

RAPPORT

Statens Havarikommisjon for Transport
Postboks 213
2001 Lillestrøm
Telefon: 63 89 63 00
Faks: 63 89 63 01
<http://www.aibn.no>
E-post: post@aibn.no

Avgitt dato: 24.10.2005
SL Rapport: 40/2005

Denne undersøkelsen har hatt et begrenset omfang. Av den grunn har SHT¹ valgt å benytte et forenklet rapportformat. Rapportformat i henhold til retningslinjene gitt i ICAO annex 13 benyttes bare når undersøkelsens omfang gjør dette påkrevd.

Alle tidsangivelser i denne rapport er lokal tid (UTC + 2 timer) hvis ikke annet er angitt.

Luftfartøy:

- Type og reg.: Reims Aviation SA FRA (Cessna) 150L (Aerobat), LN-LMP
- Produksjonsår: 1972
- Motor(er): Rolls-Royce O-240-A

Dato og tidspunkt: Tirsdag 9. september 2003, kl. 1950

Hendelsessted: Ågskardet, Meløy kommune, Nordland N66°43,2' Ø013°23,4'

Type hendelse: Luftfartsulykke, tap av propelltipp med påfølgende nødlanding og havari

Type flyging: Privat

Værforhold: Vind: Svakt drag fra øst. CAVOK. Temperatur: 13 °C. Duggpunkt: 10 °C. QNH: 1019 hPa.

Lysforhold: Dagslys, begynnende skumring

Flygeforhold: VMC

Reiseplan: VFR

Antall om bord: 2

Personskader: 2 lettere skadet

Skader på luftfartøy: Betydelig skade på begge vinger, propell, motor, motorcowling, neselegg

Andre skader: Ingen

Fartøysjef:

- Kjønn og alder: Mann, 33 år
- Sertifikat: PPL-A, SEP (land)
- Flygererfaring: Total flygetid 101 timer. Siste 90/30/3/1 dager: 33/15/7/1 timer. På typen totalt 21 timer hvorav siste 90/30/3/1 dager: 21/13/7/1 timer.

Informasjonskilder: "Rapport om luftfartsulykke/-hendelse" (NF 0382) fra fartøysjef, rapport fra Avinor, rapport fra Forsvarets Laboratorietjeneste, samt SHTs egne undersøkelser.

¹ Undersøkelsen ble påbegynt før 01.09.2005 da etaten skiftet navn fra Havarikommisjonen for sivil luftfart og jernbane (HSLB)

FAKTISKE OPPLYSNINGER

Havarikommisjonen ble samme kveld kl. 2016 varslet av Hovedredningsentralen i Nord-Norge om at en Cessna 150, LN-LMP hadde havarert i nærheten av Tjongsfjord. Meldingen gikk blant annet ut på det var 2 personer om bord som skulle være lettere skadet og at disse var hentet med redningshelikopter. SHT rykket ut morgenen etter og startet med å intervjuje fartøysjefen i Bodø. Deretter ble det foretatt tekniske undersøkelser på havaristedet.

Formålet med flygingen var at fartøysjefen og hans kollega skulle fly en ca. 2 timers tur med sightseeing fra Bodø lufthavn (ENBO) og sørover til Svartisen for deretter å følge kystlinjen tilbake til Bodø. Det var planlagt å lande rett før mørkets frembrudd slik at de fikk med seg solnedgangen på returen.

Det var innhentet NOTAM og informasjon om været via Avinors internettløsning (IPPC). VFR reiseplan ble innlevert pr. telefon til lufttrafikkjenesten i Bodø. Daglig inspeksjon av flyet ble foretatt og alt funnet i orden. Flyets drivstofftanker ble fylt fulle, hvilket tilsa tilgjengelig drivstoff for ca. 3 timer og 15 minutters flyging.

Avgang og flygingen sørover mot Svartisen forløp normalt. Ved skifte av marsjhøyde ble motoren "leanet" (justering av bensin/luftblandingsforhold). Den siste perioden før hendelsen hadde de vært etablert på marsjhøyde 5 000 fot med normale verdier på motorinstrumentene.

