensning (contamination) kan ha flere årsaker og kan forårsake store problemer. I moderne hydrauliske komponenter er enkelte oljekanaler hårtynne, og det skal lite til før de blir blokkert. Forurensning kan overføres til systemene fra urenheter på arbeidsbenker, fra verktøy, ved påkopling av slanger og rør, fra luften, fra tørkefiller og tørkepapir og fra hendene våre. I tillegg kan vi få forurensning ved påfylling av foru-

renset olje. Oljepåfylling bør skje fra spesielle serviceenheter som er lukket. Oljerester i bokser, og olje som er drenert fra systemet, skal kastes.

Sjekk også datoen for holdbarhetstid. På moderne fly brukes enten syntetisk eller mineralsk olje. Forskjellige oljetyper skal ikke blandes, med mindre alternativ olje er beskrevet i MM.

Forurensning kan også oppstå inne i systemene i forbindelse med ødelagte eller slitte pakninger og metall-/materialpartikler fra komponenter som slites. Luft og/eller gass i systemet kan også komme inn under forurensningsbegrepet.

De mest aktuelle og generelle reglene og forskriftene må vi kjenne til. Mer spesielle regler finner vi i de enkelte fly- og utstyrsmanualene.

Spesielle prosedyrer for rensing og kontroll er ofte nødvendig for hvert enkelt system ut fra systemets egenart. Slike prosedyrer kan være:

1. *Resirkulasjon av oljen, som er oljesirkulasjon ved hjelp av en testrigg*
   Denne prosedyren går ut på å få mest mulig av oljemengden i systemet gjennom testriggen og filtrene i den. Arbeidsmekanismene gjøres flere ganger, og filtrene skiftes slik det er anvist i MM. Oljepumper med slanger og eventuelt reservoar dreneres, fylles og luftes. Filtre skiftes ut til slutt, eventuelt før hvis MM foreskriver det. Testriggene har ofte glassrør der vi kan se kvaliteten på returoljen når det gjelder gassmengde i oljen.

2. *Flushing (skylling), dvs. oljeutskifting med spesiell filtrering*
   Olje slippes ut av returledningene under kjøring med testrigg mens reservoaret til riggen er innkoplet. Flere arbeidssylinderledninger kan være sammenkoplet under operasjonene. Man skifter altså oljen for å fjerne vann og flytende kjemiske forurensninger som filtrene i flyet ikke tar seg av. Etter flushing blir oljen kontrollert, resirkulert og systemet luftet, og til slutt foretas en operasjonskontroll. Så skal oljen kontrolleres igjen. Samtlige resultater i forbindelse med oljekontroll skal loggføres.

3. *«Purging», dvs. rensing av systemet*
   Denne operasjonen gjennomføres forholdsvis sjelden. Forut for flushing og resirkulasjon foretas da generelt følgende:
   - I et forurenset system eller en forurenset krets drenerer vi ut oljen.
   - Et spesielt rensemiddel trykkes gjennom (inn i) systemet fra en trykktank.
   - Etter at rensemidlet er drenert, trykkes systemets normale oljetype gjennom kretsen eller systemet, og oljen blir analysert. Så følger flushing etc. som i punktene 1 og 2.

4. *«Bleeding», dvs. lufting med spesielt utstyr, trykk og kapasitet*
Dette er nødvendig dersom selvutluftingen av anlegg og kretser ikke er tilstrekkelig, og dersom systemet ikke danner en krets (sirkulasjon). Gass må kunne slippe ut fra reservoaret eller gjennom spesielle utluftingspunkter. Noen systemer har flere utluftingspunkter i flere kretser,

mens det i enkle systemer stort sett bare er bremsene som er utstyrt med utluftingspunkter. Graden av selvutlufting varierer med konstruksjonen av komponenter og røropplegg. Oljekapasitet og komponentenes oljekamre og plassering er faktorer som spiller inn.

5. *«Filter cleaning and changing», dvs. behandling av de ulike filterelementene.*
   Skifting og rengjøring av systemets filtre etter bestemte prosedyrer beskrevet i flyets MM. Graden av filtrering vi ønsker, lar seg vanskelig gjennomføre i et flysystem, fordi elementene blir uforholdsmessige store. Denne graden av filtrering gjennomføres derfor på testaggregater, slik at all olje som tilføres flyet, får den ønskede renhetsgraden med hensyn til partikler. Ny olje bør helst også gå gjennom slike filtre for sikkerhets skyld, da renhetsgraden fra leverandørene varierer noe.

Effekter av forurensning

Ømfintlige komponenter er i første rekke elektrohydrauliske servoventiler, mekanisk-hydrauliske servoventiler og stempelpumper. I tillegg kommer motorer, andre ventiler og aktuatorer.

Forurensning kan forårsake følgende:

1. Slitasje og erosjon på flater og skarpe kanter. For store klaringer og ujevnheter gir ikke bare økt lekkasje, men også upresis og rykkende operasjon av ventiler og servosystemer.
2. Større partikler samler seg lett ved pakninger og i klaringer mellom faste og bevegelige deler. Dette kan medføre riper og treg operasjon.
3. Små partikler virker som slipemiddel mellom pakninger og metallflater og forårsaker slitasje og gnissing. Dette går særlig ut over pakningene. Partikler kan også bli presset fast i pakningene, som dermed blir som et sandpapir. Partikler kan også bli avsatt på ventilseter og hindre full lukking av ventilene.
4. Oksidasjonsprodukter virker ikke slipende, men danner gass og slam. Slam og fine pakningspartikler virker som lakk på flatene i systemet, og fører til trege ventil- og stempelbevegelser.
5. Kondensert finfordelt vann i oljen som ikke bindes kjemisk av tilsetningsstoffer, hemmer oksidering av oljen. Er oljen i ro og samtidig varm, vil de slipte metallflatene lett bli utsatt for korrosjon.
6. Vann kan sammen med oksidasjonsstoffer, gass og visse tilsetningsstoffer danne tærende forbindelser (syrer etc.). Vi kan påvise vann i oljen på flere måter. Rister man oljen i et prøveglass, vil vanninnhold gjøre den uklar. Vi kan også gjøre en prøve ved hjelp av kjemikalier.
7. Hydraulisk olje kan inneholde forholdsvis store mengder oppløst gass, det gjelder også ny olje. Evnen til å løse opp gass øker proporsjonalt med trykket. Mengden av oppløst gass virker lite inn på egenskaper som viskositet og kompressibilitet, men når det skilles ut gass ved trykkfall (ned mot de trykkene vi har i servosylindere), blir mengden av gass for stor. Ved å bruke overtrykkstanker holdes gassutskillingsgrensen lavere. Gass samles i tankene og kan tappes (blødes) derfra. Noen systemer har egne gassutskillere.
8. Fri gass i arbeidskretser gir som nevnt vibrasjoner og svak låsevirkning ved varierende belastninger på mekanismene, spesielt på rorfunksjonene. Trykkforandringer i olje med fri gass gir store lokale

temperaturforandringer og hurtig oksidasjon.

9. Fri gass kan svært hurtig gå over til væsketilstand. Den hurtige boblekollapsen innebærer en ekstremt høy lokal oljehastighet. Skjer dette nær metalldeler, utsettes de for kortvarige sjokkimpulser. Fenomenet kalles kavitasjon.
10. Gass i oljen innebærer en umiddelbar fare og samtidig en tidlig nedbryting av komponenter og av oljen selv. Det er derfor meget viktig at systemer blir luftet etter å ha vært åpnet, og at komponenter (arbeidsmekanismer) blir «gjennomkjørt» etter montering.
11. Noen ganger kan «fremmedvæsker» lekke inn fra væskekjølere og girbokser etc. eller bli fylt på ved en misforståelse. Olje og komponenter kan da bli skadet i mer eller mindre grad, avhengig av virketiden og typen fremmedvæske.
12. Klorerte rensemidler reagerer med vann i systemet og danner syreforbindelser som spesielt vil tære på de finslipte ståldelene som vi finner mange av i systemene.

Forholdsregler mot indre forurensning og skader

1. Rengjør oljeboks og boksåpner før åpning.
2. Gjem ikke på åpnede bokser og restolje for senere bruk.
3. Kasser all avtappet olje.
4. Vær sikker på at emballasjens innhold stemmer overens med merkingen av emballasjen. Feilaktig innhold kan forekomme.
5. Bruk riktig metode og utstyr ved montering av O-ringer og slangekoplinger, slik at man unngår oppflising av disse delene. Partikler av kritisk størrelse kan også løsne etter kontroll, prøving og innsetting.
6. Bruk rent verktøy.
7. Hold arbeidsstedet rent.
8. Systemer skal ikke stå åpne. Rør og koplinger skal straks lukkes med rene metallstøvplugger eller plast-/metallhetter.
   NB! Plastplugger kan etterlate partikler i gjengepartiet som kan gå videre i systemet. Tape skal ikke brukes.
9. Sett inn nye rene filterelementer med en gang man har tatt ut de gamle. Elementer som kan renses, legges i rene plastposer og merkes.
10. Tørkefiller må ikke loe.
11. Trykkluft brukt under vedlikehold skal være filtrert og ren.
12. Verksteder for komponentoverhaling eller -reparasjon bør ha overtrykk med slusedører. Derved hindrer man at det virvles opp støv.
13. Sjekk at nye komponenter blir levert i hel og godkjent emballasje.
14. Komponenter som lagres, fylles med preserveringsolje.
15. Kontroller at nymonterte pumper og motorer står fulle med olje før oppstart. Det minsker slitasje og hindrer varmgang og ødeleggelser.

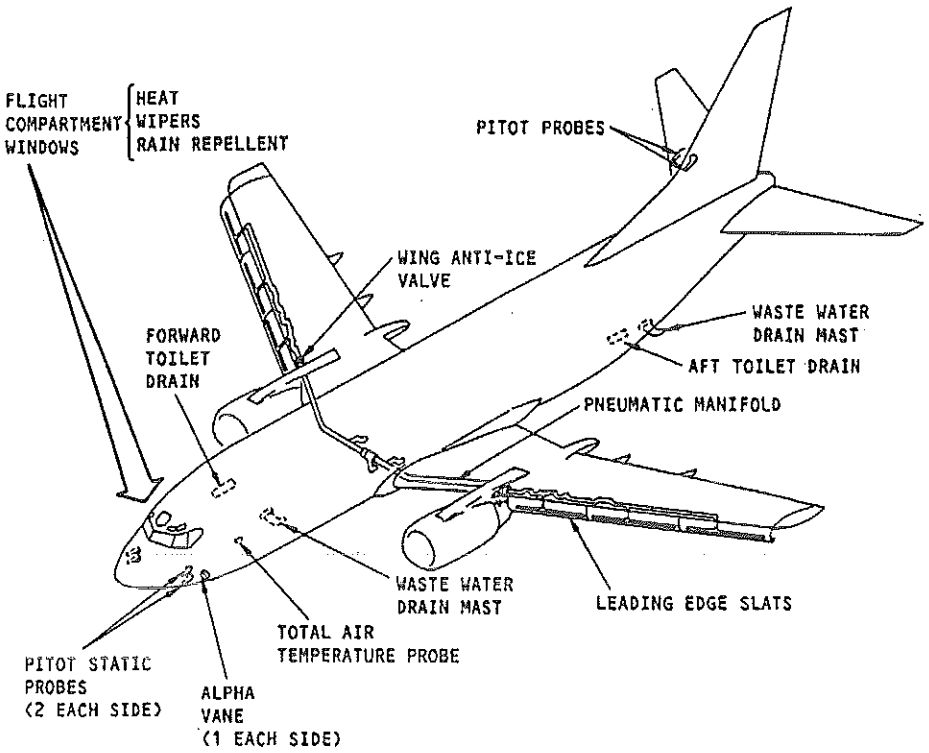
Beskyttelse mot is og regn (Ice and rain protection, ATA 30)

Boka *Vedlikeholdsteknikk 1* beskriver avisingsprosedyrer på bakken. Vi nevner en del hovedpunkter ved ising:

Ising kan gi problemer for flymaskinen på blant annet følgende deler/områder:

- Vingene (mister aerodynamisk renhet og derved løfteeffekt)
- Åpninger for måling av statisk trykk og totaltrykk (mister relasjon

til høyde, hastighet og bevegelse)
- AOA-transmittere (kan gi feil angrepsvinkel)
- Luftinntak (gir redusert inntak av luft, isproblemer i motorene)
- Propeller (reduserer propellenes effekt)
- Front- og sidevinduer (reduserer sikt)
- Vekten av isen er et problem



Figur 3.63
«Ice and rain protection»-systemet har flere arbeidsområder.

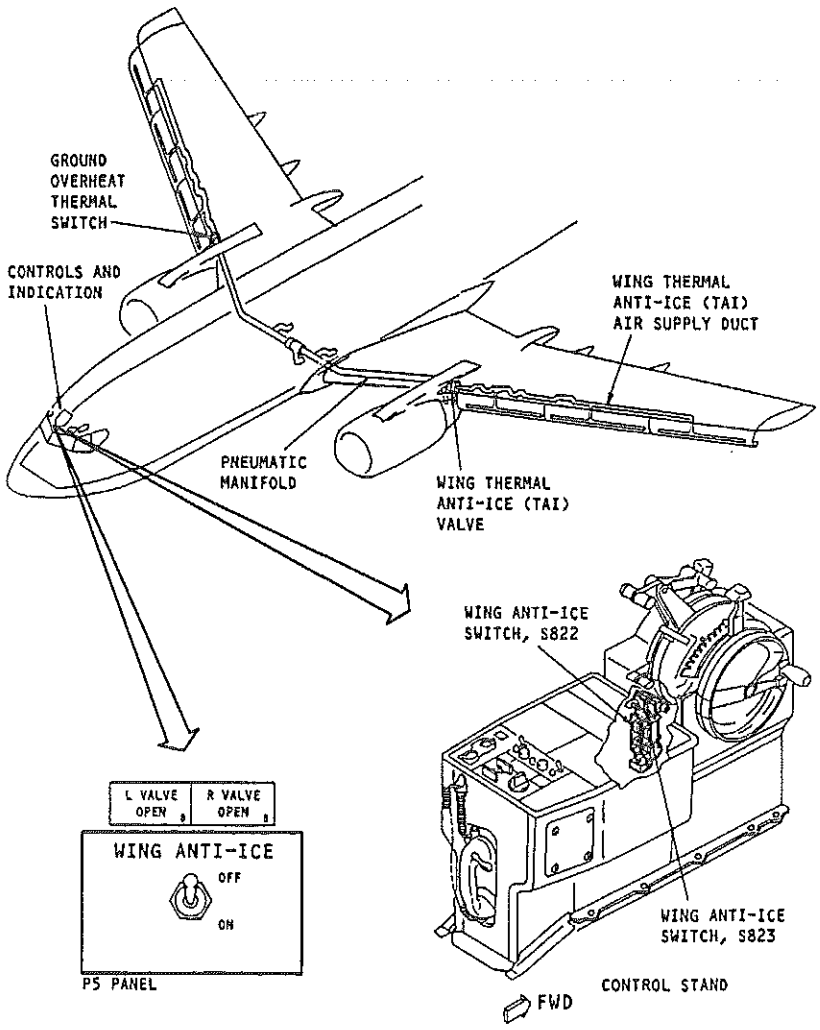
For å hindre isingsproblemer benyttes flere metoder:
- Varmluft føres til forkanten av vingene, til forkanten av vertikal og horisontal stabilisator, og til luftinntaket på motorene
- Oppblåsbare gummibelger i forkanten av vingene, i forkanten av vertikal og horisontal stabilisator, og i luftinntaket på motorene
- Varmeelementer i pitotrør, i statiske inntak (static ports) og AOA-transmittere, i luftinntak og i propeller og vinduer
- Kjemikalier sprayes på vinduer og på propellbladene
- Oppvarmet motorolje sirkulerer i rør rundt luftinntakene

Mulige årsaker ved problemer i systemer

Både for systemer med gummibelger for å knuse is og for varmluftstilførsel for å forhindre eller fjerne isdannelse tappes luften fra motorene eller fra APU, reguleres til riktig trykk og sendes til de separate områdene med riktige intervaller. En ytre trykkilde kan brukes ved tester på bakken. Intervallene styres automatisk eller ved manuell overstyring. Systemene har trykksensorer som registrerer trykk i systemet (anti-ice-lys/de-ice-lys kommer på i cockpiten), og sensorer som registrerer om trykket er for lavt.

Årsaker til for lavt trykk kan være
- for lavt blødetrykk fra motorer eller for lavt bakketest-trykk
- feil ved trykkregulatoren
- lekkasje på rør, rørkoplinger, slanger og slangekoplinger
- lekkasje i gummibelgene
- feil ved trykksensorene
- feil ved den elektroniske indikasjonskretsen

Ved utførelse av «ground test» (med luft fra motorer eller ekstern luft) og ved tilkopling av testutstyr for punktsjekk kan vi lese av blant annet trykkverdier, temperatur og kapasitet. I tillegg kan det være mulig å se ventilposisjonene visuelt ved merking på spjeldakselen. Enkelte ventiler kan testes mens systemet er operativt, ved at man åpner eller lukker for servoluft (med en egen testknapp på ventilen) og relaterer dette til bevegelsen av ventilspjeldet. Ventilspjeldet skal bevege seg jevnt innenfor en viss tidsramme, fra helt åpen til helt lukket. Kontroll av eller måling på elektriske kretser og signaler, og testing av kontrollbokser (som kan ha selvtestfunksjon), kan i tillegg avdekke områder med feil og årsaker til feilen.

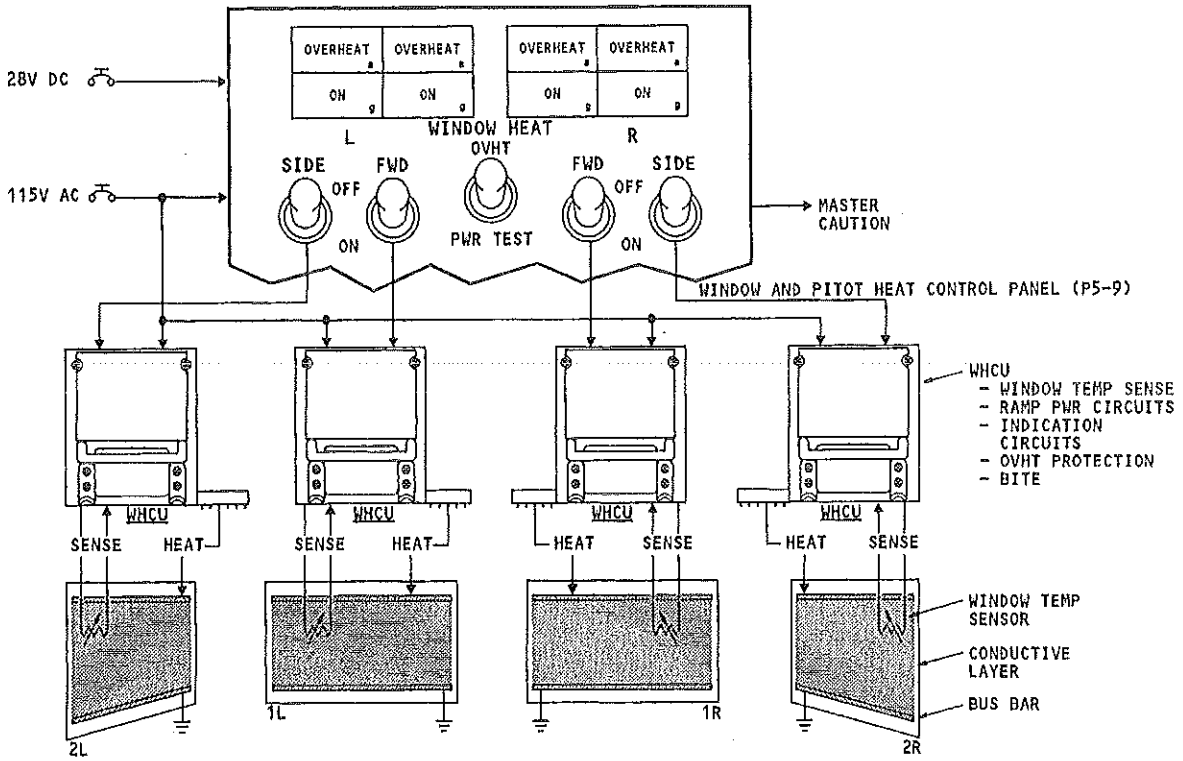


Figur 3.64
a) I forbindelse med throttle finner vi en «wing anti ice switch». Hva kan være hensikten med den?
b) Illustrasjonen viser komponenten «ground overheat thermal switch». Hvorfor finnes den i systemet? Er den ikke i funksjon når flyet er i luften?

Front- og sidevinduer

På moderne systemer vil det i forbindelse med oppvarming av vinduer komme på et «on»-lys når varmeelementet gir effekt. Hvert vindu har sitt eget element og sin egen kontroll- og indikasjonsenhet. Temperaturen på vinduet er termostatstyrt. Skulle temperaturen bli for høy i et vindu, kan dette skje:

- Elektrisk spenning til varmeelementet slås av.
- «On»-lyset går ut.
- «Overheat»-lyset kommer på.
- «Master caution»-lyset kommer på.
- «Anti-ice caution»-lyset kommer på.



Figur 3.65
Hva kan være årsaken til at «overheat»-lyset kommer på ?

Gummibelger (de-icing boots)

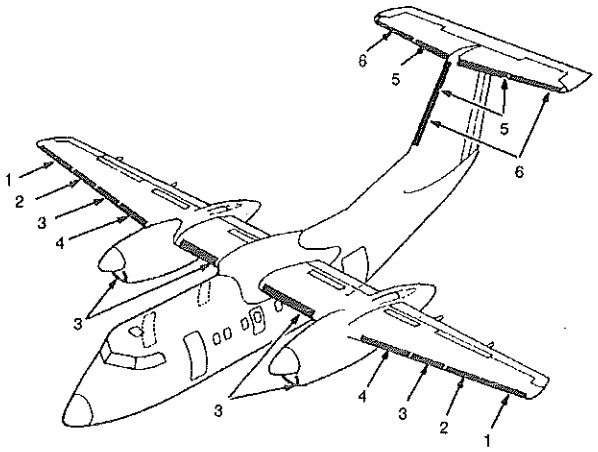
Fly med gummibelger vil ha luftleveranse fra motoren, APU eller «ground connection». I automodus vil en tidsbryter (timer) gi signal til distribueringsventiler, som skal åpne og stenge for leveranse/ikke leveranse til forskjellige områder (belger). Dette blir gjentatt i en syklus. Skulle timeren svikte, er det mulig å kjøre systemet manuelt. Når belgen ikke er oppblåst, skal vakuum medvirke til at den presses mot strukturen. Foruten problemer med den elektroniske styringskretsen og ventiloperasjonene kan det oppstå lekkasje i selve belgene og i tilførselsrørene.

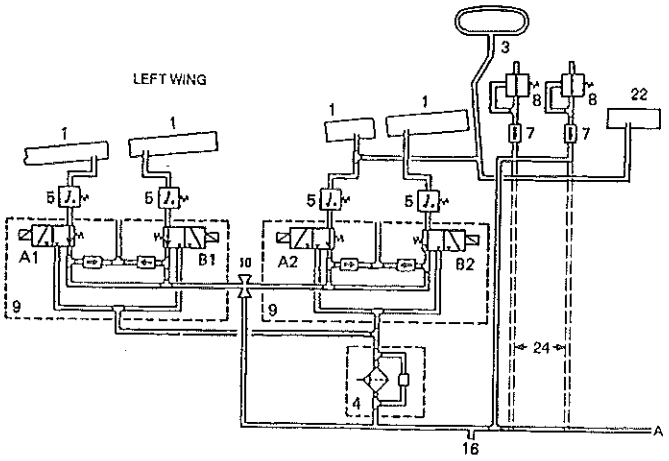
Belgene inspiseres ved jevne mellomrom for skader som

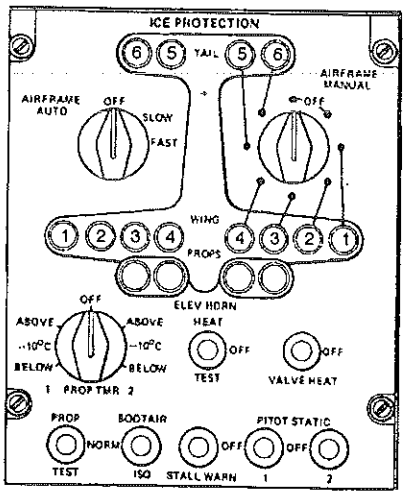
- sprekker i gummibelgen
- hakk og rivninger
- separasjon av gummilagene
- «myke» områder
- sprøhet i gummien

Dette er ikke akseptable tilstander.

Systemet har testpunkter for sjekk av trykk. Lys i cockpiten viser hvilke belgområder som er tilført trykk (trykkbryteren må ha et minimumstrykk for å operere).







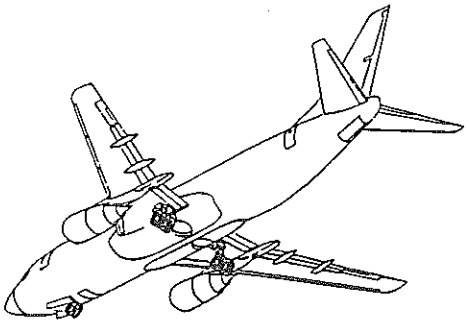
NOTE:

ADVISORY LIGHTS AND DEICING BOOTS NUMBERED FOR SEQUENCE REFERENCE.

1. WING DEICING BOOT
2. HORIZONTAL STABILIZER DEICING BOOT
3. ENGINE AIR INTAKE DEICING BOOT
4. WATER SEPARATOR ASSEMBLY (INCLUDES FILTER AND BYPASS VALVE)
5. PRESSURE SWITCH
6. PRESSURE TRANSDUCER AND TEST POINT
7. CHECK VALVE
8. PRESSURE REGULATOR
9. HEATED DISTRIBUTOR VALVE
10. EJECTOR
11. ISOLATE VALVE
12. HEATED DRAIN ORIFICES (REAR FUSELAGE)
13. DOOR SEAL PRESSURIZATION
14. HEATED RESTRICTOR
15. EJECTOR (PRESSURIZATION SYSTEM)
16. EJECTOR (ENGINE DRAIN SYSTEM)
17. LOW PRESSURE SWITCH
18. RESERVOIR, DOOR SEAL
19. SCHRADER VALVE, DOOR SEAL
20. DOOR POSITION VALVE
21. VENT
22. CENTER WING DEICING BOOTS (MOD 8/0296)
23. VERTICAL STABILIZER DEICING BOOTS (MOD 8/0298)
24. MOD 8/0718
25. DRAIN ORIFICES
26. OUTFLOW VALVE (PRESSURIZATION SYSTEM)
27. AUXILIARY POWER UNIT (APU)

Figur 3.66
Ta med figur 3.67 i vurderingen.
a) Lys nr. 3 på venstre side kommer ikke på når systemet kjøres. Hva kan årsakene være?
b) Hva kan konsekvensene bli ut fra de forskjellige årsaksmulighetene?

Figur 3.67
Oversikt over venstre ving.



Figur 3.68
Understell.

Understell (Landing gear, ATA 32)

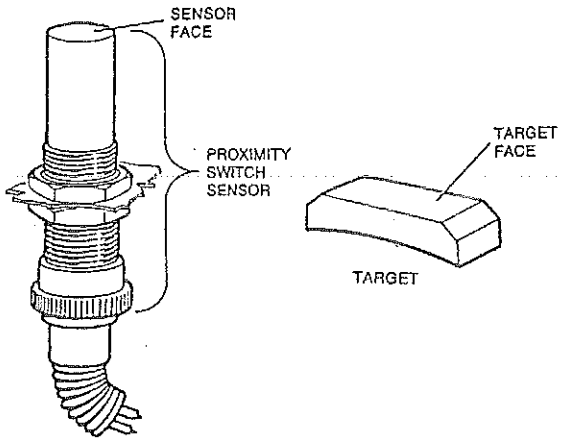
I dette kapitlet skal vi gå nærmere inn på en del vedlikeholdsarbeid og feilanalyser i forbindelse med

- hoved- og neseunderstell: innfelling, utfelling og nødutfelling, kontroll og indikasjon. Dette gjelder både selve understellsdelen og eventuelle dører
- mekaniske overføringer/oppheng
- støtdempere
- dekk og felger
- bremsesystemet
- styresystemet

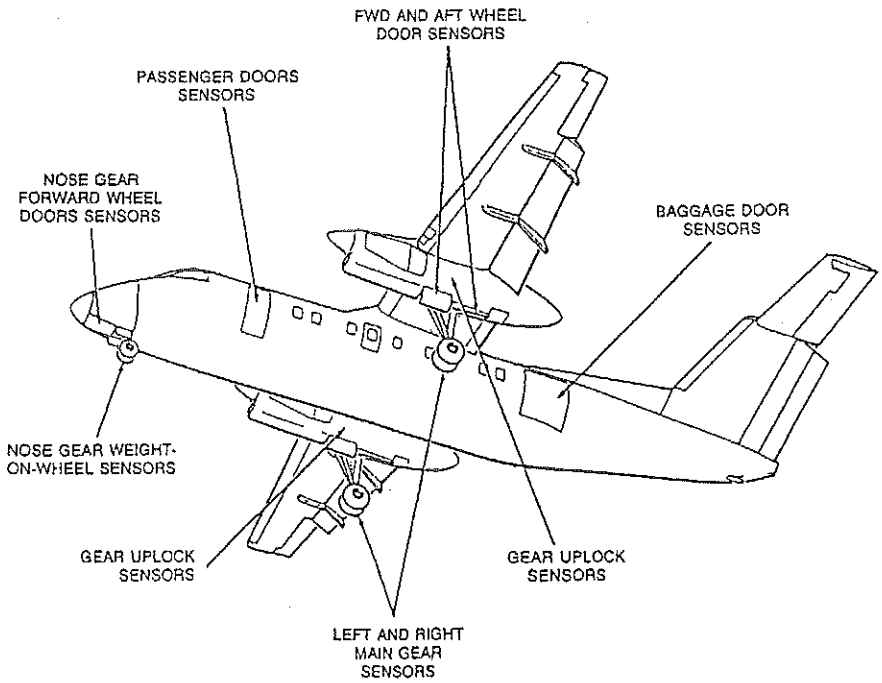
Hoved- og neseunderstell
(Vi bruker også engelske forkortelser: LG, MLG og NLG.)

Kjapp systemgjennomgang:
Et moderne understellsystem er i normalfunksjon elektrisk kontrollert og hydraulisk operert. Det er en stor masse som skal beveges, og dette krever store og kraftige hydrauliske aktuatorer og stor kapasitet på oljeleveransen til dem. Den elektriske kontrollen skjer fra en bryter eller hendel i cockpiten, via sekvensbrytere i understellet, til hydrauliske kontrollventiler som sender olje til aktuatorene.

Understellet og dørene låses mekanisk i opp-stilling (gjerne ved hjelp av kroker) og i ned-stilling ved «over-senter»-lås med kraftige fjærer i tillegg til hydraulisk trykk. Indikasjon i cockpiten for understellets posisjon skjer ved hjelp av posisjonsbrytere i systemet. Bryterne kan være mekanisk påvirket eller sensorer av induksjonstypen.

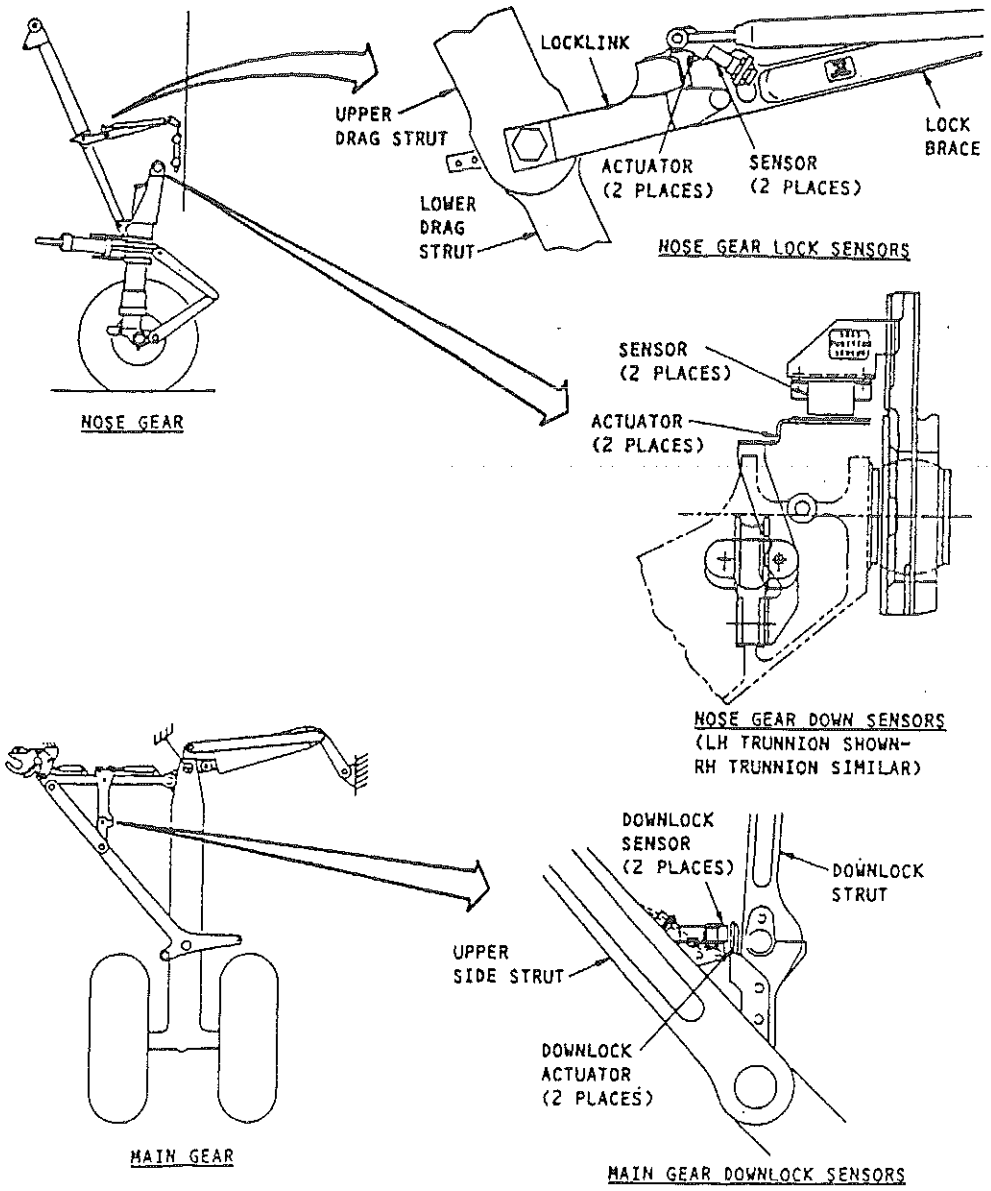


Proximity Sensor and Target



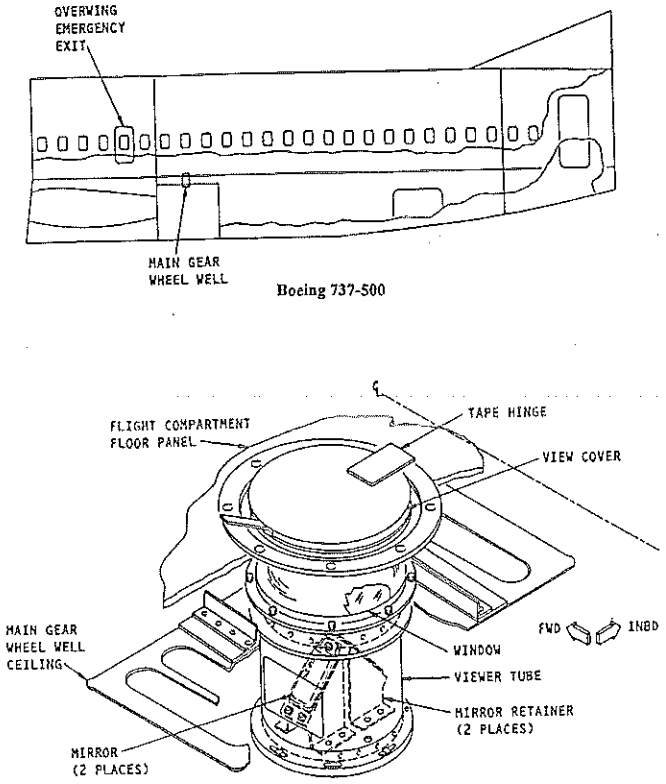
Figurene 3.69
«Proximity sensors» brukes i forbindelse med understellsindikasjon, men også i forbindelse med andre indikasjoner i flyet. Forslag?

Bryterne aktiveres mekanisk enten ved direkte kontakt når posisjonen er nådd, eller ved bruk av «indre» brytere i aktuatoren. Posisjonsbrytere kan også virke som sekvensbrytere og gi elektriske signaler til en ny kontrollventil i systemet. Systemet har indikasjonslys for at understellet er «nede og låst», eller lys som viser feil når posisjonene til understellet og kontrollhåndtaket i cockpiten ikke harmonerer. Denne feilindikasjonen vil også komme på under «transitt».

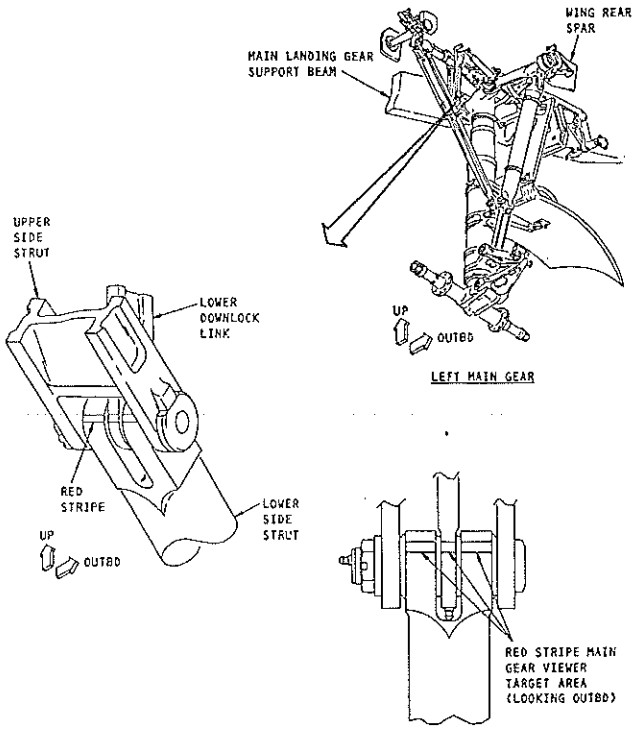


Figur 3.70
Hvilken indikasjon vil du få i cockpiten om en av disse sensorene ikke fungerer?

Ved nødutfelling av understellet opphever man mekanisk låsemekanismene og senker (dumper) det hydrauliske trykket i systemet. Understellet vil da, dersom det felles ned og bakover, gå i posisjon på grunn av vekten og luftmotstanden. Dette opereres med et eget håndtak i cockpiten via wireoverføring til mekanismene. I noen systemer, spesielt der understellet felles ned og forover, sender man nitrogengass med stort trykk fra en nødakkumulator direkte til aktuatorer som opererer og åpner låsemekanismene, og i noen tilfeller trykksetter aktuatorenes «ned-side».



Figur 3.71



Figur 3.72

Figurene 3.71 og 3.72
Skulle vi miste normal indikasjon, kan det være mulig å sjekke understellets posisjon når det er nede og låst (down and locked-posisjon) på en annen måte. Studer figurene og forklar prinsippet.

Feil med understellet er meget alvorlig, og flymaskinen kan bli «dypfryst» etter landing. Skulle det være feil med brytere og elektromagnetiske ventiler, er det viktig at de om mulig blir stående i feilposisjon når feilsøkingen starter. Tilført spenning eller bevegelse på flymaskinen kan tilbakestille (resette) ventiler eller brytere, og årsaken til problemet kan bli vanskelig å finne.

Dette betyr at vedlikeholdsarbeid ikke skal starte før en feilanalyse er teoretisk vel gjennomført. Montering av sikkerhetspinner skal imidlertid foretas umiddelbart, om ikke noe annet er bestemt.

Eksempler på feilsymptomer i forbindelse med understellet, og mulige årsaker. (Relater gjerne disse eksemplene til andre konkrete flysystemer for likheter/ulikheter i konstruksjon.)

✈ *Understellhåndtaket vil ikke gå opp (flyet er i luften eller oppjekket)*
Håndtaket er mekanisk låst i ned-stilling. Låsen kan oppheves mekanisk eller, på noen fly, ved å aktivisere en elektromagnet i håndtaket som får spenning via en WOW-bryter (weight on wheel). (Understellet, LG, skal ikke kunne tas opp når flyet står på bakken. Enkelte understellsystemer må ha WOW airborn-signal for å få signal til selektorventilene, selv om LG-håndtaket er i opp-stilling.) Den mekaniske låsen kan også overstyres manuelt. Om det ikke er en rent mekanisk feil, feilsøker man med elektriske målinger i kretsen fra leveringsbussen fram til håndtaket.

✈ *Understellhåndtaket vil ikke gå ned (flyet er i luften eller oppjekket)*
Håndtaket er normalt også mekanisk låst i opp-stilling. (Uten dette ville det under stor G-påvirkning være mulig at håndtaket går ned og LG går ut, med fatale konsekvenser.) Det er manuell/mekanisk oppheving av denne låsen.

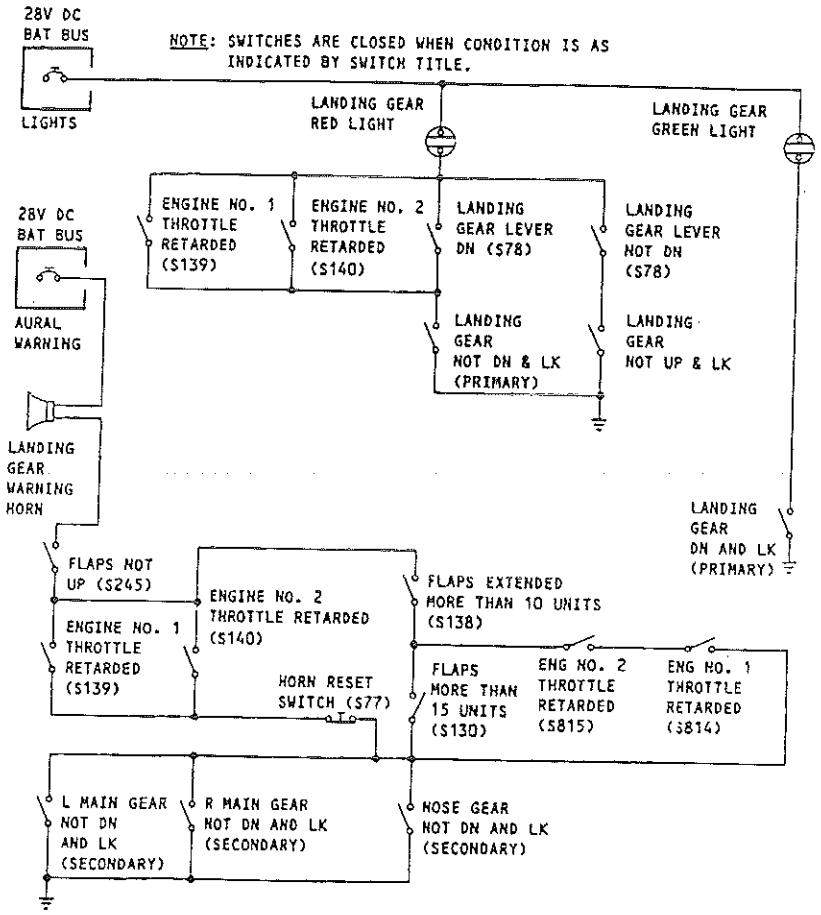
✈ *Understellet velges opp eller ned uten respons*
Årsaken kan være manglende hydraulisk trykk eller manglende elektrisk styresignal til kontrollventilene, eller feilfunksjon på kontrollventilene. Er oljetrykket og kapasiteten i orden, vil videre feilsøking være å måle signalene til kontrollventilen(e). Er signalene riktige, er det aktuelt å skifte kontrollventil, som da skal testes i en testbenk.

✈ *Understellsdørene åpner seg, men understellet går ikke inn eller kommer ikke ut*
Posisjonsbryterne i den elektriske kretsen til kontrollventilen(e) som skal fortelle at dørene er oppe, slutter kanskje ikke kretsen. Igjen sjekker man det elektriske signalet til kontrollventilen. Noen fly har mekaniske sekvensventiler som åpner for hydraulisk trykk videre til neste funksjon, idet understell eller dører kommer i den valgte posisjonen. Da kan feilen ligge i ventilen eller i den mekaniske overføringen.

Hvis understellet ikke vil gå inn, kan vi også tenke oss følgende: I ned-stilling skal understellet være låst i «over-senter«-posisjon (holdes der ved hjelp av kraftige fjærer). Denne posisjonen blir indikert i cockpiten ved at brytere på over-senter-mekanismen blir aktivisert. Før understellet kan gå inn, må over-senter-mekanismen oppheves, noe som skjer ved hjelp av hydrauliske aktuatorer. Når dette skjer, vil brytere slutte kretsen til kontrollventilen for å trekke understellet inn. Feilårsaken kan altså ligge i brytersettet på over-senter-mekanismen.

✈ *Understellet bruker for lang tid på inn- og utfelling, eller det er stor forskjell i operasjonshastighet mellom R/H og L/H*
Årsakene kan ligge både i det hydrauliske og i det elektriske systemet, og kan være av mekanisk art i oppheng eller overføringer. MM oppgir maksimumstid for disse operasjonene.

✈ Når det gjelder de elektriske feilene som kan oppstå, har vi her fokusert mye på brytere. I noen tilfeller aktiviserer bryterne releer, som selvsagt også kan funksjonere feil. I tillegg kan det forekomme feil med ledningsnett og plugger (brudd, dårlig kontakt). Dette stiller store krav til god elektrisk kontakt i systemet, da vi vet at understellet er mye utsatt for vær og vind, sand og kjemiske produkter fra rullebaner, og for vibrasjoner og støt.

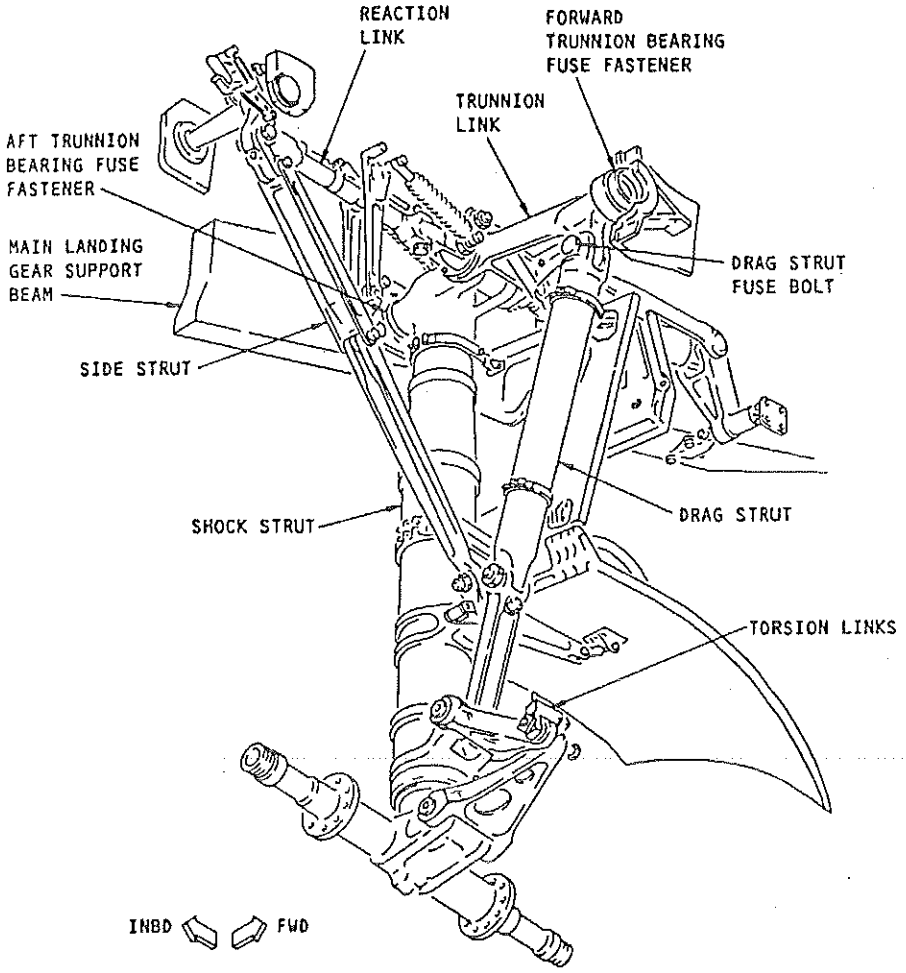


Figur 3.73
Under hvilke forhold varsler systemet om feil?

Mekaniske overføringer og oppheng

På grunn av de store belastningene understellet er utsatt for, kan det, selv med en solid konstruksjon og godt vedlikehold med effektiv smøring, bli slitasje i deler som fôringer, lagre, bolter, ledd, «shims» osv. Med effektiv smøring mener vi at riktig type smøremiddel skal komme fram til riktig sted og i riktig mengde. Tette smørenipler og smørekanaler, og belastning på konstruksjonene, vil hindre dette.

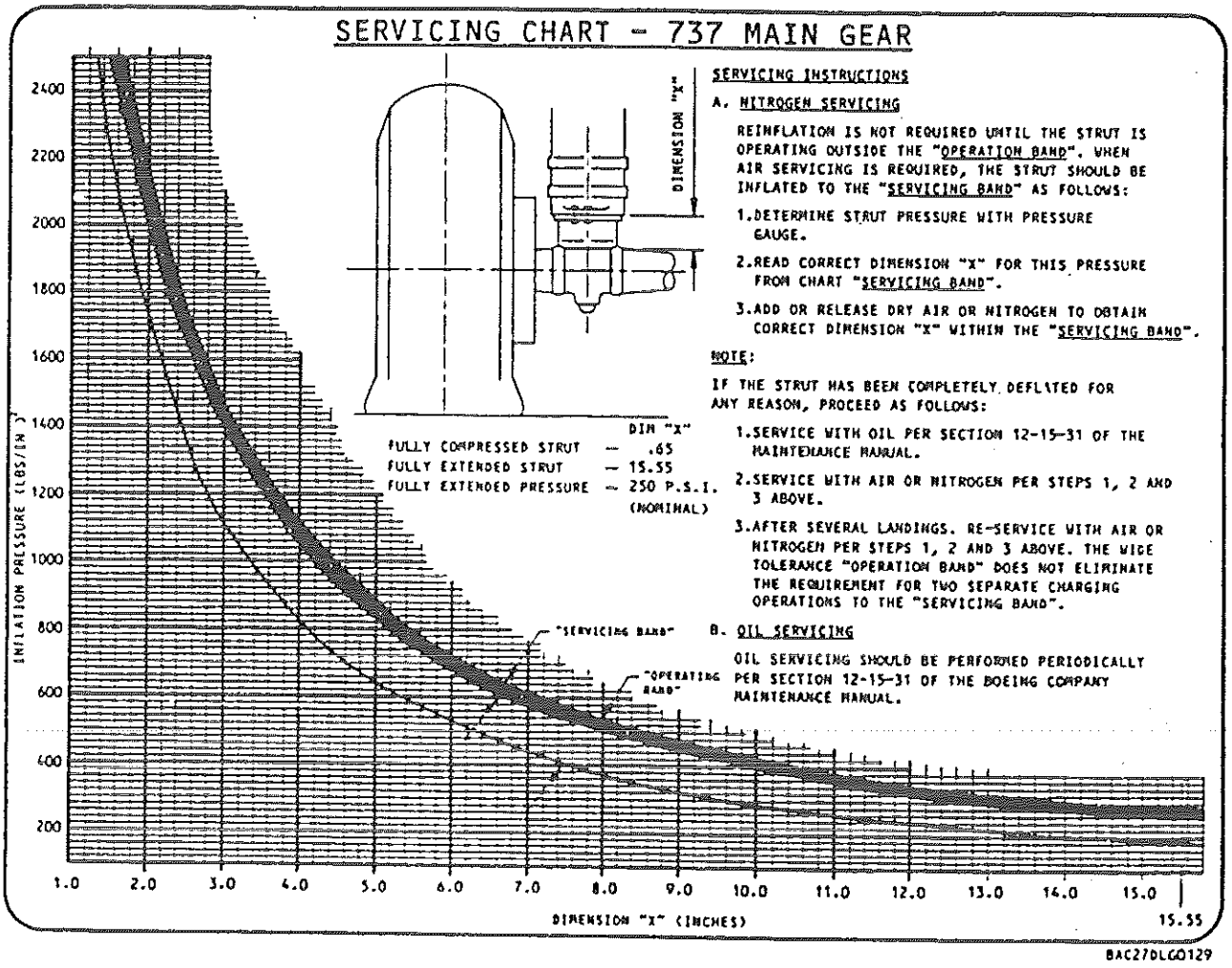
Mekanisk slitasje i understellet vil ofte gi store vibrasjoner under avgang og ved landing og oppbremsing. I noen tilfeller kan man få mekanisk «forkiling» (riving av metall) i overføringene, noe som kan føre til at understellsoperasjonen går saktere enn foreskrevet. Slitasje og slakk i systemet åpner også for forurensninger og korrosjonsangrep. Ved å belaste understellet i flere retninger (med flyet oppjekket) kan vi måle slitasjen og utbedre den før den blir for stor.



Figur 3.74
I den kraftige understellskonstruksjonen finner vi en «drag strut fuse bolt». Hva er hensikten med den?

Støtdempere (shock struts)

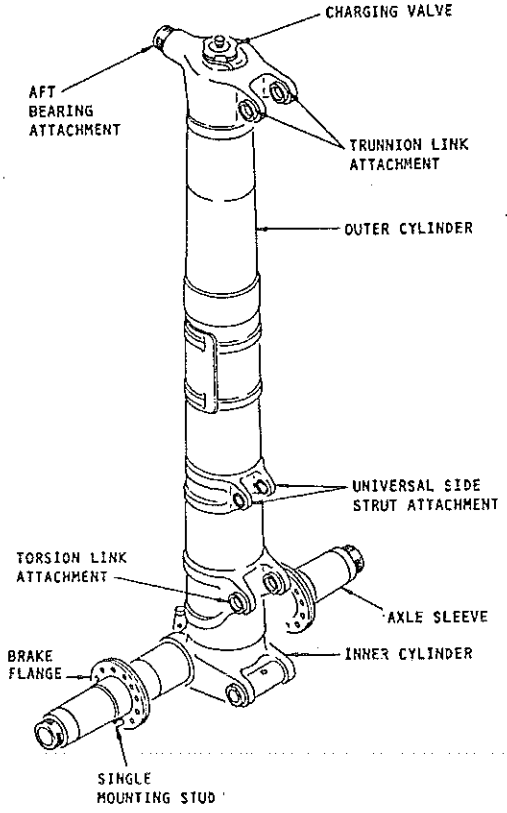
Den belastningen understellet blir utsatt for, spesielt i landingsøyeblikket, blir blant annet dempet av støtdempere, shock struts. Sylinderen, som er den ytre delen av demperen, er festet til flyets primærstruktur, og stempelet («råden», den innvendige delen av demperen) er festet til understellsleggen/hjuldelen. Denne «sylinderen» er enten fylt med en blanding av olje og nitrogen, eller den har olje og nitrogen i separate rom. Prinsippet er at nitrogengassen komprimeres, og at oljen flyttes fra ett rom til et annet via en variabel restriktor. Leggens utskyvning måles i forhold til innvendig nitrogentrykk og flyets vekt.



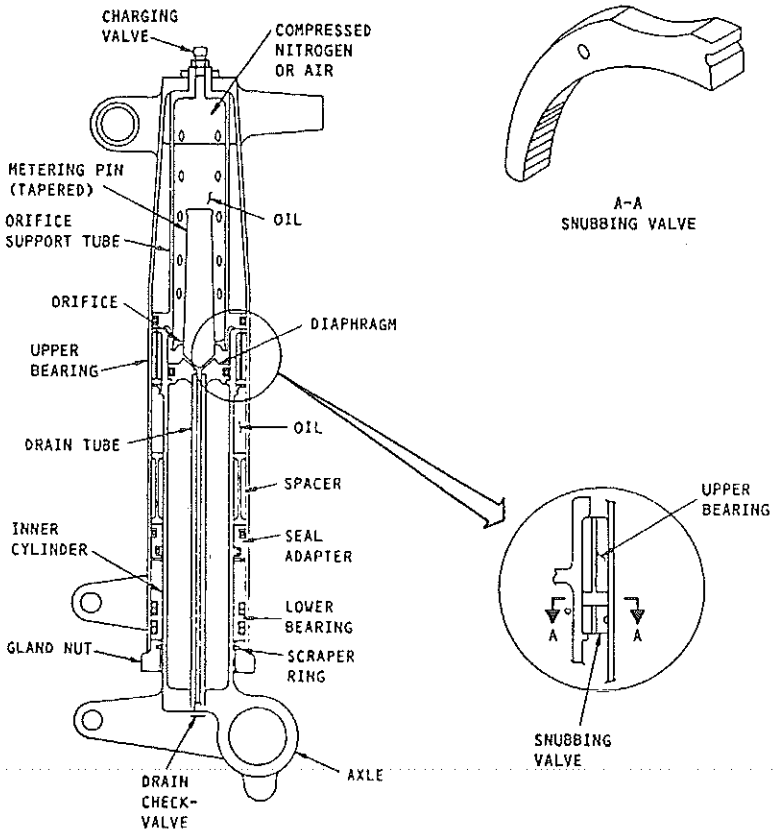
Figur 3.75
Eksempel på «servicing chart» for 737 hovedunderstell.

Misforhold mellom olje og nitrogen vil gi feil i dempingseffekten. For lite olje eller for mye nitrogen gir «svampete» og svak demping. For mye olje eller for lite nitrogen gir hard demping. Dersom utskyvningen av leggen er for liten, kan det være vanskelig å vurdere om det er for lite olje eller for lite nitrogen. Lekkasje over pakningene i stempelet kan gi indikasjon på oljelekkasje, mens nitrogenlekkasje er vanskeligere å oppdage.

For liten utskyvning kan i enkelte tilfeller (med for lite olje) feilaktig bli kompensert med økt trykksetting av nitrogen. Som nevnt er understellsområdet mye utsatt for forurensninger. Sørg for å holde råden ren for partikler (som lett fester seg i oljefilmen), da pakningene (o-ringene) lett blir skadd.



Figur 3.76 a



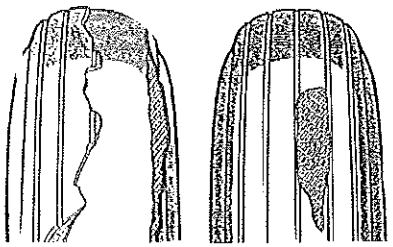
Figur 3.76 b

Figur 3.76 a og b
For at en shock strut skal ha riktig effekt, er det viktig at mengden av og forholdet mellom olje og nitrogen er riktig. Hva kan resultatet bli ved feil «service»?

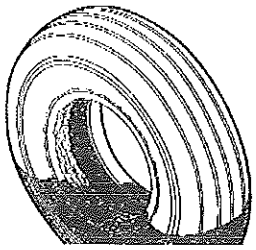
Dekk og felg

Slitasje på flyets dekk skal kontrolleres ofte. MM gir opplysninger om grensene for slitasje og kutt. «Cut-limit» er også opplyst på dekksiden, og den måles fra bunnen av dekkmønsteret. Kutt i dekksiden blir normalt ikke akseptert.

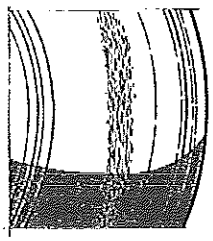
Grensen for et normalt utslitt dekk blir vurdert i henhold til antall slitte kordlag (dekket kan ha en «rød-kord» som indikerer at det er utslitt) eller slitasje i forhold til støpte fordypninger i dekket. Er dekket slitt ned til bunnen av en fordypning, skal det skiftes. Husk at selv om dekket er slitt over grensen for slitasje (over limit) bare på ett sted, betyr det at hele dekket er utslitt. Delaminering mellom kordlagene kan forekomme, gjerne om dekket har blitt for varmt. Delaminering kan føre til at roterende gummideler skader komponenter og strukturen i hjulbrønnen når understellet felles inn.



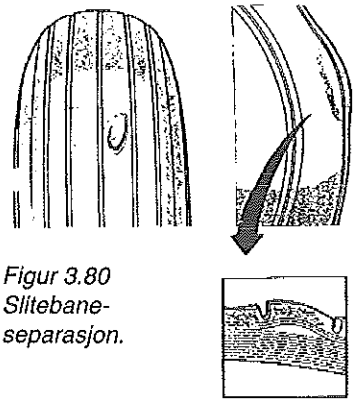
Figur 3.77
Delaminering med avkastet slitebane. Dette begynner ofte på grunn av kutt i slitebanen.



Figur 3.78
Overopphetingsskade ses i vulsten som ligger inn mot felgen.



Figur 3.79
Skade på dekksiden på grunn av for lavt trykk eller overbelastning.



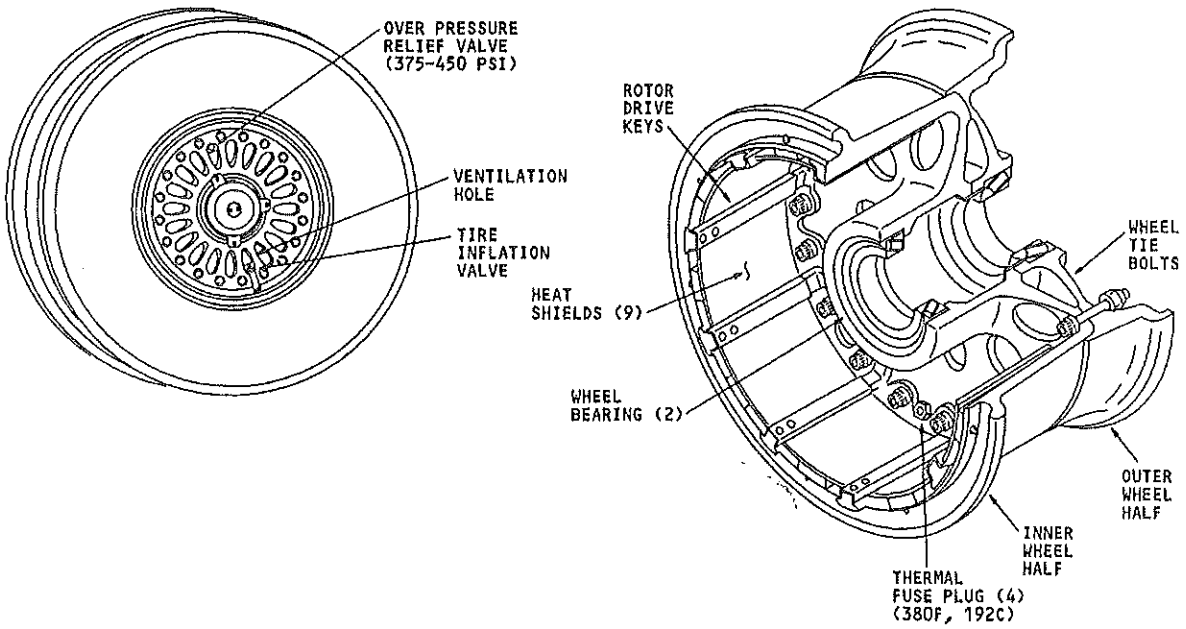
Figur 3.80
Slitebaneseparasjon.

Varmgang i dekket kan skyldes

- for lavt nitrogentrykk i forhold til flyets vekt
- avbrutt avgang med kraftig oppbremsing
- hengende bremser
- mye bruk av bremser i forbindelse med taxing

Mistanke om overopphetede hjul (for eksempel i forbindelse med hot brakes) kan gi grunnlag for utskifting av hjul. Ved å sette en «temperatursmeltepinne» mot rotorskivene i bremsen kan vi finne ut om diskene er over en viss temperatur. I så fall smelter pinnen mot metallet.

Fly med overopphetede hjul bør plasseres på et passende sted, da det kan være fare for brann (pga. høy temperatur i gummipakninger/ hydraulikkolje) eller for delaminering av felgen. Felgen kan ha en smelteplugg (thermal fuse plug) som slipper ut trykket om temperaturen blir for høy. Husk at denne smeltepluggen ikke «popper» ved normal temperatur.



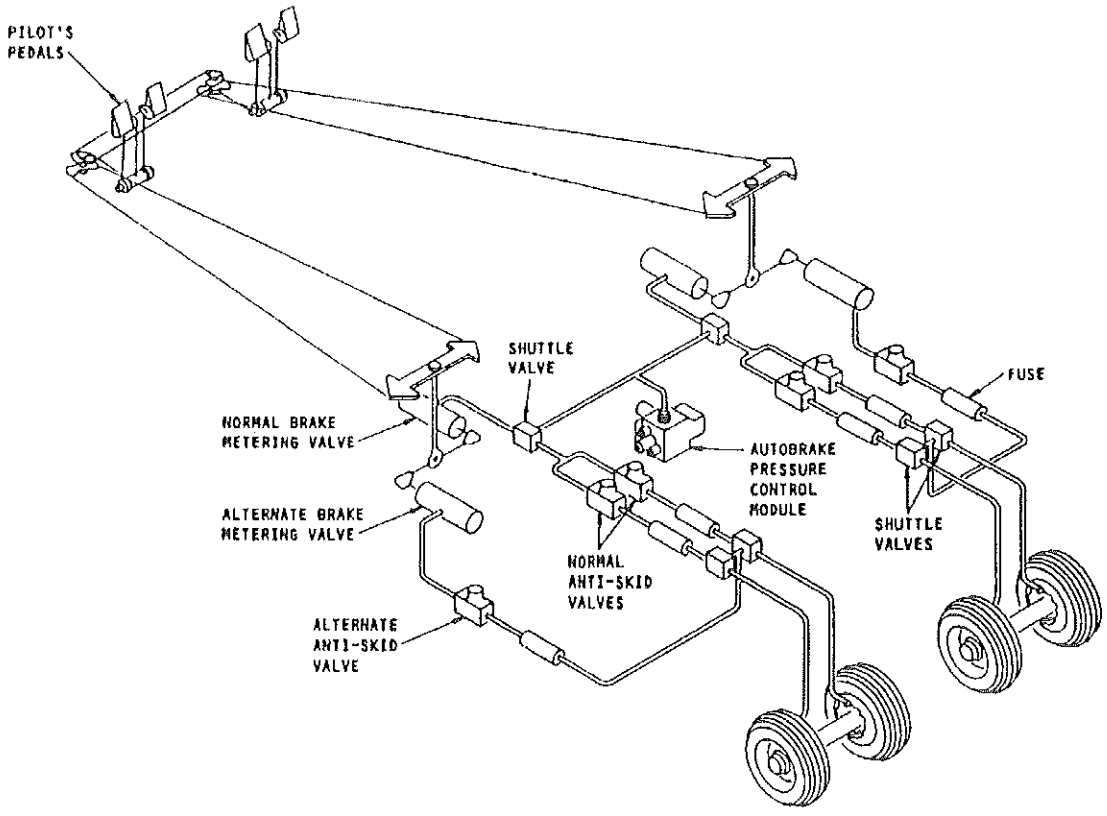
Figur 3.81
Vil thermal fuse plug og overpressure relief valve åpne samtidig?

I noen felger er smeltepluggen plassert slik at om den «popper», vil nitrogenet i dekket blåse innover mot bremseenheten. Felgen kan også ha overtrykksplugger (overpressure relief valves) som «popper» ved en viss overtrykksverdi. Uten dem vil man ved for høy trykksetting av dekket risikere at det kan eksplodere eller at felgen delaminerer uten at smeltepluggen hindrer det. En tommelfingerregel er at man alltid skal tømme dekket for trykk når et hjul er tatt av flyet, og igjen sjekke om dekket er trykkløst før dekket presses av felgen.

Under fylling av dekk bør man oppholde seg foran eller bak hjulet, ikke på siden av det.

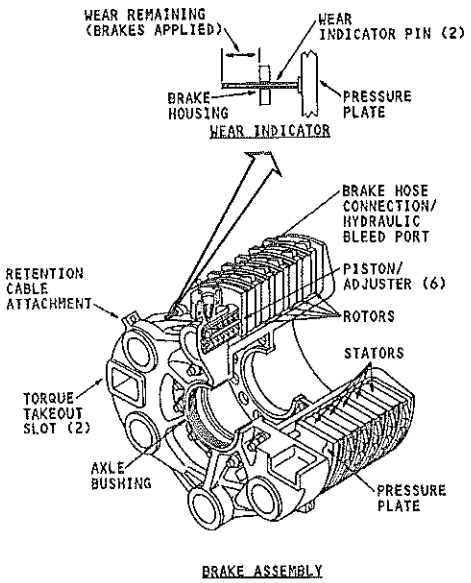
Felgen sjekkes periodevis for sprekkdannelser eller andre skader. Felgbolter kan knekke etter hard belastning eller som følge av utmatting over tid. Hjullagre inspiseres og skiftes normalt når hjulet skiftes. En hard landing og/eller overoppheting av hjul eller bremser kan gi skader på lageret. Se kapitlene om spesielle inspeksjoner og lagre. Felgen kan også ha varmeskjold som hindrer varmeoverføring fra bremseenheten til dekket.

Bremsesystemer



Figur 3.82
Bremsesystem.

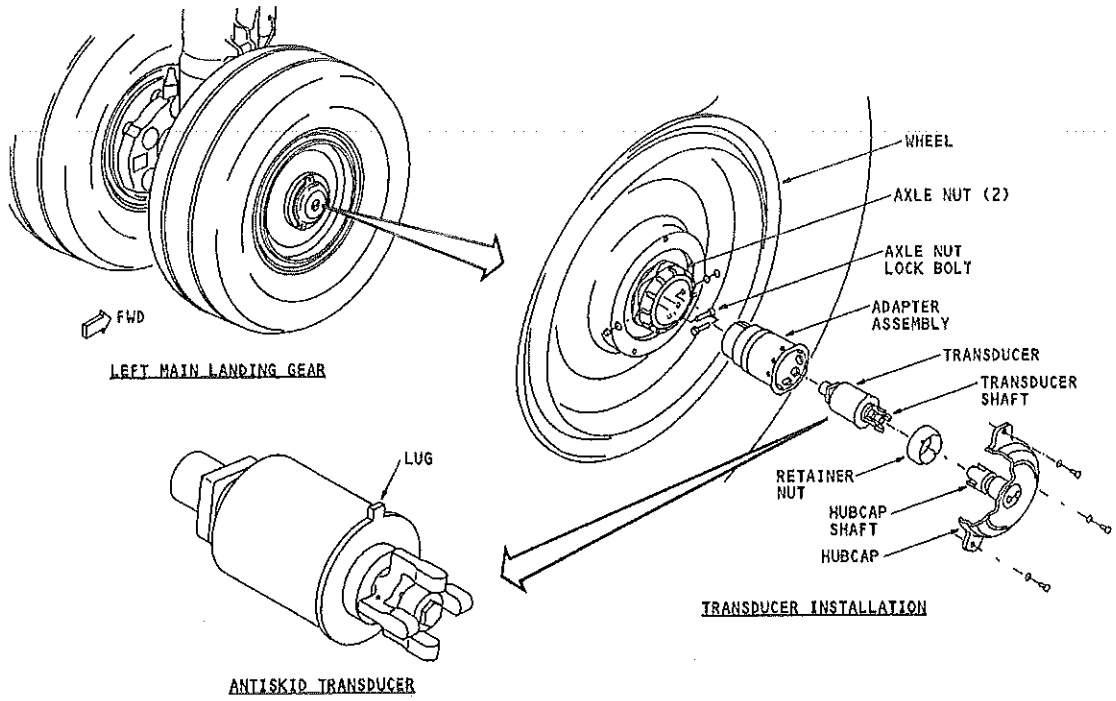
Under normale forhold blir bremsene sjekket for slitasje ved faste intervaller og skiftet ut når det har nådd en viss grenseverdi (limit). Slitasjeindikatorer gir informasjon om dette. Husk at bremsene normalt skal være trykksatt for at indikatorene skal vise riktig slitasjenivå.



Figur 3.83
Slitasjeindikatorer på bremseenheten.

Unormale tilstander som gir grunnlag for skifte av bremseenheten, er oljelekkasje, sprekker i bremseenheten, rapportering om «hengende», «huggende» eller «svampete» bremser, at flyet «trekker» til en av sidene etter landing (før eller under oppbremsing), og etter overoppheting av hjul og bremser. Når hjul skal skiftes, har vi en god mulighet til å inspisere bremsene. Bremsenes rotordisker er i inngrep med felgen på hjulet. Det skal være en bestemt klaring mellom kontaktpunktene, som er et høyt belastet område. Slitasje mellom disse delene gir økende klaringer, større kraft når delene slår mot hverandre, og skader oppstår i form av sprekker, deformasjoner eller brutte nagler. Etter skifte av bremseenheter skal man foreta funksjonstest og lufte det hydrauliske systemet. Hydraulikksystemet til bremsene «sirkulerer» ikke og blir da heller ikke luftet automatisk. Det er dreneringsventiler (blødeventiler) på alle bremsene. Luft i bremsesystemet vil bli komprimert og gir «svampete» bremser.

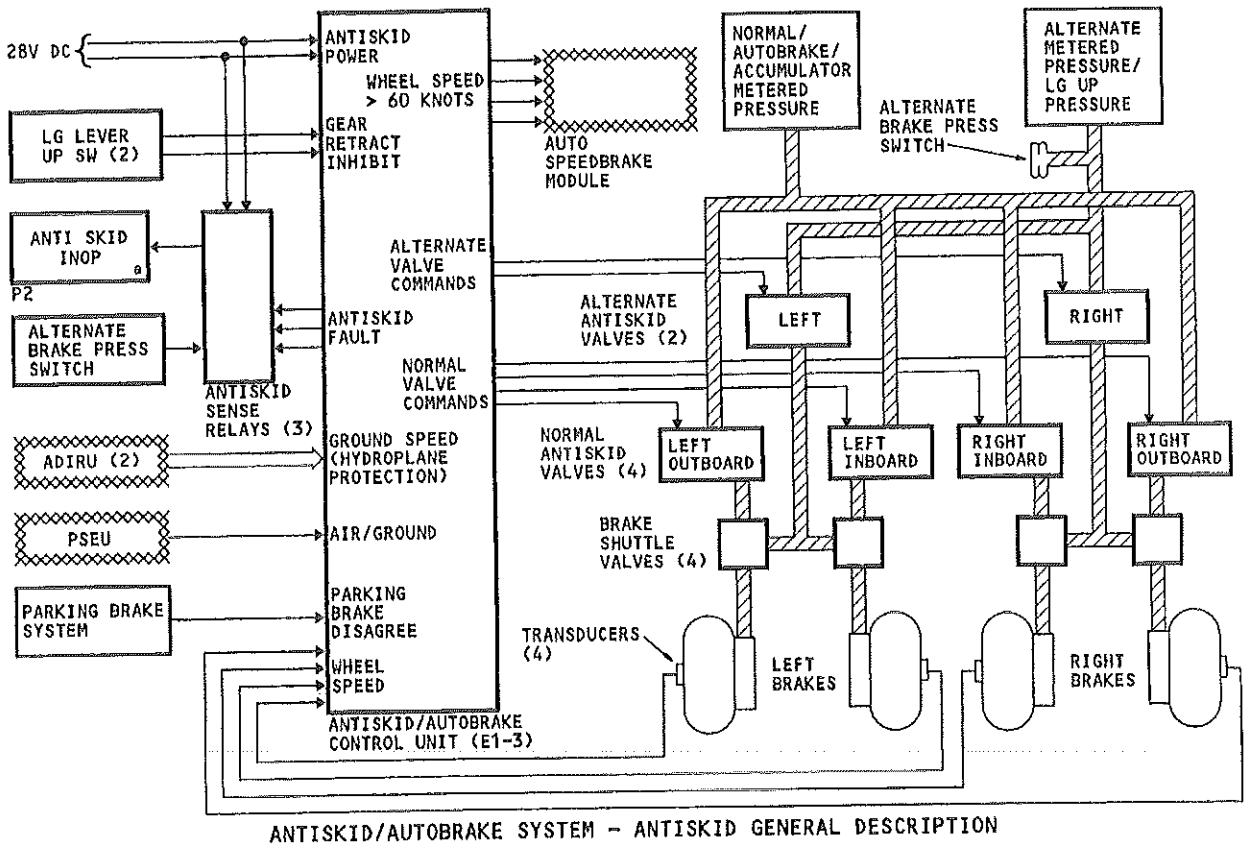
Midt i hovedhjulakslingen er det montert anti-skid-generatorer.



Figur 3.84
Hva skjer i systemet dersom anti-skid-generatoren ikke roterer?

Ved brudd i den elektriske forbindelsen mellom anti-skid-generatorene og anti-skid-kontrollboksen blir varsellys aktivisert i cockpiten. Det gjelder også ved feil i selve generatorene. Flyet kan da risikere å få pulserende bremser (stand-by brakes).

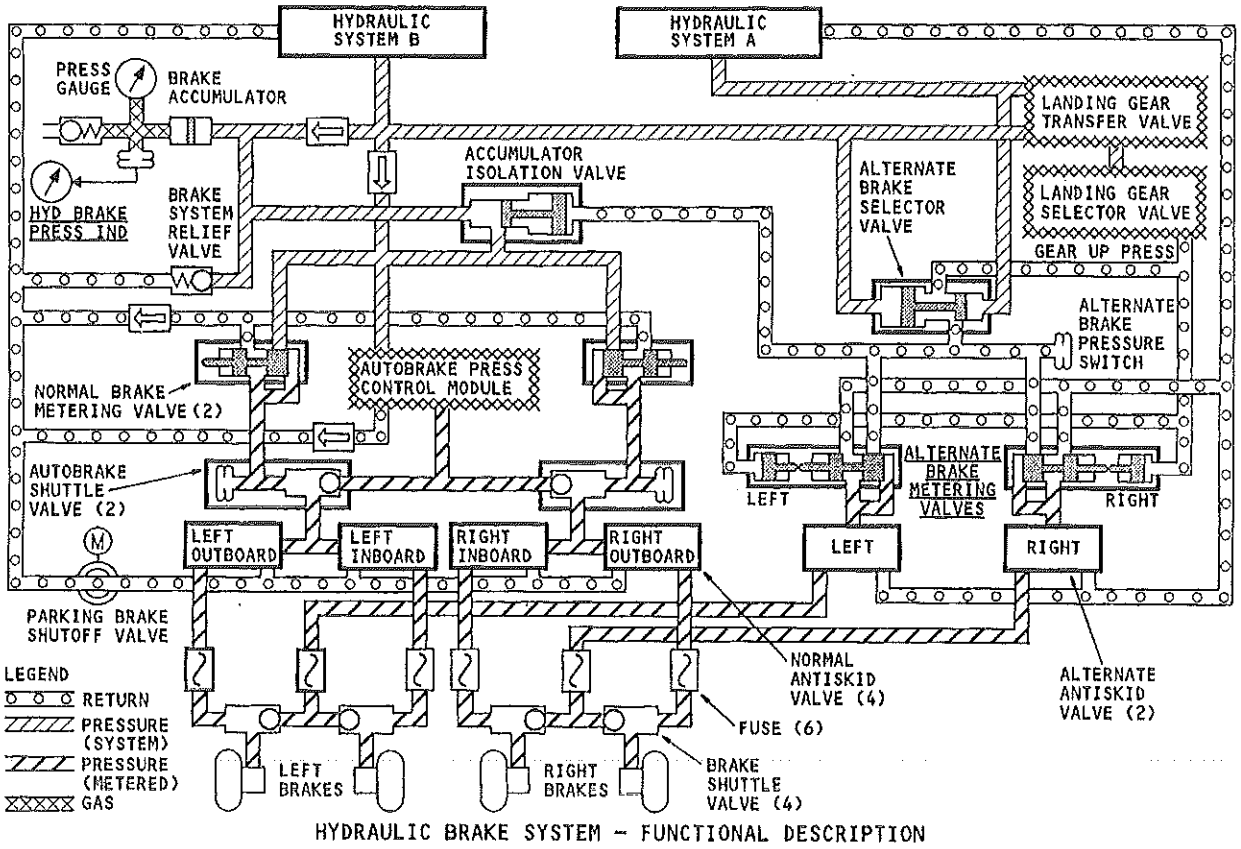
Anti-skid-generatorene sjekkes i en testbenk med hensyn til riktig spenning ved bestemte omdreiningstall. Anti-skid-kontrollboksen sjekkes også for korrekte elektriske verdier. Elektriske målinger gjelder også for feilsøking i forbindelse med det automatiske bremsesystemet (autobrake-systemet). Normalt vil elektriske komponenter bli skiftet ut, og de nye komponentene blir testet etter montering. Komponentene overhales og repareres ved et spesialverksted.



Figur 3.85. Auto brake- og anti-skid-komponenter.
a) Hvilke elektriske signaler leveres til systemet ved riktig operasjon?
b) Left outboard-bremsen og -hjulet har en tendens til å låse seg. Hva kan være årsaken?

En utvendig lekkasje på de hydrauliske komponentene i bremsesystemene (for eksempel bremsekontrollventilen og anti-skid-kontrollventilen) vil normalt bli oppdaget visuelt og utbedret. Innvendig lekkasje i komponentene blir indikert ved at det kommer olje fra bestemte dreneringsåpninger, eller oppdages ved å kople fra returporter og/eller leveringsporter for å observere mengden av oljegjennomgang. Årsaken til innvendig lekkasje er som regel slitte o-ringer.

Bremseakkumulatorer (nødakkumulatorer) finnes i enkelte systemer for å kunne operere bremsene dersom det er feil i det hydrauliske systemet. Inspeksjon av pre-charge og opplagret hydraulikktrykk blir foretatt ved faste intervaller. Trykkbrytere gir indikasjon til cockpiten ved for lavt trykk. Årsaken til trykkfallet kan være innvendig lekkasje i akkumulatoren (se avsnittet om akkumulatorer) eller lekkasje over enveisventilene inn på akkumulatoren eller gjennom kontrollventilen ut av akkumulatoren.



Figur 3.86
a) Bremsetrykkindikatoren viser 0 psi når hydraulikksystemet ikke er i drift. Er dette riktig?
b) Når vil «shuttle»-ventilene operere?

Bremseakkumulatorene har eksterne trykkindikasjonsmålere for visuell inspeksjon.

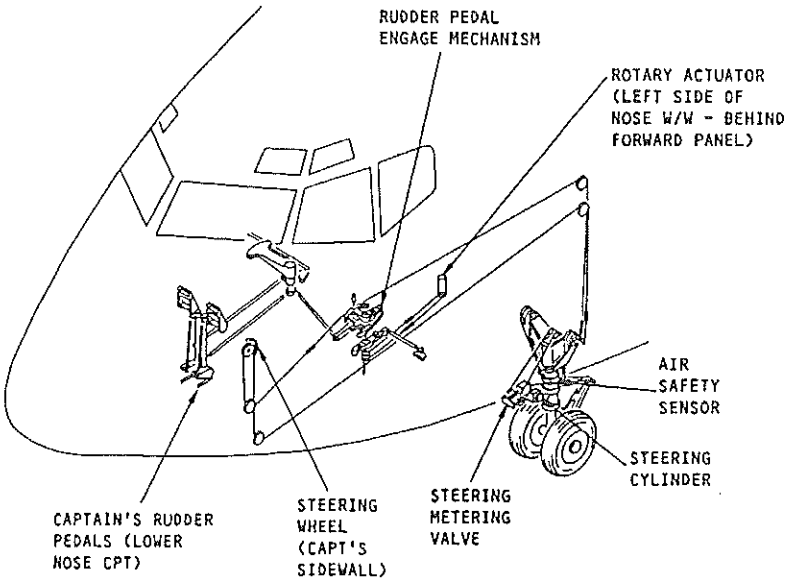
Det er lite ønskelig at hjulene skal rotere i hjulbrønnen etter en «retraction» (etter at hjulene er hevet/innfelt). Det kan gi store vibrasjoner og gyroeffekt. For å hindre dette stoppes rotasjonen ved at felgkanten presses mot en «bremsekloss», eller ved at man trykksetter bremsene på hovedhjulene. Hydraulikktrykket hentes fra understellets hydrauliske opp-krets og er dermed ikke kontrollert fra cockpiten. Store vibrasjoner etter at understellet er innfelt, krever en sjekk av disse systemene. Bremseklossene for felgen skiftes ved en bestemt slitasjegrense.

Det er heller ikke ønskelig at flyet lander med låste hjul (flygeren presser pedaltoppen). For å hindre dette er den elektriske kontrollkretsen som åpner for hydraulikktrykk til bremsesystemet, enten koplet i serie med WOW-brytere (weight on wheel) (det tilsier at flyet er på bakken) og/eller at hjulene må få signaler fra anti-skid-generatorene (det tilsier at hjulene roterer). Problemer med «skalking» av dekk gir grunnlag for å sjekke dette systemet. Skalking kan også forårsakes av vannplaning. Da er ofte gummien «kokt» som følge av temperaturen som oppstår.

Styringssystemet

Moderne styringssystemer er mekanisk/elektrisk kontrollert og hydraulisk operert. Hydraulikktrykk hentes ofte fra understellets ned-side og blir levert til styreenheten via en stengeventil. Stengeventilen kontrolleres fra en bryter i cockpiten i serie med «weight on wheel»-brytere på neseunderstellet. Uten vekt på neseunderstellet skal ikke styringen være innkoplet. Fra pedalene/styrerattet er det wireoverføring eller elektrisk overføring for å kontrollere reguleringsventilene på styreenheten.

En «follow-up»-mekanisme (mekanisk eller elektrisk) sørger for at nesehjulsutslaget står i forhold til pedalbevegelsen og/eller inputen på styrerattet. Ved bruk av pedaler er utslagene på nesehjulet vesentlig mindre enn ved bruk av styrerattet. Når flyet er i luften eller oppjekket, vil neseleggen (shock-strut) ha full utskyvning, og en mekanisk regulering vil sørge for at nesehjulet er sentrert før landing. For å engasjere styringen og kontrollere den med pedalene må også pedalene være i nøytral posisjon (sentrert). Sammenkoplingen kan da skje via en clutch i styreenheten. På den måten hindrer man at nesehjulet har et utslag til siden dersom piloten skulle gi store siderorsutslag. Indikasjon på at styringen er elektrisk engasjert, kan gis med et lys i cockpiten.



Figur 3.87
Hva er viktige inspeksjonspunkter i overføringssystemet fra pedalene til styreaktuatoren?

Fra kontrollventilene får hydraulisk dobbeltvirkende aktuatorer tilført regulert hydraulisk trykk og mengde, som så blir omsatt til en mekanisk påvirkning av nesehjulet via en «nose wheel torque link».

På noen fly tilføres hydraulisk trykk til en hydraulisk motor, som igjen er koplet til et transmisjonssystem. Derfra er det en mekanisk overføring til bevegelsen av hjulenheten. Innkopling av nesehjulssystemet gir som regel en indikasjon i cockpiten.

Her følger noen eksempler på problemer med styresystemet og mulige årsaksforhold:

- Treg styring:
  Tregheten kan skyldes feil med rigging av mekaniske overføringer, skade på overføringslinker, feil ved hydrauliske ventiler, aktuatorer eller motor, for lavt hydraulikktrykk (f.eks. tette filtre).

- Vibrasjoner i neseunderstellet når det er i kontakt med bakken (shimmy):
  Vibrasjonene kan skyldes mekanisk slakk i overføringer/struktur på neseunderstellet, feil servicing av shock-strut, feil dekktrykk, ubalanse i hjul og/eller felg, slakk i lageret på nesehjulet, hydraulisk feil i forbindelse med dempeeffekten på nesehjulet, eller luft i det hydrauliske styresystemet.
  Problemet kan også komme av feil ved hovedunderstellet (f.eks. slakk i ledd og oppheng).

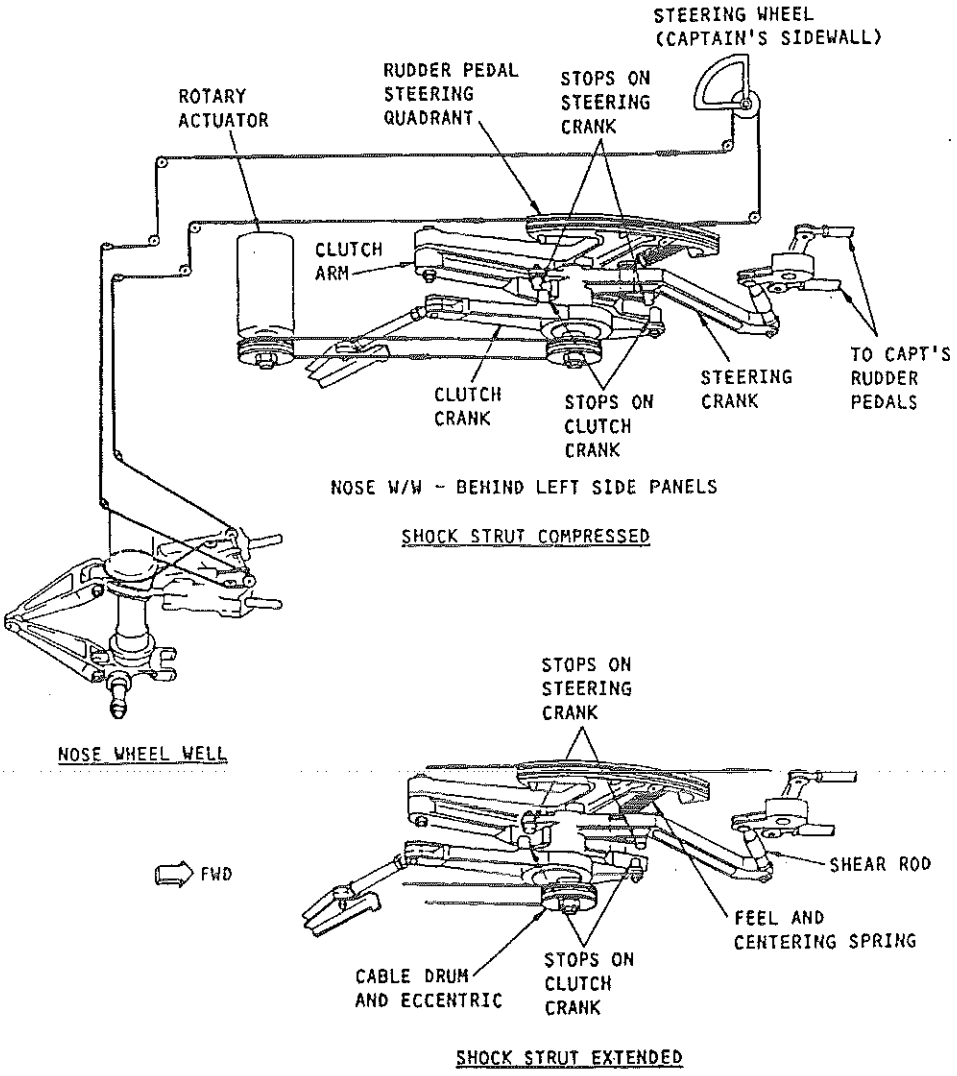
- Flyet trekker til en av sidene enten før styringen er engasjert eller når styringen er engasjert og med pedalene i nøytral posisjon:
  Det kan komme av hovedhjulsbremser som henger eller feil med wire-rigging fra pedalene til styreenheten.

- Styringen fortsetter å bevege seg etter at pedalbevegelsen er stoppet:
  Det kan skyldes feil med hydraulikk-kontrollventilen, som muligens «henger».

- Mekanismen beveger nesehjulet med flyet «i luften»:
  Den elektriske kontrollkretsen er aktiv.
  Stengeventilen stenger ikke.
  Clutchen henger.

- Styringen gir ikke tilstrekkelig utslag til en av sidene eller til begge sidene:
  Mangel på utslag kan skyldes feil i kontrollventilen, feil ved riggingen eller feil ved hydrauliske komponenter.

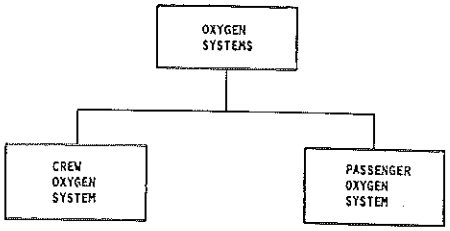
- Vanskelig å få koplet styringen inn/ut:
  Det kan skyldes feil med komponenter i den elektriske kontrollkretsen eller feil med clutchsystemet.



Figur 3.88
Hva skjer i systemet dersom «feel and centering spring» ikke fungerer?

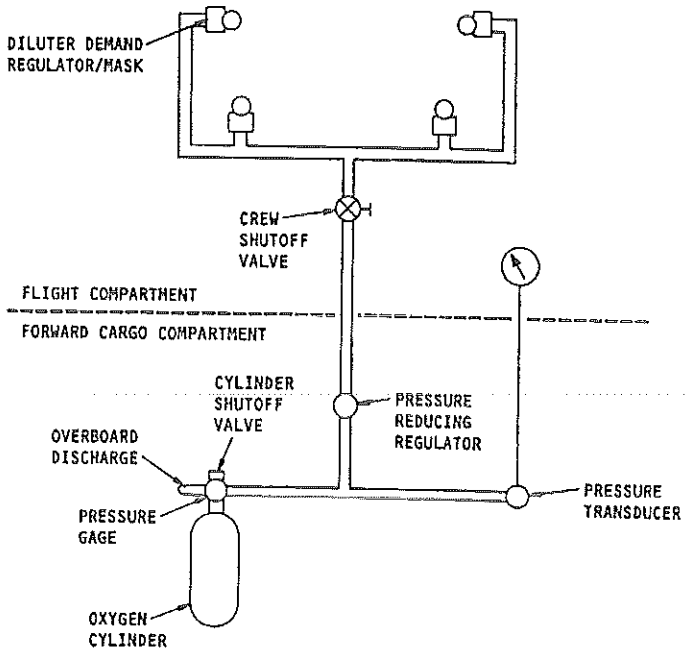
Oksygensystemer (Oxygen systems, ATA 35)

Uansett hvilken operasjonshøyde et fly har, er det påbudt med tilfredsstillende tilførsel av oksygen. For et passasjerfly vil et funksjonsdyktig airconditioning-system opprettholde en lufttetthet som gir et tilfredsstillende oksygennivå. Skulle kabintrykket bli redusert slik at oksygennivået blir for lavt, skal nødoksygen være tilgjengelig for besetningen og alle passasjerene. I tillegg skal pilotene ha muligheter for oksygentilførsel ved behov. Bærbare (portable) oksygenflasker skal også være tilgjengelig.



Figur 3.89
Oksygensystemet fordeles til passasjerene og mannskapet. I tillegg er bærbare oksygenflasker tilgjengelig.

Oksygen kan medbringes i flytende form, bli produsert av oksygengeneratorer eller være komprimert på trykkbeholdere. Oksygenlevering til passasjerene er kontrollert av en konstant-mengde-regulator, som sørger for kontinuerlig levering av oksygen til maskene. For pilotene kan det være en oksygenregulator som leverer etter behov (demand reg.), og der oksygenet kan blandes med kabinluft om det er ønskelig (blandingen varierer med kabinhøyden). Regulatoren gir muligheter for valg av modus: variabel blanding eller hundre prosent oksygen. Regulatoren kan også levere med overtrykk, «emergency» (ikke demand).



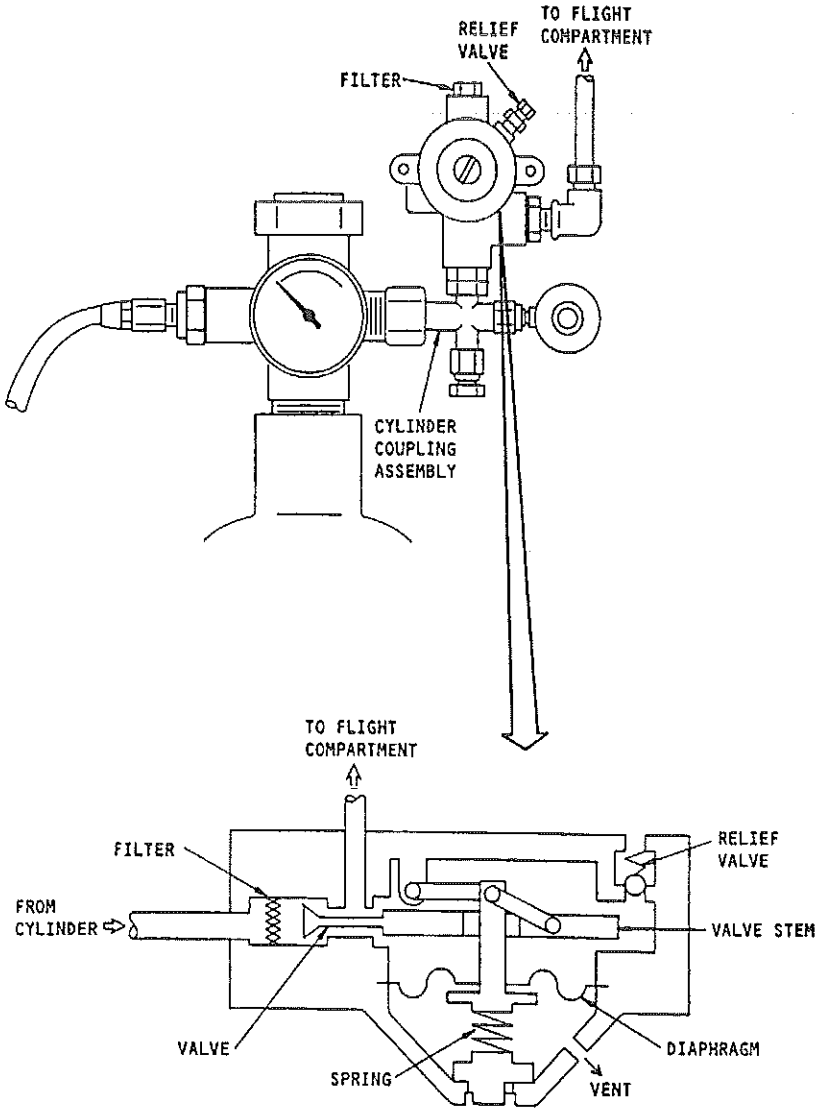
Figur 3.90
Mannskapet får tilført oksygen via «deluter demand»-regulatorer. Hva skiller dem fra «constant flow»-regulatorer?

For passasjerene skal oksygenmaskene med oksygentilførsel gjøres tilgjengelig ved manuell utløsning fra pilotene i cockpiten, fra mannskapet (crew) i kabinen eller ved automatisk utløsning som følge av et fall i kabintrykket.

Generelle vedlikeholdspunkter i oksygensystemet
Varselet om røyking forbudt, NO SMOKING, gjelder for alle oksygensystemer.

For systemer med flytende oksygen gjelder dette:
- Påfylt oksygen skal være rent og kontrollert.
- Koplinger og områder i nærheten av systemet skal være rene og fri for olje og fett, likeså klær, verktøy, hender og området generelt. Olje og fett skaper eksplosjonsfare i kombinasjon med oksygen.
- Fylling av tanken skal foretas av autorisert personell med foreskrevet verneutstyr og på dertil bestemte områder (se MM). Jordingsforbindelser er påkrevd.
- Lekkasje i tanken eller i koplinger på tanken indikeres ved is-/frostsymptomer der lekkasjen er.