Sitat fra siste del av fartøysjefens rapport om det scenario som utspant seg fra og med flyet passerte indre del av Tjongsfjorden (vest av Svartisen).

"Uten forvarsel ble det plutselig en kraftig vibrasjon i flyet. Posisjonen antas til å være ca N 66 °40.0' Ø13 °30.0' da vibrasjonene inntraff. Det ble også en voldsom støy som følge av vibrasjonen. Jeg er rimelig sikker på at vibrasjonene ikke startet med et smell eller lignende, de bare begynte plutselig. Instrumentpanelet var svært vanskelig å tyde på grunn av vibrasjonene. Motoren begynte å redusere turtall. Spaken for mixture ble observert til å være i cut-off-posisjon og denne ble dyttet inn til full rik blanding. Motoren synes å komme seg noe, men uten at vibrasjonene forsvant. Motoren sank så på nytt på turtall og mixture ble observert i cut-off igjen. Jeg fant at denne ble skjøvet ut av vibrasjonene og holdt den deretter inne i full-rik med høyre-hånden, samtidig som jeg forsøkte å jobbe med throttle for å finne et turtall motoren ville gå på, men motoren gikk ujevnt. Passasjeren fikk i oppgave å holde mixture inne i full-rik, slik at jeg var noe friere i mine bevegelser. Kurs ble satt nord-nordvestover på leting etter mulige nødlandingsplasser. Det ble kontinuerlig jobbet med å få kraft ut av motoren siden den gikk så ujevnt. Ror-kontroller fungerte fint hele veien.

Instrumentpanelet begynte å løsne fra festene og jeg besluttet at en nødlanding måtte gjennomføres snart da jeg var bekymret for at andre og mer vesentlige deler av maskinen skulle gå i stykker. Vi speidet etter nødlandingsplasser og jeg sendte ut Mayday-melding en gang. Jeg vet ikke om denne ble hørt, jeg kunne i hvert fall ikke høre radioen selv. Mikrofonen på headsettet ble brukt. Det var svært vanskelig å fokusere blikket mot terrenget under oss i letingen på grunn av vibrasjonene.

Underveis ble følgende observert: G-måleren hadde slått ut maksimalt både positivt og negativt (ca +10G og -5/-6G). Denne ble nullstilt av meg for eventuelt å se hvordan det utviklet seg. Den ble allikevel ikke sjekket senere av meg. Jeg observerte også at nødpeilesenderen (karakteristisk lyd) kunne høres, enten i headsettet eller i takhøytaleren,

jeg vet ikke sikkert hva på grunn av bråket, men konstaterte at den var utløst av vibrasjonene. Bryteren på panelet ble dermed ikke vippt i on-posisjon. Vi måtte hele tiden rope til hverandre gjennom støyen fra vibrasjonene.

Noen tettliggende egnede jorder ble funnet og jeg planla å gjøre en nødlanding der. Det var en rekke dreneringsgrøfter mellom jordene og vi sjekket begge så godt vi kunne (synsproblemer som følge av vibrasjoner) for eventuelle kraftledninger m.v. Ett av jordene ble valgt og jeg la opp til å gjøre noe tilnærmet en power-off-landing, siden jeg allikevel ikke kunne stole på motoreffekten. Jeg valgte å lande på det jordet som ikke var det lengste, men som så ut til å ha det korteste gresset, siden jeg ikke hadde noen som helst erfaring med gresslandinger. Key-point ble lagt slik at jeg hadde jordet på venstre side. Etter å ha kvittet oss med høyde entret vi key-point i ca 1.100 fot over havet. Mixture ble dratt til cut-off etter Key-point, på downwind. Midtveis på "base" begynte vi å komme så lavt at jeg begynte å få en utvendig referanse på farten vår og konkluderte at den var noe høy og jeg kompenserte noe med en høyere nesestilling, samtidig som jeg satte ut ekstra flaps. Jeg var samtidig redd for å få for lav fart på grunn av at jeg ikke regnet med å kunne høre stall-warningen i alt bråket. På "final" fant jeg ut at vi var for høyt med for høy fart og jeg forsøkte dermed en 180 graders sving for å lande motsatt vei på jordet ved siden av. Svingen ble ikke knapp nok og jeg måtte dermed bruke noe tid på å jobbe inn mot dette og ikke lande på skrå. Enden av jordet, med dreneringsgrøft, kom raskt i mot og jeg valgte derfor å forsøke en 90° sving mot det jordet vi til sist landet på. Denne rakk vi bare ca 45 grader av før vi tok nedi bakken med vingen først umiddelbart etter dreneringsgrøften. Ved touch-down kom hovedhjulene først og nesehjulet umiddelbart etter, ettersom jeg måtte ha maskinen ned kortest mulig etter grøften på grunn av den korte lengden på jordet. Vi skjenet litt med venstre "crab" som jeg rettet opp før vi havnet i dreneringsgrøften. Fulle flaps ble satt på den opprinnelige final for å bremse maksimalt. Flaps ble tatt opp etter stans i grøften for lettere å kunne komme under vingen på flyet.