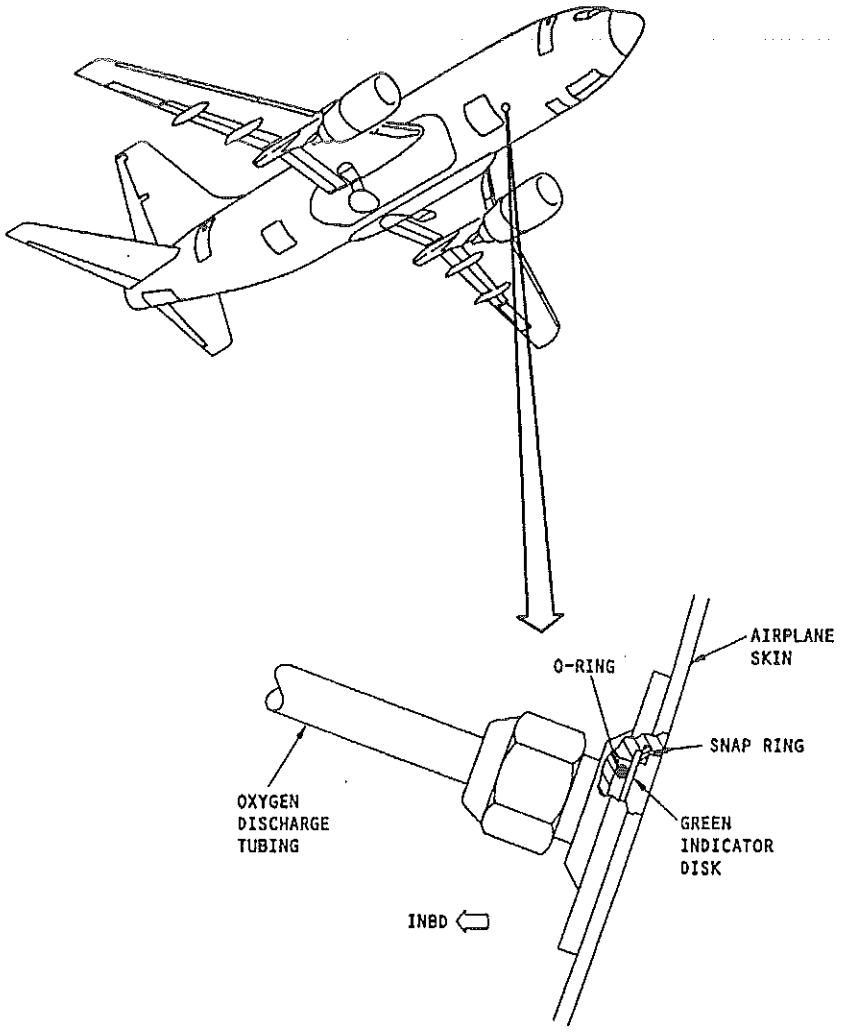
- Reduksjon i oksygennivået forekommer på grunn av oppvarming og ekspansjon. Dette skal imidlertid være innenfor visse grenser.
- Tanken har et minimumsnivå da den skal skiftes ut eller etterfylles.
- Systemet skal ha overtrykk. Blir systemet «tomt», er det fare for kondensering. Systemet skal da renses («purges»). Oksygen, nitrogen eller en annen gass, se MM, sendes gjennom tanken og alle rør og slanger, inkludert regulatoren.
- Rensingen gjelder også etter utskifting av komponenter, rør og slanger i systemet eller etter frakoplinger.
- «Diluter-demand»-regulatoren har en hvit/gul «blinker» som normalt kommer til syne ved gjennomstrømning av gass til masken. Den kan også indikere lekkasje i regulatoren eller i etterfølgende slanger og koplinger.
- Tendenser til hypoksi kan skyldes lekkasje i systemet eller feil ved regulatoren (misforhold mellom oksygen fra tanken og i kabinluften i forhold til kabinhøyden).
- Regulatorene er HT-komponenter.



Figurene 3.91
Hva skjer i systemet om det blir hull i belgen (diaphragm) på regulatoren?

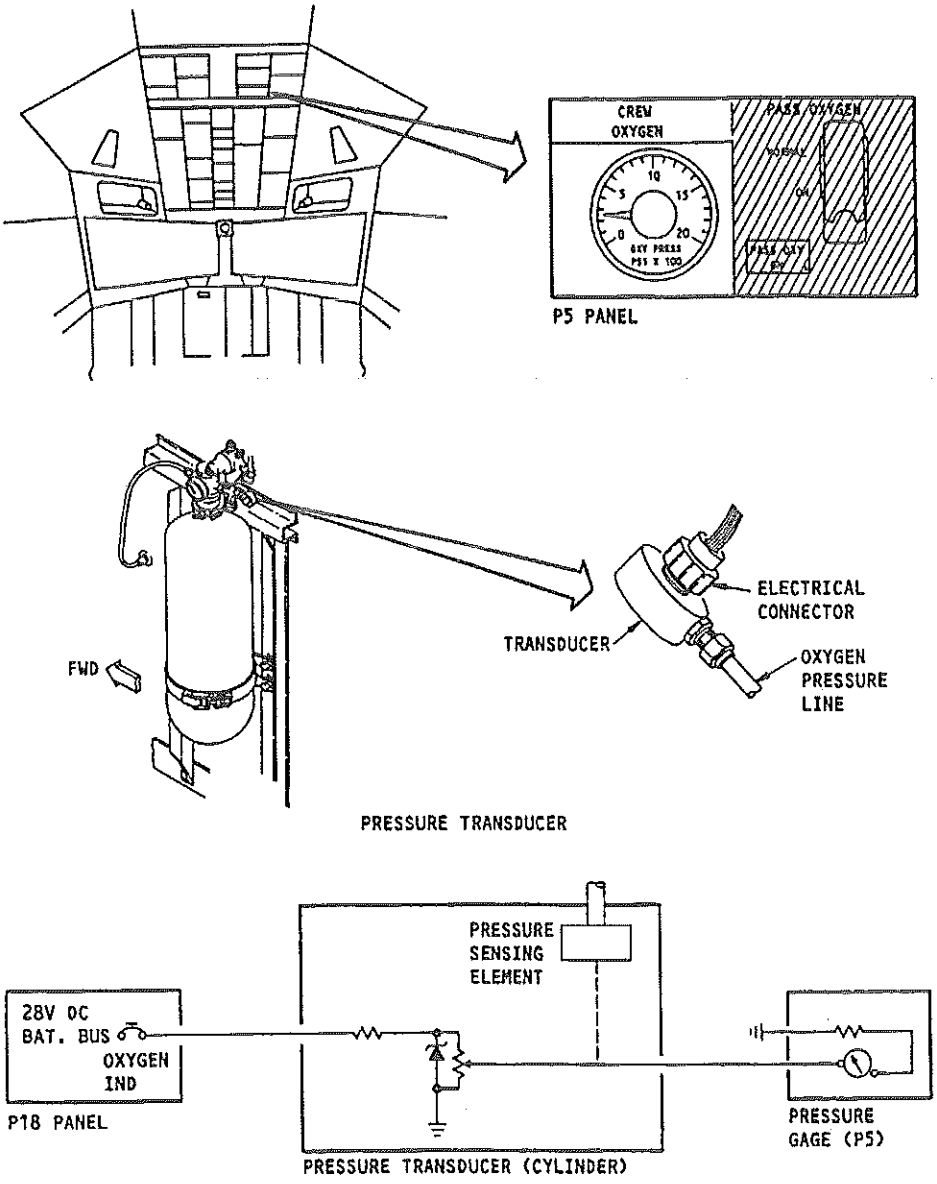
For systemer med komprimert oksygen på trykkflaske:

- Beholdere, koplinger, rør, slanger og komponenter skal være rene og frie for olje og fett, likeså klær, verktøy, hender og området generelt. Olje og fett skaper eksplosjonsfare i kombinasjon med oksygen.
- Påfylt oksygen skal være rent og kontrollert.
- For diluter-demand-regulatorene til pilotene gjelder det samme som nevnt ovenfor. For passasjerene benyttes «constant flow»-regulatorer.
- Regulatorene skiftes ved faste intervaller (HT-komponenter).
- Systemet skal ha overtrykk. Blir systemet «tomt» eller trykket er for lavt over et visst tidsrom, er det fare for kondensering. Systemet skal da renses, «purges» (oksygen/nitrogen eller en annen gass, se MM, sendes gjennom tanken og alle rør og slanger, inkludert regulatoren).
- Rensingen gjelder også etter utskifting av komponenter, rør og slanger i systemet, eller etter frakoplinger.
- Systemet sjekkes for lekkasje ved hjelp av en spesiell væskeblanding (se MM). Systemet skal selvfølgelig være trykksatt.
- Ekstern «discharge»-indikator sjekkes daglig.



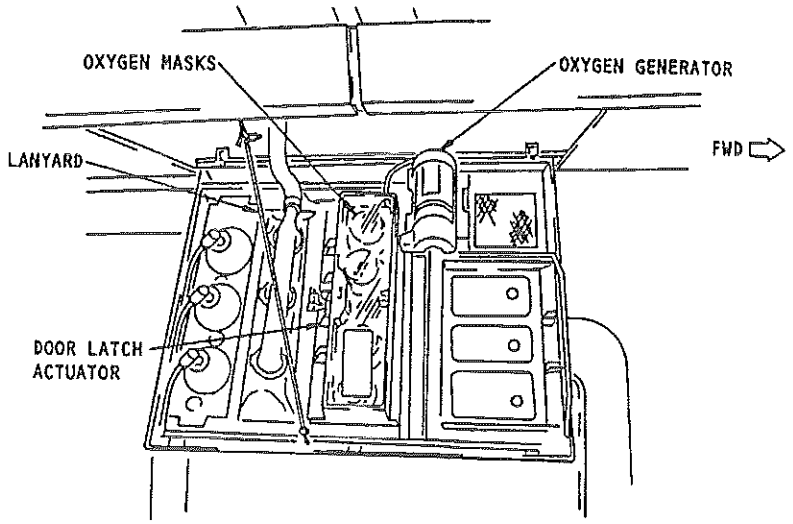
Figur 3.92
Hvilken tilstand har systemet dersom «oxygen indicator disk» er «blåst ut»?

- Kabel- og terminaloverføringer fra cockpiten til stengeventiler sjekkes i henhold til MM.
- Stengeventiler sjekkes for korrekt funksjon i åpen og stengt stilling, og for riktig kabeltrekkraft (ved manuell utløsning).
- Ved elektrisk utløsning sjekkes ledningsnett, kontakter og elektriske verdier.
- Isobarisk kabintrykkutløsningsmekanisme skiftes som HT.
- Åpningsmekanismer for luker over passasjerer (kan bli åpnet av oksygentrykket) sjekkes ved operasjonssjekk av systemet.



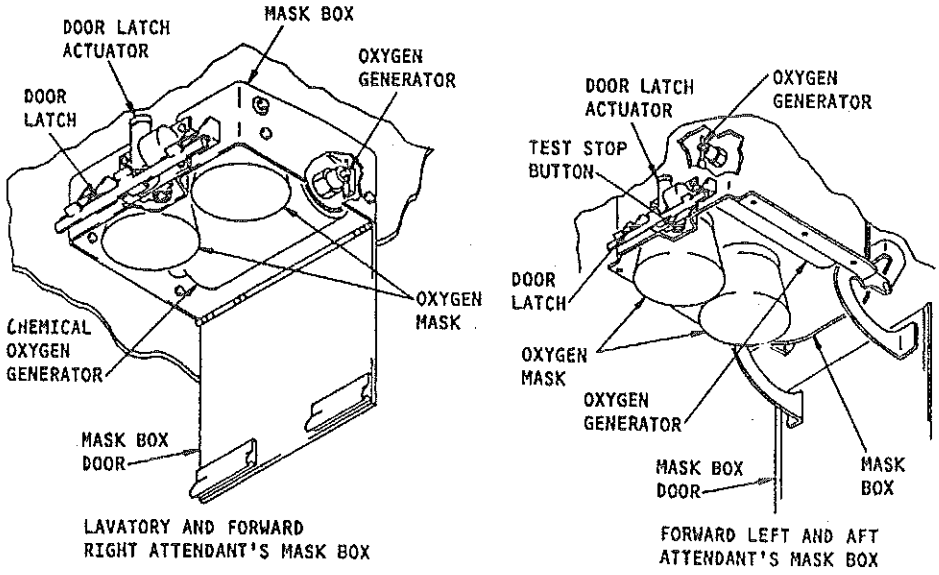
Figur 3.93
«Crew oxygen»-indikator i cockpiten viser 0 psi. Hva kan være årsaken til det?

Systemer med kjemiske oksygengeneratorer



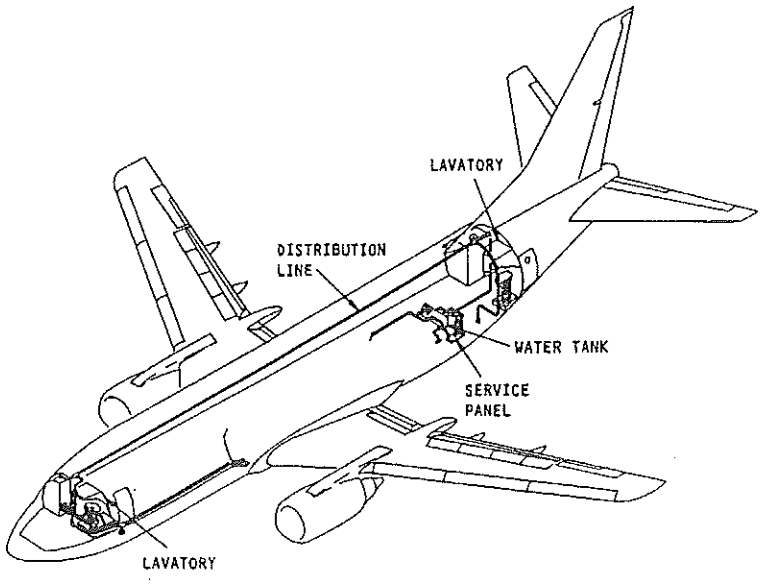
Figur 3.94
Passasjeroksygenenhet.

- I enkelte fly blir nødoksygen levert til pilotene fra en trykkflaske via regulatorer (nevnt ovenfor), mens passasjerene får oksygen fra kjemiske oksygengeneratorer.
- Passasjeroksygenmasker utløses elektrisk, enten fra cockpiten ved behov eller ved kabinhøyde over et visst nivå (f.eks. 14 000 fot). Dette skal gi indikasjon i cockpiten.
- Oksygengeneratoren starter oksygenproduksjonen idet masken tas i bruk (vi trekker ut en «firing pin»).
- Temperaturen på overflaten av generatoren kan bli meget høy. En temperaturstripe vil vise om generatoren har vært i bruk (viser høy temperatur), ved at stripen forandrer farge fra oransje til svart. En brukt generator kan ikke brukes på nytt, den kan ikke lades opp igjen (recharge).
- Husk å sikre generatoren med en sikkerhetspinne (med flagg) ved vedlikeholdsarbeid.
- (Sikkerhetspinnen settes i «firing pin« så den ikke kan trekkes ut.)
- Husk å fjerne sikkerhetspinnen (med flagg) etter vedlikeholdsarbeid!
- En generator som har synlig skade, skal ikke monteres i flyet, heller ikke dersom man har mistanke om slag- eller fallskade.
- Ved test av oksygensystemet vil åpning av lukene være påkrevd. For å hindre at maskene skal falle helt ut, vil en testknapp bli aktivert på hver luke. Den gir luken bare en begrenset åpning (mekanisk stopp). Etter testen lukkes luken, og testknappen aktiveres igjen for å resette åpningsmekanismen.
- Hver luke kan åpnes manuelt med spesielt verktøy i forbindelse med vedlikehold.



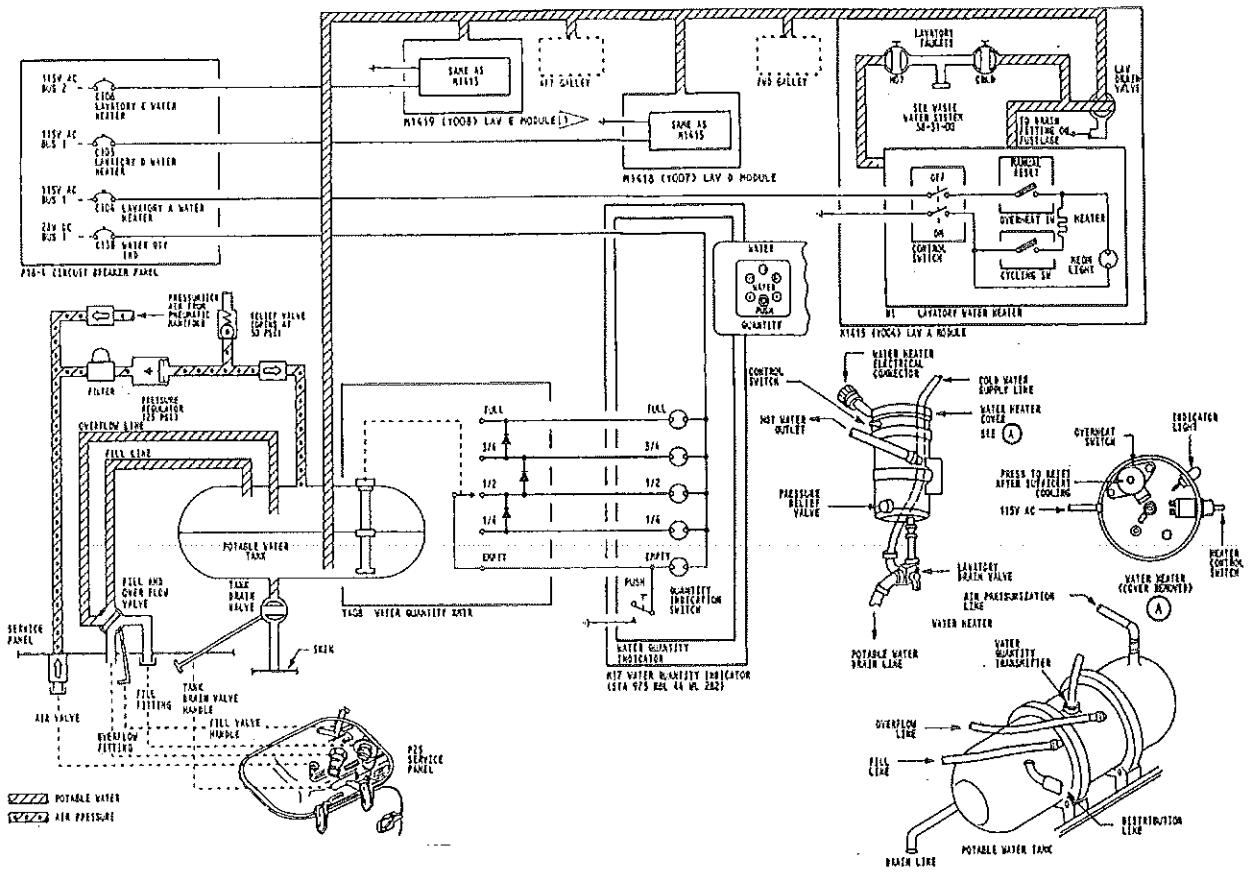
Figur 3.95
Det er mulig å teste utløsingen av lukene uten å aktivere oksygengeneratorene. På hvilken måte kan vi gjøre det?

Vann og spillvann (Water and waste, ATA 38)



Figur 3.96
Vann leveres fra trykktanken til flere områder i flyet.

Systemet skal ivareta leveranse og avløp av vann til og fra toaletter og kjøkken. Vanntanken (med renset vann) tilføres regulert og filtrert trykk som setter tanken under trykk, og vann distribueres til de forskjellige områdene. Tanken har nivåindikasjon. Tilkopling og kontroll for påfylling og tapping forgår på et eksternt servicepanel.



Figur 3.97
Tankindikasjonen viser full tank, men det kommer ikke vann ut ved noen av brukerstedene. Hva kan være årsaken til dette?

3.3 Korrosjonsfjerning, skadevurdering og utbedring

Dette kapitlet omhandler inspeksjon av korrosjonsskader, skadevurdering og utbedring. Fra materiallæren har vi kjennskap til de forskjellige korrosjonstypene, hvordan de oppstår og hvordan vi kan hindre korrosjon. Det er derfor en fordel å bruke materiallæreboken som tillegg til dette kapitlet.

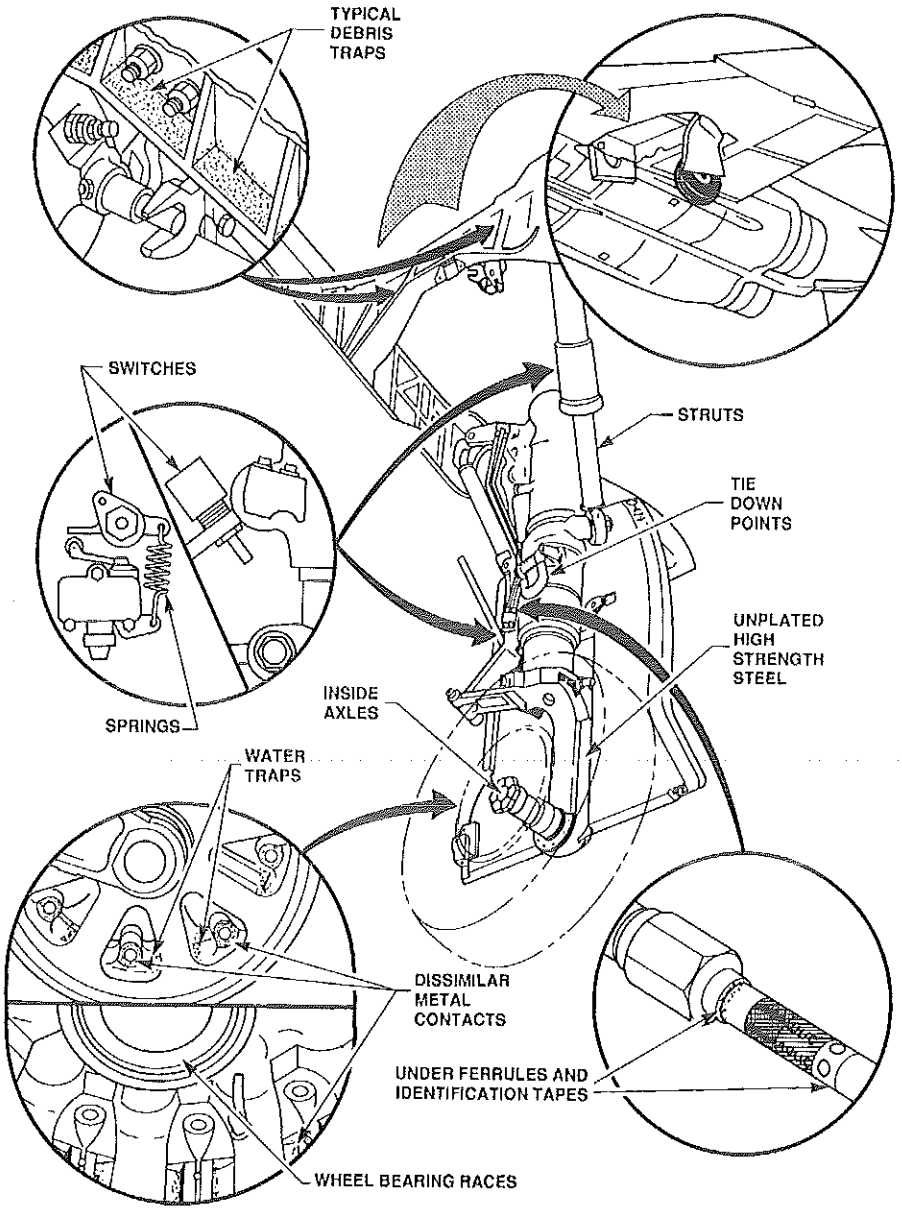
Vi repeterer imidlertid et par punkter:

- Korrosjon er en naturlig hendelse som angriper ustabile metaller og metallegeringer ved en kjemisk eller elektrokjemisk prosess, og gjør dem om til stabilt ikke-metall som gir oksider, hydroksider, sulfater osv.
- Det er fire forhold som må være til stede for at elektrokjemisk korrosjon skal oppstå. Det må være
  - et metall som korroderer og gir fra seg metallioner (anode)
  - et metall som er ulikt det første i forhold til spenningsrekken, og som ikke er så utsatt for korrosjon (katode)
  - et korrosivt medium (elektrolytt)
  - en elektrisk kontakt mellom anode og katode

  Fjerner vi ett av disse forholdene, vil en elektrokjemisk korrosjon ikke oppstå, eller den blir avbrutt.

Faktorer som påvirker korrosjonsprosessen:

- Type av metall
- Varmebehandling og kornretning
- Tilstedeværelse av andre metaller med andre spenninger
- Temperatur
- Tilstedeværelse av elektrolytt og type av denne
- Tilgjengelighet av oksygen
- Tilstedeværelse av biologiske organismer
- Mekaniske spenninger som påføres metallet
- Tiden metallet blir utsatt for korrosivt miljø

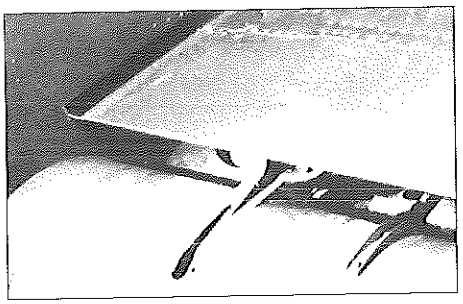


Figur 3.98
Områder i flyets understell som kan angripes av korrosjon.

Indikasjoner på korrosjonsangrep i metallstrukturen:

- Korrosjonsproduktet vises på overflaten (fargen varierer med metall/legering)
- Groper og tæringer i metallet
- Økt tykkelse på plater og strukturdeler
- Blæring under lakk og maling
- Sprukket maling/lakk rundt naglehoder
- Sprekker i metallflaten

Ethvert korrosjonsangrep innvirker på styrken i strukturen. De mekaniske spenningene vil øke som et resultat av reduserte materialdimensjoner og komme opp i verdier som metallet eller legeringen ikke er beregnet for. I tillegg kan mekaniske spenninger akselerere korrosjonsprosessen, og man kommer inn i en ond sirkel.



Figur 3.99
Det kan være vanskelig å inspisere enkelte områder for korrosjon. bl.a. på kontrollflater som trekkes inn.

Det er umulig å bestemme det totale omfanget av skaden før all korrosjon er fjernet og man kun har rent metall. Først da kan målinger foretas og relateres til flyets strukturmanual, for å finne informasjon om reparasjon er mulig, og i tilfelle hvordan den skal utføres. I noen tilfeller vil det være tilfredsstillende styrke i strukturen etter at korrosjonen er fjernet. Det videre arbeidet vil være å beskytte mot nye korrosjonsangrep i området. I andre tilfeller vil strukturen være så mye svekket at den må forsterkes. Og på spesielle områder vil man kunne finne at strukturdelene ikke kan repareres, men må skiftes i sin helhet.

Korrosjonstyper og utseende

Legeringer	Korrosjonstype den er mest utsatt for	Utseendet til korrosjonsproduktet
Aluminiums-legeringer	Overflatekorrosjon, gropkorrosjon, interkrystallinsk korrosjon og sjiktkorrosjon	Hvitt eller grått pulver, blærer i overflaten
Titanlegeringer	Svært korrosjonsfast. Viser svakhet overfor klorholdige væsker	Hvitt eller svart oksidbelegg
Magnesium-legeringer	Grop- og overflatekorrosjon	Hvit puddersnø og hvite flekker på overflaten
Lavlegert stål	Overflatekorrosjon, gropkorrosjon og interkrystallinsk korrosjon	Rødbrun rust
Rustfritt stål	Interkrystallinsk korrosjon, som regel et resultat av varmepåvirkning. Gropkorrosjon kan finnes i saltholdig miljø.	Uren overflate kombinert med antydning til rød, brun eller svart farge
Nikkelbaserte legeringer f.eks. inconel	Har generelt god korrosjonsfasthet	Skjær av grønt
Kopperbaserte legeringer, f.eks. bronse, messing	Overflatekorrosjon og interkrystalinsk korrosjon	Blå eller grønnfarget pulveraktig
Kadmium	Generelt god korrosjonsfasthet	Hvitt pulveraktig
Krom. Brukt som belegg på stål	Generelt god korrosjonsfasthet, men angripes i klorholdig miljø	Rust fra underliggende stållegering
Utbrent uran	Overflate- og gropkorrosjon	Svart pulveraktig. Blærer under maling/lakk. *Korrosjonsproduktet er helsefarlig. Sjekk MM og datablad*

Fjerning av korrosjon

Generelt

Flyets vedlikeholdsmanualer (MM, maintenance manual) vil gi konkrete opplysninger om korrosjonsfjerningsmetoder, tillatt verktøy og godkjente kjemiske stoffer.

Før arbeid med korrosjon starter, vil man normalt fjerne lakk og maling fra området ved hjelp av kjemiske midler. Delene og arbeidsområdet skal være rene. Fjerning av selve korrosjonen utføres enten ved mekanisk sliping/partikkelblåsing, ved kjemisk etsing eller ved en kombinasjon av disse metodene. Skriv ikke på metallet med grafittblyant eller skarpe gjenstander. (Grafitt er katodisk.) Ved merking av skadeområder eller ved «layout» brukes merkefarge som ikke skader metallflaten (gjerne vannløselig).

Skal arbeidet foregå slik at det er nødvendig å bevege seg oppå vingene eller flykroppen, skal sko og klær sjekkes for objekter som kan skade overflaten. Skulle likevel overflaten bli oppskrapt, skal skadevurdering foretas og eventuelle tiltak utføres.

Alvorlig korrosjon på bolter, skruer, skiver eller andre festeanordninger tilsier at de bør skiftes ut. Skade på beskyttelsebelegg (f.eks. kadmium) på disse utbedres i samsvar med MM.

Viktige punkter ved bruk av kjemiske midler:

- Unngå innånding av gasser. Sørg for skikkelig avtrekk eller bruk vernemaske.
- Gjør deg kjent med databladene for de kjemikaliene du skal bruke. Vær sikker på de tiltakene som gjelder om du skulle bli eksponert for disse stoffene.
- Ved blanding av kjemikalier, følg fabrikantens anvisninger nøye.
- Ved tynning av syre skal ALLTID syre helles i vann, IKKE vann i syre.
- Rent vann for nødbruk og skylling skal være tilgjengelig.
- Bruk hansker og briller eller visir. Kjemikaliene bør ikke komme på huden eller i øynene. (Se tiltak på datablad.)
- Ved blanding av kjemikalier kan det genereres varme. Bruk beholdere som er beregnet for dette.
- Mat og drikke skal ikke være til stede. Vask hendene godt før du spiser eller røyker.
- Apparater som kan gi gnister, bør ikke være i nærheten.
- Godkjent brannslokkingsutstyr skal være tilgjengelig.
- Behandlede deler skal være jordet når brannfarlige stoffer brukes.
- Ved søl av kjemikalier på utstyr, verktøy og liknende skal de skylles godt i vann og kjemikaliene om mulig nøytraliseres.
- Alt utstyr og verktøy rengjøres godt etter bruk.
- Sørg for at materialer som skal kastes, blir behandlet i forhold til gjeldende bestemmelser (spesialavfall).

Viktige punkter ved bruk av partikkelblåseutstyr og mekanisk bearbeiding:

- Under partikkelblåsing skal operatøren være fullstendig beskyttet på hendene, hodet og ansiktet.
- Delene skal være tørre og rene.

- Områder som ikke skal bearbeides, kan maskeres.
- Både blåsemunnstykket og delene som behandles, skal være jordet.
- Ved behandling av magnesium og magnesiumslegeringer er faren for antennelse stor. Vis stor forsiktighet og ha tilgjengelig brannslokkeutstyr beregnet for dette materialet.
- Titanlegeringer og HS-legeringer kan gi gnister under bearbeiding. Vis stor forsiktighet i forhold til brannfaren.
- Mekanisk sliping foregår med dertil egnet utstyr. Til håndsliping trengs: slipepapir av godkjent type, slipematter og metallull. Ved bruk av maskinelt utstyr skal man være oppmerksom på varmeproduksjonen. Hvis den blir for høy, kan det for andre metallets/legeringens egenskaper.
- Vær oppmerksom på grovheten i slipeverktøyet. Det kan fort slipes for mye.
- Slipeutstyr/verktøy som benyttes, bør ikke brukes på forskjellige metallsorter/legeringer. Metallpartiklene kan forårsake galvanisk korrosjon.
- Avslutt alltid med fint slipepapir/pasta for å få en slett og uskadet overflate.
- Unngå muligheten for spenningskonsentrasjoner i strukturen. Hjørner og kanter skal avrundes.
- Unngå å skade overflater som ikke er korrosjonsangrepet.
- Ved bruk av partikkelblåseutstyr, må man vise stor forsiktighet i forhold til trykk og avstand. Det kan også her fort fjernes for mye.

Metals or materials to be processed	Restrictions	Operation	Abrasive paper or cloth			Abrasive fabric or pad	Aluminum	Stainless steel	Pumice 350 mesh or finer	Abrasive wheel
			Aluminum oxide	Silicon carbide	Garnet					
Ferrous alloys	Does not apply to steel heat treated to strengths to 220,000 PSI and above	Corrosion removal or fairing	150 grit or finer	180 grit or finer		Fine to ultrafine	X	X	X	X
		Finishing	400				X	X	X	
Aluminum alloys except clad aluminum	Do not use silcon carbide abrasive	Corrosion removal or fairing	150 grit or finer		7/0 grit or finer	Very fine and ultrafine	X		X	X
		Finishing	400				X		X	
Clad Aluminum	Sanding limited to the removal of minor scratches	Corrosion removal or fairing	240 grit or finer		7/0 grit or finer	Very fine and ultrafine			X	X
		Finishing	400						X	
Magnesium alloys		Corrosion removal or fairing	240 grit or finer			Very fine and ultrafine	X		X	X
		Finishing	400				X		X	
Titanium		Cleaning and finishing	150 grit or finer	180 grit or finer				X	X	X

Figur 3.100
Slipemidler for korrosjonsfjerning.

Korrosjonsfjerning fra aluminiumslegeringer (korrosjonsproduktet er gråhvitt)

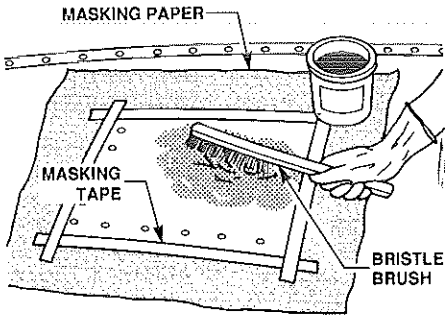
Området rengjøres og maling/lakk fjernes før behandlingen starter.

Mekanisk korrosjonsfjerning fra aluminiumslegeringer:

1 Vi kan slipe for hånd med aluminiumoksidpapir eller silisiumkarbid-slipestoff. Aluminiumsull, metallbørster (rustfritt stål) eller pimpstein er også brukbart.
2 Børste av rustfritt stål (spesielt beregnet for dette arbeidet) kan brukes om «tråden» ikke er for grov (over 0,010″ i diameter). Etter bruk av denne typen metallbørster bør overflaten først poleres med aluminiumoksidpapir med finhet nr. 60, så med finhet nr. 400.
3 Dette skal *ikke* brukes: stålull, stålbørste (ikke rustfritt), børster av kopperlegeringer, grove slipemidler eller smergelpapir.
4 Ved grove korrosjonsangrep vil en luftdrevet slipemaskin være aktuell. Slipematerialene er de samme.

Korrosjonsfjerning fra aluminiumslegeringer ved hjelp av partikkelblåsing (f.eks. glassblåsing):

1 Glassblåsing kan brukes for korrosjonsfjerning. Sjekk i forhold til MM at riktig partikkelstørrelse blir brukt. Partikkelblåsing brukes normalt for å fjerne moderat overflatekorrosjon.
2 For alclad-produkter skal utblåsningstrykket være 30–40 psi. For ikke-alclad-produkter skal trykket være 40–45 psi.
3 Tynne plater kan skades under prosessen.
4 Ved bruk av partikkelblåsing skal strålen ikke «ligge» på samme sted mer enn 15 sekunder.
5 Inspiser området. Det skal være rent og korrosjonsfritt.
6 Poler området med aluminiumsslipepapir nr. 400.
7 Rengjør området med et godkjent middel.
8 Vurder omfanget av skaden etter korrosjonsfjerningen. Referer til MM.
9 Påfør korrosjonshindrende middel.



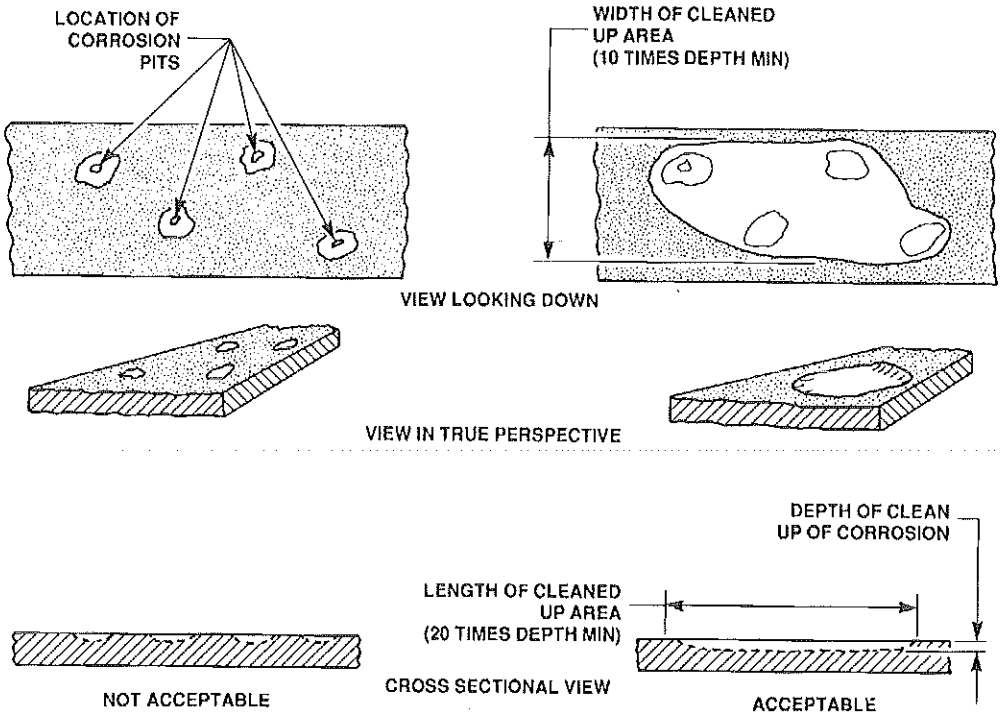
Figur 3.101
Rengjøring og fjerning av lakk og maling.

Kjemisk korrosjonsfjerning fra aluminiumslegeringer:

1 Se til at kjemikaliene ikke stikker seg mellom plateskjøter eller steder der det er vanskelig å spyle rent med vann. Masker deler som ikke skal komme i befatning med kjemikaliene.
2 Overflaten skal være fri for olje, fett og andre forurensninger.
3 Legg en godkjent kjemisk blanding på korrosjonsområdet med sirkulære bevegelser. Bruk pensel eller kost. Begynn på det laveste punktet om området er stort.
4 La blandingen virke en viss tid (beskrevet i MM). For bedre effekt kan blandingen være temperert, og man kan kombinere med mekaniske hjelpemidler som nylonpussematter o.l.
5 Skyll godt i rent vann.
6 Foreta ny behandling om korrosjon fremdeles er til stede.
7 Så snart korrosjon er fjernet, og området rengjort, etterbehandles området med alodine eller et tilsvarende middel.

ADVARSEL: Alodine er svært giftig og brannfarlig! Sjekk produktdatabladet! Unngå å få alodine på huden, i øynene, i munnen eller på klærne. Unngå å inhalere gass fra alodine. Bruk foreskrevet verneutstyr. Alodine skal ikke være i nærheten av gnister, flammer eller sterk varme.

8 Påfør overflatebehandling.



Figur 3.102
Eksempler på akseptabel og uakseptabel korrosjonsfjerning.

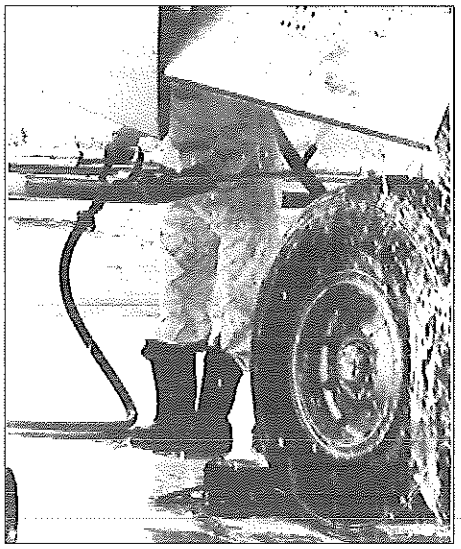
Korrosjonsfjerning fra magnesiumlegeringer

Magnesiumlegeringer får ikke et naturlig sterkt oksidsjikt, slik aluminium gjør. Det stilles derfor store krav til overflatebehandlingen. Korrosjonsproduktet opptar mer plass enn metallet, noe som gir forhøyelse under maling eller lakk, og sammenføyninger vil «svelle opp».

Mekanisk fjerning fra magnesiumlegeringer

Om mulig skal korroderte magnesiumsdeler fjernes og erstattes. Er ikke dette mulig, kan korrosjon fjernes etter følgende prosedyre:

1 Vær forsikret om at materialet er magnesium eller en magnesiumlegering (se MM).
2 Rengjør området.
3 Fjern maling og lakk om nødvendig.
4 Undersøk omfanget av korrosjonsangrepet og om det lar seg reparere uten utskifting.
5 Moderat korrosjon fjernes med slipematter, eller tilsvarende, av aluminiumoksid. Metallull av rustfritt stål eller aluminium kan brukes.



Figur 3.103
Luftfartøy må holdes så rene som mulig både for å hindre korrosjon og for å oppdage korrosjonsangrep.

6 Børster av rustfritt stål eller aluminium skal ikke ha «bust» med større diameter enn 0,010 tomme. Nylon eller fiberbørster kan også benyttes.
7 Etter bruk av børste skal området poleres med aluminiumoksid slipepapir nr. 400, så med nr. 600.
8 Pulver av pimpstein kan brukes for å fjerne korrosjonsflekker eller på tynne metalloverflater der et minimum av metall kan fjernes.
9 Om vi glassblåser området, må vi påse at glasskulene *kun* har vært brukt til behandling på magnesiumlegeringer.

Kjemisk fjerning av korrosjon fra magnesiumlegeringer
Magnesiumlegeringer tåler behandling med kjemiske korrosjonsfjernere.
1 Området avgrenses og isoleres fra øvrig struktur.
2 Overflaten må være ren og fri for olje, fett eller andre forurensinger.
3 Påfør korrosjonsfjerneren (10–15 % kromsyre) ved bruk av pensel eller kost som tåler syren.
4 Etter 1 minutt skrubbes området med nylon eller fiberbørste.
5 Skyll området med rikelige mengder vann.
6 Er ikke all korrosjon fjernet, utføres operasjonen på nytt.
7 Når all korrosjon er fjernet, fukter vi hele flaten med 15 % kromsyre og lar den virke i 2–3 minutter.
8 Skyll området godt.
9 Påfør hele området en løsning av natriumkromat for kromatisering. Virkningstiden er oppgitt i MM.
10 Spyl området med vann, tørk av og påfør overflatebehandling.

Fjerning av korrosjon på stållegeringer

Stållegeringer
Korrosjon på stållegeringer kan fjernes ved å bruke rustfri stålbørste, metallull av aluminium eller stål, partikkelblåsing eller filer. Gummitriser av silisium eller karbid- kan brukes ved maskinsliping.

HS-stål (high strenght steel)
Overflatekorrosjon på ståldeler som utsettes for stor belastning, utgjør en potensiell fare. Fjerning av korrosjonen skal skje så snart som råd er og på en forsiktig og godkjent måte. Korrosjonsskader i overflaten kan medføre styrkereduksjon som kan forårsake umiddelbare brudd.

Godkjente metoder for fjerning av korrosjon på HS-stål er ved forsiktig bruk av «svake» pussematter, finkornet slipepapir av aluminiumoksid eller metallull. MM kan også foreskrive andre fine slipemidler.

Ikke-godkjente metoder for korrosjonsfjerning på HS-stål inkluderer ethvert maskindrevet slipeverktøy. Fare for lokal overoppheting og sårskader vil gi skader og forandringer i legeringens egenskaper.

Ikke-godkjent metode er også kjemisk korrosjonefjerning om ikke annet skulle være foreskrevet i MM. Bakgrunnen er HS-stålets tendens til hydrogensprøhet.

Rustfrie stållegeringer
Vi skiller mellom to hovedtyper av rustfritt stål: magnetisk og ikke-magnetisk. Magnetisk rustfritt stål har ferritt- eller martensitt-struktur. Korrosjon på disse legeringene fjernes etter samme metode som beskrevet for HS-stål.

Ikke-magnetiske rustfrie stållegeringer (austenitt-stål) har mye bedre korrosjonsfasthet enn magnetiske rustfrie stållegeringer. Austenitt-stålets korrosjonsfasthet ligger i oksidfilmen som dannes på overflaten. Filmen bør ikke slipes bort, selv ved misfarging av overflaten. Orginalt er oksidfilmen dannet under produksjon ved passiviseringsmetoden. Skulle overflaten og oksidfilmen bli skadet, bør re-passivisering foretas. Ved korrosjonsangrep på rustfritt austenittstål bør delen skiftes ut. For øvrig viser vi til MM.

Fjerning av korrosjon på titanlegeringer
Titan og titanlegeringer er meget korrosjonsfaste på grunn av den sterke oksidfilmen som dannes når metallet kommer i kontakt med luft. Korrosjonsangrep på titanlegeringer kan være vanskelige å oppdage. Skulle korrosjon oppstå på titanlegeringer, er det vanligvis som gropkorrosjon.

Godkjente metoder for fjerning av korrosjon er ved bruk av rustfri stålull eller børste, finkornete slipematter med aluminiumoksid eller silisiumkarbid. Partikkelblåsing med finkornet glass eller aluminiumoksid med et bestemt regulert blåsetrykk og godkjent partikkelstørrelse kan også benyttes.

ADVARSEL: Partikkelblåsing av titan og titanlegeringer skaper gnister. Antennbare gasser må ikke være til stede.

Ikke godkjent metode er kjemisk korrosjonsfjerning bakgrunn på grunn av hydrogensprøhet.

Fjerning av korrosjon på deler belagt (pletert) med krom og nikkel
Krom og nikkel benyttes som beskyttelse på stållegeringer. Ved brudd i overflaten er beskyttelsen ødelagt. Bearbeidelse er begrenset til lett polering for å fjerne korrosjon og skape en fin overflate. Etterbehandling er påføring av beskyttelsesmiddel som er korrosjonshindrende. Poleringen må ikke redusere belegget under minimum tillatt tykkelse. Skulle så skje, skal delen skiftes. Delen kan leveres til et spesialverksted der den blir strippet og nytt belegg påført etter godkjente prosedyrer.

Fjerning av korrosjon på deler belagt med kadmium og sink
Kadmium og sink benyttes som beskyttelse på stål- og kopperlegeringer. Beskyttelse med kadmium oppnås ved en offerprosess der kadmiumbelegget blir angrepet i stedet for det underliggende metallet. Faktisk vil kadmiumbelegget fortsette å beskytte selv om det underliggende metallet skulle komme til syne. Skulle kadmiumbelegget bli ødelagt, og korrosjonsproduktet fra det underliggende metallet komme til syne, kan mekanisk bearbeiding foretas. Dette skal imidlertid begrenses til å bare fjerne korrosjon fra de områdene i det underliggende metallet som er angrepet.

Det er *ikke* godkjent med bruk av stålbørster. En kromsyreløsning kan benyttes for å hindre videre korrosjon. Området kan etterbehandles med primer tilsatt sink. Restaurering av kadmiumbelegg på mindre områder kan utføres med børsteplettering (Dalic eller Selectron).

Bruk av sinkplettering gir samme egenskap som kadmiumplettering. Skader i belegget skal vurderes og bearbeides på samme måte som for kadmium. Bruk av sink i sammenheng med flystruktur er imidlertid meget begrenset, og det utgjør normalt ikke noe problem innenfor flyvedlikehold.

Overflatebehandling

Overflatebehandling av aluminiumslegeringer

- Etter rengjøring behandles overflaten med Alodine. Alodine-behandlingen gir et forsterket oksidsjikt og skaper feste for grunnmaling. HUSK VERNEUTSTYR. ALODINE ER GIFTIG!
- Etter Alodine-behandling og tørking av denne, males overflaten med grunnmaling (FR-primer eller polyuretan mellomprimer).
- Påfør deretter polyuretanmaling eller epoksymaling.
- Før montering kan flatene påføres tetningsmiddel.
- Vask området og påfør godkjent konserveringsmiddel.

Overflatebehandling av magnesiumlegeringer

- Stryk 15 % kromsyreløsning over overflaten.
- Vask grundig med vann etter to minutter.
- Påfør overflaten grunnmaling (FR-primer eller polyuretan mellomprimer).
- Påfør deretter polyuretanmaling eller epoksymaling.
- Før montering kan flatene påføres tetningsmiddel.
- Vask området og påfør godkjent konserveringsmiddel.

Overflatebehandling på stållegeringer som ikke er rustfrie

- Bruk fosfatisering eller kromatisering.
- Påfør overflaten to lag med grunnmaling (FR-primer eller polyuretan-primer).
- Påfør deretter polyuretanmaling eller epoksymaling.
- Før montering kan flatene påføres tetningsmiddel.
- Bolter, fôringer og gjenger behandles med rusthindrende middel før montering.

Overflatebehandling av rustfrie stållegeringer

Rustfrie stållegeringer har en naturlig pasifisering av metalloverflaten (se læreboka i materiallære), men kan forbedre sin korrosjonsfasthet etter følgende metode (spesielt viktig i klorholdig miljø):

- Avfett området ved å påføre salpetersyre.
- Skyll godt med vann.
- Tørk overflaten ved luftblåsing.
- Påfør deretter to lag grunnmaling (FR-primer).

Rør av rustfrie stållegeringer kan korrodere under klammer, rørblokker og andre festepunkter. For å redusere risikoen for dette kan følgende metode benyttes:

- Påfør grunnmaling (FR-primer) på de områdene der klammer og rørblokker skal monteres.
- Området vaskes og påføres konserveringsmiddel som generelt vedlikehold med jevne mellomrom.

Overflatebehandling av HS-stål (high strength)

- Påfør et lag av porøst kadmium.
- Påfør grunnmaling (epoksymaling).
- Påfør deretter en toppmaling (epoksymaling).
- Ytterligere beskyttelse er å påføre tetningsmiddel før montering og dekke over dette med nylonlakk.

Midlertidig beskyttelse kan utføres ved å påføre et lag med sinkrik grunnmaling. Videre behandling må utføres innen 200 timer.

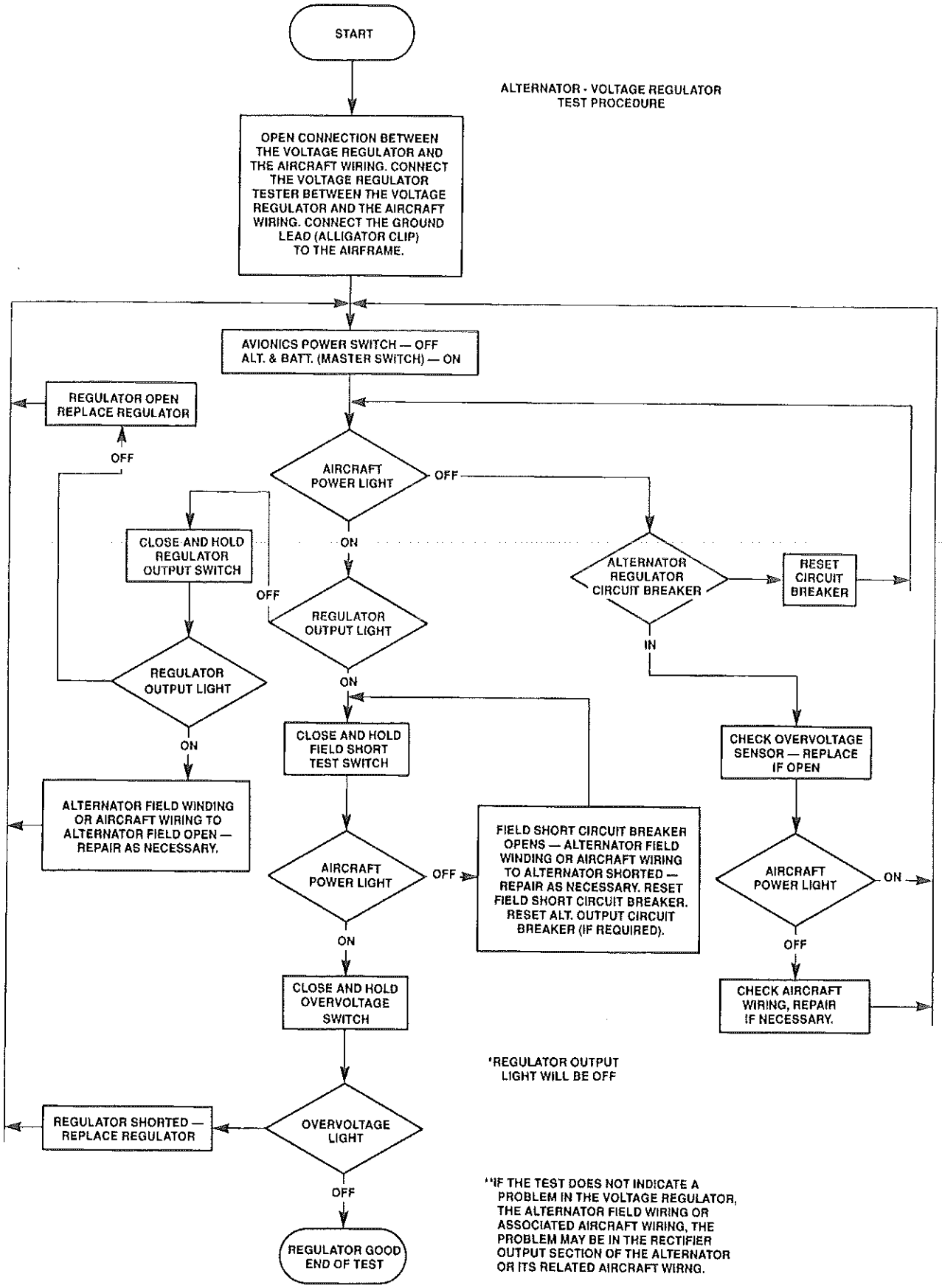
3.4 Prosedyrer for feilisolering (fault isolation manuals)

Filosofien ved feilisoleringsprosedyrer er å utføre tiltak (inspeksjoner, kontrollmålinger og utskifting av deler) for så i ettertid å vurdere konsekvensen av dette. Resultatet av inspeksjonen, målingen eller utskiftingen av komponenter forteller oss om vi er på riktig vei, eller om vi må gå andre veier. Vi kjenner dette igjen fra flytskjemafiguren i bok 1.

Framgangsmåten for å lokalisere feil er beskrevet i manualen «Fault Isolation Manual» (FIM), som er skrevet i henhold til ATA-100. Innenfor hvert system er det presentert et stort antall symptomer på feil og problembeskrivelser.

Kapitlene i FIM inneholder vanligvis også forklaringer og en del figurer og tegninger av systemkonstruksjonene. Dette gir bedre forståelse når manualen kommer med forslag til tiltak for feilsøking, og lokalisering av tilkoplingspunkter for å teste trykk, temperatur, elektriske verdier osv. I tillegg kan manualen vise til spesielle figurer i andre manualer og koplingsskjemaer (wiring diagrams). Henvisningene er i samsvar med ATA-nummerering. Kommer FIM med forslag om utskifting av komponenter, vil den henvise til manual og kapittel for demontering/montering og operasjonstest av komponenten.

Framdriften i feilsøkingsprosessen betegnes med henvisninger til tallkoder eller bokstavering. De første tallene eller bokstavene beskriver hovedområdet for problemet, og da det er flere veier å gå, vil undernummereringen eller bokstaveringen vise vei til de enkelte spesielle områdene i systemet og alternative forslag til løsning av problemene. Tilleggsopplysninger for å få riktig vurdering under feilsøkingen kan være part.nummer (delenummer) og/eller serienummer på komponenter, siden alternative modeller kan være montert eller modifikasjoner kan være utført på systemet og komponentene. Dette kan ha ført til forskjeller i trykkverdier, temperaturavlesninger, komponentfunksjoner, merking av ledninger og plugger osv. Resultatet blir at riktige verdier og funksjoner tolkes som feil, og dermed kan resultatet bli galt. FIM er et godt hjelpemiddel i vedlikeholdsarbeidet, men fratar deg ikke ansvaret for god systemforståelse og logisk tenkning.



Figur 3.104
Eksempel på et logisk flytskjema. Hvilke forskjellige feilårsaker kommer fram av skjemaet?

3.5 Testutstyr for avionikk

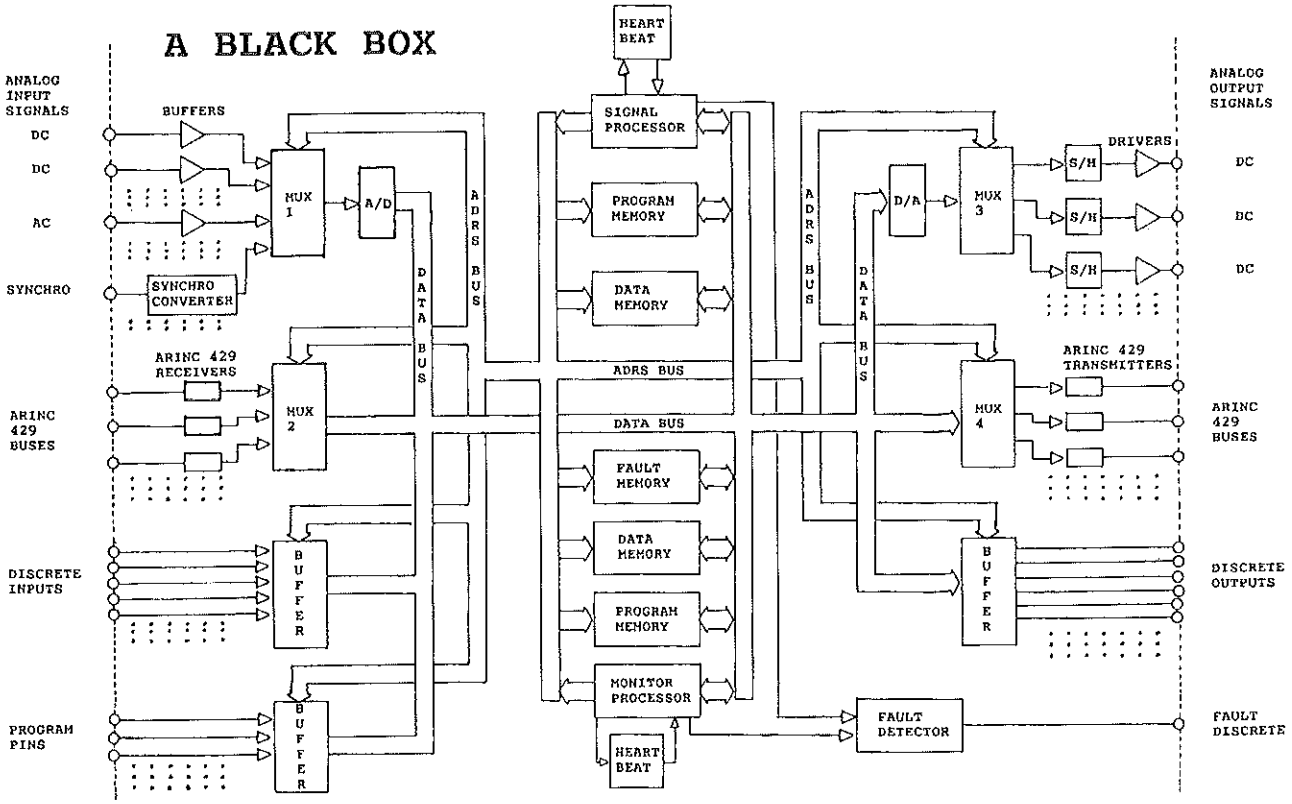
Testing av avionikk strekker seg over et stort område av forskjellige systemer, og testingen krever ulike former for testutstyr. Testutstyr for avionikk kan være alt fra et multimeter (beskrevet i boka Vedlikeholdsteknikk 1) til store computerstyrte teststasjoner for testing av kompliserte digitale og høyfrekvente avionikksystemer.

Gårsdagens avionikk var basert på analoge kretser som trengte mye ettersyn og justeringer, og kretsene kunne ha hyppig feilfrekvens. Disse systemene levde stort sett sitt eget liv i flyet uten å bruke eller avgi informasjon fra/til andre systemer.

Dagens avionikk er basert på digitale computerstyrte systemer som via databusser kommuniserer og utveksler data. Mange av systemene overvåkes av andre overordnede systemer, for eksempel «*Flight Management System*» *(FMS)*. Bruk av computerstyrt avionikk har gjort det mulig å bygge «*Built-In-Test-Equipment*» *(BITE)* inn i de enkelte systemene og inn i FMS.

På den måten kan systemene kontinuerlig teste seg selv mens flyet er i lufta, og teknikere kan kjøre mer omfattende tester på bakken uten å måtte demontere noen komponenter først. Feil som oppstår under en flytur, blir også lagret i et minne, slik at teknikerne i ettertid kan finne mer ut om når feilen oppstod, og hva som sviktet.

Built-In-Test-Equipment (BITE) – en kort forklaring



Figur 3.105

En svart boks kan teste seg selv ved at det er laget selvtestsekvenser i operasjonsprogrammet, som ligger lagret i EPROM-kretser. Testene kjøres med jevne mellomrom, for eksempel 20 ganger i sekundet. Under disse testene legger prosessoren i systemet ut kjente testverdier på databussen. Disse verdiene omgjøres til analoge spenningsverdier ved hjelp av D/A-omformerne som systemet ellers bruker i normal drift. Videre sendes disse verdiene til inngangene i systemet, gjøres om til digitale verdier igjen ved hjelp av A/D-omformere og hentes inn til prosessoren igjen. Er resultatet etter denne rundturen i systemet utenfor forhåndsbestemte grenseverdier, genererer prosessoren en feilmelding. Er feilen alvorlig, vil systemet stenge seg selv og overlate de viktigste oppgavene til andre backup-systemer.

På denne måten testes både inn- og utganger og det meste av et sammensatt system. I større sammensatte systemer, for eksempel «Flight Management System» (FMS), kan FMS-computeren kjøre tester av andre undersystemer på tilsvarende måte via bussene mellom de enkelte boksene.

Leverandørene av avionikkutstyr skryter gjerne av at 95 % av feilene skal kunne avdekkes ved å kjøre en BITE. Det de ikke sier, er at de resterende 5 % som BITE ikke finner, bruker en avioniker 95 % av sin arbeidstid på å finne. Brudd, kortslutninger og misstilpasninger i ledningsnettet i flyet har BITE problemer med å finne, så her må avionikeren i mange tilfeller bruke multimeteret og feilsøke på gammeldags vis.

Vedlikehold av avionikk kan deles inn i tre typer:

1 Vedlikeholdet kan skje direkte på systemene mens de er montert i flymaskinen. Det kalles «*Ramp testing*» på amerikansk eller *første linjes vedlikehold* i Luftforsvaret. Vedlikeholdet går i korthet ut på kjøre BITE eller teste med spesielt testutstyr og foreta utskifting av svarte bokser.

2 Vedlikeholdet kan også skje i form av testing av hele systemer eller deler av systemer på verksted. Det kalles «*Bench testing*» på amerikansk eller *andre linjes vedlikehold* i Luftforsvaret. Dette kan omfatte reparasjon av kablinger og plugger, feilsøking med testinstrumenter eller automatiske testestasjoner og utskifting av kretskort og eventuelt komponenter.

3 *Depotvedlikehold* foregår på spesialverksteder med begrenset fagfelt, eller hos fabrikanten av utstyret. Her går en helt ned på komponentnivå. Forbrukeren (flyselskapet) sender inn defekte bokser og får overhalte tilbake. Dette kalles også *tredje linjes vedlikehold* i Luftforsvaret.

Kategorier av testutstyr

Testutstyr for avionikk kan grovt sett deles i tre grupper:

1 **Vanlige instrumenter for testing av elektronikk generelt**
2 **Testinstrumenter for avionikk generelt**
3 **Spesialutstyr beregnet på en bestemt flytype, for eksempel jagerfly**

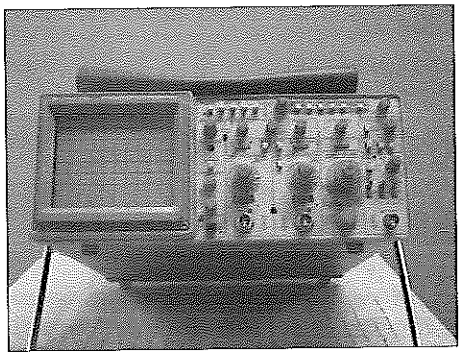
Vanlige instrumenter for testing av elektronikk generelt

Med dette mener vi instrumenter som ikke spesielt er utviklet for testing av avionikk. Vi nevner her noen typiske slike instrumenter og sier litt om deres egenskaper.

Strømforsyning
Likespenningsstrømforsyninger til verkstedbruk må kunne levere 20 A ved 14 V og 10 A ved 28 V. Slike strømforsyninger må også ha mulighet for strømbegrensning ned til 0 A.

For å teste synkrokretser, servokretser og mange typer instrumenter trenger vi strøm med 400 Hz (26 V og 115 V). Dersom ikke store strømstyrker er påkrevd, kan det på et verksted holde med en *inverter* som gjør om fra likespenning til stabil 400 Hz. Som 400 Hz-forsyning på fly kreves motorgeneratorer.

- *Lavfrekvensgeneratorer* (LF-generatorer) må kunne dekke området fra 20 til 20 000 Hz med en trinnløs variabel spenning fra 0 til 5 V.
- *Pulsgeneratorer* til digital feilsøking med PRF fra 1 Hz til 1 MHz er også et nyttig hjelpemiddel på et verksted. Generatorene bør ha TTL-utgang og variabel utgang fra 0 til 10 V.
- *Høyfrekvensgeneratorer* brukes til testing av forskjellige typer radiomottakere og må kunne dekke frekvensområdet fra 100 kHz til 150 MHz. Generatorene må også ha mulighet for amplitudemodulasjon (AM) og frekvensmodulasjon (FM). Signalstyrken ut fra disse er vanligvis fra –127 dBm til +13 dBm. Utgangsimpedansen skal være 50 W, siden dette er standard i høyfrekvent avionikkutstyr.

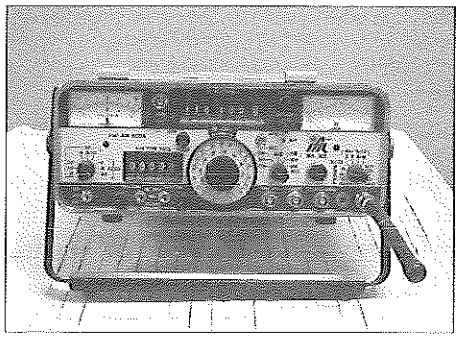


Figur 3.106
Oscilloskop

Oscilloskopet
Et av mest allsidige testinstrumentene for verkstedbruk er oscilloskopet. På oscilloskopskjermen kan vi få et bilde av ulike spenningsformer som funksjon av tiden. Instrumentet inneholder et katodestrålerør, og det bør derfor behandles forsiktig.

Vi kan måle størrelsen på spenninger fra likespenning til mange megahertz (MHz). Et oscilloskop til avionikkbruk bør takle frekvenser opptil 150 MHz. Videre kan vi måle periodetiden til et signal og derav frekvensen. Vi kan også måle pulsers stige- og falltid og faseforskjellen mellom to like frekvenser. Ved feilsøking kan vi dermed sjekke om signalene har riktig verdi. For å kunne utnytte oscilloskopet best mulig kreves det god kjennskap til instrumentets oppbygning, muligheter og begrensninger. Videre er god trening på bruken også av svært stor betydning.

Spektrumanalysatoren
Spektrumanalysatoren er et instrument som ved første øyekast likner på et oscilloskop. Den har også en CRT. Forskjellen er at frekvensen vises langs x-aksen, mens y-aksen viser spenningen, som på oscilloskopet. Vi får et bilde av hvilke frekvenser et sammensatt signal består av samt styrken på de enkelte frekvenskomponentene i forhold til hverandre.



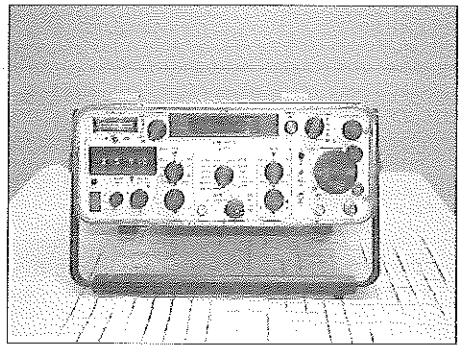
Figur 3.107
FM/AM-500/A

Testinstrumenter for avionikk generelt

Noen testinstrumenter er uavhengige av flytype og produsent av avionikken i flyet. Det eneste som må tilpasses er valg av testkabler og tilkoplinger til den aktuelle fabrikantens avionikkutstyr. Slike testere skal simulere signalene fra bakkestasjoner av forskjellig art og analysere hva de enkelte systemene i flyet sender ut. Slike testere kan vanligvis brukes direkte ved testing på flyet (ramp testing), og til testing på verksted (bench testing). Vi kan her nevne noen typiske testere og litt om deres egenskaper. Det forutsettes et visst kjennskap til de forskjellige systemene på forhånd.

VHF-kommunikasjon

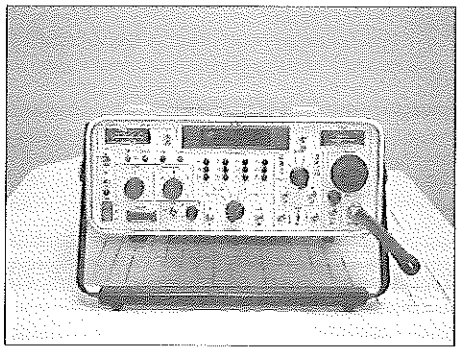
Et eksempel på testinstrument for kommunikasjon er FM/AM-500/A. Det er et bærbart testinstrument som kan brukes både med 230 V og batteri. Den kan fungere både som sender og mottaker for å kunne teste sendere og mottakere i flyet. Frekvensområdet er fra 100 kHz til 1 GHz, og vi kan velge mellom AM-, FM- og SSB-modulasjon. Vi kan enten legge inn en testtone mellom 100 Hz og 10 000 Hz eller bruke mikrofon ved sending. En kort antenne kan tilkoples ved testing direkte på fly.



Figur 3.108
NAV-401L

ILS

NAV-401L er en mye brukt tester for «Instrument Landing System» (ILS). Testeren har de samme fysiske dimensjonene som testeren ovenfor. Den kan simulere signaler fra en «Localizer» (LOC). Her har vi mulighet for simulere at flyet kommer midt i og ut til sidene for senteret av strålene fra en ekte Localizer. På samme måte kan vi simulere signalene fra en «Glide Slope» (G/S). Vi kan her simulere at flyet kommer inn midt i glidebanen og over eller under sentrum av strålene fra en ekte G/S på bakken. Videre kan testeren simulere «*marker beacon*». Da sender den ut 75 MHz amplitudemodulert med enten 400 Hz (Outer marker), 1300 Hz (Middle marker) eller 3000 Hz (Inner marker).



Figur 3.109
ATC-600A

VOR

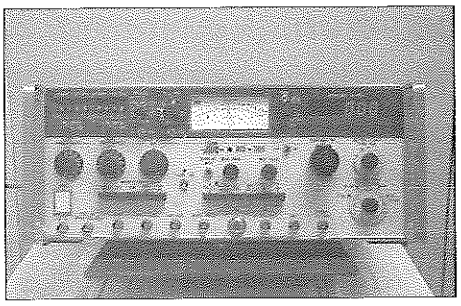
NAV-401L har også testfunksjon for VOR (VHF Omnidirectional Range). Her simuleres en VOR-bakkestasjon. En kan simulere bearing fra 0,0 til 359,9 grader. En bryter for TO/FROM-testing finnes også. For testing direkte på fly brukes testantenne.

ATC

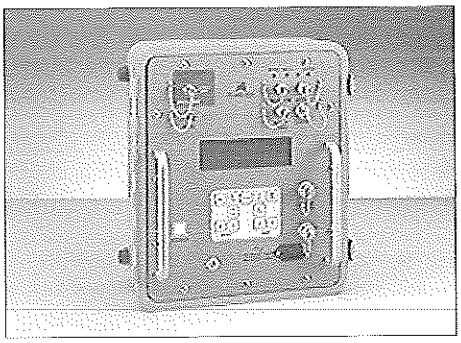
ATC-600A er et typisk testinstrument for «Air Traffic Control» (ATC). Testeren har de samme fysiske dimensjonene som testerne ovenfor. Den genererer bakkestasjonenes P1-, P2- og P3-pulser på en krystallstabiliser 1030 MHz. Den kan sende ut sivile Mode A (identitet) og Mode C (høyde) spørrekoder. På instrumentet kan en så avlese hva transponderen i flyet svarer, og sjekke om svarene stemmer. For å sjekke om transponderen i flyet undertrykker spørrepulser fra en sidelobe, kan en også simulere spørringer fra en sidelobe.

DME

ATC-600A inneholder også en tester for «Distance Measuring Equipment» (DME). Denne funksjonen skal simulere en DME bakkestasjon. Sammenslåingen av DME og ATC i en og samme tester skyldes at disse systemene ligge i samme frekvensområde.



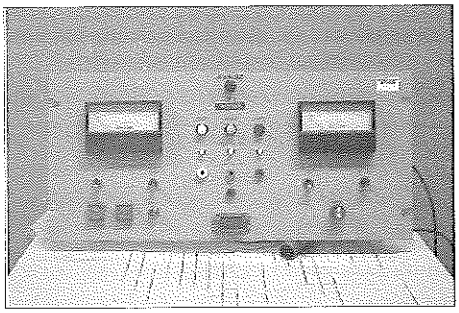
Figur 3.110
RD-301A



Figur 3.111
TCAS – 201



Figur 3.112
GPS-101 Satellite Simulator



Figur 3.113
Marker Beacon testpanel

Testeren opererer på kanal 17X og 17Y. Den kan simulere avstander fra 0 til 399 nautiske mil (NM) og hastigheter fra 50 til 2400 knop. Også dette instrumentet har en testantenne for bruk direkte på fly.

ADF
Til testing av «Automatic Direction Finder» (ADF-systemet) trenger man en HF-generator og en spesiell antennesimulator. På et verksted trenger man også et kontrollpanel og gjerne et oscilloskop.

Værradar
En radar sender ut høyfrekvente pulser med stor effekt. Radaren kan kjøres på bakken, under sikkerhetsmessige forhold, for å teste dens yteevne noenlunde. For å teste sendereffekt, frekvens, antall senderpulser per sekund (PRF), pulsbredde, følsomhet og nøyaktighet i avstandsbedømmelse kan en generell værradar koples opp mot en RD-301A. Dette er en tester for verkstedbruk. Her kjører vi effekten inn i en «dummy load», slik at strålingsfaren elimineres.

TCAS
«Traffic Alert and Collision Avoidance System» (TCAS) er et forholdsvis nytt system som skal hindre kollisjon mellom passasjerfly. Systemet sender og mottar informasjon til og fra nærliggende fly i luften. For å kunne teste systemet på bakken trengs et testeinstrument som både kan tolke opplysninger flyet sender ut og simulere signaler fra andre fly på kollisjonskurs. Et eksempel på et slikt testinstrument er TCAS – 201 som vist på figur 3.111.

GPS
«Global Positioning System» (GPS) er et satellittbasert navigasjonssystem som drives av det amerikanske forsvaret. Systemet er relativt nytt i flynavigasjonssammenheng.

Testutstyr for GPS er etter hvert kommet på markedet. Et eksempel på en slik GPS-tester er GPS-101 GPS Satellite Simulator. Med denne kan vi kjøre nøyaktige testinger av flyets GPS. En annen fordel er å kunne kjøre den samme testen flere ganger for å sjekke stabiliteten til flyets GPS. Hvis flyet står i en hangar, vil signalene fra satellittene bli for svake til at systemet kan testes naturlig. Da er også en slik GPS-tester til stor nytte. Videre kan signalstyrken fra testeren reguleres for å sjekke følsomheten til flyets GPS-mottaker.

GPS-101 er et testinstrument som er beregnet både til «Ramp testing» og «Bench testing»

Testpanel til ulike systemer
For verkstedbruk finnes en rekke forskjellige testpaneler for de ulike avionikksystemene. Disse testpanelene erstatter kontrollboksene som sitter i flyets cockpit. Noen av avionikksystemenes sentrale målepunkter er også tilgjengelig på panelet. Fordelen med å ha slike testpaneler til verkstedbruk, er at vi kan bruke samme testpanelet på for eksempel ulike typer Marker Beacon-mottakere. Vi må bare sørge for å ha den riktige kabelen mellom testpanelet og utstyret som skal testes. Testkablene er tilgjengelig fra de samme fabrikantene som produserer testpanelene. Det finnes for eksempel testpaneler for COM, Marker Beacon, ATC, DME, NAV og ADF. På figur 3.113 ser vi et Marker Beacon-testpanel fra *LinAire*.

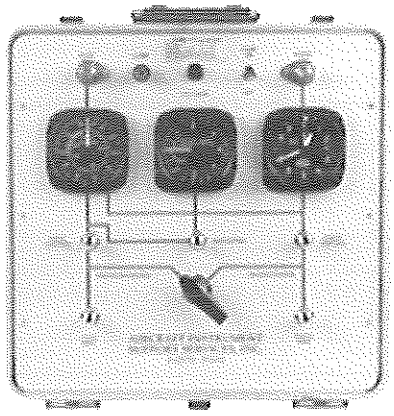
Andre typiske testinstrumenter kan være

– **pitot-/static-testere**

Dette testinstrumentet brukes til å teste flyets pitot-static system ved å kople det til flyets «pitot-static port» (pitotrør). Vi kan da simulere dynamisk trykk, som er grunnlaget for å måle farten (air speed), samtidig som vi kan variere statisk trykk som er grunnlaget for å måle høyden (altitude).

Tilkoplingen til flyet skjer ved hjelp av tilpassede slanger og tette overgangskoplinger. Fra testinstrumentet kan vi da simulere ulike hastigheter (air speed), høyder (altitude) og stige/synke-hastigheter (vertical speed). Vi sjekker da om de tre instrumentene i flyet viser samme verdi som de tilsvarende instrumentene på testinstrumentet.

Testinstrumentet inneholder en pumpe for å lage de trykkverdien vi ønsker når vi tester. Testinstrumentet kan også brukes for å sjekke om det er lekkasje i flyets «pitot-static system». Ellers kan testinstrumentet brukes på verkstedet for å kalibrere og sjekke de tre instrumentene «Altitude indicator», «Vertical speed indicator» og «Airspeed indicator». Et eksempel på et slikt testinstrumentet er en AISS Modell 393 som vist på figur 3.114.

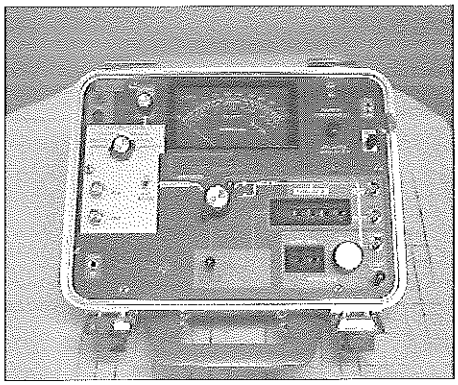


Figur 3.114
*Pitot-static tester (AISS Modell 393)**

– **testere for måling av drivstoffmengde (fuel quantity testere)**

Nøyaktig og sikker måling av mengden med drivstoff (fuel) i flyets drivstoffstanker kan vel alle tenke seg at er svært viktig. I prinsippet foregår målingen ved at flere kondensatorer formet som stenger, er plassert i flyets drivstofftanker. Den totale kapasitansen som måles, er proporsjonal med mengden av drivstoff.

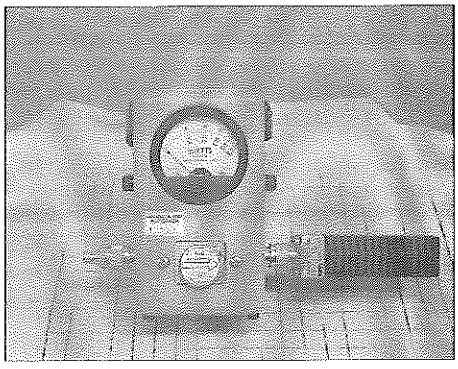
For de enkelte flytypene finnes det tabeller over hva kapasitansene skal være for tomme, fulle og for bestemte mengder drivstoff i tankene. For hurtig å kunne simulere disse tilstandene brukes en «Fuel Quantity tester», for eksempel en BARFIELD Modell 2584H som vist på figur 3.115. Ved hjelp av denne testeren og ledninger tilpasset det aktuelle flyet, kan ulike drivstoffmengder hurtig simuleres. Testeren kan også brukes på verkstedet for testing og kalibrering av instrumentene som sitter i flyet.



Figur 3.115
BARFIELD Fuel Quantity tester

– **wattmeter**

For å måle sendereffekt av diverse typer sendere kan vi for eksempel bruke et BIRD 43 wattmeter. Ved et enkelt håndgrep setter man inn riktig type probe for den målingen som skal gjøres. Man kan velge prober som er beregnet fra 5 til 5000 W på fullt skalautslag på instrumentet.



Figur 3.116
Wattmeter (BIRD 43)

Spesialutstyr beregnet på en bestemt flytype, for eksempel jagerfly

Militære fly har en del systemer som sivile fly ikke har. Vi skal ikke gå nærmere inn på disse systemene i denne boka, men vi kan nevne testutstyr for

- TACAN
- Shaff og Flare
- Radarvarslere
- Våpenradarer
- Våpensystemer
- Harmoniseringsutstyr for jagerfly

For F-16 finnes det en automatisk testestasjon for alle avionikksystemene i flyet. Her blir de enkelte boksene med avionikk koplet opp mot generatorer og måleutstyr som styres av dataprogrammer.

3.6 Utskifting og reparasjon av komponenter

Prosedyrer for lagring av komponenter er beskrevet i kapittel 1.

Utskifting av komponenter

Årsaker som tilsier utskifting av komponenter kan bl.a. være

- HT-komponenter (hard time)
- modifikasjoner
- mekanisk feilfunksjonering
- elektrisk eller elektronisk feilfunksjonering
- lekkasje (væske eller luft) på grunn av utette pakninger, belger, koplinger eller mekanisk slitasje
- at komponenten har vært utsatt for overoppheting (vist ved temperaturindikatorer eller annen indikasjon)
- utvendig skade, korrosjonsskade

For komponenter der tilstanden er under overvåkning (on condition), gir MM opplysninger om toleranser og grenseverdier som klart definerer når komponentene skal skiftes. Utskifting av komponenter skal foretas i henhold til beskrivelse i MM. I dokumentasjonen om årsak til utskifting og ny installering kan det være greit å vise til det kapitlet, den paragrafen eller det punktet der MM beskriver prosedyrene. Det gjelder også for testing av komponenter og systemer. Før en del blir skiftet ut, er det en fordel å kontrollere at det finnes en ny komponent på lageret. Sjekk også for tilhørende deler (pakninger, sealing etc.) som også bør skiftes. Sjekk at verktøyet du trenger, forefinnes og er i orden.

I innledningen der manualen beskriver prosedyrer for fjerning og installasjon (removal and installation), vil vi som regel finne informasjon om

- eventuelle spesialverktøy og eventuelt utstyr som er nødvendig for utførelsen
- forbruksdeler som skal brukes
- smøremidler for pakninger, flenser etc.
- antall personer som kreves for jobben
- tidsforbruk
- forberedende tiltak (for eksempel verneutstyr) for å hindre skade på personer eller materiell

Etter at en ny komponent er installert, vil MM henvise til operasjonstester og inspeksjoner som skal gjennomføres før godkjent signering for luftdyktighet kan foretas.

Renslighet og god orden er en selvfølge. Når komponenter fjernes fra systemer, skal rør- og slangekoplinger og elektriske plugger og kontakter tettes med blanke plugger eller støvhetter. Dette gjelder både på selve komponenten og på flyet. Dersom fjerning av komponenten skaper åpne områder inn i systemene (for eksempel luker over drivstofftanker, tilkoplingsflenser på girkasser osv.), skal disse dekkes til. Fjerning av komponenter føres i flyets vedlikeholdspapirer.

For å forenkle montering av en ny komponent kan du merke rør og elektriske koplinger, skruer, bolter etc. på foreskrevet måte. Husk at for eksempel teip og liknende kan forurense systemene om deler av teipen kommer inn i systemene.

Komponenter som skal repareres ved et verksted eller en fabrikk, skal rengjøres og pakkes på foreskrevet måte. Dokumentasjon skal følge med beskrivelse av bl.a.

- komponentens delenummer
- komponentens serienummer
- årsaken til at komponenten er fjernet fra flyet
- dato for jobben
- hvilket fly komponenten er fjernet fra
- navn på vedlikeholdsarbeideren

I tillegg kan det være bestemte koder som føres i rubrikker for ytterligere beskrivelse av komponent og arbeid. Dette varierer en del.

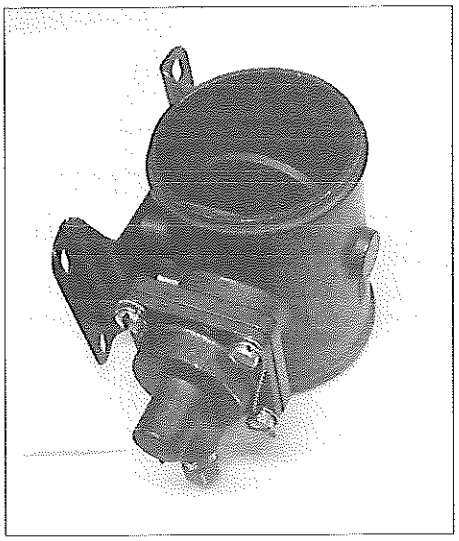
Demontering av komponenter

Ikke alle komponenter tillates reparert ved flyselskapenes egne verksteder. I noen tilfeller forlanges det at delene sendes til fabrikk/spesialverksted. På de verkstedene som er autorisert for arbeidet, brukes egne komponentmanualer som beskriver demontering, inspeksjon, reparasjon, montering og testing av delene.

Renslighet, orden, bruk av riktig verktøy, bruk av riktig dokumentasjon og kvalifisert og motivert personell er avgjørende momenter for arbeidskvalitet.

En del momenter i forbindelse med demontering og montering av komponenter:

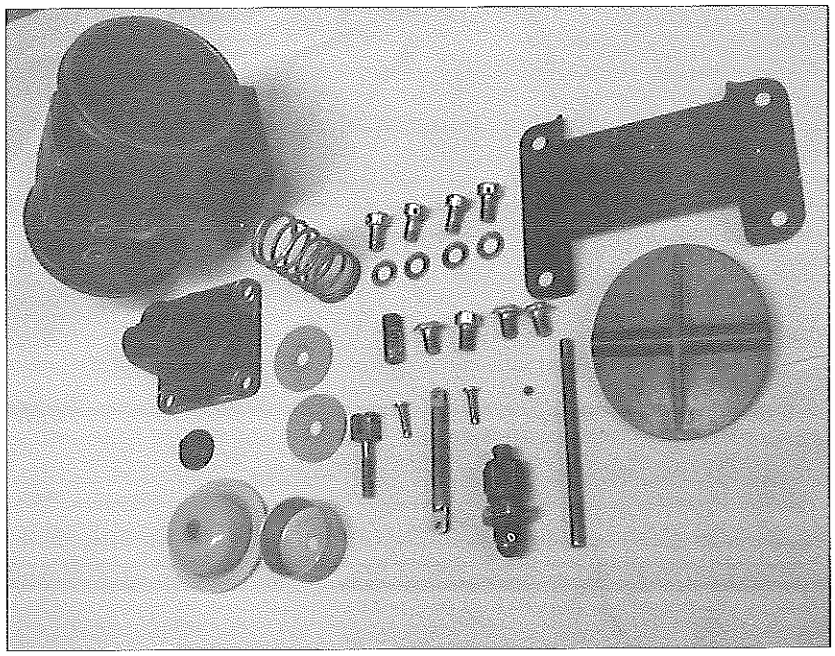
- I en del tilfeller er det nødvendig med spesielt rene klær og tildekking av hår for å hindre forurensning. Rommet der arbeidet foregår, kan også ha overtrykk for å hindre at forurensende partikler svever i luften.
- Bruk godkjent personlig verneutstyr om det er påkrevd.
- Se til at komponenten er godt rengjort med godkjent rengjøringsmiddel før demonteringen begynner.
- Les medfølgende dokumentasjon og vær bevisst på hensikten med demonteringen.
- Bruk en egen komponentdokumentasjon i forbindelse med arbeidet.
- Demonter delene i den rekkefølgen manualen beskriver.
- Legg delene på et rent og tørt underlag.
- Legg delene i en bestemt rekkefølge for å ha bedre oversikt.
- Om det er nødvendig, kan deler merkes for å gjøre monteringen enklere.
- Det skal ikke være nødvendig å bruke stor makt for å få delene fra hverandre, om ikke dette er beskrevet i manualen. Sitter deler fast, bør man kontrollere om prosedyren er riktig fulgt.
- Fjern gummipakninger, back-up-ringer og liknende med spesielt verktøy for å hindre skade.
- Pakninger eller rester av disse (for eksempel flenspakninger) som



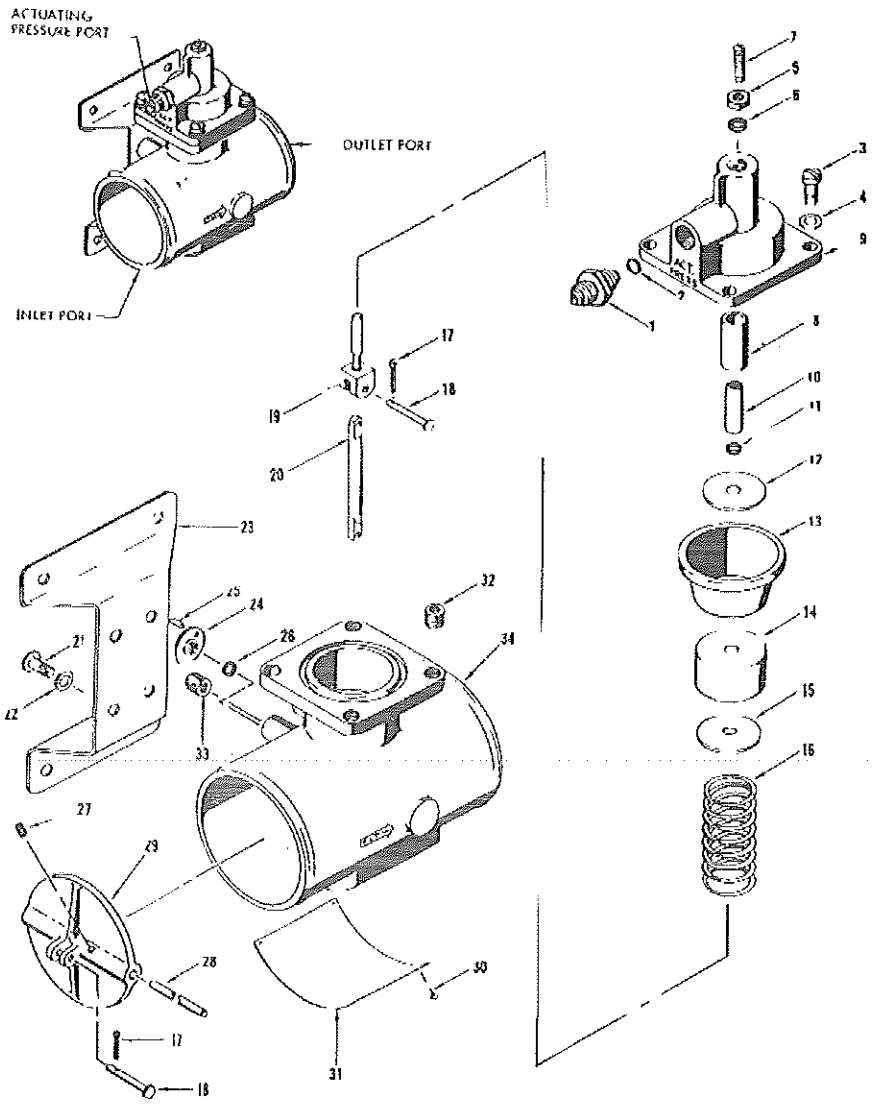
Figur 3.117
En ventil før demontering.

sitter fast, fjernes med godkjent middel/metode. Mekanisk sliping, filing og liknende må ikke brukes med mindre det er beskrevet i manualen.

- Skulle skade oppstå under demonteringsarbeidet, skal konsekvensen av skaden vurderes. Delen repareres om dette er tillatt, eller kasseres.
- Deler som nærmer seg grenseverdier for å være utslitt, bør man vurdere å skifte ut.
- Komponenten settes sammen i henhold til egen beskrivelse i manualen, eller (i noen tilfeller) ved å reversere demonteringsbeskrivelsen.
- Det skal heller ikke være nødvendig å bruke makt når man setter sammen delene. Er det vanskelig å få deler på plass, bør man studere monteringsprosedyren og vurdere sammensetningen på nytt.
- Bolter, skruer og mutre festes med det momentet som er beskrevet i manualen. Finnes ikke slike opplysninger, brukes tabell for «standard torque».
- Gjenger skal ikke smøres med mindre manualen tilsier det. «Lube torque» tilsier smøremiddel på gjengene.
- For bedre å forstå sammensetningen bør man være bevisst på komponentens funksjon og operasjonsmåte.
- Etter eventuell operasjonssjekk «blankes» komponenten, rengjøres og pakkes forsvarlig.
- Husk dokumentasjon for utført arbeid som arkiveres/datalogges, og videre medfølgende dokumentasjon som forhåpentligvis beskriver komponenten som «brukbar» (ofte grønn merkelapp).



Figur 3.118
Ventilen demontert og delene lagt ut systematisk.



Figur 3.119
En pneumatisk operert ventil slik den fremkommer i sine enkelte deler som illustrasjon i delekatalogen.

4 Komponenter

4.1 Lagre

Typer av lagre

Se også læreboka i materiallære.

Installasjon av nye lagre og innkjøringsperioder

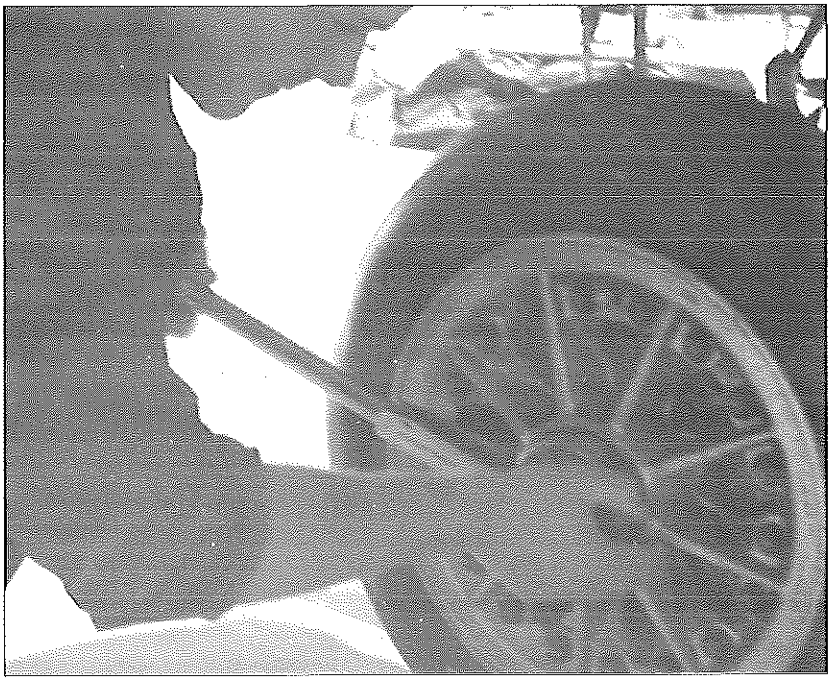
Et lager har til oppgave (sammen med et godt smøremiddel) å redusere friksjonen mellom bevegelige deler til et minimum. Lagerets konstruksjon er i henhold til de belastningene lageret skal ta opp. Selv med god kvalitet på materialer og smøremiddel, og tilstrekkelig vedlikehold, vil et lager bli slitt og må skiftes. Skifte av lagre foregår etter en bestemt syklus eller når man ved inspeksjon finner at lageret ikke har de egenskapene som ønskes.

Før vi kommer nærmere inn på dette, tar vi med et par punkter i forbindelse med nyinstallerte lagre.

Noen nye lagertyper (spesielt sfæriske og koniske rullelagre) har gjerne en høyere temperatur i innkjøringsperioden. Innkjøringsperioden for et lager varierer normalt fra et par timer og opp til et døgns gangtid. Riktig smøremiddel med høy kvalitet og kvantitet må være til stede. Lageret bør ha lavest mulig turtall og belastning under innkjøringsperioden. Lagre som ikke får automatisk tilført smøremiddel, må ettersmøres etter innkjøringen. I noen tilfeller foretas innkjøringen med en lettflytende olje (med godkjent kvalitet for dette), før man skifter til tykkere smøremiddel som brukes under normal drift. Dette vil være foreskrevet i vedlikeholdsmanualen (MM).

Både montering og demontering må utføres med nøyaktighet, renslighet og riktig verktøy. Feil i forbindelse med tilsetningsmoment, pasninger, skjevhet, urenheter osv. vil fort resultere i store skader. Husk å beskytte lageret mot forurensninger til enhver tid.

Vi nevner også at det er viktig å rotere lagre med jevne mellomrom på maskineri som ikke så ofte er i bruk. Lagre som blir stående stille, kan utvikle friksjonskorrosjon.

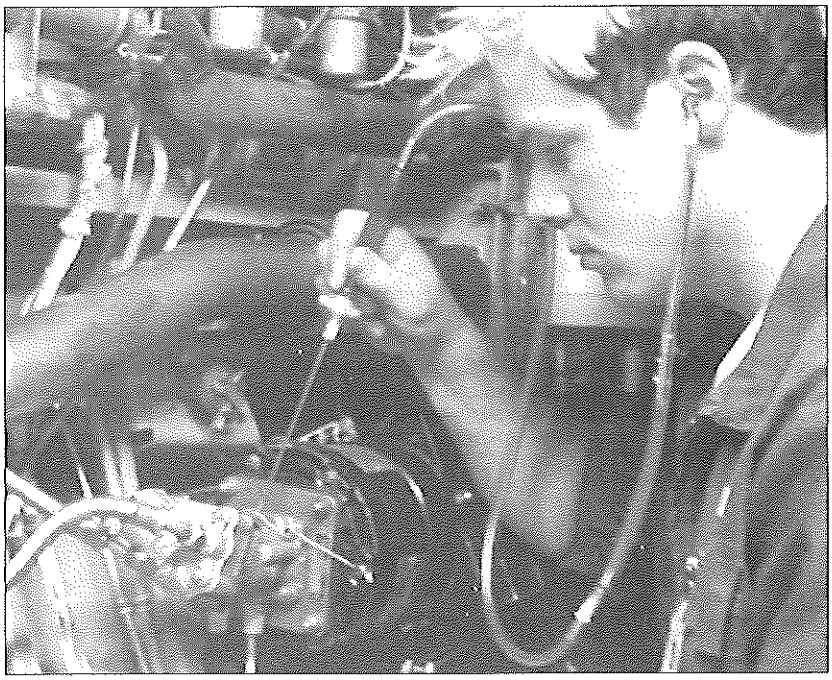


Figur 4.1
Riktig forspenning på et hjullager gjøres ved bruk av et «torquemeter» (en momentnøkkel).

Inspeksjon av lagre under drift

Kontroll av lagerlyd

For å kunne bedømme lagerets tilstand ut fra lagerlyd bruker man et stetoskop eller annet utstyr som overfører lyd fra lagerområdet til øret. Lyden fra et lager som fungerer normalt, er «mykt roterende». Den er lett å kjenne igjen om man har lyttet til noen lagre som er uskadde.



Figur 4.2
For å identifisere ulyd fra et lager kan man bruke stetoskop.