Fra grøften ble Bodø TWR oppringt og varslet med posisjon fra GPS. Vi fikk beskjed om å bare vente på stedet på Sea-King'en."

Nødsituasjonen oppstod i en landsdel med høye fjell, fjorder og relativt få egnede nødlandingsplasser. Ved Ågskardet, hvor landingen fant sted, var det flere gresskledde jorder med tilstrekkelig lengde for landing. Landingen ble foretatt på et relativt kort jorde og med en retning som medførte at utrullet distanse kun ble ca. 75 meter før ferden endte i en dreneringsgrøft. Flyet fikk omfattende skader.



*Fig. nr. 1
Personen i bakgrunnen står ved første setningspunkt.*

Havarikommisjonens videre undersøkelser har ikke avdekket noe unormalt med flyets vinger eller motor som kan ha initiert vibrasjonene som oppstod underveis.

Flymotoren ble senere sendt til utlandet for overhaling og følgende konklusjon fremgår av motorverkstedets rapport:

”There were no indication that the engine should have been malfunction due to technical problems prior to the impact.”

På havaristedet ble det raskt konstatert at den ene propelltippen manglet (se fig. nr. 2).

Det var ikke tegn til at flyets propell hadde vært nede i bakken under utrulling eller at de to propellbladene var bøyd bakover. SHT lette etter propelltippen i havariområdet uten å finne den.



Fig. nr. 2: Manglende propelltipp.

Gjenværende del av propellen ble undersøkt ved Forsvarets laboratorietjeneste, analytisk laboratorium, kjemi og materialteknologi. Deres rapport konkluderer med følgende:

”Bruddet i propellen har oppstått på grunn av en utmattingssprekk. Sprekkinitieringen er trolig forårsaket av høye spenningskonsentrasjoner og korrosjon i/nær observert hakk. Videre har sprekken vokst som følge av korrosjonsassistert utmatting helt til den har nådd kritisk sprekk lengde.”

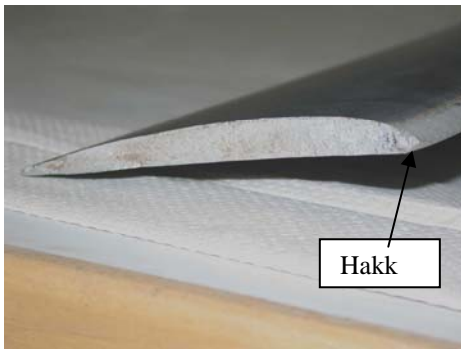


Fig. nr. 3: Bruddflaten på propellen

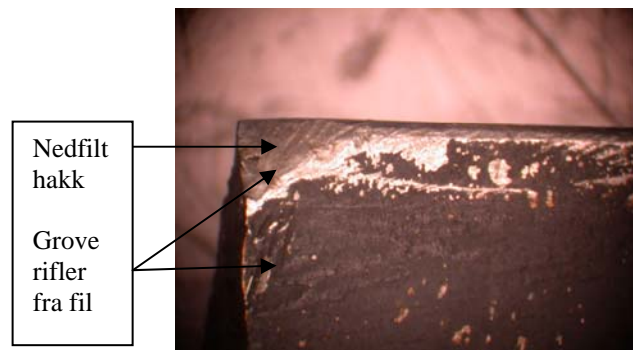


Fig. nr. 4: Nærbilde av hakk og grove filtrifler

Detaljstudier av hakket, som var ca 4-5 millimeter dypt, viser tydelige spor etter bruk av en grovtannet rettfil. Det var rester av sort lakk over området.