Lyder som kan gi mistanke om skader:

- Gnissende lyd kan gi indikasjon på at lageret holder på å gå tørt for smøremiddel.
- Metallisk tone kan gi indikasjon på at lageret har for liten klaring. Det kan for eksempel være for stort tilsetningsmoment på et konisk lager.
- Jevn og klar tone kan være forårsaket av vibrasjon i lagerbanene.
- Ulyd som varierer regelmessig for hver omdreining. Dette kan komme av skader på lagerbanene. Lyden kommer når den skadde delen av lageret kommer inn i en sterkere belastet sone.
- Lagerlyd som kommer og går tilfeldig, kan komme av skader på en lagerkule. Lyden kommer når den skadede delen av kula kommer i belastningskontakt, og den forsvinner når kula vrir seg.
- Knasende lyd tyder på forurensninger og urenheter i lageret. Tidligere skader er da gjerne blitt verre. Lageret må skiftes omgående.
- Vibrasjoner kan tyde på at deler av lageret har løsnet.

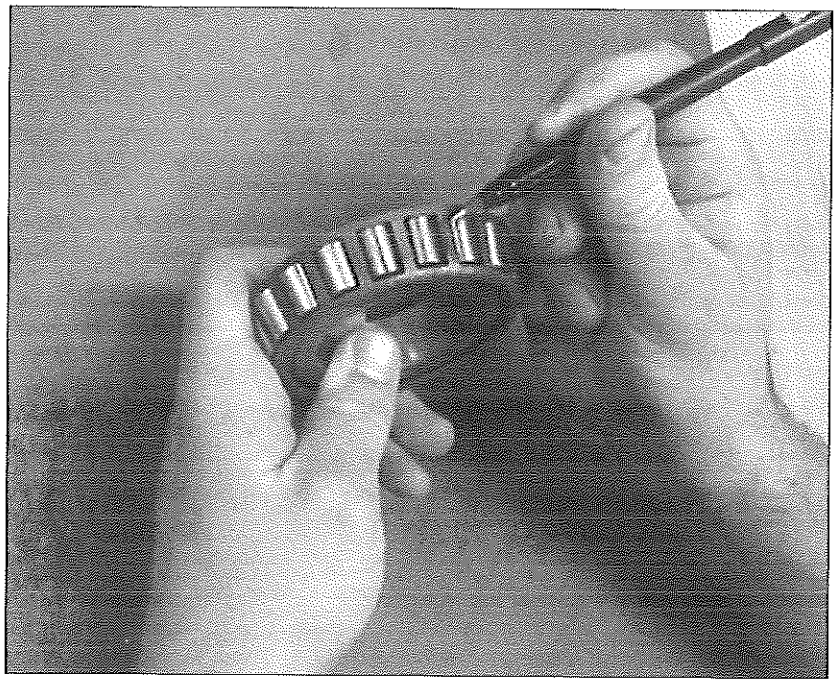
Enhver unormal lyd eller vibrasjon gir grunnlag for å stanse videre operasjoner til man får brakt på det rene hva årsaken er. Et lagerhavari kan gi katastrofale følger.

Kontroll av lagertemperatur

Den enkleste kontrollen av lagertemperatur er tradisjonelt å føle med hånden. Lagerområdet skal ikke være så varmt at det er et problem å legge hånden på det. De fleste lagre har ikke temperaturovervåking, men enkelte lagerkonstruksjoner har montert temperaturfølere som sender signaler for kontinuerlig indikasjon av lagertemperaturen. Det kan også være mulig å kontrollere temperaturen i henhold til faste intervaller ved å kople på en føler eller indikasjonsutstyr.



Figur 4.3
Lageret inspiseres under lupe og med godt lys for å finne tegn på skade.



Figur 4.4
Misfarging av lageret (blåfarge) tyder på at temperaturen har vært for høy. Lageret skal kasseres.

Temperatur kommer av friksjon. I og for seg er det ikke noe unormalt at et lager som arbeider under høy belastning og med høye turtall, også får en høy temperatur. Så lenge lagermetallene og smøremidlet ikke skades, gjør det ingenting at lageret blir varmt. Det er ulogiske og plutselige temperaturøkninger vi må være oppmerksomme på.

En forhøyet lagertemperatur er ofte et symptom på noe unormalt i lagerets funksjon, og det gir grunnlag for videre undersøkelser. I tillegg kan forhøyet temperatur være skadelig for selve lageret og smøremidlet. Stålet kan nå anløpstemperatur, noe som svekker lagerets egenskaper. Selv om temperaturen avtar i ettertid, vil lageret være varig skadet.

Forhøyet lagertemperatur kan bl.a. komme av
- at lageret har høyere temperatur rett etter oppsmøring på grunn av mye smøremiddel
- skjev montering som gir friksjon
- for stort tilsetningsmoment
- at dekselet til lagerhuset kan være skjevt og ta imot rotasjonsdelen
- mangel på smøremiddel
- feil type smøremiddel
- generell mekanisk skade på materialet som gir forurensninger

Kontroll av tetninger

Lagertetninger bør etterses med jevne mellomrom og selvsagt hver gang lageret demonteres for inspeksjon. Beskyttelseskrager og labyrintpakninger av ulike typer trenger lite ettersyn, men labyrintpakningene bør være fylt med fett for å hindre at fuktighet trenger inn. Tetningsringer med mansjetter av syntetisk gummifilt eller lær skal etterses og smøres. Skade på delene betinger utskifting. Men en oppdaget

skade har også gitt mulighet for forurensning av lageret over tid, og tiltak må rettes mot inspeksjon av dette. Tetningene skal ikke bare hindre forurensning inn i lageret, men også holde smøremidlet på plass. Lekkasje av smøremiddel gir også indikasjon på slitte tetninger.

Smøremiddeltyper. Valg av middel og kontroll

Vedlikeholdsmanualen vil alltid gi riktig informasjon om hvilket smøremiddel som skal brukes. Imidlertid kan vi notere oss følgende:

Krav til et tilfredstillende smøremiddel for lagre

Smøremidlet skal

- gi tilfredstillende smøreeffekt for temperaturområdet og belastningen
- beskytte lageret mot vann og fuktighet
- bidra til beskyttelse mot annen forurensning
- ikke inneholde stoffer som kan skade lageret, verken kjemisk eller mekanisk
- ikke la seg påvirke av kjemiske stoffer som gir oksidasjon eller som reduserer kvaliteten på smøremidlet.

Smørefett for lagre

Forskjellige fettsorter har svært forskjellige egenskaper, og man må velge smøremiddel ut fra driftsbehov, for eksempel temperatur, behovet for beskyttelse mot forurensning, belastning og risiko for kjemisk angrep på lagerfettet.

Opp til en viss temperatur beholder smørefettet sin konsistens omtrent uforandret. Det beskytter godt og lekker ikke ut av lagerhuset selv om tetningene er enkle. Kommer vi over denne temperaturgrensen, mister smørefettet egenskapene sine. Smelting kan oppstå, og smørefettet renner inn i lageret og øker friksjonen, noe som igjen øker temperaturen. Høy temperatur gir hurtig oksidasjon. Under inspeksjon av lagerfett vil vi se at oksidert fett er mørkt på farge. Sammenlikn fargen med nytt smørefett. Er fargen hvitaktig, tyder det på vann og kondens. Tar vi litt av smørefettet og gnir det mellom fingrene, kan vi presse ut små vanndråper. Er fettet «bekket» med avleiringer, har temperaturen gjerne vært høy, og lageret bør sjekkes for skade og muligens skiftes.

Oljesmøring av lagre

Vedlikeholdsmanualen vil her også gi eksakte opplysninger om oljetyper, oljeprøver og skifte av olje. Imidlertid kan vi se om oljen er blitt mørk på farge (sammenlikn med ny olje), noe som tilsier oksidering og tap av egenskaper. Hvit farge (slam) tilsier vann i oljen. Avleiringer kan også forekomme, og oljekanaler kan tette seg. En enkel kontroll kan foretas ved å ha olje stående i et glass noen timer for å sjekke for bunnfall. Mer nøyaktig oljeprøve kan tas med jevne mellomrom. Prøven analyseres da i forhold til hvilke stoffer eller metaller den inneholder, og mengden av dette, samt flammepunkt. Blir oljen forurenset over et visst nivå, vil en indikasjon på dette vises ved delta-P-indikatorer på filtre eller ved inspeksjon av «chip detectors» (magnetplugger, kun Fe-legeringer) i systemet (kan også kombineres med varsellys). Riktig olje-

nivå og skifte ved bestemte intervaller er en selvfølge for å beholde tilfredsstillende smøreeffekt.

Inspeksjon etter demontering

Gå metodisk fram ved inspeksjon av lagre. Ta ett lager om gangen og følg et bestemt system. Sørg for at samtlige deler blir sjekket.

Korrosjon: Korrosjon i lageret godtas ikke uansett hvor det finnes. Lageret kasseres.
Misfarging: Blålig farge eller sterk brunfarge gir kassering. Lageret har vært for varmt.
Sprekker/brudd: Godtas ikke. Lageret kasseres.
Slitasje: Deler skal skiftes i henhold til manualen.
Hakk og skraper: På ruller/kuler, holdere til disse og lagerbaner godtas dette ikke.
Som nevnt vil lagerlyden være viktig for å identifisere skader.

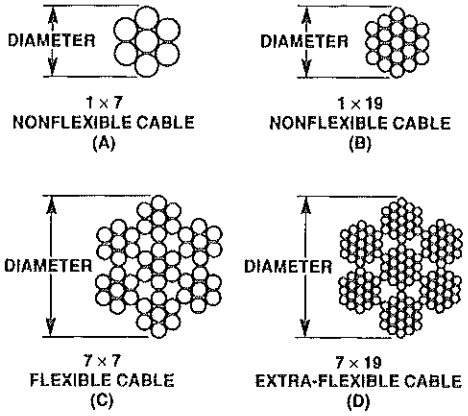
Beskyttelse, lagring

Lagre og lagerdeler bør være godt beskyttet under lagring. De bør ligge i tette pakninger og være innsatt med fett eller korrosjonsbeskyttende middel. Ofte brukes papir eller lerret som er fettet. I noen tilfeller ligger lageret i hermetiske bokser.

4.2 Kontrollkabler

Dette kapitlet viser også til samme tema i materiallæreboka.

For å oppnå stor fleksibilitet er de fleste flykontrollkabler produsert av karbonståltråder som videre er spunnet i kordeler. Kabler som ikke trenger den store fleksibiliteten, kan være produsert av rustfritt stål. Karbonstålkabler kan være belagt med tinn eller sink for å motstå korrosjonsangrep, øke slitasjestyrken og bedre utmattingsfastheten. Betrakter vi styrkekarakteristikken, representerer en kontrollkabelkonstruksjon en av de mest konsentrerte formene for belastningsmangfold i et luftfartøy.



Figur 4.5
Ulike kontrollkabler med forskjellig antall tråder og kordeler som igjen gir forskjell i egenskapene.

Det kan virke som om styrkekriteriene for utskifting av kabler i enkelte tilfeller er mer basert på tradisjon enn på vitenskap. Kabler som brukes i moderne fly, er blitt mer signaloverførere enn belastningsoverførere. Den kraften som brukes fra cockpiten til servoaktuatorene i flight controlsystemet via kabel, er i enkelte tilfeller så liten at man må legge inn kunstig belastning ved hjelp av fjærer for at piloten skal få føling med den aktuelle aerodynamiske belastningen på flyet.

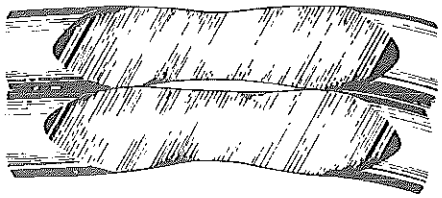
De fleste kablene dimensjoneres i henhold til forskriftene for å oppta maksimumsbelastningen pluss en tillagt sikkerhetsfaktor. Belastningen på kabelen skal ikke overstige 25 % av kabelens minimum bruddstyrke. Kablene er derfor et av de sterkeste elementene i flysystemene.

For å ta en liten repetisjon:
En kabel består av flere kordeler, og hver kordel består av tråder. Betegnelsene på kablene er i forhold til antall kordeler og antall tråder i hver kordel, f.eks. 7 (kordeler) x 19 (tråder)
Et eksempel på fleksibel kabel er 7 x 7. Ekstra fleksibel er 7 x 19. Ikke-fleksible kabler er 1 x 7 og 1 x 19. En fleksibel kabel har en senterkordel i midten.

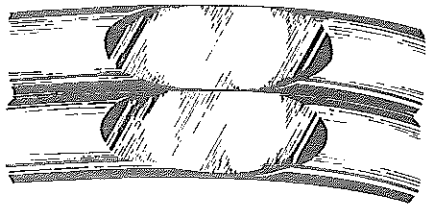
Figur 4.6
Bruddstyrken til forskjellige kontrollkabler av stål.

Diameter (inch)	1 x 7 and 1 x 19				7 x 7, 7 x 19, and 6 x 19 (1 WRC)			
	Nonflexible, carbon		Corrosion resisting		Flexible, carbon		Flexible, corrosion resisting	
	MIL-W-6940		MIL-C-5693		MIL-W-1511		MIL-C-5424	
	Weight, pounds per 100 feet	Breaking strength, pounds	Weight, pounds per 100 feet	Breaking strength, pounds	Weight, pounds per 100 feet	Breaking strength, pounds	Weight, pounds per 100 feet	Breaking strength, pounds
1/32	0.25	185	0.25	150	....	....	....	....
3/64	.55	375	.55	375	....	....	....	....
1/16	.85	500	.85	500	0.75	480	0.75	480
5/64	1.40	800	1.40	800	....	....	....	....
3/32	2.00	1,200	2.00	1,200	1.60	920	1.60	920
7/64	2.70	1,600	2.70	1,600	....	....	....	....
1/8	3.50	2,100	3.50	2,100	2.90	2,000	2.90	1,760
5/32	5.50	3,300	5.50	3,300	4.50	2,600	4.50	2,400
3/16	7.70	4,700	7.70	4,700	6.50	4,200	6.50	3,700
7/32	10.20	6,300	10.20	6,300	8.60	5,600	8.60	5,000
1/4	13.50	8,200	13.50	8,200	11.00	7,000	11.00	6,400
9/32	....	....	....	....	13.90	8,000	13.90	7,600
5/16	21.00	12,500	21.00	12,500	17.30	9,600	17.30	9,000
11/32	....	....	....	....	20.70	12,500	....	....
3/8	....	....	....	....	24.30	14,400	24.30	12,000
7/16	....	....	....	....	35.60	17,600	35.60	16,300
1/2	....	....	....	....	45.80	22,600	45.80	22,600

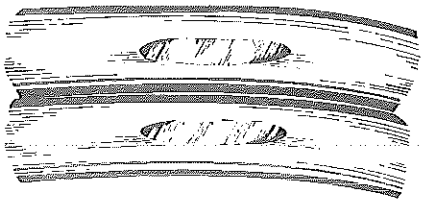
* The strength values listed were obtained from straight tension tests and do not include the effects of wrapped ends.



OUTER WIRES WORN MORE THAN 50%
(A)



OUTER WIRES WORN BETWEEN 40 AND 50%
(B)

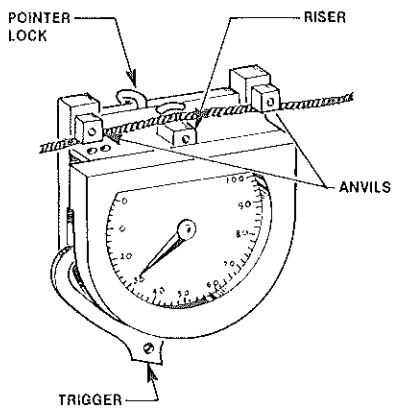


OUTER WIRES WORN LESS THAN 40%
(C)

Figur 4.7
Slitasjemønster i stålkontrollkabler.



Figur 4.8
Ved å bøye kabelen vil man lettere kunne oppdage brudd i ståltrådene.



Figur 4.9
Tensiometer for kontroll av kabelspenning.

Inspeksjon av kontrollkabler

Før inspeksjon av kablene foretas, må de rengjøres. Til dette brukes et foreskrevet rensemiddel og en renseklut. Rensemidlet påføres kluten, og kluten dras begge veier over det området som skal inspiseres. Kabelen inspiseres normalt mens den er montert i flyet. Skulle det være vanskelig å komme til, eller man har mistanke om skade som er vanskelig å avgjøre, demonteres den for videre sjekk. Forstørrelsesglass er et godt hjelpemiddel ved inspeksjonen.

Det er i første rekke korrosjon og generell slitasje og trådbrudd vi leter etter under inspeksjonen. Slitasjen finner vi ofte der kabelen passerer over trinser og kvadranter, ved føringer gjennom skott (fairleads) og «bulkheads» eller, om det skulle være feil med riggingen eller kabelføringen, at kabelen gnisser mot andre deler i flyet. Ved en utvendig slitasje mot yttertrådene kan det se ut som om trådene flyter sammen. Tillatt slitasje vil framgå av MM.

Den mekaniske belastningen som framkommer ved at kabelen beveger seg over trinser og kvadranter, vil gi utvendig slitasje, men påvirker også kabelen innvendig. Relativ bevegelse oppstår mellom kordeler og tråder, og slitasje vil forekomme. For å kunne inspisere dette på en skikkelig måte må kordelene separeres. Under visse forhold kan den innvendige slitasjen være større enn den som kommer fram på overflaten.

Brudd på tråder kan være vanskelig å oppdage. Hvis du føler langs kabelen med hendene, kan du skjære opp huden! Så det gjør vi ikke. Bruk tøyfiller (de hekter seg fast), og stryk langs kabelen. MM gir deg opplysninger om vurdering av trådbrudd.

Ved inspeksjon av kabelen vil vi også sjekke for korrosjon. Ved både utvendig og innvendig slitasje vil tinn-/sinkbelegget være slitt bort, og karbonstålet korroderer lett. Ved mistanke om korrosjon må igjen kordelene skilles for å få riktig tilsyn. Kabelen må demonteres fra flyet og bøyes i flere retninger. Hvis vi oppdager brutte tråder, spesielt på områder som ikke er i kontakt med trinser og kvadranter, vil korrosjonssjekk være høyst aktuelt. Kabelens utmattingsfasthet vil bli alvorlig redusert ved korrosjonsangrep.

Områder der kabler er spesielt utsatt for korrosjon, er i eller i nærheten av batterirom, toaletter og «galleys» og i understellsbrønner. For å redusere faren for kabelskade er det viktig å følge MM, som angir instruks for inspeksjon, smøring og vedlikehold av kabelsystemet. Feil i kabelspenningen vil øke farene for skader og redusere kabelens levetid.

I systemet kan vi finne en tension-kompensator (se læreboka i materiallære) som kompenserer for forandring i flystrukturen. Flyets struktur utvider seg og trekker seg sammen i forhold til temperaturen, noe som innvirker på spenningen i kablene. Utgangspunktet må imidlertid være viktig. Finner man indikasjoner som tyder på feil spenning (tension), kan bl.a. kompensatoren være årsaken. Har vi feil tension, vil dette slite på alle overføringer og kan vises bl.a. på kabeltrinsene (se materiallæreboka).

Utskifting av kabler

Kabler skiftes ved skade som brutte tråder, korrosjon, slitasje på trådene eller andre skader som MM beskriver. Her finner vi også graden av skade før utskifting. Hvis en ny, ferdiglaget kabel ikke kan skaffes, lages en ny kabel som duplikat av den originale. Terminaler som skal monteres, må tilfredsstille krav til kvalitet og styrke.

Det er imidlertid mulig, om MM tillater det, å konstruere kabelen med spleisestykker og strekkfisker som originalen ikke har. Ved montering av spleiser, strekkfisker eller andre terminaler skal ingen av disse komme nærmere enn 2 tommer fra trinser og gjennomføringer. Dette må måles når kabelen er maksimalt engasjert mot trinsen eller gjennomføringen. Ved kutting av kabelen og ved montering av terminaler må disse ikke utsettes for høye temperaturer. Å legge loddetinn på kabelen før montering er ikke tillatt.

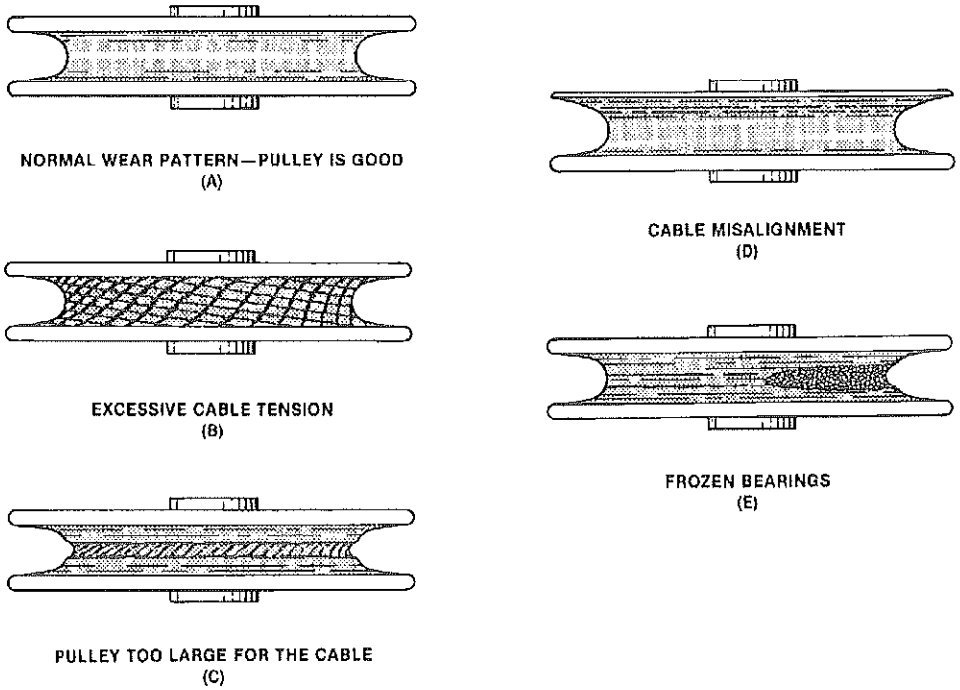
Nylonbelagte kabler

Som kjent er nylonbelagte kabler laget ved at man legger nylon over en kabel av rustfritt stål (CRES cable). Denne kabeltypen er meget holdbar, men tåler lite mekanisk slitasje mot nylonbelegget, som kan bli oppflist og skape problemer. Dette skjer spesielt ved trinseområder og gjennomføringer. Ved skade på belegget vil fuktighet og forurensning skape seg vei inn mot metallet, foruten at smøremidlet som kabelen er innsatt med, jobber seg ut, noe som gir oss en tørr og forurenset tilstand som sliter på trådene. Kabelen vil også være mer utsatt for mekanisk herding og sprøhet ved vibrasjon. Dette kan gi brudd og alvorlige konsekvenser.

Inspeksjon av trinser

Trinser inspiseres for uren overflate, skarpe kanter og forurensninger i trinsesporet. Trinsenes lager sjekkes for fri rotasjon og riktig smøring. Trinsene skal ikke ha noen flate punkter. Periodisk bør trinsene roteres litt for at kabel og lager kan forandre anleggsflate. Om en trinse beveges lite og sjelden, blir belastningen og slitasjen konsentrert på et avgrenset område. Sjekk nøye for «alignment» til trinsen i forhold til kabelretningen, slik at kabelen ikke rir på kanten av trinsen. En del av de feilene vi opplever med kabelsystemet, kan avdekkes ved å inspisere trinsenes tilstand. Dette kan vise tilstander som

- for høy «tension»
- at trinsen ikke er på linje med kabelen (mis-alignment)
- at trinsesporet er for stort/lite for kabelen (feil trinse)
- at kabelen er for tynn eller tykk (feil kabel)
- at lageret ikke roterer eller roterer for dårlig



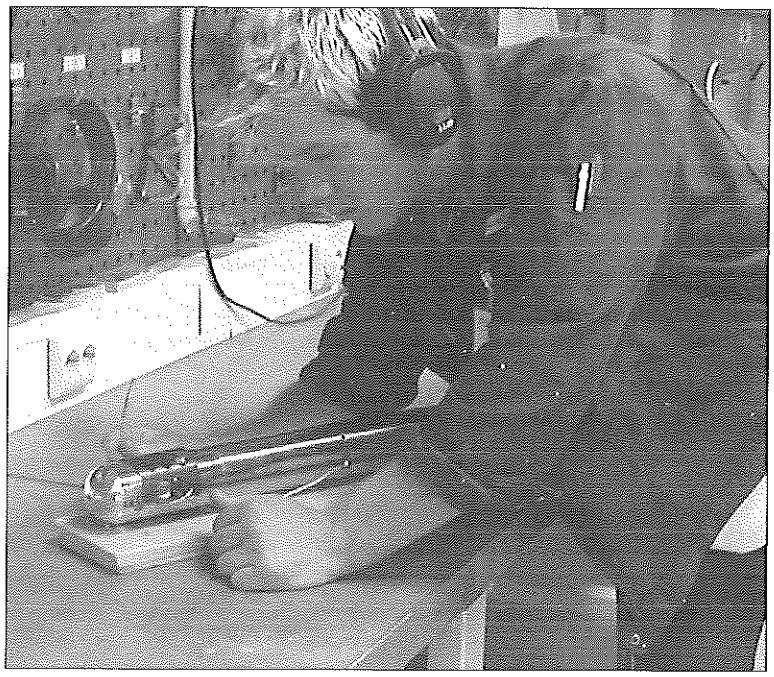
Figur 4.10
Slitemønstre på trinser.

Bowden-kabler

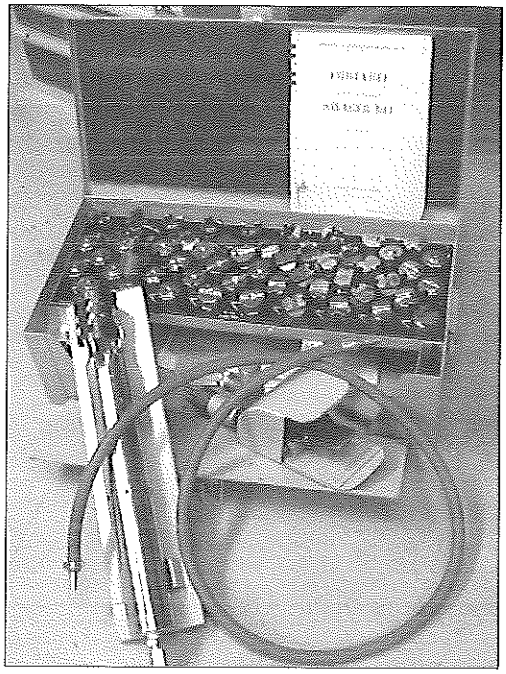
På grunn av Bowden-kablenes konstruksjon kan vi bare inspisere deler av selve kabelen i endepunkter og festepunkter. Resten er skjult i strømpen/hylsen. Belastningen på denne kabeltypen er imidlertid ulik tidligere beskrevet kabelsystem, da denne ikke legges over trinser eller kvadranter. Strømpen skal være innsatt med smørefett som også er korrosjonshindrende. Kabelen med strømpe legges eller rutes uten skarpe bøyer, og kan festes med klemmer mot strukturen eller festepunktene. Knekk på strømpen tilsier utskiftning. Antydning til at strømpen eller kabelen har vært utsatt for høy temperatur, eller gnissing på strømpen, tilsier utskiftning, likeså ved skade på selve kabelen, som beskrevet i kabelavsnittet. Inspiser også for skader på justeringene med låsemekanismer (lengdejustering) og for slitasje på endefestene.

Swaging av terminaler/endestykker

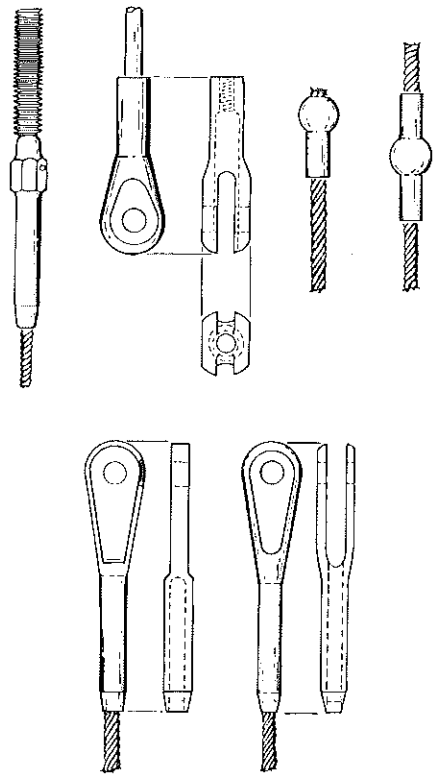
For å få terminalene/endestykkene festet til kontrollkabelen presser man dem fast med et spesielt verktøy. Prosessen beskrives som «swaging», som betyr å smi metallet, det vil si formforandre. Kabelendene stikkes inn i endestykkehylsene. Hylsene presses så sammen omkring kabelen og inn mellom kordeler og tråder.



Figur 4.11
En swager skal ha påmontert vernedeksel under bruk. Fingrene holdes godt unna verktøyet. Hørselvern er også påkrevd.



Figur 4.12
Utstyrskassen inneholder blokker med mange forskjellige dimensjoner og former.



Figur 4.13
Typer av kabelterminaler.

Selve swageverktøyet kan være både stasjonært og bærbart. Det kan være festet på en arbeidsbenk, settes i en skrustikke eller holdes for hånd. Det er som regel luftoperert og kontrolleres ved hjelp av en ventil i en fotpedal. En trykkluftslange koples til fotpedalen. Bruksmanualen foreskriver et tilført minimumstrykk. Utstyret består av en sylinder med tilhørende stempel. I enden av sylinderen er det feste for to pressblokker. En er statisk, som mothold, og den andre beveges når stemplet aktiviseres av trykkluften, og de presses mot hverandre. Etter anslag går stemplet bakover og slår så mot pressblokkene på nytt. Repetisjonene fortsetter så lenge fotpedalen holdes aktivert.

Pressblokkene har spor som passer i form og dimensjon til kabeltype og terminal som skal festes. Over pressblokkene er det festet et sikkerhetsgitter som dekker slagområdet for å hindre fingerskader, men som samtidig gir innsyn til pressblokker, kabler og terminaler under operasjonen. Verktøyet kan også ha muligheter for montering av blokker for kutting av kabel. Dette brukes for å kutte til riktig kabellengde eller for å kutte av kabelender ved terminalene.

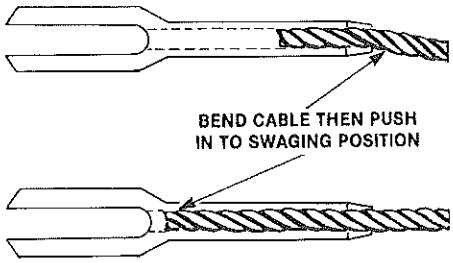
NB! Husk at pressblokkene skal monteres *før* trykkluft koples til.

Forholdsregler (precaution)

- Sjekk at tilført lufttrykk er korrekt.
- Pressblokker skal *ikke* monteres eller demonteres med lufttrykk tilkoplet.
- Begge pressblokkene skal være montert før operasjon.
- Pressblokkene skal rengjøres og påføres en oljefilm før bruk.
- Så lenge trykkluft er tilkoplet, skal *ikke* hender være i nærheten av pressblokkene.
- Sikkerhetsgitter *skal* være montert under operasjonen (kabelen går ut på hver side).
- Sørg for jevnlig smøring av verktøyet (det kan ha eget smørehus som etterfylles).
- Rengjør luftfilteret i pedalen jevnlig, om et slikt er montert.

Swagingprosedyre for kuleterminaler (ball type terminals)

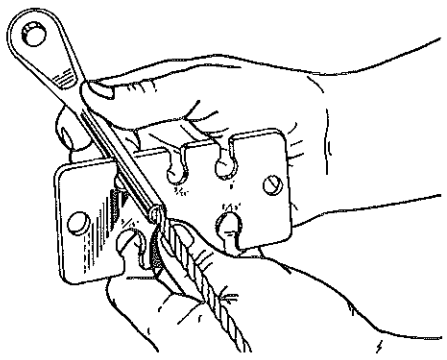
- Installer riktige pressblokker i henhold til kabeltype og terminal.
- Kutt kabelen i riktig lengde og påfør preserveringsvæske på kabelenden.
- Monter terminalen på kabelen med ca. $1\frac{1}{2}$ tomme av kabelen utenfor terminalen. For at terminalen skal holde seg på plass, lages en liten bøy på kabelen, og terminalen settes over denne.
- Rengjør terminalen og påfør en dråpe tynn olje.
- Hold kabelen ca. én tomme fra hver side av terminalen. Før kabelen og terminalen inn i sporet på den statiske pressblokken, og før den andre pressblokken mot disse. Hold kabel og terminal slik at de presses lett mot den statiske pressblokken.
- Press ned fotpedalen forsiktig og roter kabelen fram og tilbake i 180 graders bevegelse eller med fulle rotasjoner. Dette skal pågå i et bestemt antall sekunder som framkommer i manualen. Hvis terminalen «setter seg», stoppes swagingen, terminalen vris 90 grader, og vi starter igjen.
- Etter at swagingen er ferdig, tas kabelen ut, og kulen og eventuell stamme sjekkes for korrekt diameter i henhold til manualen. Til dette kan vi bruke et spesielt måleverktøy (go and no-go). Er diameteren for stor eller overflaten for grov eller skadet, repeterer vi operasjonen, men da med mindre tid (se manualen).



Figur 4.14
Ved å lage en liten bøy på kabelen vil den holde seg bedre på plass under selve swageprosessen.

Swagingprosedyre for hylseterminaler (sleeve type terminals)

- Installer riktige pressblokker i henhold til kabeltype og terminal.
- Kutt kabelen i riktig lengde og påfør preserveringsvæske på kabelenden.
- For hylseterminaler med gjennomgående hull stikkes kabelen gjennom hylsen. Kabelenden skal ikke komme helt ut på den andre siden.
- For hylseterminaler uten gjennomgående hull stikkes kabelen inn til den bunner i hylsen. Her lages også en liten bøy på kabelen for å holde terminalen på plass. Den enkleste måten å gjøre dette på er å stikke kabelen et stykke inn i terminalen, bøye den litt mot kanten av terminalen, og så å føre den videre inn.



Figur 4.15 a
Måleverktøy for å sjekke korrekt klemming av hylsen

- Rengjør terminalen og påfør også her litt olje.
- Legg kabel og terminal i riktig posisjon mot den statiske pressblokken, og før den andre mot denne. En del av hylsen vil være utenfor pressblokken, se manualen.
- Hold også her et lett press mot den statiske pressblokken.
- Press ned fotpedalen forsiktig og roter kabelen fram og tilbake i 180 graders bevegelse eller med fulle rotasjoner, samtidig med at hylsen føres sakte gjennom pressblokken. Etter at hele hylsen er ført igjennom, reverseres prosessen. Dette gjøres så mange ganger som manualen tilsier.
- Etter swagingen sjekkes kvaliteten og diameteren i henhold til manualen (go and no-go).

Testing av kontrollkabler

Etter montering av terminaler skal hele konstruksjonen strekktestes. Om ikke annet er foreskrevet i MM, skal kabel og terminal testes med belastning på 60 prosent av kabelens bruddgrense. Denne belastningen påføres gradvis og skal holdes en bestemt tid, normalt tre minutter.

Kalibrering av strekktester

For å være sikker på at strekktesteren gir riktig indikasjon, er det mulig å kalibrere den. I tillegg til testerens egen strekkindikator monteres en kalibrert indikator. Med utgangspunkt i den kalibrerte indikatorens avlesninger (denne indikatoren kalibreres ofte, eksempelvis hver tredje måned) justeres strekktesterens indikasjon slik at avlesningene harmonerer. Selve prosedyren er beskrevet i MM.

Bruk av strekktester (swaged terminal pull tester)

Før testing starter, sjekkes testeren for riktig mengde olje, og systemet blødes om nødvendig. Prosedyren er beskrevet i testerens manual.

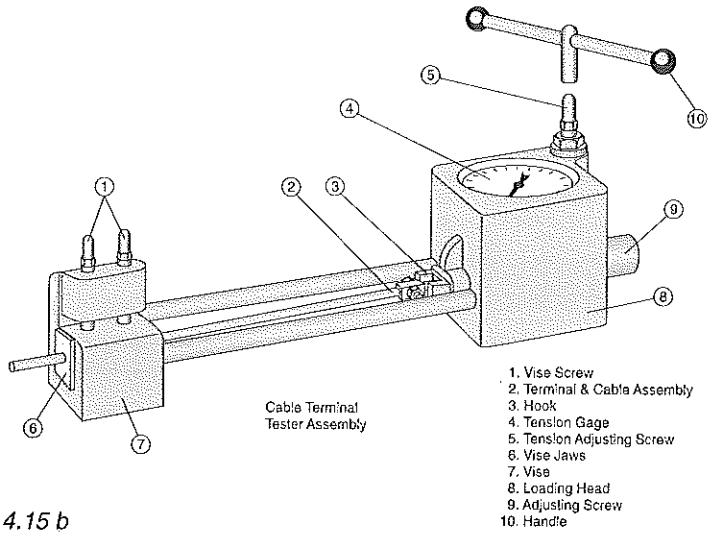
Etter kalibrering klargjøres testeren for strekkprøve. Man monterer en adapter eller krok (3) som passer til feste av kabelterminalen, og terminalen (2) «krokes» på. To kopperkjever (6) som skal klemme kabelen fast, installeres i holdere og festes med settskruer.

Klemkjevene er tilpasset kabeldimensjonen (merking av dimensjon på enden av klemmene). Holdere med klemkjever monteres så i testerens klemmeside (7) og festes med kraftige klemskruer (1).

NB! Når klemkjevene skal skiftes, *skal* settskruene løsnes, og kjevene kan tas ut *uten* å bruke stor makt. Det skal *ikke* være nødvendig å slå på kjevene.

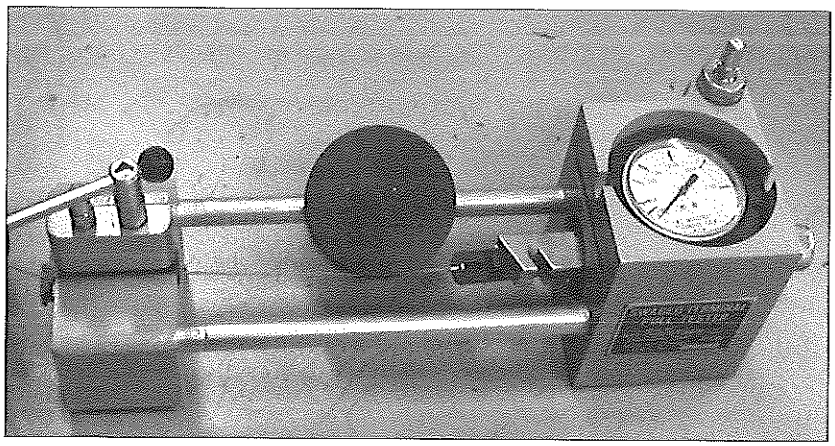
Kabelen strammes og klemmes fast mellom kjevene. Strekkbelastningsindikatoren justeres så til nullstilling. Ved nå å tilføre hydraulisk kraft (5), trekkes terminalkroken slik at kabelen blir påført en strekk-

spenning. Denne skal være i henhold til tabellen i MM og tilsvarer normalt 60 % av bruddspenningen. Etter testen inspiseres kabler og terminaler for eventuelle deformasjoner og skader.

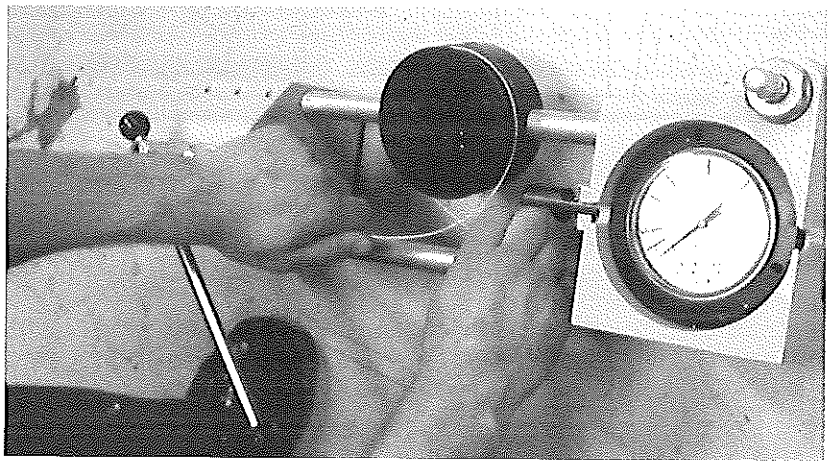


Figur 4.15 b

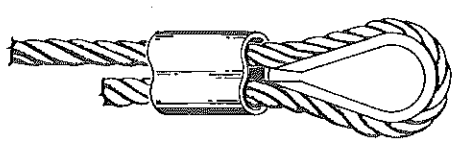
Ved testing av tynne kabler kan kabelen skli i kopperklemmene. For å hindre dette bruker vi en testblokk. Kabelen legges rundt blokken før den legges i kopperklemmene og festes.



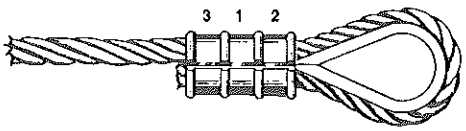
Figur 4.16
Strekktesteren brukes etter påmontering av terminaler/endestykker.



Figur 4.17
Ved testing av en tynn kabel kan denne skli i klemkjevene. Kabelen legges da rundt blokken for å få bedre feste.

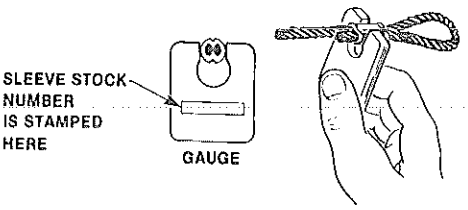


PASS THE CABLE THROUGH THE SLEEVE, AROUND THE THIMBLE AND BACK INTO THE SLEEVE.
(A)



COMPRESS THE SLEEVE THREE TIMES WITH THE CORRECT TOOL. THIS TYPE OF TERMINAL HAS 100% OF THE CABLE STRENGTH.
(B)

Figur 4.18
Nicopress-terminal med klempunkter



Figur 4.19
Måleverktøy for korrekt klemming av hylsen

Nicopress-prosessen

Dette er en patentert prosess der man bruker kopper-sleeves for sammenføyning. Kabelen kan være lagt rundt en kause (thimble-eye) eller to kabler skjøtes sammen. Kablene føres gjennom hylsen, og hylsen presses med tre presspunkter ved hjelp av et spesialverktøy. Man presser først på midten, så mot kausen og sist på motsatt ende.

Kabelen skal stikke litt utenfor hylsen, da den vil strekkes under pressing. Hylsen legges nær kausen, slik at den vil berøre denne etter pressing. Ved skjøting av to kabler er det normalt å bruke to hylser for å få full styrke. Hylsene sjekkes etter pressing for «go and no-go».

Etter pressing kan man påføre litt maling på enden av hylsen. På denne måten vil en sprekk i malingen indikere at kabelen har beveget seg i forhold til hylsen. Denne malingsindikasjonen kan også brukes på terminaler som er swaget.

4.3 Rør- og slangeinstallasjoner

Overføring av væske og gass i flysystemene skjer via slanger og rør. Materialene i disse komponentene blir utsatt for belastende kjemiske sammensetninger og stort trykk, og de må konstrueres for å tåle dette. Igjen viser vi til læreboka i materiallære.

Slanger regnes som egne komponenter, og de leveres ferdig med koplinger. Dette kan også gjelde for rør, men i noen tilfeller må rørene konstrueres på brukerstedet. Korrekte rørmaterialer må velges, rørene må bøyes i rett form, og koplinger må monteres.

Valg av rør

Det er viktig å velge korrekte rørmaterialer. Ved valg av rørmaterialer tar vi bl.a. hensyn til typer av væske eller gass som skal føres i rørene, kapasitet, miljøet installasjonen er plassert i, mekaniske belastninger på konstruksjonen, hvilket trykk som skal brukes, og hvilken form røret skal ha. Ut fra dette velger vi

- legering og tilstand
- ytre diameter
- tykkelse på veggen

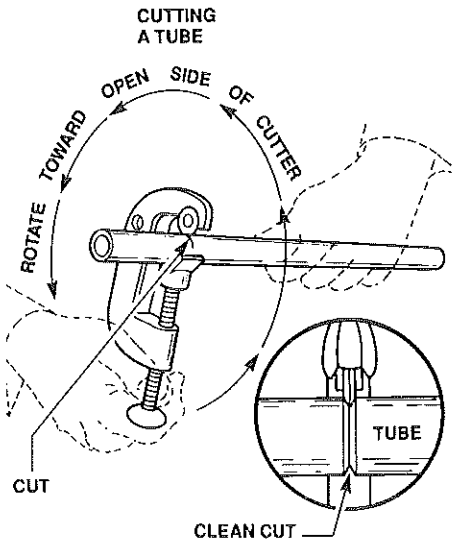
Om ikke annet er påbudt, skal et nytt rør være av samme materiale, ha samme dimensjoner og samme koplinger som det som skal erstattes. Mens man i rørsystemenes barndom brukte rør av kopper, bruker man i dag rør av forskjellige aluminiumslegeringer og rustfritt stål. Rør av rent aluminium (1100) og aluminium legert med mangan (3003), begge i halvhard tilstand, brukes for eksempel til lavtrykkssystemer som lufttrykk til diverse instrumenter og til ventilasjon. Lavtrykksbrennstoff, oljerør og rør for hydraulikk- eller pneumatikktrykk i området 1000–1500 psi bruker ofte magnesiumslegerte aluminiumsrør i mykglødd tilstand. I noen tilfeller brukes aluminiumsrør av 2024-T-serien siden de har større styrke, men de er vanskeligere å bøye og sprekker lettere ved koning. Andre aluminiumslegeringer kan også være aktuelle for rørproduksjon, for eksempel kan 6061-T-rør brukes opp til 3000 psi. Rustfrie stålrør, enten mykglødde eller 1/4 hard, brukes til høytrykkssystemer (3000 psi). Rustfrie stålrør brukes gjerne i flapområder, understellsområder og bremseområder, siden disse områdene utsettes for et aggressivt miljø. Bruk av rustfrie stålrør betyr at man kan redusere på veggtykkelse i forhold til aluminiumslegerte rørtyper.

Aluminum Alloy Number	Color of Band
1100	White
3003	Green
2014	Gray
2024	Red
5052	Purple
6053	Black
6061	Blue and Yellow
7075	Brown and Yellow

Figur 4.20
Rør av aluminiumslegeringer kan være fargemerket.

Rørene skal fra fabrikantens side være merket for identifikasjon. Imidlertid kan det være vanskelig eller umulig å lese identifikasjonen. Aluminiumslegerte rør kan lett skilles fra rustfritt stål, men det er ikke enkelt å skille de enkelte aluminiumslegeringene fra hverandre, eller om et rør er rustfritt stål eller karbonstål.

Rør betegnes med ytre diameter i 16-deler av en tomme, for eksempel vil alle koplingsdeler for et rør med 4/16 tomme ytre diameter, betegnes som –4.



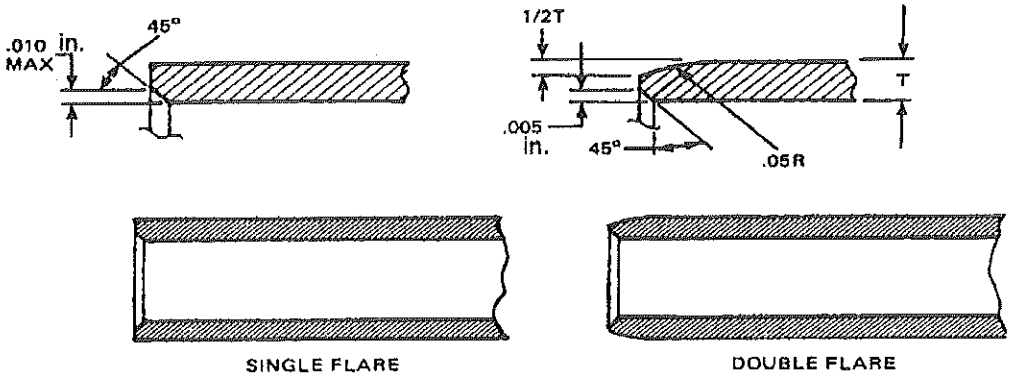
Figur 4.21
Bruk av rørkutter.

Kutting av rør

Et nytt rørstykke bør grovkuttes ca. 10 prosent lenger enn den rørlengden det skal erstatte, for å ivareta lengdevariasjoner i bøyene. Bruk gjerne det gamle røret som mal. Etter at lengden er merket, kuttes røret rett av med en rørkutter eller en fintannet metallsag (32 tenner per tomme). Rørkutteren egner seg godt til kutting av rørmaterialer som kopper, aluminium og aluminiumslegeringer. Den egner seg dårligere for kutting av rustfrie stålrør, fordi de har tendens til å herde under prosessen.

Ved bruk av rørkutter legges røret i verktøyet med kuttehjulet på merket der røret skal kuttes. Roter verktøyet rundt røret mot verktøyets åpne del, og øk presset mot kuttehjulet ved å stramme skruen i bakkant. Presset må ikke bli for stort, fordi det kan deformere røret og forårsake grader.

Etter kutting skal gradene fjernes fra rørenden både utvendig og innvendig med spesielt verktøy som sliper kantene. Det skal ikke slipes for mye. Rørenden poleres slik at den ikke har skader av noen art. Skarpe kanter og skader kan bl.a. gi mekaniske spenninger, som igjen kan forårsake sprekker om røret skal kones. Utmattingsbrudd kan også skje med ukonede rør (flareless fittings). Etter rengjøring av rørenden fjernes alt metallspon, gjerne med trykkluft, før vi eventuelt koner rørenden eller monterer koplinger.



Figur 4.22
Etter kutting av røret skal endene prepareres. Eksemplet er fra manualen til de Havilland DASH 8.

NB! Se til at alt verktøy som brukes, er rent, slik at rørene ikke skades!

Bøying av rør

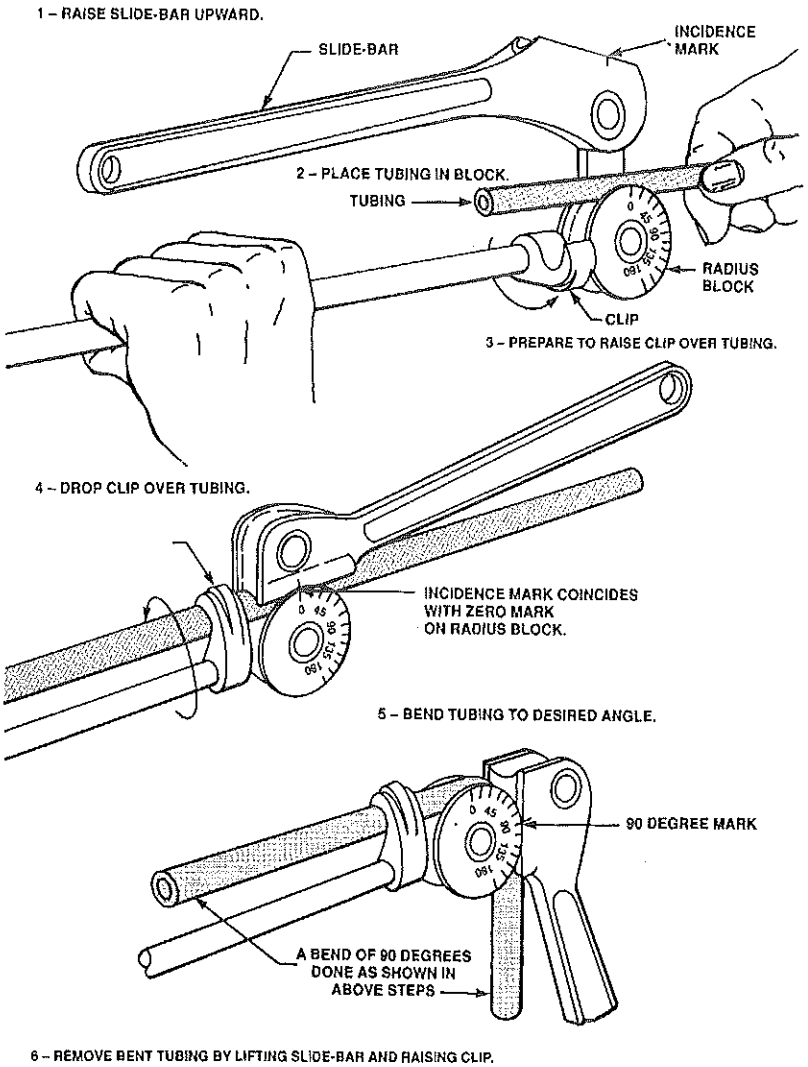
For å legge rørene fra komponent til komponent på en sikker og hensiktsmessig måte, samtidig som vi hindrer spenninger i røropplegget, må rørene bøyes i forskjellige vinkler. Dette skal utføres uten at rørene påføres skade som knekker i materialet, eller at røret blir flatklemt. Slike skader vil påvirke gjennomstrømningen i røret.

Tube OD (Inches)	System Having Working Pressure Less than 1000 psi	Systems Having Working Pressure More than 1000 psi	DHC–8 Hydraulic System
1/4	.025	.013	.010
5/16	.031	.016	.013
3/8	.038	.019	.015
1/2	.050	.025	.020
5/8	.063	.032	.025
3/4	.075	.038	.030
1	.100	.050	.040
1 1/4	.130	.063	.050
1 1/2	.150	.075	.060

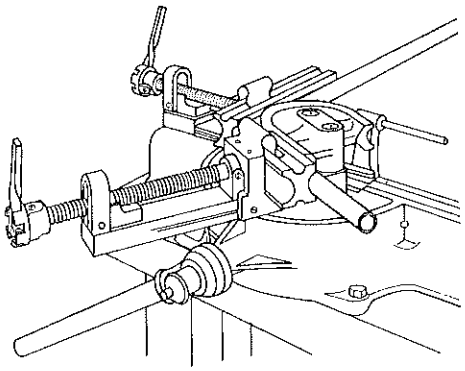
Note: Flatness is the difference (in inches) between the maximum and minimum diameter of the tube as measured in the area of the bend exhibitying the greatest degree of flattening.

Figur 4.23
Tabell som viser tillatt sammenklemming av røret i bøyen. Eksemplet er fra manualen til de Havilland DASH 8.

Bøying av rør kan utføres for hånd (rør under 1/4 tomme i diameter), med håndverktøy eller med bøyemaskiner. Figurene nedenfor viser standard bøyeradier for forskjellig verktøy og rørdimensjoner.



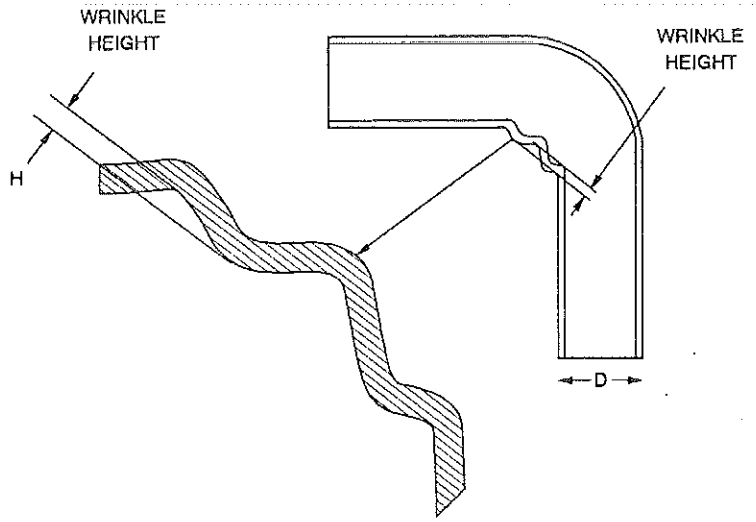
Figur 4.24
Bøying av rør med håndverktøy



Figur 4.25
Bøying av rør ved hjelp av bøyemaskin

Rør med liten diameter kan bøyes med håndverktøy (se figur 4.24) uten at røret kollapser. Røret festes mellom radiusblokken og glideblokken, beregnet i forhold til rørdimensjonen, og holdes på plass ved hjelp av en klemme. Grademerkingen på radiusblokken viser hvor bøyen vil begynne (ved 0 grader), og med et merke på glideblokken kan vi avlese hvilken vinkel røret har fått. Håndtaket på glideblokken kan nå beveges nedover og bøye røret i ønsket vinkel. I noen tilfeller viser MM maler for rørlengder, avstanden mellom bøyene og vinklene bøyene har. I andre tilfeller brukes det røret som skal erstattes, som mal.

OUTSIDE DIAMETER 'D' (INCHES)	WRINKLE HEIGHT 'H' (INCHES)
.250	.005
.3125	.006
.375	.008
.500	.010
.625	.010
.750	.010
.875	.010
1.	.010
Note 1 – All dimensions in inches	



Figur 4.26
Rynker kan forekomme på innsiden av bøyen. Tabellen viser hvor mye som er tillatt. Eksemplet er fra manualen til de Havilland DASH 8.

Rør med liten diameter, tynnveggede rør og rør av mykt materiale kan bøyes for hånd. En metode er å tre en tettspunnet fjær over røret. Fjæren skal ligge tett inntil rørveggen. Under bøying vil fjæren hindre rørkollaps.

I nødsituasjoner er det mulig å fylle røret med sand og blokkere endene, for så å bøye røret. Metoden tilsier igjen en nødsituasjon, og inviterer jo til forurensning! En annen variasjon er å fylle røret med metalllegeringer som har ekstremt lavt smeltepunkt, som *Wood's* metall eller *Cerrobend.* Disse legeringene smelter i kokende vann, fylles så i rørene som skal bøyes, og legeringene smeltes så ut igjen i kokende vann når røret er ferdig bøyd.

Maskiner for bøying av rør finnes på de fleste flyvedlikeholdsverksteder. Maskinene har utskiftbare blokker til ulike rørdimensjoner og kraft nok til å bøye de aller største dimensjonene som brukes. Prinsippet er som ved bruk av håndverktøy. Rør med tynne vegger hindres fra å bli ødelagt ved å installere en «mandrel». Den settes inn i røret der røret skal bøyes. Etter at røret er bøyd, kan mandrelen trekkes ut igjen.

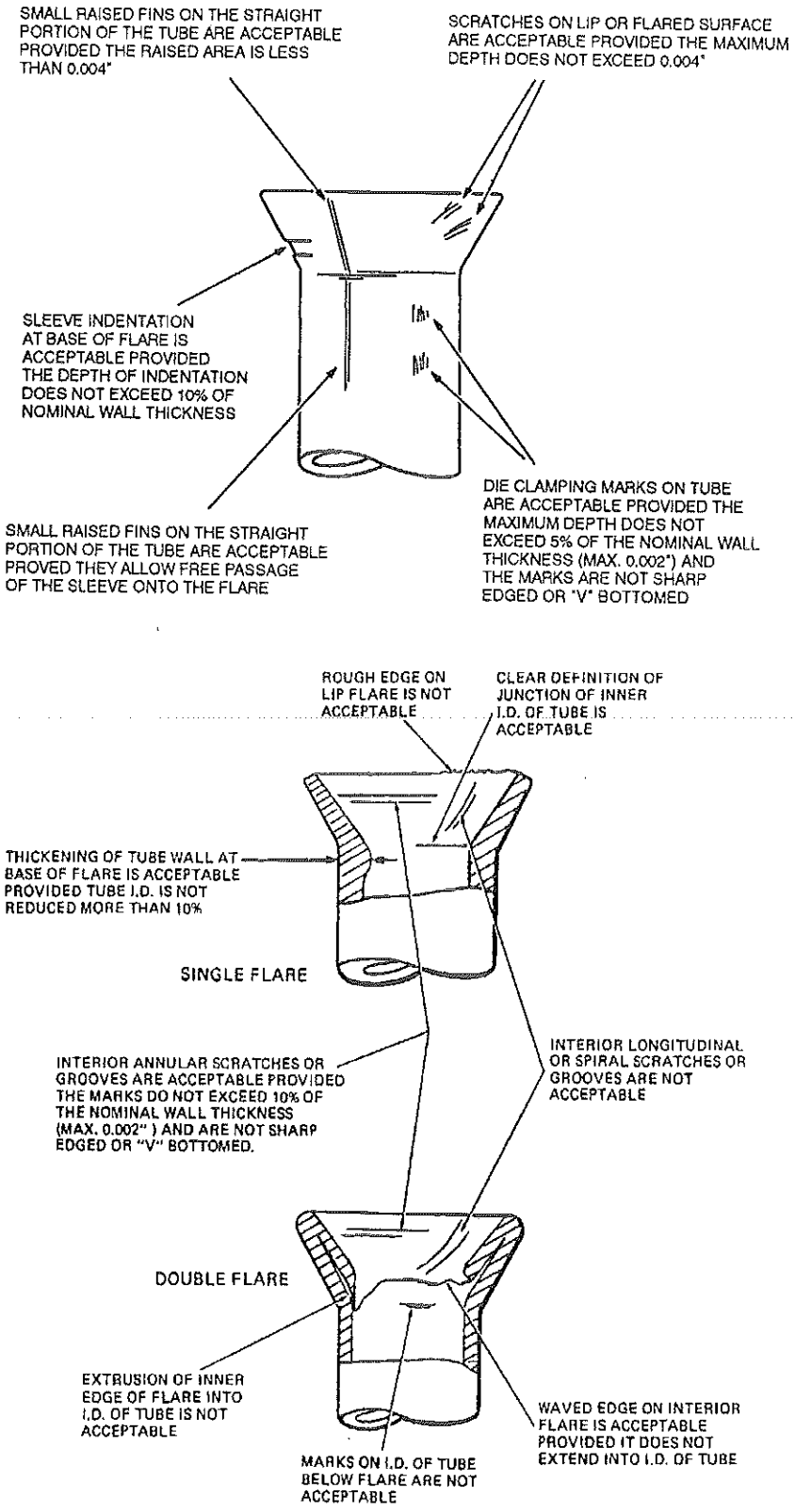
* TYPE BENDER	A B	A B	B	B	B	BC	B	BC	B	BC	C	BC	C
Tube od	1/8"	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	3/8"	7/16"	1/2"	1/2"	5/8"	5/8"	3/4"	3/4"
Standard Bend	3/8"	7/16"	9/16"	11/16"	11/16"	15/16"	1 3/8"	1 1/2"	1 1/4"	2"	1 1/2"	2 1/2"	1 3/4"
* TYPE BENDER	C	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Tube od	7/8"	1"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 3/8"	1 3/8"	1 1/2"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/2"	3"
Standard Bend	2"	3 1/2"	3"	3 1/2"	3 3/4"	5"	6"	5"	6"	7"	8"	10"	12"
* A—Hand B—Portable hand benders C—Production bender													

Figur 4.27
Tabell for standard bøyeradius

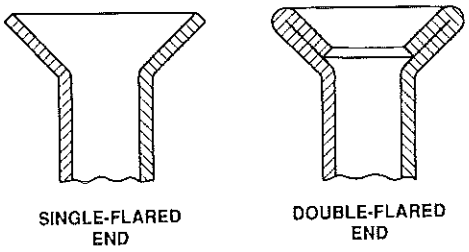
Koning av rør

Sammenkopling av rør eller kopling av rør til komponenter kan skje med flere koplingstyper. Bruker vi koniske koplinger (for eksempel AN-flared type fitting), må røret kones. Tettingen skjer mellom rørets konede innside og koplingens ytterkon. For å få god tetting må disse flatene være rene og uten skader. Brukt på fly har disse koplingene 37 graders vinkel. Andre koplingstyper kan være konet med annen vinkel. (for eksempel automotive type fitting, som har 45 grader). Vi kan kone røret på to måter: enkel eller dobbel kon. Blir en kon laget for liten (under 37 grader) vil sammenføyningen bli for svak, og røret kan gi lekkasje og utmattes. Er konen for stor (over 37 grader), kan det innvirke på installasjonen av festemutteren og gi lekkasje.

En vanlig feil man ofte gjør, er å stramme mutteren med for stort moment ved indikasjon på lekkasje. En korrekt laget kopling skal holde tett ved anvist «torque» (moment). Lekker koplingen ved anvist «torque», tyder dette på at det er en feil med den. Koplingen skal demonteres og inspiseres for skade. For stort tilsettingsmoment vil gi større spenninger i materialene og utmatting over tid.



Figur 4.29 og 4.30
Etter koning sjekker man røret for utvendige og innvendige skader, her et eksempel fra manualen til de Havilland DASH 8.

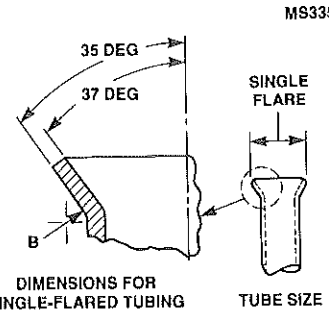


Figur 4.31
Enkel og dobbel koning av rør

Enkel kon

Enkel kon kan lages på et rør enten ved hjelp av håndverktøy som slagkoner (impact type flaring tool), eller rullerkoner (rolling type flaring tool). For å lage kon med slagkoneren må røret først kuttes, grader fjernes og røret poleres. Koplingens festemutter (B-nut) og en støttehylse tres inn på røret. Røret festes så i verktøyet mellom de to klemblokkene som stikker 1/16 tomme over blokken. Påfør litt olje på rørenden før koning. Slagkonen slås nå ned i røret med et par harde hammerslag. Unngå å bruke mange små slag, da det herder røret før ønsket kon er formet.

Rullekonverktøyet er nok mer brukt på flyverksteder. Verktøyet er enkelt å bruke, og rørkonen blir av god kvalitet. Verktøyet på figuren kan kone rør fra 1/8 til 3/4 tomme utvendig diameter. Blokkene roteres til to halvdeler med riktig rørdiameter mot hverandre, og røret settes inn til det går mot stopp. (Røret er forarbeidet i enden, rengjort og polert.) Etter at B-nut og støttehylse er trædd på, klemmes røret fast og koneverktøyet skrus ned i rørenden. Det påføres olje på konen før selve koningen skjer. Ruller i verktøyet gjør at metallet i røret jevnes ut mens det ekspanderer mot konen i blokkene og en nøyaktig og fin kon blir formet. Når ønsket kon er oppnådd, reverseres skruen, og blokkene kan skilles og røret tas ut. Ved montering av røret vises til «torque» i henhold til tabell.

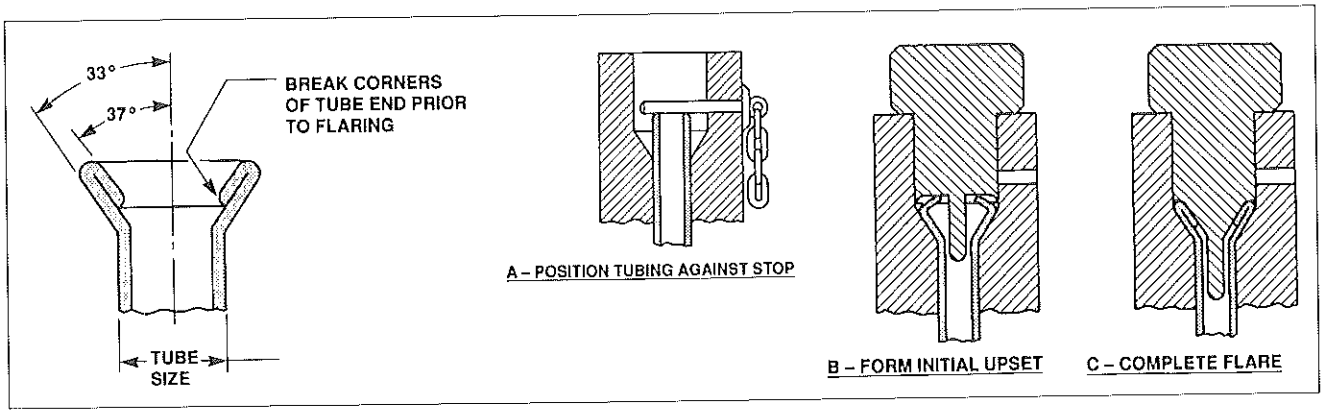


Tube Size Outisde Diameter (inch)	A - Diameter Steel or Aluminum Alloy Tubing (inch)		B Radius +.0.010 (inch)
1/8	0.200	+0.000 −0.010	0.032
3/16	0.302	+0.000 −0.010	0.032
1/4	0.359	+0.000 −0.010	0.032
5/16	0.421	+0.000 −0.010	0.032
3/8	0.484	+0.000 −0.010	0.046
1/2	0.656	+0.000 −0.010	0.062
5/8	0.781	+0.000 −0.010	0.062
3/4	0.937	+0.000 −0.010	0.078
1	1.187	+0.000 −0.015	0.093

Figur 4.32
Dimensjoner og toleranser for enkel kon

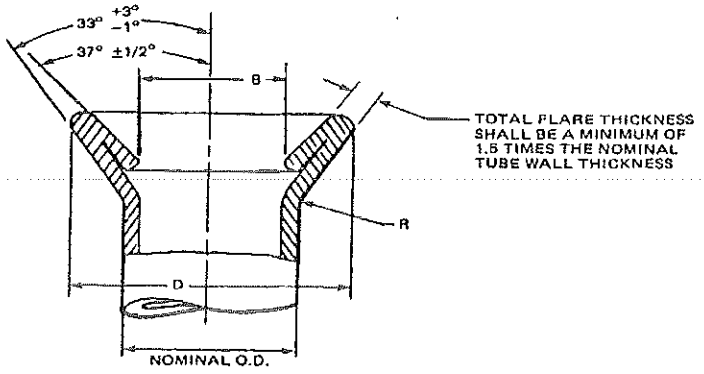
Dobbel kon

Rør av myke aluminiumslegeringer med diameter under 3/8 tomme har ofte dobbel kon for å gi en forsterket forbindelse i koplingen. Dobbel kon er glattere og mer sammenfattende i koplingene enn en enkel kon, noe som gir bedre tetting og fasthet mot skjærspenninger som oppstår under «torque» (vridningsmoment). For dobbelkoning av rør kappes dette på samme måte som for enkel kon. Rørenden rengjøres og poleres. Festemutter og støttehylse tres inn på røret før koningen starter. Røret settes inn i koneblokkene til den dybden som tillates av stoppinnen, se figur 4.33, og blokkene klemmes sammen. Installer slagverktøyet (penta tool) i blokken for å utvide røret. Med så få slag som mulig utvides nå røret. Koneverktøyet monteres, og med få slag foldes rørenden inn. Dobbelkonen er ferdig. Ferdig konet rørende inspiseres for å være glatt, ren og skadefri.

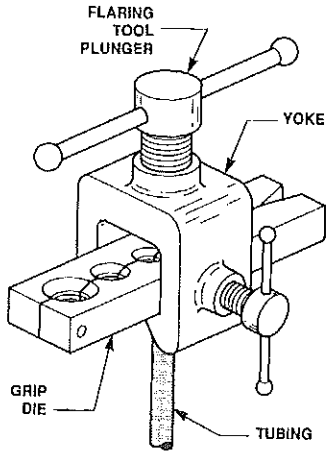


Figur 4.33
Konstruksjon av dobbel kon.

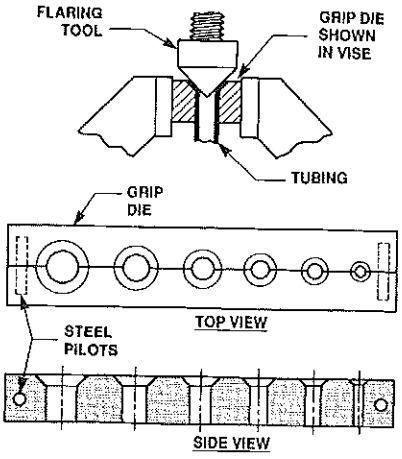
TUBING SIZE (Nominal O.D.)	DIAMETER OF FLARE (D) +.000 −.010	RADIUS (R) ±.010	WALL THICKNESS OF TUBING	INSIDE DIAMETER OF RETURN LIP B	
				MIN	MAX
3/16	.302	.032	.028	.124	.168
			.035	.110	.158
1/4	.359	.032	.028	.187	.230
			.035	.173	.219
5/16	.421	.032	.035	.235	.281
			.049	.205	.259
3/8	.484	.046	.028	.312	.354
			.035	.298	.344
			.049	.268	.322
Note 1 – All dimensions in inches					

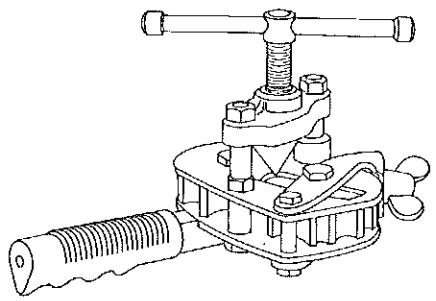


Figur 4.34
Mål og dimensjoner ved dobbel-kon.



Figur 4.35
Koneverktøy av «impact-type».

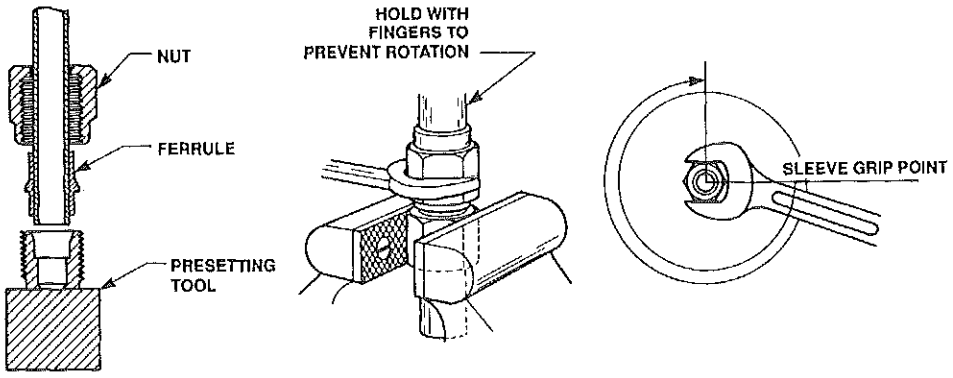




Figur 4.36
Koneverktøy av «rolling-type».

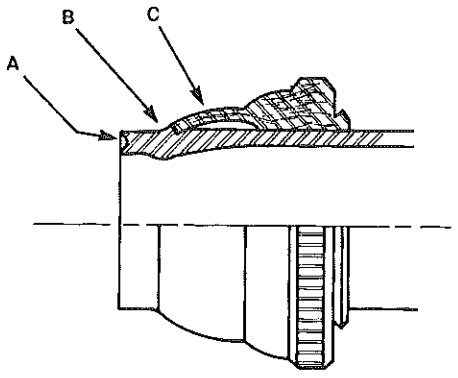
Koplinger uten kon (flareless fittings)

Det er vanskelig å kone tykkveggede rør som blant annet brukes for hydraulisk og pneumatisk høytrykk, og koplinger der prinsippet er at tettehylsen (sleeve/ferrule) skjæres inn i røret, som er konstruert for dette. Koplinger brukt i fly av denne typen er bl.a. benevnt som MS-koplinger. Koplingen betinger ikke koning av røret, men en prosess der sleeven presses inn i røret (presetting), må utføres før nytt rør skal installeres.



Figur 4.37
Montering av flareless fitting

Presetting av rør utføres med spesielt egnet verktøy (presetting tool) etter følgende prosedyre:
Rørenden kuttes rett, rengjøres og poleres. Koplingsmutteren og tettehylsen tres inn på røret, og alle deler smøres med hydraulikkolje, også verktøydelen. Røret plasseres inn i verktøyet til det stopper, og mutteren skrus på for hånd inntil den stopper (se figur 4.37). Tettehylsen skal da være presset mellom røret og verktøyet. Pass på at røret hele tiden er presset helt inn. Videre innskruing av mutteren er avhengig av rørdimensjon og materiale i røret. På rør av aluminiumslegeringer, til og med ytre diameter på 1/2 tomme, skrus nå mutteren fra 1 til 1 1/6 omdreining. For stålrør og rør av aluminiumslegeringer med diameter over 1/2 tomme brukes fra 1 1/6 til 1 1/2 omdreining. Røret demonteres fra verktøyet og tettehylsen inspiseres. Rørenden skal ha en lik utforming rundt hele enden, noe som indikerer at rørenden er rett kuttet og har bunnet riktig i verktøyet. Tettehylsens innskjæring skal være lik rundt hele røret, og rørveggen skal ha utvidet seg foran tettehylsen med minst 50 % av tykkelsen til hylsens forkant. Hylsen kan ha frihet til å rotere på røret, men skal ikke kunne beveges aksialt på røret. Hylsen skal ha en liten bue som ivaretar god tetting til koplingen. I mangel av spesielt verktøy for presetting kan en MS-union av stål brukes for oppgaven, men bare et visst antall ganger før den må kasseres. Ved montering av røret brukes «torque» i henhold til tabell.



Figur 4.38
Riktig montert «sleeve».

Tube O.D.	Wall Thickness	Wrench Torque (in.-lbs.)
	WRENCH TORQUE FOR 304 1/8 H STEEL TUBES	
3/16	0.016	90 – 110
3/16	0.020	90 – 110
1/4	0.016	110 – 140
1/4	0.020	110 – 140
5/16	0.020	100 – 120
3/8	0.020	170 – 230
3/8	0.028	200 – 250
1/2	0.020	300 – 400
1/2	0.028	400 – 500
1/2	0.035	500 – 600
5/8	0.020	300 – 400
5/8	0.035	600 – 700
5/8	0.042	700 – 850
3/4	0.028	650 – 800
3/4	0.049	800 – 960
1	0.020	800 – 950
1	0.065	1600 – 1750
	WRENCH TORQUE FOR 304-1A OR 347-1A STEEL TUBES	
3/8	0.042	145 – 175
1/2	0.028	300 – 400
1/2	0.049	500 – 600
1	0.035	750 – 900
	WRENCH TORQUE FOR 6061-T6 OR -T4 TUBES	
1/4	0.035	110 – 140
3/8	0.035	145 – 175
1/2	0.035	270 – 330
1/2	0.049	320 – 380
5/8	0.035	360 – 440
5/8	0.049	425 – 525
3/4	0.035	360 – 470
1	0.035	750 – 900
1-1/4	0.035	900 – 1100

Figur 4.39
Torque-verdier for «flareless fittings».

Inspeksjon og testing av rør og slanger

Etter at rørene er ferdig bøyd, koplinger er montert og det hele rengjort, skal røret trykktestes i samsvar med trykktabellen. Røret eller slangen koples opp med hydraulikktrykk, og koplingene skal ha minimum-torque i henhold til torque-tabellen. Blankingspluggen (metallplugg) som er i den andre enden, holdes litt åpen, slik at man får sluppet ut luften. Når ren hydraulikkolje kommer ut, festes blankingspluggen, og selve trykktestingen foretas.

Etter at trykktestingen er ferdig og arbeidet godkjent, kan røret eller slangen blankes med støvplugger som settes «finger-tight». Delen merkes og legges på lager eller går til montering.

Inspeksjoner og utskifting

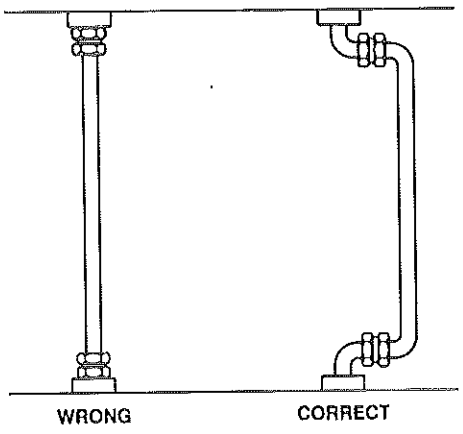
Både rør og slanger kan bli påført skader som reduserer komponentens evne til å ivareta en sikker systemoperasjon:

- Slitasjeskader som er forårsaket av gnisninger mot andre deler, kan forekomme. Slitemerkene kan være vanskelige å se, siden det normalt er liten avstand mellom komponentene der dette oppstår. Godt lys og speil er nyttige hjelpemidler. Inne i festeklemmene vil gnisninger kunne skje om bevegelse er til stede.
- Dårlig feste av rør vil gi vibrasjoner og utmatting. Over tid kan festeklemmene løsne og innvendig slitasje i klemmene gir mulig-

het for bevegelse. Vibrasjonen forplanter seg til koplingene, og skade oppstår. Får vi en lekkasje på en kopling, kan altså årsaken være rørvibrasjon.

- ✈ Korrosjon kan oppstå. På rør vil utvendig korrosjon være den mest iøynefallende, men rør kan også korrodere innvendig (kavitasjonskorrosjon).

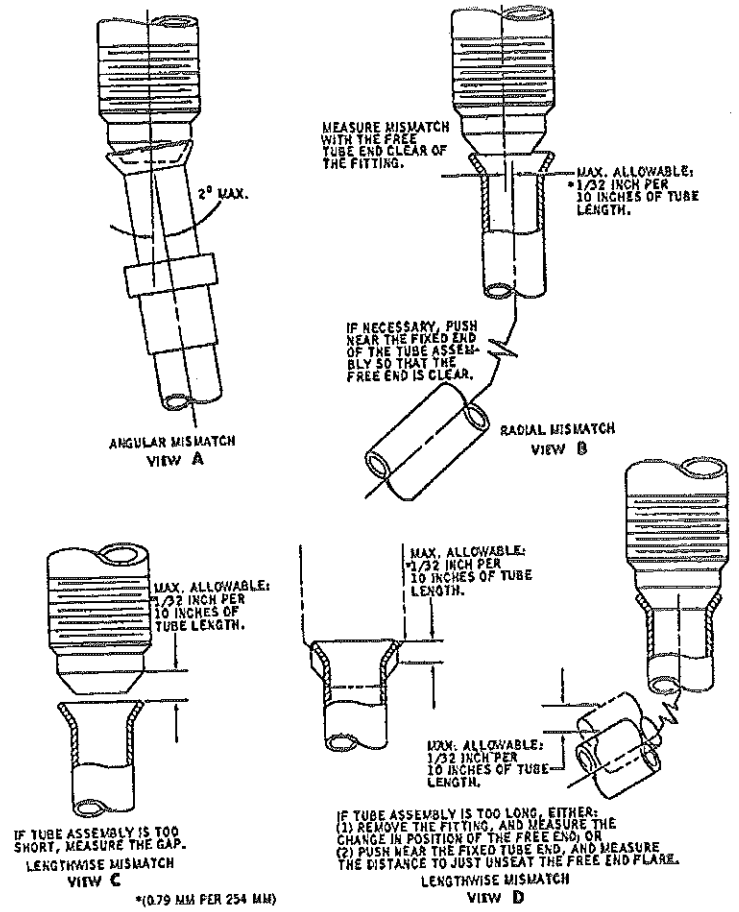
Skade på rør og slanger vurderes i henhold til flyets manual, og utskifting kan være aktuelt.



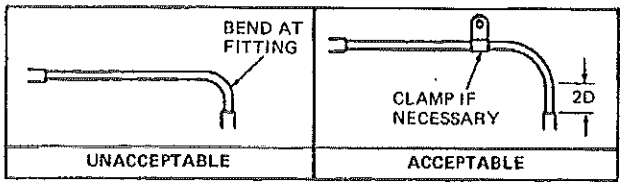
Figur 4.40
Et rør skal ha minst én bøy. Hva er årsaken til det?

Montering av rør og slanger

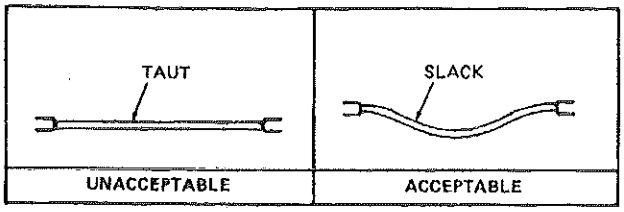
Ved montering av rør og slanger, er det viktig at det ikke blir utilsiktede mekaniske spenninger i konstruksjonen. Det kan skje om røret ikke passer inn på koplingene, og derved blir presset/bøyd på plass, eller om slangen er vridd eller lagt feil. Rør festes med klemmer fordelt over hele rørlengden. Festes røret permanent i klemmene før koplingene er montert, kan det skje en vridning av røret, og koplingene vil ikke harmonere med hverandre. Monter koplingene til røret på begge sider, og skru festemutteren inn på gjengene (skal kunne strammes lett) uten å sette fast med beregnet torque. Festeklemmene monteres og koplingene trekkes fast i henhold til tabellen. Trykktesting foretas etter montering. Det er ikke uvanlig at det kommer luft inn i systemet under montering. Lufting bør derfor foretas.



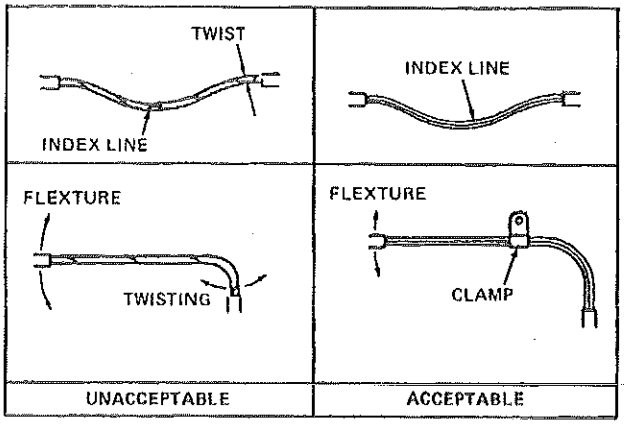
Figur 4.41
Rør og koplinger bør passe korrekt sammen ved montering. Dette eksemplet er fra MD-80 manualen viser tillatt «mismatch».



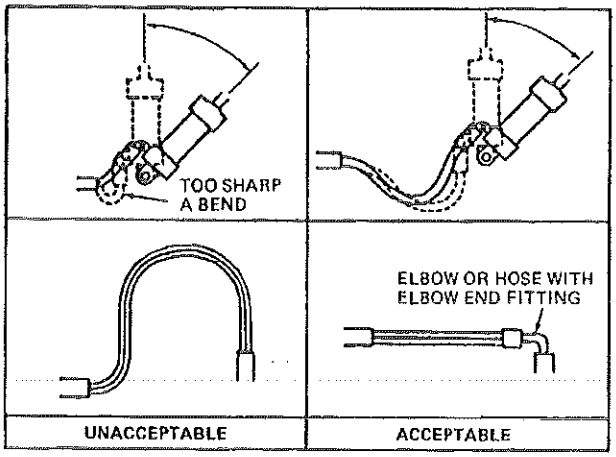
Figur 4.42
Rørbøyen skal ikke starte for nær koplingen. Dette eksemplet viser at avstanden er to ganger rørdiameteren.



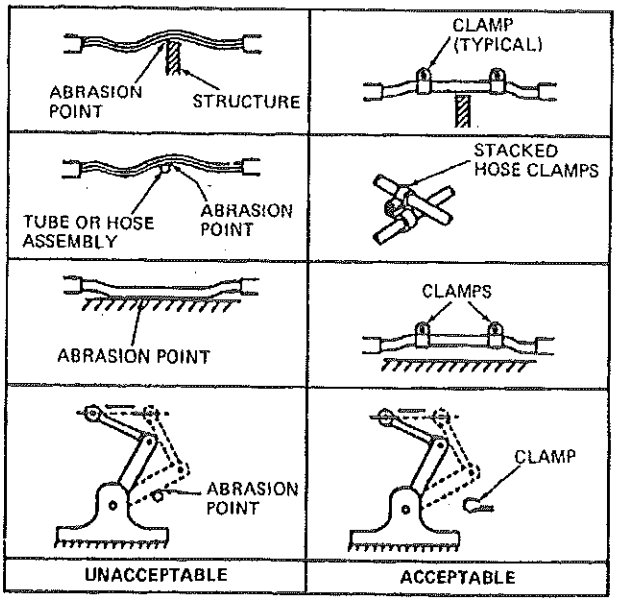
Figur 4.43
Slanger skal monteres uten at det oppstår mekaniske spenninger.



Figur 4.44
Slanger skal ikke vris. Indekslinjer langs slangen vil indikere dette.



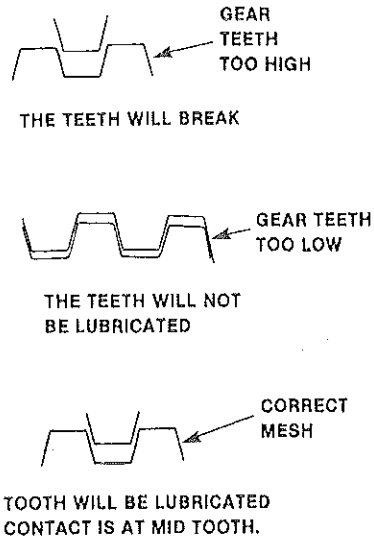
Figur 4.45
Slanger skal ikke ha for knappe bøyer.



Figur 4.46
Eksempler på akseptable og uakseptable monteringer.

4.4 Transmisjoner

For beskrivelse av forskjellige typer tannhjul, kjeder og reimer vises det til boka *Materiallære 2*.



Figur 4.47
Forskjellige klaringer mellom tennene

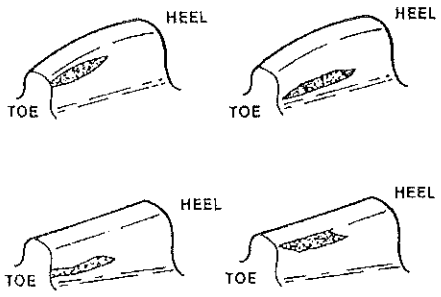
Tannhjul

Tannhjul brukes i forbindelse med kraftoverføringer for å forandre retning på kraftuttak og for å øke eller senke hastighet. En god tannhjulsoverføring må tilfredsstille følgende krav:

- Den drevne akselen skal rotere så jevnt som mulig.
- Overføringen skal være stillegående. Ulyder tyder på feil.
- Friksjonen mellom tennene skal være liten. Det vil si at virkningsgraden skal være så høy som mulig.
- Overføringen skal være laget av slitesterkt materiale.

Et vilkår for jevn overføring av bevegelse er at minst ett og helst to tannpar skal være i inngrep hele tiden. Dette kravet lar seg imidlertid ikke tilfredsstille på små tannhjul.

Normalt blir tannhjul skiftet ut ved slitasje, men det er viktig å forstå hvordan de funksjonerer. For at funksjonen skal være korrekt, skal tannhjul ha riktig *inngrepsklaring* og *inngrepsmønster*. Klaring og inngrepsmønster er avgjørende for hvordan tennene på et tannhjul griper inn i tennene på et annet. Er klaringen for liten, vil det ikke bli tilstrekkelig plass for at en korrekt smørefilm kan legge seg på tennene der de møtes. Er klaringen for stor, vil kraftoverføringen belaste toppen på tennene der de er svakest, og de kan brekke. Den ideelle klaringen skal være slik at kraftoverføringen skjer i mellomområdet. I dette området vil tennene få korrekt smøring og riktig belastning. En mulighet for å sjekke klaringen mellom tennene vil være å holde det ene tannhjulet i ro mens det andre beveges fram og tilbake til det stopper. Påmontert måleutstyr vil gi informasjon om klaringen er riktig i henhold til MM.



Figur 4.48
Inngrepsmønsteret er for nær tå-siden.

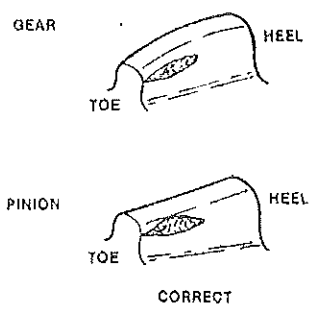
Koniske tannhjul

Inngrepsmønsteret til to tannhjul er svært viktig og må ses i sammenheng med klaringen. Klaring og inngrepsmønster er generelt mest kritisk i de konstruksjonene der retningen skal forandres (koniske tannhjul), *da inngrepet er justerbart ved å bevege tannhjulene inn eller ut for å få riktig forhold mellom dem.*

Inngrepsmønsteret betegner det merket på tennene som et tannhjul setter på et annet. Hver tann på et konisk tannhjul har en hæl og en tå.

Hælen er den delen av tannen som er høyest, og tåen er den laveste delen. Er tannhjulene justert slik at belastningen treffer nær enten hæl eller tå, kan tennene brekke.

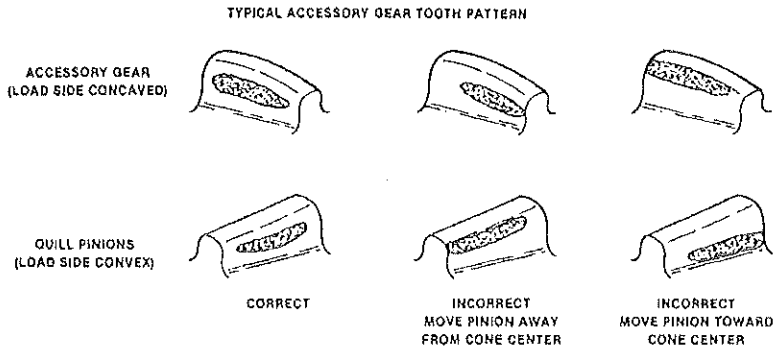
På et konisk tannhjul med rette tenner skal inngrepsmønsteret være midt på tannen. På koniske tannhjul med skrå tenner kan imidlertid belastningen i overføringen økes, og inngrepsmønsteret blir da noe forandret.



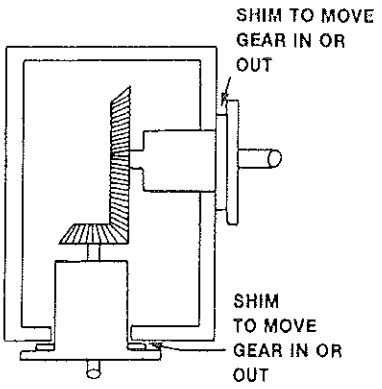
Figur 4.49
Forskjellige inngrepsmønstre på tennene.

Figur 4.50 viser noen inngrepsmønstre og justeringsmuligheter for å få forholdet mellom tannhjulene korrekt.

Justering av tannhjulene gjøres ved å legge på eller ta av «shims». Se figur 4.51. Inngrepsmønsteret og klaringen vil da kunne forandres.



Figur 4.50
Inngrepsmønstre og justeringsmuligheter for å få forholdet mellom tannhjulene korrekt.



Figur 4.51
Det brukes «shim» for å forandre på klaring og inngrepsmønster. For å få indikasjon på inngrepsmønsteret brukes merkefarge på tennene.

Ved justering av tannhjul vil man normalt begynne med å få riktig klaring og deretter sjekke at inngrepsmønsteret blir riktig, men dette kan også gjøres motsatt. Viser det seg vanskelig å få justert tannhjulene, er det en indikasjon på slitasje, og tannhjulene bør skiftes. hvis man bare justerer, vil man kunne få riktig klaring, men inngrepsmønsteret blir feil, eller at man får justert til riktig inngrepsmønster, men det blir feil på klaringen.

For at overføringene skal fungere godt, må de inspiseres og holdes ved like. Alle tannhjulsoverføringer lager lyd eller støy, men lydene kan være forskjellige. Vi bør stadig lytte på disse. Et stetoskop forsterker lydene godt. Ulyder kan komme av:

- Overføringen blir dårlig eller feil smurt. Oljen i overføringen skal skiftes og kontrolleres etter fastsatte intervaller. «Chip-detectors» sjekkes for metallspon.
- Overføringen blir overbelastet.
- Overføringen er skadd. Tenner kan være brukket eller slitt.
- Det er satt inn nye tannhjul i gammel overføring. Tannhjul skiftes ofte parvis, eller hele transmisjonen blir skiftet ut.

Under montering av tannhjulsoverføringer kreves det at underlaget er plant og rent. Arbeidet krever korrekt verktøy og utførelse samt god beskrivelse i vedlikeholdsmanualen.

Kjedeoverføring

En overføringskjede har fast inngrep i kjedehjul med tenner. Tennene er utformet slik at de passer de ulike kjedetypene. For at en kjedeoverføring skal fungere godt, må kjedet ha riktig stramming. Det er ofte nødvendig å justere kjedespenningen både ved montering og med jevne mellomrom senere, fordi overføringen slites.

Ulyd fra kjedeoverføringen kan indikere slitasje, skade eller feil stramming. Ved inspeksjon av kjedet sjekkes det for generell skade, korrosjon og slitasje. Måling av lengden på kjedet (i utstrukket tilstand og med belastning) vil indikere hvor stor slitasjen er mellom leddene. Slitasjen kan også indikeres ved å bøye kjedet sideveis.

Kjedelåsene kan være av forskjellige typer. Det enkleste er bruk av låseklips. Låseklipsen skiftes ved tegn på skade eller når den ikke låser riktig. Låsen kan også være festet med skrue og selvlåsende muttere. Sjekk låsingen på mutteren. I noen tilfeller koples kjedet ved nagling. Ved skifte av kjede skiftes normalt også kjedehjulene.

I noen konstruksjoner går kjedene i oljebad og lukket system. I andre tilfeller er kjededriften åpen og utsatt for korrosjon og forurensning. Kjedet skal holdes rent og smøres med jevne mellomrom.

Reimoverføringer

For reimoverføringer gjelder samme forhold som for kjeder når det gjelder riktig stramming. Strammingen må justeres og kontrolleres ved jevne mellomrom. I enkelte tilfeller kan man ha automatiske strammere som ivaretar riktig spenning.

Ved inspeksjon sjekkes også reimene for skader som kutt, delaminering, oppflising o.l. Om reimene blir skadet, kan olje og fuktighet trenge inn. Konsekvensene kan bli sluring, med dertil redusert virkningsgrad, og også avrivning. Tannhjulsreimer vil ikke slure, men ved for dårlig stramming kan vi oppleve at reimene hopper over tenner på tannhjulene, noe som kan få fatale konsekvenser i justerte systemer.

Ved skifte av reimer må vi skifte alle på samme reimskive. Reimskivene skal holdes rene for olje og smuss. Slitasje i reimskivenes opplagring kan indikeres ved ulyd, varmgang og feil slitemønster på reim og reimskive. For øvrig vises til temaet om lager.

Skrujekker

Skrujekker brukes for overføring av roterende bevegelse fra motorer til bevegelige flater. Skrujekken har et uttak med gjenger som roterer og driver en påmontert mutterforbindelse. Denne forbindelsen er tilknyttet de flatene som skal beveges. Eksempel på bruk av skrujekker er for utfelling av flap, slat og for trimming av ror. Ved trim brukes elektriske motorer kontrollert fra cockpiten. For flap og slat brukes ofte hydrauliske motorer med roterende kraftuttak. Skrujekkens kraftuttak med gjenger vil i disse tilfellene tas ut med vinkel på 90 grader i forhold til «input» fra motor. Overføringen fra motoren kan være stive «torque tubes» eller «flex-shaft».

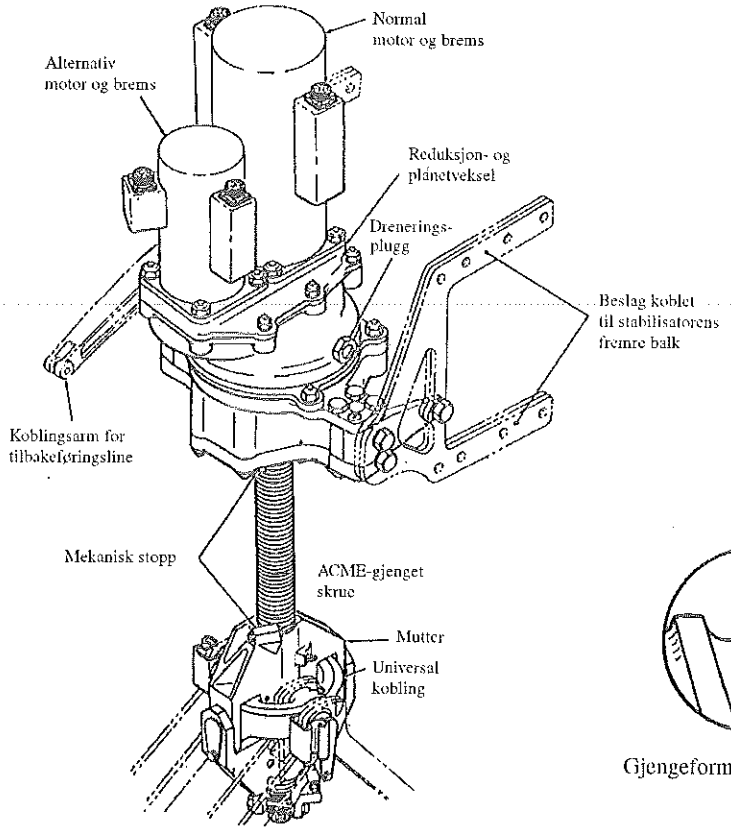
Gjengetypen på skrujekker er for det meste firkantgjenger. For kontroll og justeringer av større flater vil mutteren ha kuler som roterer i gjengepartiet for å redusere friksjonen i overføringen.

Ved inspeksjon skal det sjekkes for eventuell skade, korrosjon, at området er rent og at det er smøremiddel til stede. For flap og slat er dette usatte områder for forurensning fra bakken, samt at smøremidlet kan vaskes bort ved gjentatt avising (de-icing).

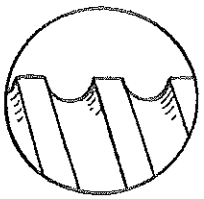
Ulyd fra skrujekker indikerer skade eller slitasje, og årsaken bør undersøkes nærmere. For lav rotasjonshastighet er også et symptom på feil. Sikring av festeområdene sjekkes, og eventuell slakk i de mekaniske forbindelsene. Monteringsmuttere for «flex-shaft» skal være låst i henhold til MM, normalt med låsetråd. «Torque tubes» er festet på «splines» og holdes på plass med bolteforbindelser. «Torque tubes» kan være merket med en markert strek langsetter røret. Det er gjort for lettere å kunne se om «torque tube» er blitt vridd.

Push-pull rods

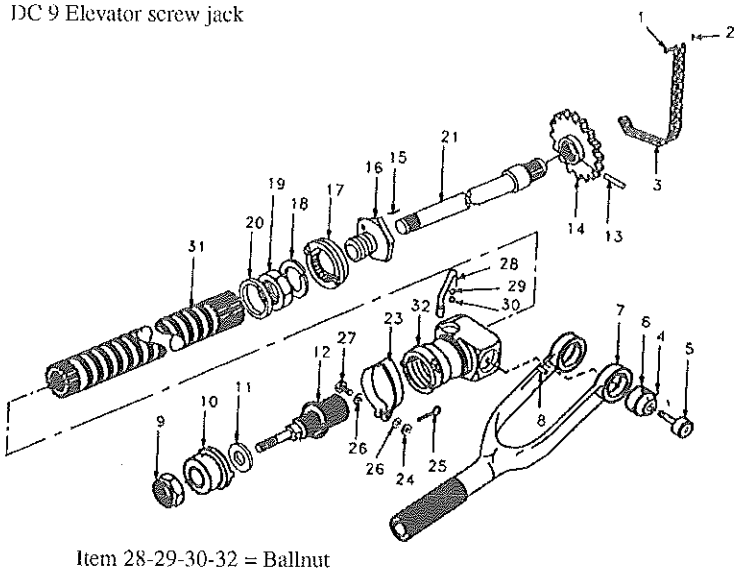
Mange luftfartøyer bruker «push-pull rods» i stedet for kontrollkabler.



DC 9 Elevator screw jack

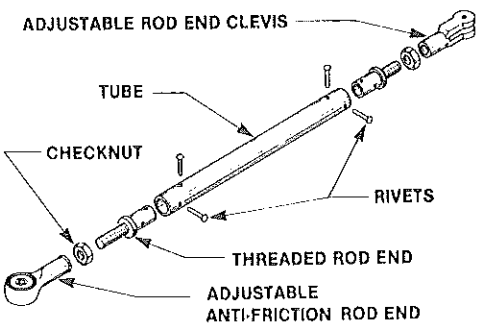


Gjengeformen på ACME gjenger



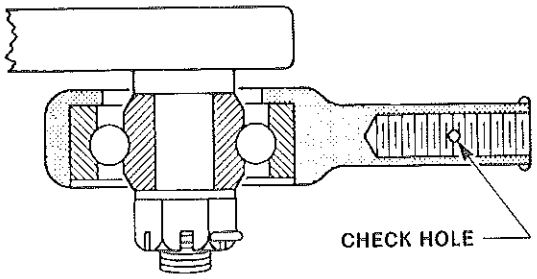
Item 28-29-30-32 = Ballnut

Figur 4.52
Figuren viser en «push-pull rod» med clevis-forbindelse på den ene siden og lagerforbindelse på den andre.

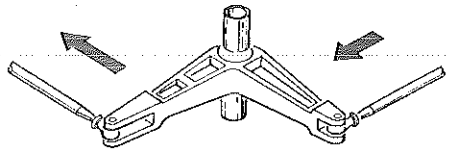


Figur 4.53
En «push-pull rod» i sine enkelte deler

Selve røret er laget av en varmebehandlet aluminiumslegering. Endestykkene på røret er trædd inn i røret og naglet fast. På endestykkenes gjengeparti skrus så monteringsforbindelsen inn, justeres og festes med en mutter som sikres. For å være sikker på at monteringsendene er skrudd langt nok inn, er det et inspeksjonshull der gjengene skal kunne vises. Er det mulig å stikke en tynn låsetråd gjennom hullene, er monteringen ikke godkjent. Gjengepartiet må skrus lenger inn.



Figur 4.54
Gjengepartiet skal være skrudd så langt inn at det dekker inspeksjonshullet.



Figur 4.55
«Push-pull rods» festet inn mot en «bell crank».

I de konstruksjonene der flere «rod-ends» er montert etter hverandre, vil selv en liten slakk på hver enkelt skape problemer, for eksempel vibrasjon, da disse summeres ved operasjonspunktet.

«Push-pull rods» er ofte koplet opp mot «bell cranks» for å få forandring av bevegelsesretningen eller for å redusere eller øke utslaget på bevegelsen.

4.5 Fjærer

For fjærtyper viser vi til boka *Materiallære 2*.

Inspeksjon og testing

Fjærer er komponenter i systemene som skal virke dempende eller tilbakeførende. Navnet på fjærene viser vanligvis til hvilken oppgave fjærene har, for eksempel strekkfjærer, trykkfjærer, vridningsfjærer og bøyefjærer. Slike navn betegner de mekaniske spenningene som oppstår i fjæra under belastning.

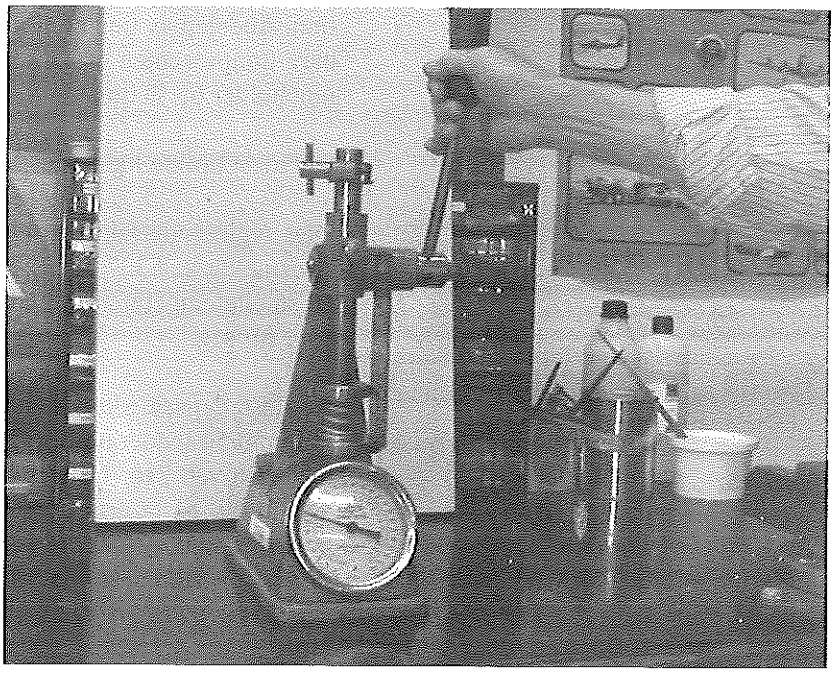
Mindre stålfjærer vikles kalde av kaldtrukket stål, mens kraftigere fjærer formes i oppvarmet tilstand. Fjærer overflatebehandles på forskjellige måter, for eksempel ved forsinking, forkromming, fornikling eller ved ovnslakkering. Vi kan også behandle en ferdig stålfjær ved å bombardere den med små kuler av forskjellige materialer, ofte av stål, med stor kraft (shot-pining). Den får da større utmattingsfasthet.

Det er en viktig hovedregel i forbindelse med behandling av fjærer: Ferdig bearbeidede fjærer må ikke varmes opp! Oppvarming ødelegger materialets egenskaper.

Ved inspeksjon og testing av fjærer demonterer vi dem fra de komponentene de hører til.

Utvendige skader i form av hakk, slitasje, deformasjon, tegn på oppvarming og korrosjon, kan føre til at fjæra skal kasseres. Dette avgjøres i henhold til MM og i forhold til hvor stor skaden er.

For å teste fjæras mekaniske egenskaper settes den under belastning, og man måler hvor mye den gir etter, ut fra bestemte tabeller for belastning og mål. På bildet ser vi en trykkfjær som komprimeres med en bestemt belastning. Lengden på fjæra under belastningen måles med skyvlære, med fast måleskala på testeren eller elektronisk.



Figur 4.56
Belastningen på fjæra utføres manuelt ved hjelp av håndtaket. Sammentrykningen av fjæra kan avleses på skalaen som er montert på siden av testeren.

4.6 Lodding

Lodding er i motsetning til sveising ikke en sammensmelting av to metaller, men en festemetode hvor et tilsetningsmateriale «limer» sammen to metaller.

Det er to hovedtyper av lodding; *hardlodding* og *myklodding*.

Hardlodding, også kalt slaglodding, med tilsatsmaterial av sølv eller messing som smelter ved temperaturer på 800 °F og oppover. Slaglodding brukes ved sammensetting av større deler, og varmekilden er en gassflamme.

Myklodding eller bløtlodding er lodding med et tilsatsmateriale som oftest er en blanding av tinn og bly, med en smeltetemperatur på ca. 200 °C. Myklodding brukes på mindre deler, og er mest brukt til elektriske ledningsforbindelser. Oppvarmingen skjer ved hjelp av en elektrisk oppvarmet loddebolt.

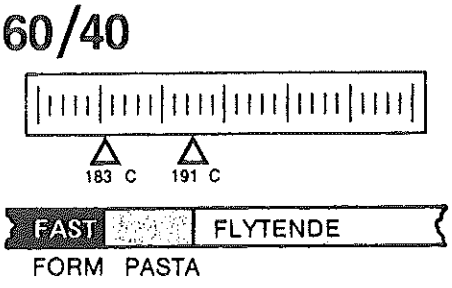
Myklodding

Myklodding er en prosess som sammenføyer to eller flere metaller til en sikker elektrisk og mekanisk forbindelse. Elektriske forbindelser kan utføres på andre måter enn lodding, for eksempel ved klemmeforbindelse eller skrueforbindelse, men fordelen med lodding framfor andre forbindelser er at sammenføyningen er fast, og at den ikke har noen åpne kontaktflater som kan oksidere, siden den har en ubrutt ledningsforbindelse fra en leder til en annen.

Loddemetallet

Loddemetallet som brukes til myklodding er en legering av hovedsakelig tinn og bly, selv om det i dagligtalen kalles for loddetinn.

Når forholdet er 50 % tinn og 50 % bly, kalles det 50/50 loddetinn, på samme måte kalles en legering av 60 % tinn og 40 % bly 60/40 loddetinn. Andelen av tinn er alltid nevnt først. For enkelte loddetinntyper er bare tinnprosenten brukt som benevnelse. Et eksempel er Sn 63, som inneholder 63 % tinn.

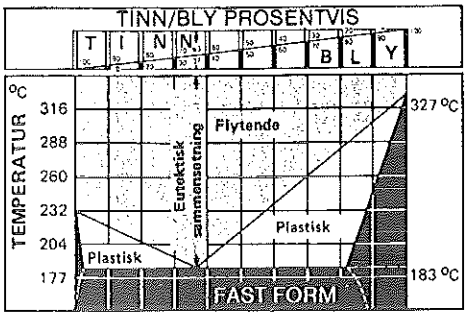


Figur 4.57

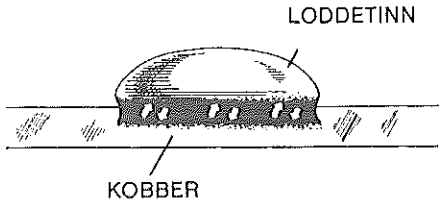
Det mest brukte loddetinnet for håndlodding er 60/40.

Den avgjørende faktoren til loddetinn er det lave smeltepunktet. Rent bly smelter ved 327 °C, og rent tinn ved 232 °C. En 50/50 legering har en smeltetemperatur på 216 °C, noe som er lavere enn de to metallene hver for seg.

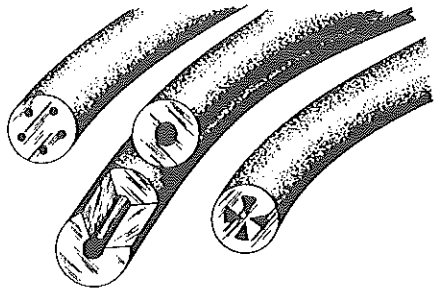
De fleste legeringene smelter ikke øyeblikkelig ved en bestemt temperatur. 50/50 loddetinn begynner å smelte ved 183 °C, men blir ikke flytende før ved 216 °C. Mellom disse to temperaturene befinner loddtinnet seg i pastaform, det vil si en del er smeltet, men ikke alt. Pastaområdet vil variere etter legeringsforholdet. 60/40 loddetinn har mindre pastaområde enn 50/50.



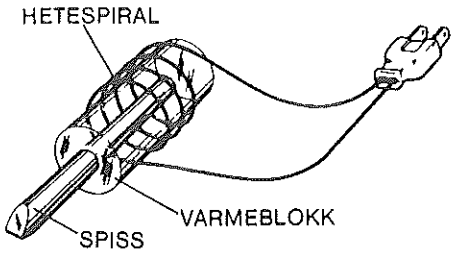
Figur 4.58



Figur 4.59
Smeltet loddetinn som løser seg opp og trenger ned i kobberoverflaten og danner en intermetallisk forbindelse.



Figur 4.60
Loddetinn med flussmiddel.



Figur 4.61
Varmeelement, varmeblokk og loddespiss på en loddebolt.

Når vi avkjøler loddeforbindelsen, er det viktig å ikke bevege loddeobjektet mens loddetinnet er i pastaområdet. Bevegelse kan forårsake en «forstyrret lodding» og loddingen vil bli grov og uregelmessig, med en grå og kornet overflate i stedet for en blank og jevn overflate. Slike loddeforbindelser godkjennes ikke.

Når det er vanskelig å holde loddeobjektet i ro, er det hensiktsmessig å bruke et såkalt eutektisk loddtinn. Dette loddetinnet har ikke noe pastaområde, og går nesten rett over fra fast til flytende form. Sn 63 er et eksempel på et slikt loddetinn.

Fuktingsprosessen

Hvis en ser på en lodding, ser det ut som om loddetinnet fester metalldelene sammen som et smeltet lim. Det som egentlig forgår, er at når lottetinnet kommer i kontakt med for eksempel en kobberoverflate, skjer det en metallopløsning som innebærer at loddetinnet løser seg opp og trenger litt ned i kobberoverflaten. Loddetinn og kobbermolekyler blandes og danner en metallopløsning som kalles *fuktingsprosessen*. Dette er en *intermetallisk forbindelse*.

Fukting kan bare forekomme når metalloverflaten er fri for forurensing og oksid. Dessuten må loddetinnet og arbeidsstykke ha riktig temperatur. Til tross for at en overflate ser ren ut, kan den likevel være dekket av et tynt lag oksid. Dersom loddetinnet tilføres på en slik overflate, vil det oppføre seg som vanndråper på en oljet overflate, og ingen oppløsningseffekt vil skje. For å opprette en god loddeforbindelse må all oksid fjernes under loddeprosessen, og dette gjøres ved å tilføre et flussmiddel.

Flussmiddel

I de fleste brukte loddetinntypene er det innbakt et flussmiddel. Det gjør det lettere å kontrollere mengden av flussmiddel.

Flussmidlet skal hindre og fjerne oksidasjon som vil øke raskt ved oppvarming. Det er viktig at flussmiddelet har en lavere smeltetemperatur enn loddetinnet, slik at virkningen starter før selve loddeprosessen.

Loddebolter

Loddebolter består i hovedsak av tre hoveddeler: et varmeelement, en varmeblokk, som er et varmereservoar, og en spiss som overfører varmen til loddeobjektet. Spissen er utskiftbar for å tilpasse bruken til loddeoperasjonen. De aller fleste loddebolter som er i bruk innenfor flyvedlikehold, er termostatregulert. Det vil si at de kan stilles inn til ønsket temperatur.

En bra loddebolt til generelt bruk til elektronikk bør være på ca. 30 W og ha utskiftbare spisser. Spissene kan enten være uplettert kobber eller jernplettert. Upletterte spisser krever bearbeiding og fortinning med jevne mellomrom. Spissene avgir litt kobber under loddeprosessen og vil slites etter hvert. Jernpletterte spisser er ikke utsatt for denne slitasjen.

Bruk en fil og form kobberspissen mens den er kald, varm opp spissen og fortinn med harpiks tilsatt loddetinn så snart den er varm nok til å smelte denne blandingen. Den vanlige arbeidstemperaturen til spissen

er for høy til dette arbeidet, fordi den høye temperaturen fører til oksidasjon.

Rengjør alltid spissen før bruk, først med en ren børste, tørk deretter av med en fuktig klut eller svamp.

Loddetemperatur
Det viktigste ved loddingen er ikke temperaturen på loddeboltspissen, men å kontrollere oppvarmingstiden på loddeobjektet. Hvor raskt det varmes opp, hvor varmt det blir, og hvor lenge det er varmt.

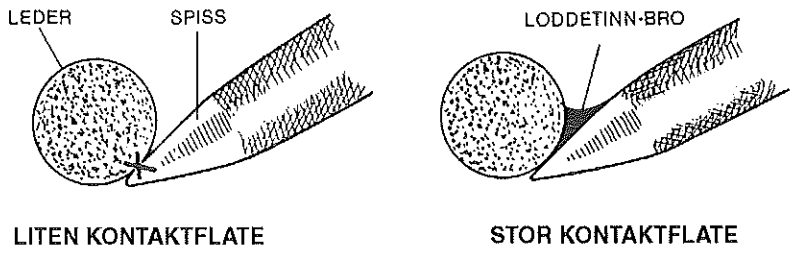
Oppvarmingstiden kritisk, fordi den må tilpasses loddeobjektets masse. En liten loddeøy på et kretskort har liten masse, og vil oppvarmes raskt. Hvis det for eksempel skal loddes flere ledere til et loddetårn, er massen større, og oppvarmingstiden blir lenger. Oppvarmingstiden bør være så kort som mulig.

Ved å velge korrekt spiss på loddebolten kan oppvarmingstiden kontrolleres bedre. Varmen som trenges for å varme opp en stor masse, bør komme fra et varmeobjekt med stor masse.

Urenheter og oksid på overflaten på loddeobjektet vil være en varmeisolator, og det må derfor rengjøres med et oppløsningsmiddel før loddingen starter. Det mest brukte rengjøringsmidlet er isopropyl-alkohol. Det fjerner alt fett eller annen forurensing på loddeoverflaten.

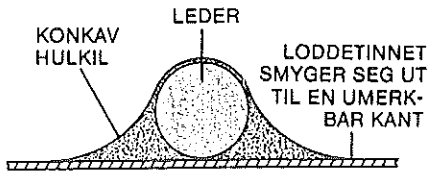
Den termiske forbindelsen mellom loddeboltspissen og loddeobjektet er også viktig for å kontrollere temperaturen. På figur 4.62 er det vist hvordan kontaktflaten blir med spissen mot en rund leder. Ved å legge på en loddebro vil kontaktflaten økes betraktelig og varmeoverføringen bedres.

Som nevnt tidligere, må du bruke så kort oppvarmingstid som mulig. Loddinger som utføres på trykte kretskort skal være tilført varme i maksimalt to sekunder.

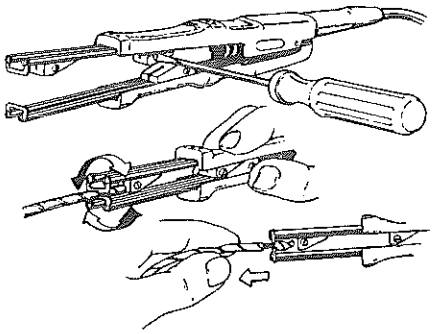


Figur 4.62
Kontaktflate med en rund leder.

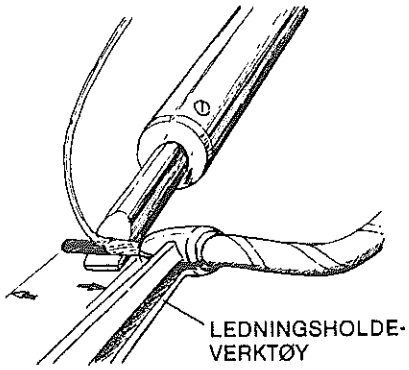
Tilføring av loddetinn og loddeboltspiss
Loddebolten settes mot den delen som har størst masse på loddeobjektet for å få rask oppvarming. Dette gir også best varmefordeling til de delene som skal loddes. Smeltet loddetinn renner alltid fra kaldt til varmt område.



Figur 4.63
En rund leder på en flat overflate.



Figur 4.64
Avisoleringsverktøy.



Figur 4.65
Riktig måte å fortinne på.

Overflatetemperaturen på loddeobjektet må alltid være over smeltepunktet til loddetinnet før dette tilsettes. Ikke prøv å smelte loddetinnet med loddebolten for deretter å få det til å flyte ut over en overflate med lavere temperatur.

Loddetinn som tilføres en oppvarmet rengjort metallflate der et flussmiddel er tilstede, vil flyte utover uten at tinnet har vært i kontakt med varmekilden. Tinnet vil flyte ut til en jevn glatt flate med en nesten umerkbar overgang mellom loddetinnet og det metallet den har flytt ut på.

Avisolering og fortinning

Når du skal avisolere, benytter du en avisoleringstang, eller et termisk avisoleringsverktøy. Bruk avisoleringstang med korrekte kjefter. Kjeftene er merket i forhold til ledningsdiameter. Pass på at du ikke skader lederen ved avisolering. For å være på den sikre siden anbefales ofte termisk avisoleringsutstyr. Det smelter isolasjonen i stedet for å kutte den, og man unngår skade på lederen.

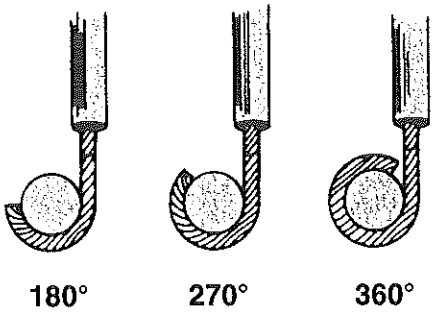
Når en leder forbindes til en terminal, skal det være en viss avstand fra isolasjonen til terminalen. Det er for å forhindre at isolasjon skal komme i kontakt med loddingen, og at ikke loddetinnet skal trekke seg inn under isolasjonen. Den isolasjonsfrie avstanden skal være mellom én og to ganger lederdiameteren (isolasjon medregnet).

Lederen skal fortinnes for å sikre en god forbindelse ved loddeoperasjonen. Loddebolten plasseres på undersiden av lederen, og loddetinn tilføres på oversiden. Lederen føres på tvers av loddebolten, først mot isolasjonen, deretter ut og bort over enden av lederen. Det kan være en fordel å holde lederen loddrett under denne operasjonen. Overflødig tinn vil da renne av, og det vil også forhindre at loddetinnet trekkes inn under isolasjonen. Ved å benytte et verktøy for å holde lederen vil problemet med loddetinn under isolasjonen reduseres.

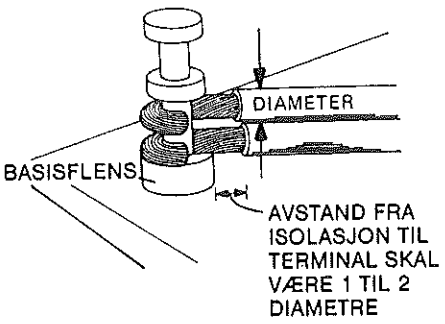
Loddeprosessen

Selve loddingen til forskjellige terminaler er vist på figurene.

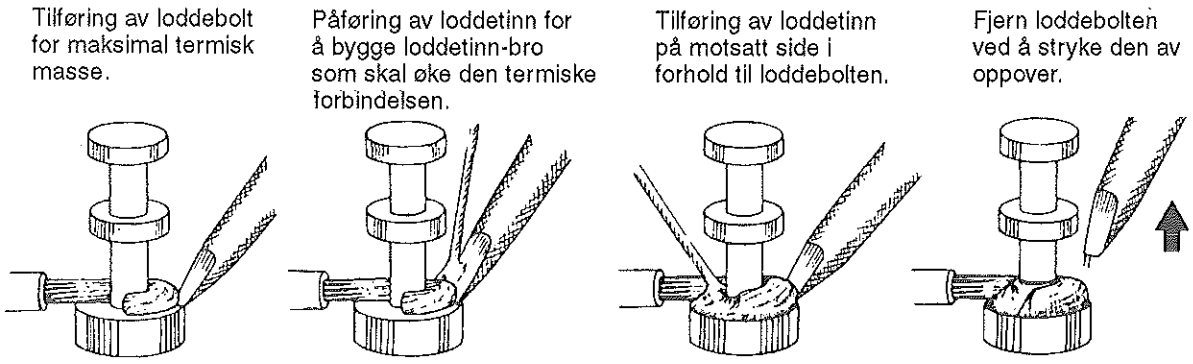
Loddetårn



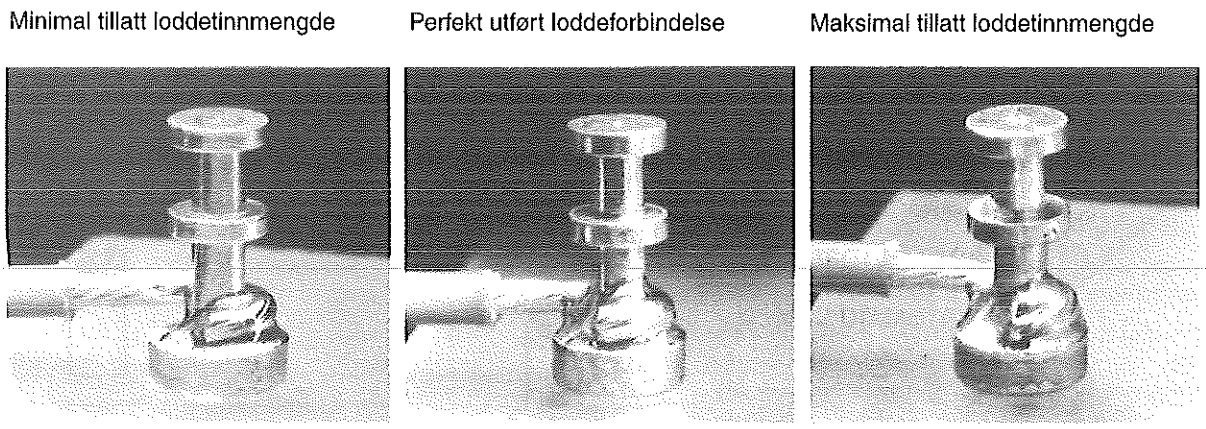
Figur 4.66
Forankring av leder til loddetårn.



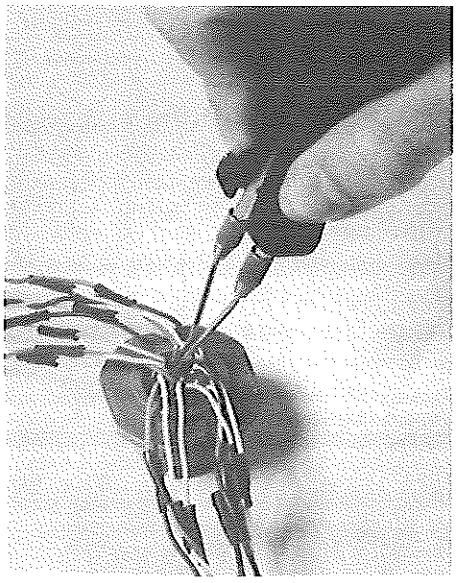
Figur 4.67
Plassering av leder på loddetårn.



Figur 4.68
Lodding av leder til loddetårn.



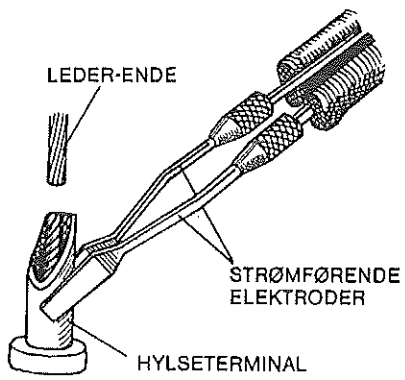
Figur 4.69
Utført lodding med minimum, perfekt og maksimalt tillatt loddetinn.



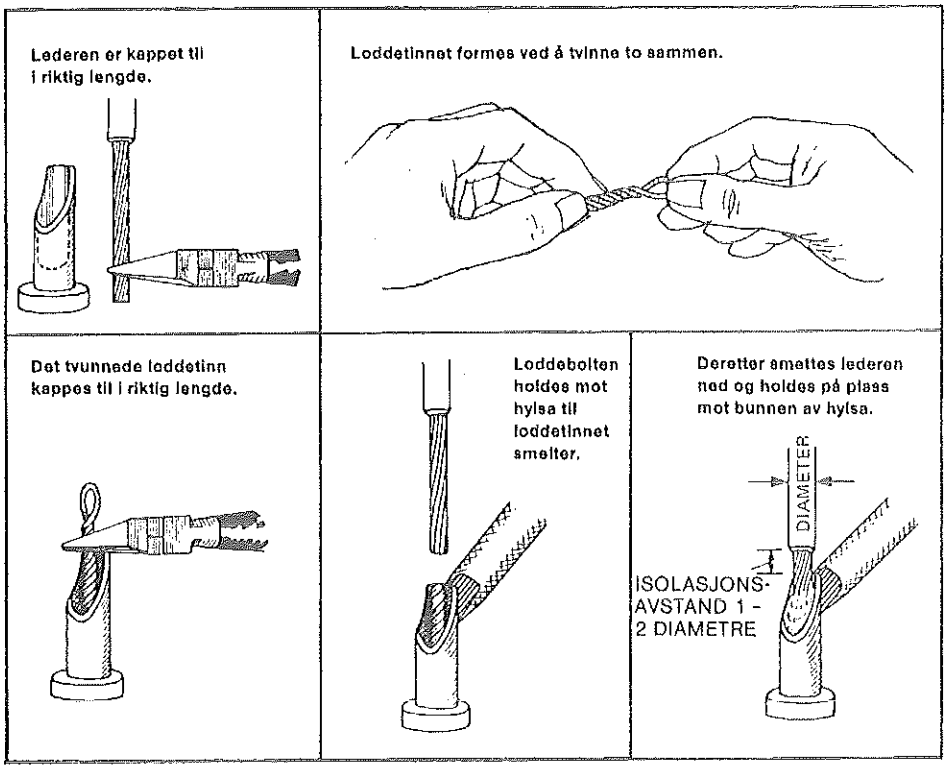
Figur 4.70
a) Motstandsloddeverktøy med elektroder som griper om hylsa. Operatøren kopler til strømmen når verktøyet er riktig plassert.

Lodding på hylseterminaler

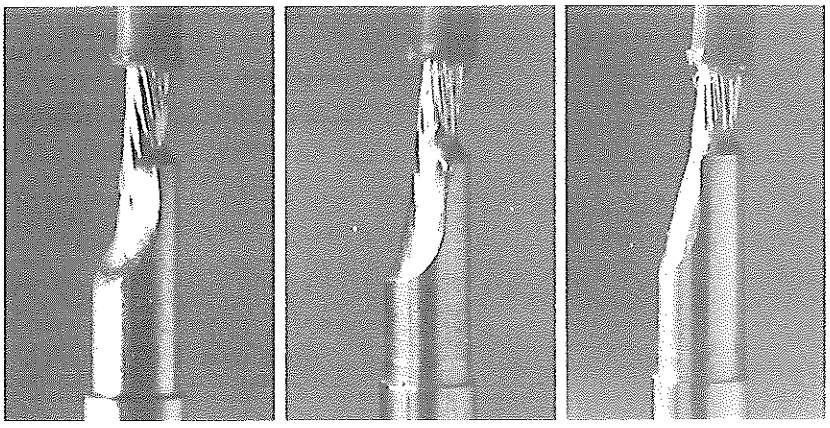
Noen plugger som benyttes i flyindustrien kar pinner og hylser som loddes. Ved lodding av slike kontakter vil det i noen tilfeller være vanskelig å komme til med en vanlig loddebolt, og da er motstandsloddeverktøyet greit å bruke



b) Elektroden kan plasseres i kald tilstand. Når den er riktig plassert, tilkoples strømmen som varmer opp hylsa og smelter loddetinnet.

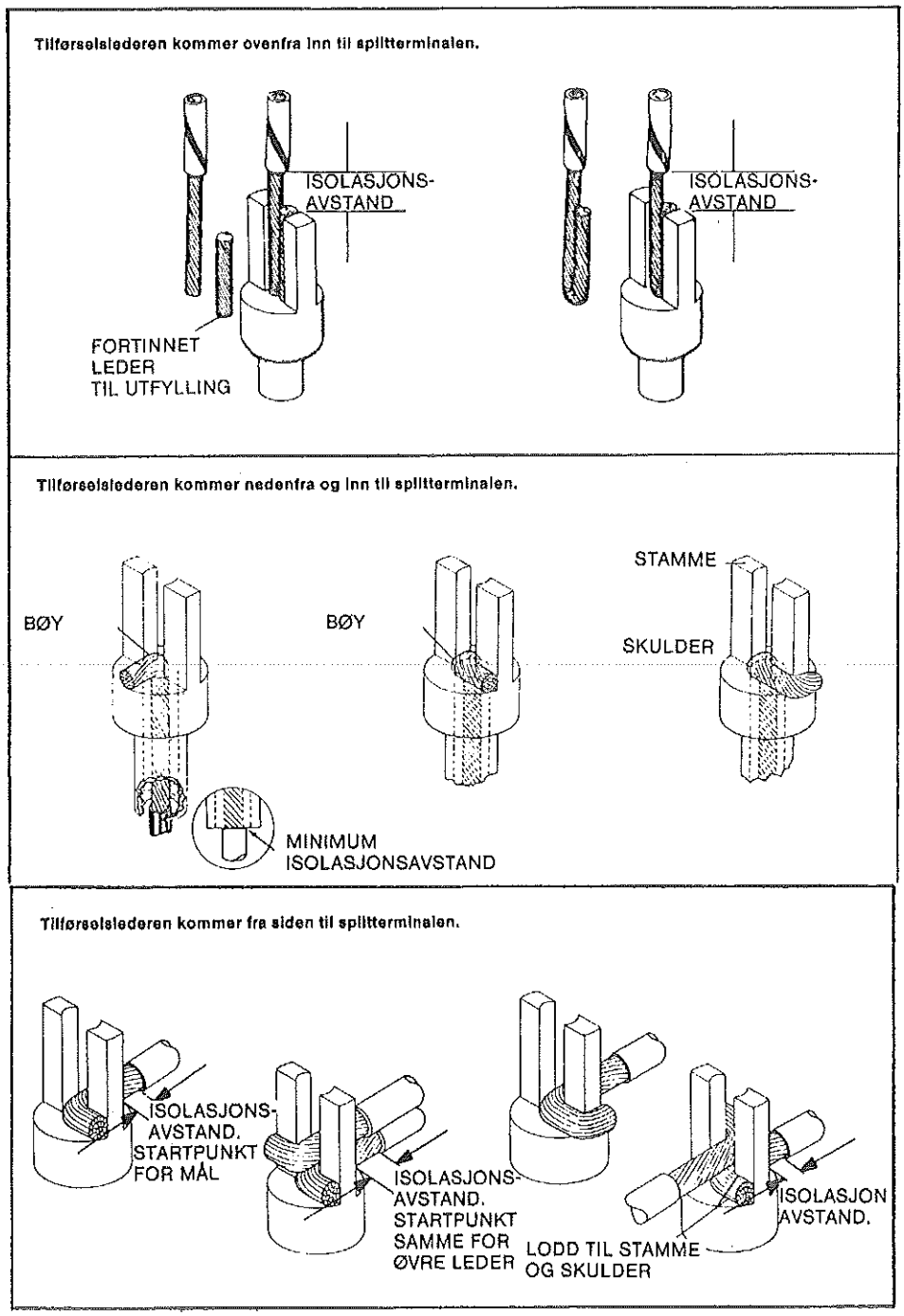


Figur 4.71
Lodding på hylseterminal

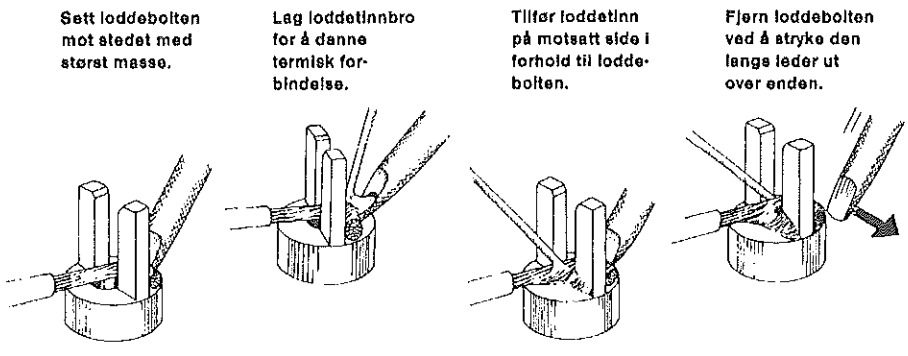


Figur 4.72
Utført lodding på hylseterminal

Splitt-terminaler

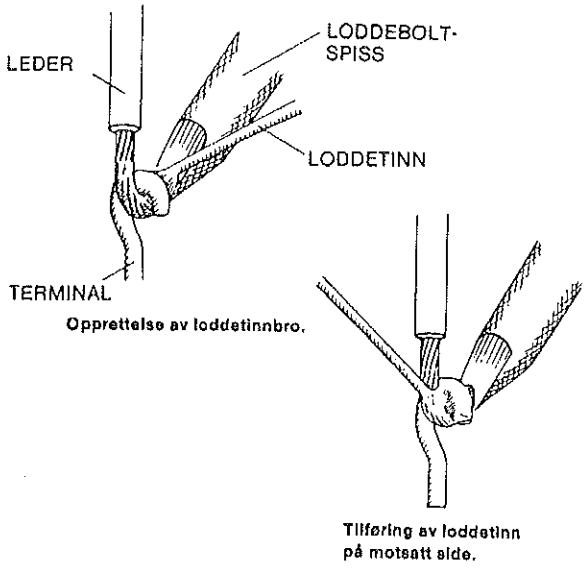


Figur 4.73
Forbindelse til splitt-terminal

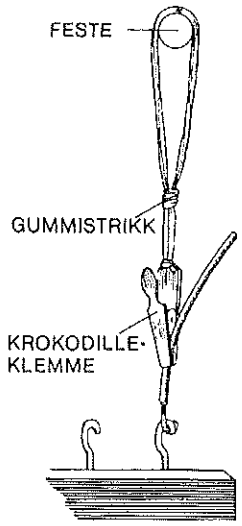


Figur 4.74
Lodding av splitt-terminal

Løkke eller krokterminaler



Figur 4.75
Lodding til krokterminal



Figur 4.76
Anordning for å holde lederen i ro under loddingen

Lodding på kretskort

Lodding på kretskort har etter hvert utviklet seg til et spesialhåndverk. Loddemetodene er i stor grad bestemt av produsenten av kortet og kan variere fra korttype til korttype. Det som imidlertid er felles, er at det må vises den største aktsomhet ved lodding på kretskort. På grunn av varmefølsomheten må en være ekstra påpasselig med oppvarmingen. Kobberfolien som danner banene på et kretskort, er bare mellom 0,03 og 0,07 millimeter tykt og tåler derfor lite før den ødelegges.

Kontroll av loddeforbindelser

Når loddetinnet har størknet og blitt tilstrekkelig hardt, skal hele loddeforbindelsen rengjøres for å fjerne fluss og andre forurensninger. En god loddeforbindelse skal være jevn og blank, loddetinnet skal ha jevn utflyting som er et godt tegn på god fukting. En porøs og ujevn loddeforbindelse tyder på bevegelse av loddeobjektet, eller for svak/sterk varme.

Bruk godt lys og gjerne lupe ved kontroll av loddeforbindelser. Gode loddeforbindelser er vist på figurene over.

5 Plate- og struktur-arbeid

5.1 Innledning

Hele luftfartøyets struktur er bygd opp av materialer som skal være lettets mulig i forhold til styrke, og som skal kunne ta opp alle typer belastninger. Det er i hovedsak brukt aluminiumslegeringer i strukturen, og nesten all sammenføyning er utført med nagling.
Siden strukturen er utsatt for slike store belastninger, vil det fra tid til annen oppstå skader, og da særlig i form av sprekker. Avhengig av skadens størrelse kan den repareres, men det vurderes fra gang til gang om det er sikkerhetsmessig og økonomisk forsvarlig. Alternativet er å skifte ut hele strukturdeler.

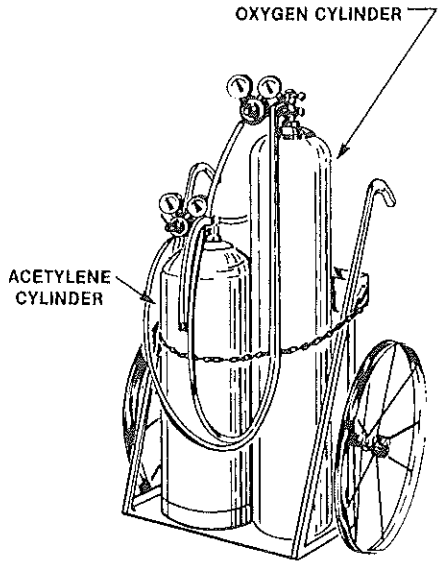
Prosedyrer for reparasjoner finnes i luftfartøyets «Structural repair manual», men denne kan ikke dekke opp for alle typer av skader, og da må det utarbeides annen godkjent dokumentasjon.

Reparasjoner skal ikke utføres før det foreligger en skriftlig godkjent dokumentasjon.

Reparasjoner med sveising vil ikke bli behandlet inngående her, siden sveising på luftfartøyer og komponenter er underlagt strenge bestemmelser, og bare de med spesiell sertifisering har lov til å utføre reparasjoner.

5.2 Sveisemetoder

Sveising er i motsetning til lodding en sammensmelting av metaller, men i noen sammenhenger vil det være nødvendig å bruke tilsetningsmetall i sveisen for å sikre god hefting mellom metallene.



Figur 5.1

Gassveising

Sammensmeltingen av metallene skjer ved at de blir varmet opp med en flamme. Flammen skapes ved at det antennes en blanding av acetylen og oksygen. En lik blanding av gassene gir en jevn flamme.

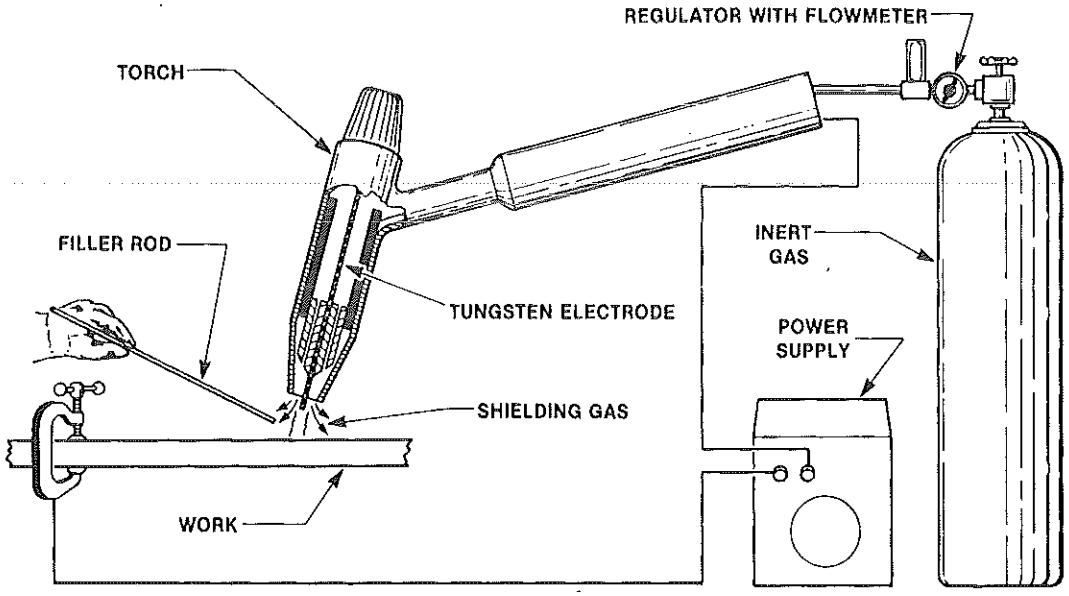
Lysbuesveising eller elektrisk sveising

Det er tre typer lysbuesveising. Den eldste typen heter *metallbuesveising*. Ved metallbuesveising blir en metalleder dekket av et fluksmiddel satt inn i en elektrodeholder, som er koblet til en strømforsyning via en tykk kabel. Metallet som skal sveises, kobles til den samme strømforsyningen. Det tilkobles lav spenning og stor strøm. Ved berøring vil det dannes en lysbue mellom elektroden og metallet, som produserer en temperatur på over 10 000 °F som smelter både metallet og elektroden. Når fluksmiddelet smelter, utvikles det en gass som legger seg over

sveisen (dekkgass) og beskytter den fra oksygenet i luften, og dermed oksidasjon. Det smeltede fluksmaterialet vil legge seg som et belegg over sveisen, og må fjernes etter nedkjøling for å kunne inspisere sveisefugen.

En videreutvikling av metallbuesveising er såkalt *MIG-sveising* (metal inert gas). En uisolert elektrode føres fram gjennom et munnstykke, samtidig som en dekkgass (argon, helium eller karbon dioksid) strømmer ut rundt elektroden.

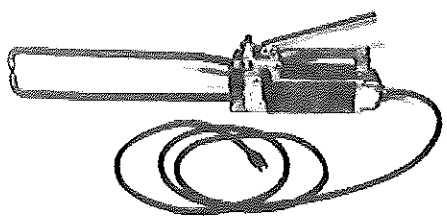
Den nyeste typen av lysbuesveising er *TIG-sveising* (tungsten inert gas). I motsetning til de to nevnte metodene der elektroden smeltet, brukes det her en elektrode av tungsten. Denne smelter ikke, og det tilføres et tilsetningsmateriale manuelt. Denne metoden har i stor grad tatt over for all sveising innen vedlikehold av luftfartøyer.



Figur 5.2 Utstyr til TIG-sveising

Motstandssveising (punktsveising)

Ved motstandssveising er to kobberelektroder festet til en strømforsyning (punktsveiseapparatet), og materialet som skal sveises, blir klemt sammen mellom elektrodene. Når apparatet slås på, vil det gå strøm gjennom elektrodene og materialet som skal sveises. Motstanden i materialet som skal sveises, er mye større enn i kobberelektrodene, og det blir utviklet nok varme til at metallet smelter sammen. Ved å holde presset etter at strømmen er kuttet, lenge nok vil metallet stivne. Strømstyrken, trykket på elektrodene og nedkjølingstiden kontrolleres i forhold til materialtype og tykkelse.



Figur 5.3 Punktsveiseapparat

For å få en sømsveis i stedet for en punktsveis, erstattes elektrodene med to kobberhjul, og metallet som skal sveises, trekkes mellom hjulene. Ved hjelp av korrekt press på hjulene og tidspulser med strøm lager maskinen spotsveiser som overlapper hverandre.

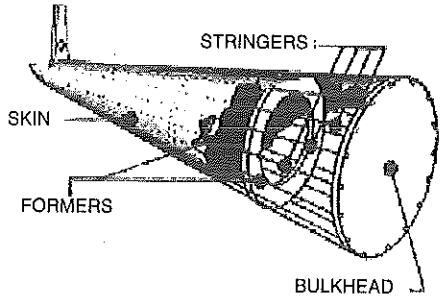
5.3 Liming

Ettersom teknologien har gått framover og nye materialer er utviklet, er liming kommet inn i flyindustrien. Liming brukes i strukturen primært til å lime hudplater på «stringers».

Når vi limer, er det viktig å bruke den limtypen og de prosedyrene for rengjøring, påføring og herding som er beskrevet av produsenten. Limtype og prosedyrer finnes i luftfartøyets eller underleverandørens dokumentasjon.

5.4 Reparasjon av hudplater

Hudplatene på en moderne struktur er en del av den bærende strukturen, siden de aller fleste større luftfartøyer er bygd opp med en «semi-monocoque-konstruksjon». Denne konstruksjonen består av bjelker, spanter, stringers og hudplater. Stringersen skal stive opp konstruksjonen og hudplatene er klinket eller i noen tilfeller limt på stringersene.



Figur 5.4 Semi-monocoque-konstruksjon

Skader i hudplater repareres enten ved å legge på en utvendig lapp, eller ved å felle inn en plate i strukturen. Hvilken av disse metodene som anvendes er avhengig av hvor på luftfartøyet skaden er. Hvis det er i et aerodynamisk kritisk område, felles det inn en plate, slik at reparasjonen ikke blir en aerodynamisk forurensing, mens det på et ikke-aerodynamisk område kan legges på en utvendig reparasjon. Hvor på luftfartøyet skaden er, vil også være bestemmende for hvilken type nagler som skal brukes, nagler med kopphode eller nedsenket hode. Konvensjonelle massive nagler brukes der hvor det er mulig å komme til med klinkeutstyr og mothold, og der det ikke er mulig brukes godkjente blindnagler.

NB! Alt om forskjellige typer av nagler og selve klinkeprosessen er beskrevet i boka *Materiallære 2*, kapittel 1.

Sheet, bare or clad: 2014-T6, 2024-T3, 2024-T36, 7075-T6
Plate, bar, rod, tube, or extrusion: 2024-T4, 7075-T6
Extrusion: 2014-T6

Thickness "t" in inches	No. of 2117-AD protruding head rivets required per inch of width "W"					No. of bolts
	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	AN-3
0.016	6.5	4.9				
0.020	6.9	4.9	3.9			
0.025	8.6	4.9	3.9			
0.032	11.1	6.2	3.9	3.3		
0.036	12.5	7.0	4.5	3.3	2.4	
0.040	13.8	7.7	5.0	3.5	2.4	3.3
0.051		9.8	6.4	4.5	2.5	3.3
0.064		12.3	8.1	5.6	3.1	3.3
0.081			10.2	7.1	3.9	3.3
0.091			11.4	7.9	4.4	3.3
0.102			12.8	8.9	4.9	3.4
0.128				11.2	6.2	3.2

NOTES:

a. For stringers in the upper surface of a wing, or in a fuselage, 80 percent of the number of rivets shown in the table may be used.

b. For intermediate frames, 60 percent of the number shown may be used.

c. For single lap sheet joints, 75 percent of the number shown may be used.

d. Number of rivets required was calculated for 2117-AD rivets, based on a rivet allowable shear stress equal to 40 percent of the sheet allowable tensile stress, and a sheet allowable bearing stress equal to 160 percent of the sheet allowable tensile stress, using nominal hole diameters for rivets.

e. Combinations of sheet thickness and rivet size above the heavy line are critical in (i.e., will fail by) bearing on the sheet; those below are critical in shearing of the rivets.

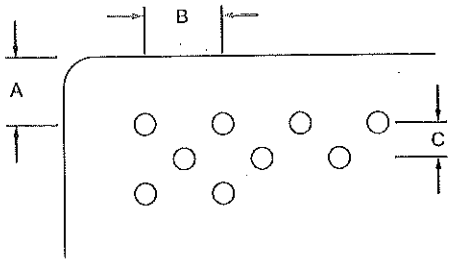
Figur 5.5 Antall nagler som trengs ved reparasjoner

Generelle metoder for reparasjon av hudplater

Reparasjonsmetodene som er beskrevet her, er generelle metoder, og ikke ment å være utfyllende for hvordan enhver skade skal repareres. For reparasjon henvises til *Structural repair manual* eller annet godkjent underlag.

Reparasjon med utvendig lapp (patch)

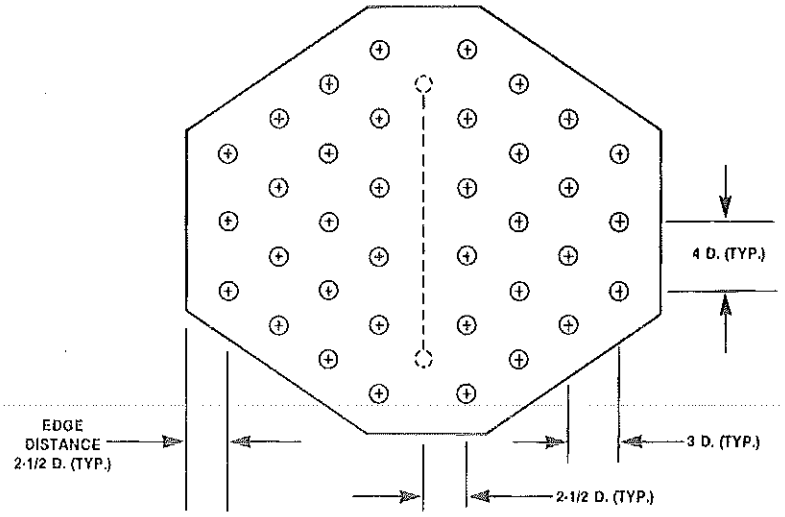
Skadens omfang avdekkes og trimmes eller stoppbores for å forhindre videre utvidelse. Hvis det er en sprekk som skal repareres, bores det et lite hull i hver ende av sprekken, og hvis det er en annen skade, trimmes skadeområdet for å hindre at det oppstår bruddanvisninger. Skadens omfang måles, og ut fra tabeller bestemmes det hvor mange nagler som skal brukes på reparasjonen, se figur 5.5. Antall nagler er basert på skadens omfang, naglediameter og platetykkelse og legering.



Figur 5.7

Når man har funnet ut hvor mange nagler man skal bruke, må det man lage et mønster for hvordan naglene skal plasseres. Lappen utformes slik at det ikke blir skarpe hjørner som kan føre til bruddanvisning.

For å hindre utriving mellom naglene skal naglene plasseres med en viss minimumsavstand, (rivet pitch), en viss avstand mellom naglerekkene (transverse pitch) og en viss avstand fra kanten av platen (edge distance). Bruk de avstandene som finnes på den originale strukturen. Typiske avstander er vist på figur 5.8.



Figur 5.8

Eksempel på en reparasjon med overliggende lapp
En sprekk som er 2″ lang i en 0,040″ tykk aluminiumsplate skal repareres med en overliggende lapp. Det skal brukes 1/8″ AD nagler. I henhold til tabellen på figur 5.5 kreves det 7,7 nagler per tomme skade på hver side. Det vil si at for denne skaden kreves det 16 nagler på hver side.

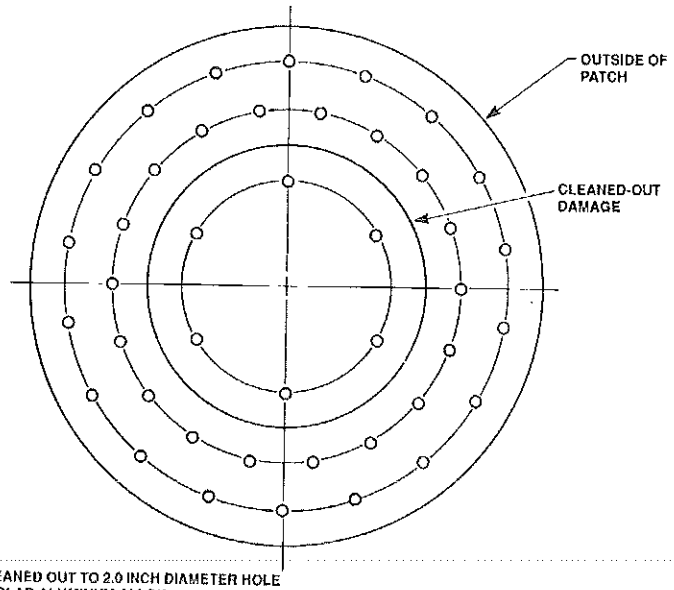
Endene på sprekken stoppdrilles. Bruk en plate med samme materiale og tykkelse for å lage lappen. Merk av sprekkens lengde, og tegn en strek mellom endene. Bruk kun bløte blyanter for merking for å unngå riper i platen. Tegn en strek parallelt på hver side av streken som markerer skaden. Avstanden bør være 2 1/2 ganger naglediameteren, som er korrekt kantavstand.

Det trenges 16 nagler på hver side, men det vil ikke gi et brukbart mønster. Vi bruker 18 nagler isteden, og setter 6 i første rad, 5 i andre, 4 i tredje og 3 i fjerde rad. Med nagleavstand på 4 x naglediameteren blir det et mønster som vist på figur 5.8. Merk av alle naglehullene med en kjørner. Trekk en linje med 2 1/2 naglediameters avstand fra den ytterste naglerekken, kutt til lappen etter disse strekene, rund av hjørnene og fjern alle grader. Bor alle naglehullene med korrekt bordiameter (finnes i tabeller) og fjern alle grader.

Lappen sentreres over sprekken, og to hull bores gjennom hudplata diagonalt i hver ende av lappen. Fest med plateklemmer, bor resten av hullene, fjern grader og klink lappen på plass.

Reparasjon med innfelling

En liten skade i en hudplate i et kritisk aerodynamisk område kan repareres ved å felle inn en sirkulær lapp som har lik styrke i alle retninger. Ved å legge på en plate på innsiden, og klinke på en plugg på utsiden i hullet som er trimmet ut rundt skaden.



Figur 5.9

I dette eksempelet har vi en skade i en 0,025″ hudplate, som trimmes ut til et sirkulært hull med radius 2″. Vi bruker nagler med diameter 3/32″. Ifølge tabellen på figur 5.5 må vi bruke 8,6 nagler per tomme. Med et hull på 2″ i diameter må det brukes 18 nagler på hver side. Bruk en plate med samme tykkelse og legering, og lag en sirkel med radius 1″. Dette representerer den uttrimmede skaden. Trekk en sirkel utenfor denne med en avstand på 2 1/2 x naglediameteren (radius ca. 1,23″). Trekk en ny sirkel utenfor denne igjen med en avstand på 4 x naglediameteren (radius ca. 1,61″) og en tredje sirkel utenfor denne med en avstand 2 1/2 x naglediameteren (radius ca. 1,84″). Den ytterste sirkelen markerer diameteren på den underliggende lappen.

Bruk en gradskive og merk av ni nagler på hver side av den innerste sirkelen. Det blir en deling på 20°. Marker på neste sirkel ni nagler, slik at de blir stående mellom naglene i innerste sirkel. Lag merker med en kjørner for hver nagle, og bor hull med korrekt diameter. Fjern alle grader, og sentrer lappen over den uttrimmede skaden. Bor to hull på hver side av lappen, og fest med plateklemmer. Bor resten av hullene.

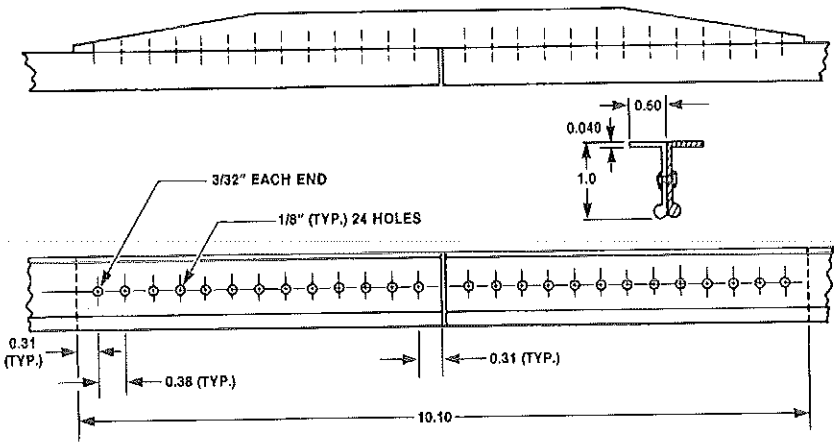
Ta bort lappen, fjern alle grader, dimple hudplaten til korrekt naglehode, legg lappen på undersiden og klink fast. Kutt til en plate med nøyaktig samme diameter som den uttrimmede skaden, legg den på den underliggende lappen, bor seks hull med korrekt diameter, fjern alle grader, dimple og klink på pluggen.

Andre reparasjoner

Akkurat som hudplatene, kan også stringers og til en viss grad spanter og bjelker også repareres. Men for store og omfattende skader vil det være mer økonomisk hensiktsmessig å skifte ut hele strukturdeler enn å reparere, siden både hudplater og andre strukturdeler da må fjernes. Husk på at skriftlig godkjent dokumentasjon må benyttes.

Reparasjon av stringer

Når en stringer skal skjøtes, skal det brukes materiale med samme dimensjon og legering som i den originale stringeren, og det må tas hensyn til at en stringer ikke bare skal ta opp belastninger, men også er med på å stive av strukturen. I eksemplet vi her skal se på, har stringeren én side som er 1″, og én side som er 0,5″. Platetykkelse er 0,040″.

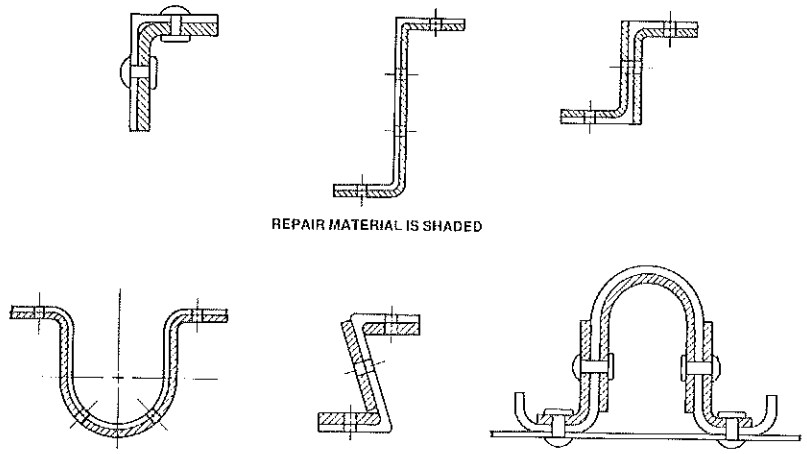


Figur 5.10

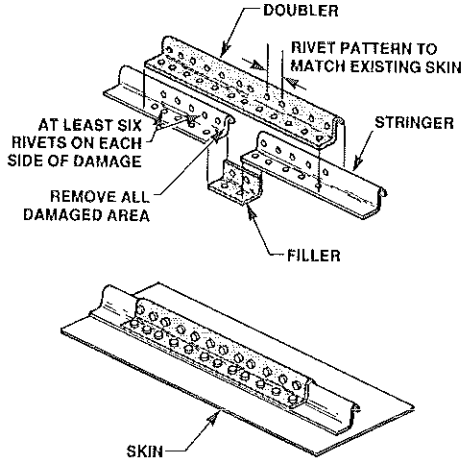
Ifølge tabellen for antall nagler trenges det her tolv 1/8″ nagler på hver side av skaden. For å unngå en skarp overgang for belastningene, settes det en 3/32″ nagle i hver ende. Med kantavstand og nagleavstand som beskrevet tidligere i kapitlet, vil skjøten strekke seg 5,05″ på hver side av skaden.

Tilvirk skjøte-stringeren til samme form som den originale stringeren, og avsmal mot endene. Dette må du gjøre for å hindre en skarp overgang for belastningene. Du skal så bore og klinke på samme måte som ved de andre reparasjonene.

Eksempel på reparasjoner er vist på figur 5.11.



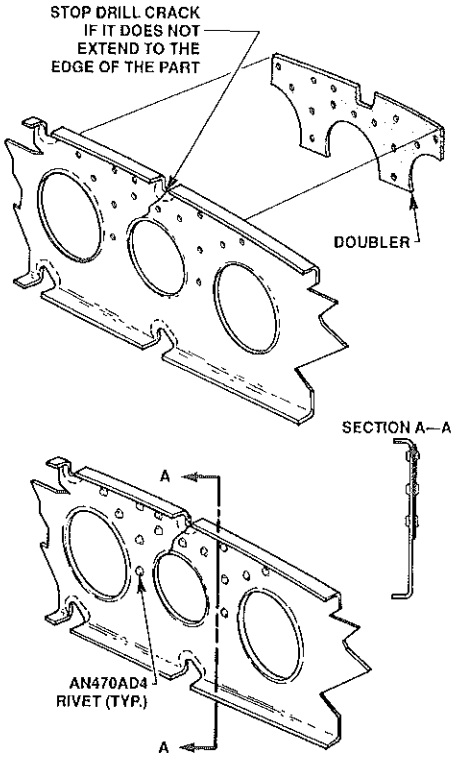
Figur 5.11



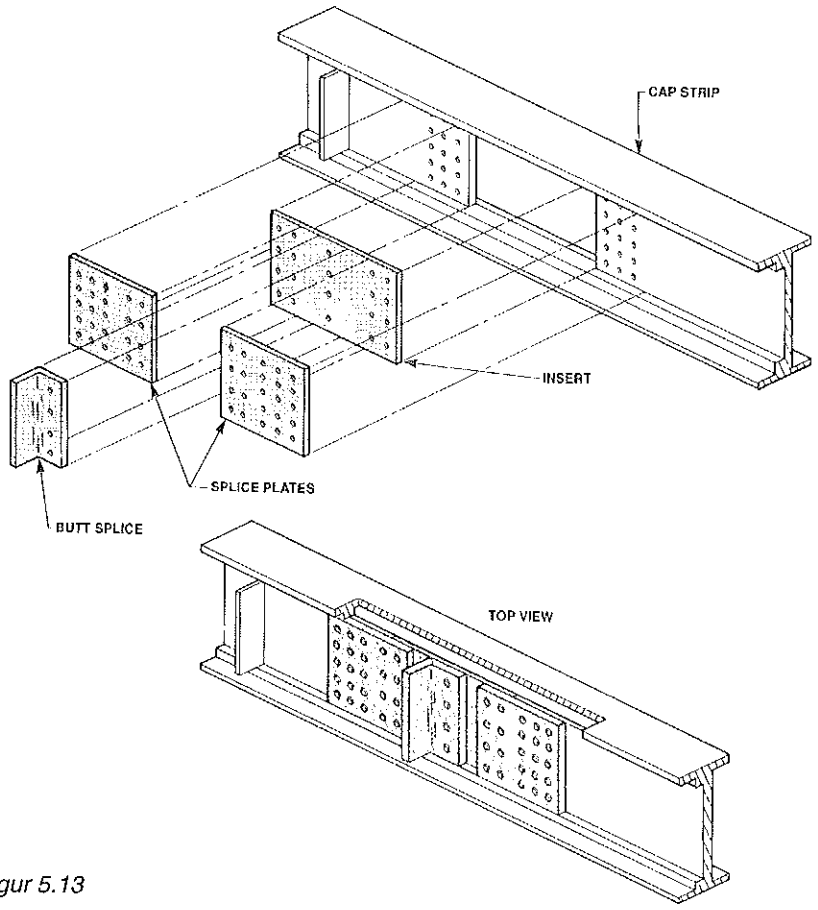
Figur 5.12

Stringers kan også repareres ved å sette på en «filler» og en «doubler».

Reparasjon av spanter og bjelker gjøres sjelden, men på figurene 5.13 og 5.14 er det vist eksempler på slike reparasjoner. Framgangsmåten er den samme som for de reparasjonene som er beskrevet tidligere.



Figur 5.14



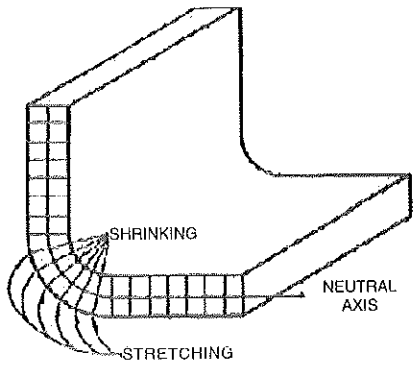
Figur 5.13

5.5 Bearbeiding av plater

Når skader på luftfartøyets struktur skal repareres, vil det i mange tilfeller være nødvendig å bøye og forme platene som skal benyttes til reparasjonen. Dette arbeidet må utføres på en slik måte at materialet som benyttes, beholder sin opprinnelige styrke, og at reparasjonen ikke svekker styrken i forhold til den originale strukturen på luftfartøyet

Når plater skal velges og brukes til en reparasjon, må platetykkelse og legering finnes i «Structural repair manual» eller annen godkjent dokumentasjon.

Bruk aldri andre platetykkelser eller legeringer enn det som er beskrevet i godkjent skriftlig vedlikeholdsunderlag.



Figur 5.15

Bøying av plater uten å svekke materialet

Når en plate bøyes, vil materialet på innsiden av bøyen trykkes sammen, og utsiden vil strekkes. Midten av materialet vil ikke bli påvirket hvis bøyeradiusen holdes innenfor gitte grenser, og materialet vil dermed beholde tilfredsstillende styrke.

ALLOY	THICKNESS							
	0.020	0.025	0.032	0.040	0.050	0.063	0.071	0.080
2024-O	1/32	1/16	1/16	1/16	1/16	3/32	1/8	1/8
2024-T4	1/16	1/16	3/32	3/32	1/8	5/32	7/32	1/4
5052-O	1/32	1/32	1/16	1/16	1/16	1/16	1/8	1/8
5052-H34	1/32	1/16	1/16	1/16	3/32	3/32	1/8	1/8
6061-O	1/32	1/32	1/32	1/16	1/16	1/16	3/32	3/32
6061-T4	1/32	1/32	1/32	1/16	1/16	3/32	5/32	5/32
6061-T6	1/16	1/16	1/16	3/32	3/32	1/8	3/16	3/16
7075-O	1/16	1/16	1/16	1/16	3/32	3/32	5/32	3/16
7075-W	3/32	1/32	1/8	5/32	3/16	1/4	9/32	5/16
7075-T6	1/8	1/8	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16

Figur 5.16

Tabellen viser *minimum* bøyeradius for forskjellige aluminiumslegeringer og platetykkelser.

Setback (fratrekk)

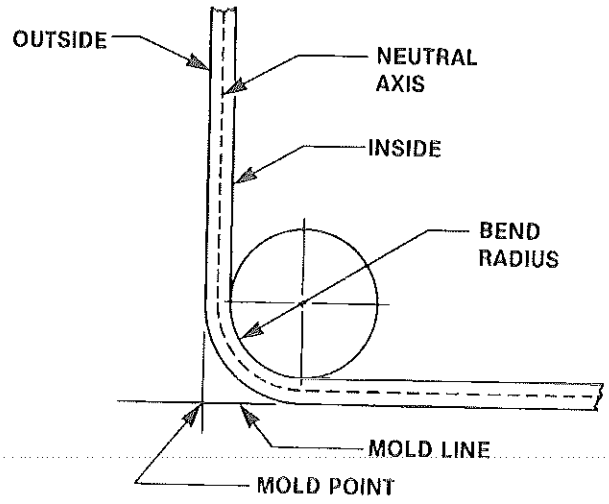
Når en plate bøyes, vil bøyen danne en del av en sirkel, siden platen ikke kan bøyes rettvinklet, se tabell.

Når bøyen danner en del av en sirkel vil det gå med mindre materiale i bøyen Dette vil gå til fratrekk når vi skal finne ut hvor lang platen skal være før bøyingen utføres.

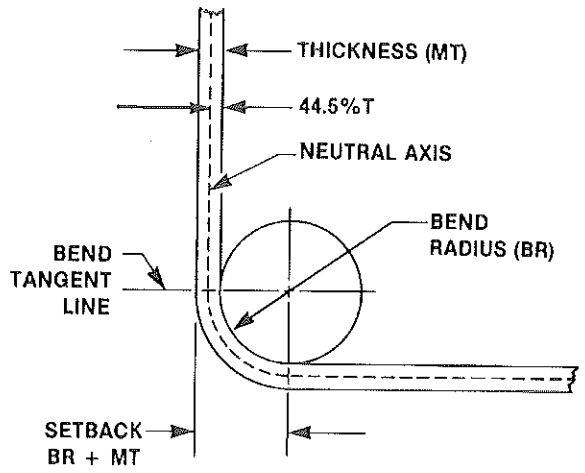
Setback for en 90 grader bøy er innvendig radius på bøyen, pluss plate-tykkelsen.

For bøy over/under 90 grader må vi benytte en K-faktor.

Tabellen på figur 5.19 viser K-faktor for bøyer fra 0 grader og opp til 180 grader.



Figur 5.17



Figur 5.18

For bend other than 90° Setback = K [R + T]

Ang [deg]	K value	Ang [deg]	K value	Ang [deg]	K value
1	0.00873	61	0.58904	121	1.7675
2	0.01745	62	0.60086	122	1.8040
3	0.02618	63	0.61280	123	1.8418
4	0.03492	64	0.62487	124	1.8807
5	0.04366	65	0.63707	125	1.9210
6	0.05241	66	0.64941	126	1.9626
7	0.06116	67	0.66188	127	2.0057
8	0.06993	68	0.67451	128	2.0503
9	0.07870	69	0.68728	129	2.0965
10	0.08749	70	0.70021	130	2.1445
11	0.09629	71	0.71329	131	2.1943
12	0.10510	72	0.72654	132	2.2460
13	0.11393	73	0.73996	133	2.2998
14	0.12278	74	0.75355	134	2.3558
15	0.13165	75	0.76733	135	2.4142
16	0.14054	76	0.78128	136	2.4751
17	0.14945	77	0.79543	137	2.5386
18	0.15838	78	0.80978	138	2.6051
19	0.16734	79	0.82434	139	2.6746
20	0.17633	80	0.83910	140	2.7475
21	0.18534	81	0.85408	141	2.8239
22	0.19438	82	0.86929	142	2.9042
23	0.20345	83	0.88472	143	2.9887
24	0.21256	84	0.90040	144	3.0777
25	0.22169	85	0.91633	145	3.1716
26	0.23087	86	0.93251	146	3.2708
27	0.24008	87	0.94890	147	3.3759
28	0.24933	88	0.96569	148	3.4874
29	0.25862	89	0.98270	149	3.6059
30	0.26795	90	1.0000	150	3.7320
31	0.27732	91	1.0176	151	3.8667
32	0.28674	92	1.0355	152	4.0108
33	0.29621	93	1.0538	153	4.1653
34	0.30573	94	1.0724	154	4.3315
35	0.31530	95	1.0913	155	4.5107
36	0.32492	96	1.1106	156	4.7046
37	0.33459	97	1.1303	157	4.9151
38	0.34433	98	1.1504	158	5.1455
39	0.35412	99	1.1708	159	5.3995
40	0.36397	100	1.1917	160	5.6713
41	0.37388	101	1.2131	161	5.9758
42	0.38386	102	1.2349	162	6.3137
43	0.39391	103	1.2572	163	6.6911
44	0.40403	104	1.2799	164	7.1154
45	0.41421	105	1.3032	165	7.5957
46	0.42447	106	1.3270	166	8.1443
47	0.43481	107	1.3514	167	8.7769
48	0.44523	108	1.3764	168	9.5144
49	0.45573	109	1.4019	169	10.385
50	0.46631	110	1.4281	170	11.430
51	0.47697	111	1.4550	171	12.706
52	0.48773	112	1.4826	172	14.301
53	0.49858	113	1.5108	173	16.350
54	0.50952	114	1.5399	174	19.081
55	0.52057	115	1.5697	175	22.904
56	0.53171	116	1.6003	176	26.636
57	0.54295	117	1.6318	177	38.138
58	0.55431	118	1.6643	178	57.290
59	0.56577	119	1.6977	179	114.590
60	0.57735	120	1.7320	180	Infinite

Figur 5.19

K-faktoren er mindre enn 1 for bøy under 90 grader og større enn 1 for bøy over 90 grader.

Bend allowance (bøyelengde)

Hvor mye materiale som reelt går med i en bøy er vist på figur 5.5.

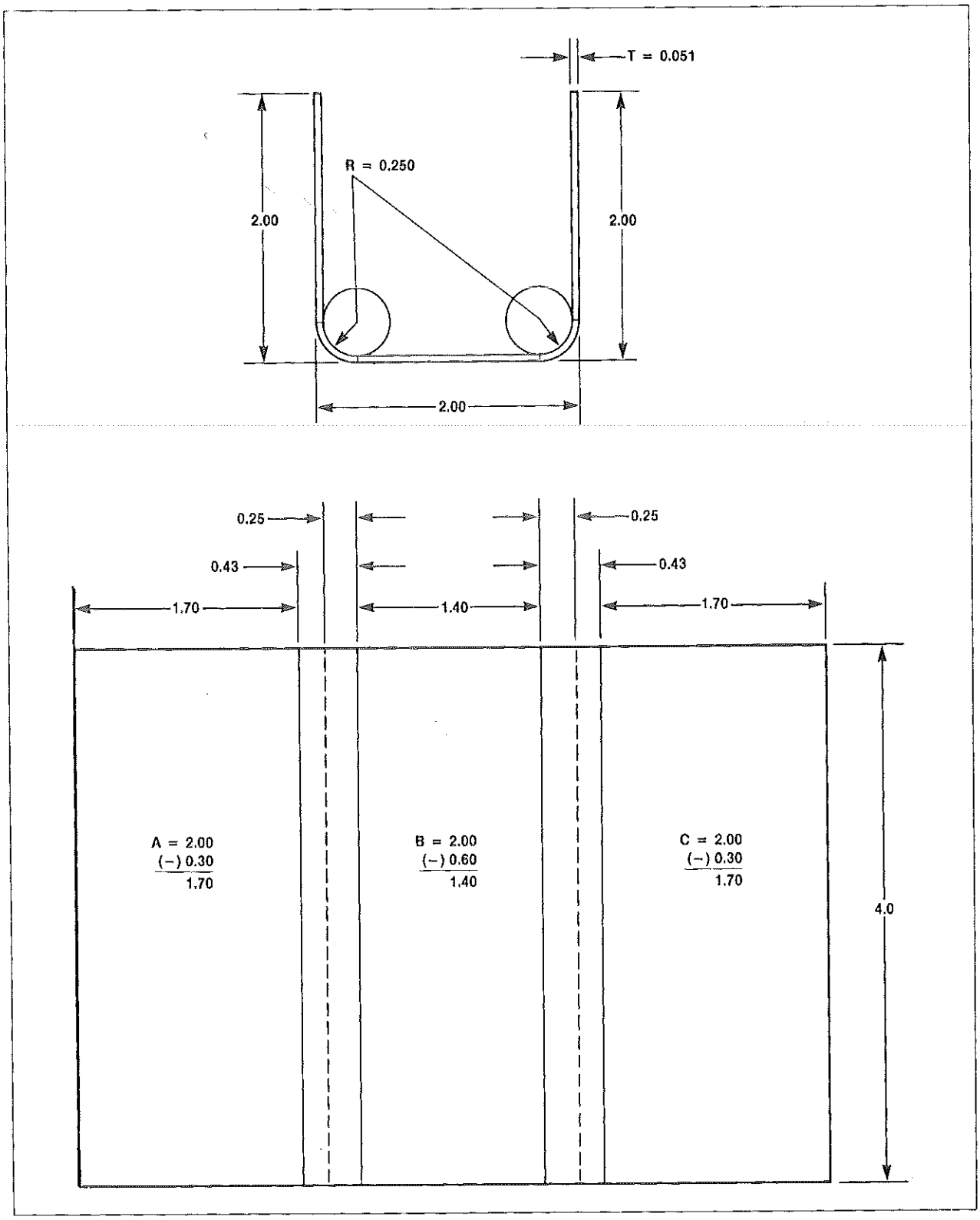
METAL GAUGE	RADIUS OF BEND IN INCHES													
	1/32 .031	1/16 .063	3/32 .094	1/8 .125	5/32 .156	3/16 .188	7/32 .219	1/4 .250	9/32 .281	5/16 .313	11/32 .344	3/8 .375	7/16 .438	1/2 .500
.020	.062 .000693	.113 .001251	.161 .001792	.210 .002333	.259 .002874	.309 .003433	.358 .003974	.406 .004515	.455 .005056	.505 .005614	.554 .006155	.603 .006695	.702 .007795	.799 .008877
.025	.066 .000736	.116 .001294	.165 .001835	.214 .002376	.263 .002917	.313 .003476	.362 .004017	.410 .004558	.459 .005098	.509 .005657	.558 .006198	.607 .006739	.705 .007838	.803 .008920
.028	.068 .000759	.119 .001318	.167 .001859	.216 .002400	.265 .002941	.315 .003499	.364 .004040	.412 .004581	.461 .005122	.511 .005680	.560 .006221	.609 .006762	.708 .007862	.805 .007862
.032	.071 .000787	.121 .001345	.170 .001886	.218 .002427	.267 .002968	.317 .003526	.366 .004067	.415 .004608	.463 .005149	.514 .005708	.562 .006249	.611 .006789	.710 .007889	.807 .008971
.038	.075 .000837	.126 .001396	.174 .001937	.223 .002478	.272 .003019	.322 .003577	.371 .004118	.419 .004659	.468 .005200	.518 .05758	.567 .006299	.616 .006840	.715 .007940	.812 .009021
.040	.077 .000853	.127 .001411	.176 .001952	.224 .002493	.273 .003034	.323 .003593	.372 .004134	.421 .004675	.469 .005215	.520 .005774	.568 .006315	.617 .006856	.716 .007955	.813 .009037
.051		.134 .001413	.183 .002034	.232 .002575	.280 .003116	.331 .003675	.379 .004215	.428 .04756	.477 .005297	.527 .005855	.576 .006397	.624 .006934	.723 .008037	.821 .009119
.064		.144 .001595	.192 .002136	.241 .002676	.290 .003218	.340 .003776	.389 .004317	.437 .004858	.486 .005399	.536 .005957	.585 .006498	.634 .007039	.732 .008138	.830 .009220
.072			.198 .002202	.247 .002743	.296 .003284	.436 .003842	.394 .004283	.443 .004924	.492 .005465	.542 .006023	.591 .006564	.639 .007105	.738 .008205	.836 .009287
.078			.202 .002249	.251 .002790	.300 .003331	.350 .003889	.399 .004430	.447 .004963	.496 .005512	.546 .006070	.595 .006611	.644 .007152	.745 .008252	.840 .009333
.081			.204 .002272	.253 .002813	.302 .003354	.352 .003912	.401 .004453	.449 .004969	.498 .005535	.548 .006094	.598 .006635	.646 .007176	.745 .008275	.842 .009357
.091			.212 .002350	.260 .002891	.309 .003432	.359 .003990	.408 .004531	.456 .005072	.505 .005613	.555 .006172	.604 .006713	.653 .007254	.752 .008353	.849 .009435
.094			.214 .002374	.262 .002914	.311 .003455	.361 .004014	.410 .004555	.459 .005096	.507 .005637	.558 .006195	.606 .006736	.655 .007277	.754 .008376	.851 .009456
.102				.268 .002977	.317 .003518	.367 .004076	.416 .004617	.464 .005158	.513 .005699	.563 .006257	.612 .006798	.661 .007339	.760 .008439	.857 .009521
.109				.273 .003031	.321 .003572	.372 .004131	.420 .004672	.469 .005213	.518 .005754	.568 .006312	.617 .006853	.665 .008394	.764 .008493	.862 .009575
.125				.284 .003156	.333 .003697	.383 .004256	.432 .004797	.480 .005338	.529 .005678	.579 .006437	.628 .006978	.677 .007519	.776 .008618	.873 .009700
.156					.355 .003939	.405 .004497	.453 .005038	.502 .005579	.551 .006120	.601 .006679	.650 .007220	.698 .007761	.797 .008860	.895 .009942
.188						.417 .004747	.476 .005288	.525 .005829	.573 .006370	.624 .006928	.672 .007469	.721 .008010	.820 .009109	.917 .010191
.250								.568 .006313	.617 .006853	.667 .007412	.716 .007953	.764 .008494	.863 .009593	.961 .010675

Figur 5.20

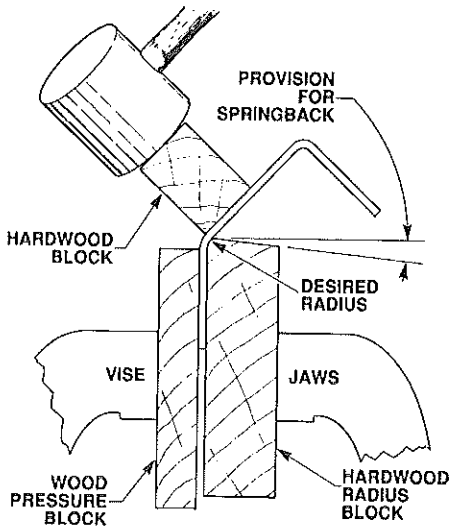
Hvor mye materiale som går med i en bøy, er avhengig av platetykkelse og bøyeradius. Det øverste tallet i tabellen er for en 90 grader bøy, og det nederste for hver grad av bøy.

Opplegg for en kanal laget av aluminiumsplate

Kanalen er 4″ lang, 2″ bred, og hver av sidene er 2″ høye. Platetykkelse 0,050″. Materiale 2024-T4.



Figur 5.21



Figur 5.22

For å lage denne kanalen, må følgende gjøres:

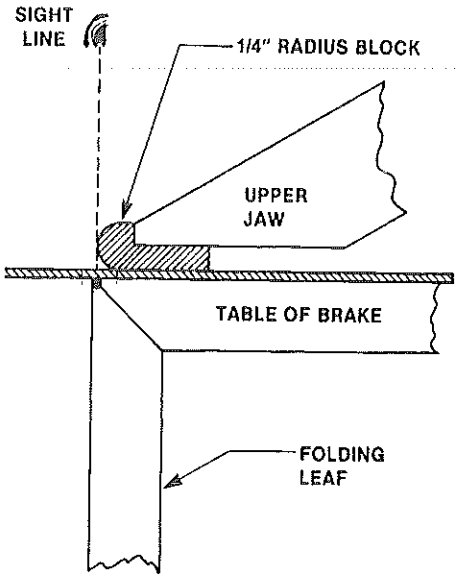
- Velg korrekt bøyeradius. Husk at *minimum* radius er oppgitt i tabellene.
- Finn «setback» (hvor bøyen må starte)
- Finn lengden på hver av flatene
- Finn «Bend allowance»
- Tegn kanalen utbrettet
- Tegn på siktelinjer

Minimum bøyeradius er vanskelig å få til i praksis. Gå opp til en radius som er mulig å få til.
Her velger vi en radius på 1/4″ (0,250″).

Setback blir bøyeradius pluss platetykkelse: 0,050" + 0,250" = 0,30"

Lengde på hver flate:

Flate 1:	2″ – 0,30″	=	1,70″
Flate 2:	2″ – (2 · 0,30″)	=	1,40″
Flate 3:	2″ – 0,30″	=	1,70″



Figur 5.23

Bend allowance:
For bøyeradius på 0,250″ og platetykkelse 0,050″ = 0,43″

Total lengde på plata før bøying:
Tre flater + to bøyer (2 x Bend allowance) = total lengde på plate = 5,66″

Selve bøyingen av platene kan utføres for hånd eller maskinelt.

Ved håndbøying spennes platen opp mellom to bøyeblokker med korrekt bøyeradius, og det benyttes en trehammer eller plasthammer for å bøye. Husk at på grunn av spennet i platen vil bøyen rettes noe ut, og det kan være nødvendig å bøye noe mer enn den vinkelen som er satt.

Ved maskinell bøying brukes en knekkemaskin med utskiftbare bøyevanger.

6 Etterord (om menneskelige faktorer)

6.1 The dirty dozen errors in maintenance

Lista «The dirty dozen errors in maintenance» ble i sin tid presentert av Transport Canada. Lista viser tolv av de mest vanlige årsakene til at personer tilknyttet flyvedlikehold, foretar feil i sine vurderinger og avgjørelser. Skulle feil i vedlikeholdsarbeid oppstå, kan årsaken noen ganger være et av de tolv punktene, men som regel og oftest er det en kombinasjon av alle tolv.

Les gjennom punktene, diskuter dem og finn eksempler på hvor de gjør seg gjeldene. Et par stikkord under hvert punkt viser til eksempler på mulige tiltak for å hindre at hasardiøse forhold oppstår. Du kan konkretisere og utvide denne listen.

1. Lack of Communication

For dårlig kommunikasjon

- ✈ Bruk god dokumentasjon for det du gjør. La det ikke være tvil om hvilket arbeid som er utført, og hva som ikke er utført.
- ✈ Diskuter arbeid som skal utføres.
- ✈ Arbeid *ikke* ut fra tro og antagelser.

2. Complacency

Likegyldighet

- ✈ La ikke rutine bli likegyldighet. Vær årvåken.
- ✈ Tren deg selv i å regne med å finne feil.
- ✈ Signer *aldri* for ting som ikke er utført/inspisert.

3. Lack of Knowledge

Manglende kunnskap

- ✈ Sørg for god opplæring. Ta eget ansvar for det.
- ✈ Bruk oppdaterte manualer.
- ✈ Spør og si fra om du er i tvil.

4. Distraction

Forstyrrelser i arbeidet

- ✈ Gjør jobben helt ferdig før du gjør noe annet. Om ikke det er mulig, sørg for dokumentasjon og informasjon av det som ikke er gjort, både for deg selv og for andre.
- ✈ Når du kommer tilbake til arbeidsoppgaven etter en pause, gå da tre steg/punkter tilbake i prosedyren.

5. Lack of Teamwork

For dårlig samarbeid

- ✈ Diskuter hva, med hvem og hvordan en jobb skal utføres.
- ✈ Vær sikker på at alle forstår sin oppgave.
- ✈ La en av personellet være leder for oppgaven.
- ✈ Vis respekt for hverandre.

6. Fatique

Utmatting hos deg og medarbeiderne dine

- ✈ Vær oppmerksom på symptomer hos deg og andre. Den som blir berørt av utmatting, merker det sjelden først.
- ✈ Ta ikke på deg mer arbeid enn du kan overkomme.

- ✈ Sørg for å sove nok og godt. Hold kroppen i god fysisk form.
- ✈ La andre sjekke den jobben du har gjort.
- ✈ Gi beskjed om du ikke føler deg i arbeidsdyktig form.

7. Lack of Resources

Mangel på ressurser

- ✈ Sørg for at deler som skal skiftes, er på lager eller kan skaffes før jobben begynner.
- ✈ Vær bevisst på hvor du rekvirerer deler fra.
- ✈ Hold en høy teknisk standard. Er du i tvil, bør flyet holdes på bakken (ground the aircraft).

8. Pressure

For stort arbeidspress

- ✈ Vær sikker på at arbeidspresset du føler, ikke er noe du har pålagt deg selv (selvindusert).
- ✈ Informer andre hvis du føler at presset blir for stort.
- ✈ Be om hjelp.
- ✈ Det er lov å si *nei*.

9. Lack of Assertiveness

Usikker på seg selv

- ✈ La dine egne vurderinger være relatert til konkrete opplysninger fra MM og egne erfaringer.
- ✈ Legg vekt på din egen standard. Unngå kompromisser som reduserer den.

10. Stress

Stress

- ✈ Vær klar over hvordan stress kan påvirke arbeidssituasjonen din.
- ✈ Stopp opp og se *rasjonelt* på problemstillingene.
- ✈ Bestem deg for en *rasjonell* løsning på problemstillingen og følg den løsningen.
- ✈ Ta pauser.
- ✈ Diskuter med andre.
- ✈ Be andre se over det du gjør.
- ✈ Hold deg i god form.

11. Lack of Awareness

For dårlig årvåkenhet og bevissthet

- ✈ Konsentrer deg om det du gjør.
- ✈ Tenk igjennom hvordan ting skal fungere, og konsekvensen hvis det fungerer feil.

12. Norms

Holdninger

- ✈ Vær kritisk til eget arbeid på en positiv måte.
- ✈ Følg instruksjonene i vedlikeholdsmanualen (MM). Mener du ting må gjøres annerledes, sørg for at instruksjonene forandres.
- ✈ Forstå hva du gjør og hvorfor.

Ordliste

Bus contactors:	Releer som kopler inn bestemte elektriske kretser (samleskinner) ved innslag.
Chip-detector:	Magnetplugg. Samler metallpartikler. Kan visuelt inspiseres, eller ha elektrisk signaloverføring til varsellys.
Delaminering:	Splitting/deling av lagvis sammensatte materialer (f.eks. limte). Lagene løsner fra hverandre.
Diluter demand:	Tilførsel av oksygen relatert til personens åndedrett. Oksygenregulator.
Drag strut fuse bolt:	Bolt som går til brudd ved en bestemt mekanisk spenning. Dette for å hindre større skade på primærstrukturen der understellet er festet.
Drag:	Aerodynamisk motstand.
Dynamisk lekkasje:	Lekkasje i et hydraulikksystem som inntreffer ved bevegelse av komponenter. Systemet er da trykksatt.
Eksponering:	Å bli utsatt for.
Extern power contactor:	Relé som ved innkopling gir elektrisk tilførsel til flyet fra utvendig aggregat.
Festegafler:	Endestykker som er festet på kabler for montering til andre terminaler.
Finger tight:	Beskrivelse av sammensetting med bruk av fingerstyrke.
Flex-shaft:	Fleksible overføringer som overfører mekanisk bevegelse ved rotasjon.
Fluoriserende skjermer:	Skjerm som gir fra seg et lysbilde ved påvirkning av signal.
Generator control unit:	Elektronisk enhet som kan kontrollere generatorens leveranse av spenning, frekvens og strøm.
Homogent materiale:	Materiale med gjennomgående samme tetthet.
Influerer:	Påvirker.
Integraltanker:	Drivstofftanker hvor tanken er flyets struktur. Drivstoffet ligger direkte mot huden i skrog/vinge.
Kavitasjon:	Væske kan inneholde gass. Når trykket i væsken synker, vil gassbobler kunne øke i volum. Øker trykket igjen, vil disse kollapse. Dette kan være meget hørbart.
Kommutator:	Den delen av generatoren som likeretter spenningen ut fra ankeret.
Latent:	I denne beskrivelsen blir ikke røntgenbildet synlig før framkalling er foretatt. (Bildet er der, men ikke synlig).
Mandrel:	Fleksibel innsats som tres inn i rør før bøying for å hindre deformasjon av røret.
Penetrerende væsker:	Væsker med lav overflatespenning som trenger inn i sprekker i et materiale.

Pimpstein:	Vulkansk porøs bergart som kan brukes for sliping.
Popping:	Springe ut. Indikasjonspinne som kommer til syne og indikerer feil i forbindelse med for eksempel trykkverdier.
Primære flight controls:	Høyderor, sideror og balanseror.
Riggefikstur:	Måleverktøy for bl.a. å registrere fysiske utslag på flight controls (flaps, ror etc).
Rigging: Justering.	Kan være både mekaniske (kabler og stag) eller elektriske signaler.
Rotordel:	Den roterende delen i f.eks. generatorer (anker), startere, og bremser (bremseskiver).
Rudder limiter:	Begrensninger av utslag på sideror. Brukes for å redusere siderorets effekt ved høy hastighet. Kan aktiveres av bl.a. av sensorer i understell eller målt hastighet på flyet.
Sekundære flight controls:	Flaps, slats, spoilers, speed brakes.
Shims:	Tynne metallplater som legges som mellomlegg for å få riktige avstander mellom deler.
Skalking av dekk:	Begrenset del av dekket som slites kraftig. Kan bl.a. skje ved harde landinger og/eller landinger i stor hastighet.
Sleperinger:	Brukes i forbindelse med roterende deler for overføring av strøm til børster og videre til kretser. Er bl.a. i bruk i generatorer og i propellvarmesystemer.
Stakkato bevegelse:	Bevegelse som skjer rykkvis.
Statisk lekkasje:	Lekkasje på hydraulikksystem uten at systemet har komponenter i bevegelse. Systemet skal dog ha et tilført et minimumstrykk (f.eks. 500 psi).
Statordel:	Den ikke-roterende delen i f.eks. generatorer (anker), startere, og bremser (bremseskiver).
Torque tubes:	Stive rør som overfører mekanisk bevegelse ved rotasjon.
Ultrasoniske bølger:	Lydbølger med frekvens over 20 kHz.

Stikkord

ADF 130
air conditioning 43, 51
akkumulator 77
akustisk stråling 40
andre linjes vedlikehold 127
anti-skid-generator 100
APC 61
ATC 129
avisolering 173
avviksbehandling 12

bankeprøve 39
Base-vedlikehold 8
batteri 56
Bench testing 127
bend allowance 189
BITE 126
bleeding 83
boroskop 30
bowden-kabel 146
bremseakkumulator 101
bremsesystem 99
bøyelengde 189
bøying av rør 153

CM 8
cockpittrykk 49
computertomografi 38
Condition Monitoring 8
CT 38

dekk 97
depotvedlikehold 127
DME 129
dobbel kon 158
drivstoff-system 63
dyecheck 32

electrical power supply 53
elektrisk sveising 179
enkel kon 158

feilisolering 124
felg 97
fjerning av korrosjon 116
fjærer 169
flaps 61
flight control 57
flight spoiler 62
flushing 83
flussmiddel 171
fly-by-wire-system 58
FMS 126
fuel-quantity-system 69
fuktingsprosess 171
første linjes vedlikehold 127

gassveising 179
GPS 130
ground spoiler 62
gummibelger 88

Hard Time-inspeksjon 8
holografi 39
hovedunderstell 90
HT 8
hudplater 181
hydraulikktank 73
hydraulisk pumpe 75
hydraulisk system 73
høyfrekvensgenerator 128

ikke planlagt vedlikehold 7
ikke-destruktiv prøvemetode 27
ILS 129
inspeksjon 15
intermetallisk forbindelse 171
ising 85

kabintrykk 49
K-faktor 187
kjedeoverføring 165
koning av rør 156
koniske tannhjul 164
kontrollkabler 143
kopling uten kon 160
korrosjonfjerning 114
korrosjonstyper 115
kutting av rør 153
kvalitetssikring 11

lagerlyd 138
lagertemperatur 139
lagertetning 140
lagre 137
lavfrekvensgenerator 128
liming 181
Linc-vedlikehold 8
loddebolt 171
loddemetall 170
loddetemperatur 172
loddetinn 170
loddetårn 173
lodding 170
lysbuesveising 179

magnetpartikkelprøving 34
metallbuesveising 179
MIG-sveising 180
modifikasjon 10
motstandssveising 180
MPD 10
MRB 10
myklodding 170

NDI 27
NDT 27
neseunderstell 90
nicopress-prosessen 151
nødakkumulator 78, 101

OC 8
oil cooling-system 80
oksygensystem 105
On Condition-inspeksjon 8
oscilloskop 128
overflatebehandling 122
overtrykksindikator 52

penetrant inspeksjon 32
pitot-/static-tester 131

planlagt vedlikehold 7
primære flykontroll-systemer 57
produksjonssertifikat 9
pulsgenerator 128
punktsveising 180
purging 83
push-pull rods 167

radiografi 37
Ramp testing 127
reimoverføring 166
reservoir indication 74
rørinstallasjoner 152

sekundære flykontroll-systemer 57
semi-monocoque-konstruksjon 181
setback 186
shearography 39
skrujekk 166
slangeinstallasjoner 152
smelteplugg 98
speed brakes 63
spektrumanalysator 128
spillvann 111
spoilersystem 62
strekktester 149
stringer 184
strømforsyning 128
styringssystem 103
støtdemper 95
swaged terminal pull tester 149
swaging 146
system pressure indication 79
systemakkumulator 77
systemfilter 76
systemtrykk 79

tannhjul 164
TCAS 130
termografi 39
testflyging 26
testpanel 130
TIG-sveising 180
transmisjoner 164
tredje linjes vedlikehold 127
trinser 145
trykkregulator 75

ultralyd 40
understell 89
utkvitteringsprosedyre 13

vann 111
VHF-kommunikasjon 129
virvelstrømtesting 37
visuell inspeksjon 29
VOR 129
værradar 130

wattmeter 131

zyglo 33