I overensstemmelse med flyets dokumentasjon var det montert en McCauley 1A 135/BRM 7150 propell (serienummer 78251) på LN-LMP. Dette er en to-bladers aluminium propell. Tillatte minimum - maksimum begrensninger på diameter er 1775 - 1803 millimeter. SHTs beregninger viser at 201 millimeter av propelltippen manglet.

Havarikommissjonen har i møte med Norrønafly PW & AP AS propellverksted fått opplyst at propellen var i fin tilstand med kun normal slitasje og ingen skade før siste overhaling i mars 2001. Propellens mål var godt innenfor begrensninger med hensyn til bredde og tykkelse, gjennom alle propellens målepunkter, både før og etter overhaling av overflaten. Under siste overhaling ble det blant annet utført sprekkkontroll ”Non Destructive Testing” (NDT) og gjennomgang/utførelse av eventuelle Service Bulletiner og Service Letters. På grunnlag av ovennevnte ble det utstedt en ”JAA form One” attest fra Norrønafly PW & AP AS propellverksted ved Fornebu 5. mars 2001. Propellen ble montert tilbake på LN-LMP i Tromsø 9. mars 2001 med en total gangtid på 1 831:00 timer.

Havarikommisjonens undersøkelser tyder på at propellen en gang har fått stensprut og at dette er blitt prøvd utbedret ved at noen har brukt en metallfil for å jevne skaden. Hakket på hjørnet av forkanten på gjenværende del av propellen legges til grunn å tilsvare hakket på den delen av propellen som forsvant. SHT ønsket å finne svar på når det ble filt et hakk på propellen. En tidfesting av ovennevnte kunne gitt en bedre forståelse for utviklingen av sprekkdannelsen.

SHT foretok en simulering ved å file et tilsvarende hakk på det andre propellbladet. Når en propell inspiseres før flyging strykes fingrene langsetter forkanten på propellbladene i tillegg til å foreta en visuell inspeksjon. Simuleringen viste at hakket ikke lot seg avdekke verken hvis man strøk fingrene 90° på eggen eller langsetter baksiden av bladet. Først dersom man strøk fingrene i 45° vinkel merket man hakket.

Havarikommisjonen har gjennomført samtaler med til sammen 16 personer som man kunne forvente ville ha kjennskap til propellens tilstand. 3 av disse personene bekreftet at det var et markant hakk i propellen, noe tilsvarende simuleringen, da flyet befant seg i Bodø i forbindelse med utbedring av vibrasjoner i neshjulsleggen i tidsrommet 28. august til 14. september 2002. Ved samtalene med de involverte ble det minnet om at Havarikommisjonens formål utelukkende er å forbedre flysikkerheten og at det ikke er SHTs oppgave å fordele skyld og ansvar. Havarikommisjonen har ikke lyktes å få klarhet i når det ble filt på propellen.

I teknisk journal fremkommer følgende utdrag:

	Sted	Dato	Gangtid propell siden overhaling
Propell påmontert etter overhaling	Flytekniker Tromsø	9. mars 2001	0:00
50-timers ettersyn	Flytekniker Tromsø	13. juni 2001	34:55
500-timers og årlig ettersyn	Bodø Flyservice	20. juli 2001	58:30
50-timers ettersyn	Flytekniker Tromsø	18. februar 2002	106:50
Kontroll og reparasjon propellspinner	Flytekniker Tromsø	2. mai 2002	137:00
100-timers ettersyn	Flytekniker Tromsø	14. juni 2002	155:45
200-timers og årlig ettersyn	Bodø Flyservice	19. juli 2002	179:05
Vitner så hakk på propell	Bodø	23. august – 14. september 2002	217:30
50-timers ettersyn	Flytekniker Bodø	19. oktober 2002	230:50
100-timers ettersyn	Flytekniker Bodø	3. juli 2003	284:00
Havari		9. september 2003	323:40

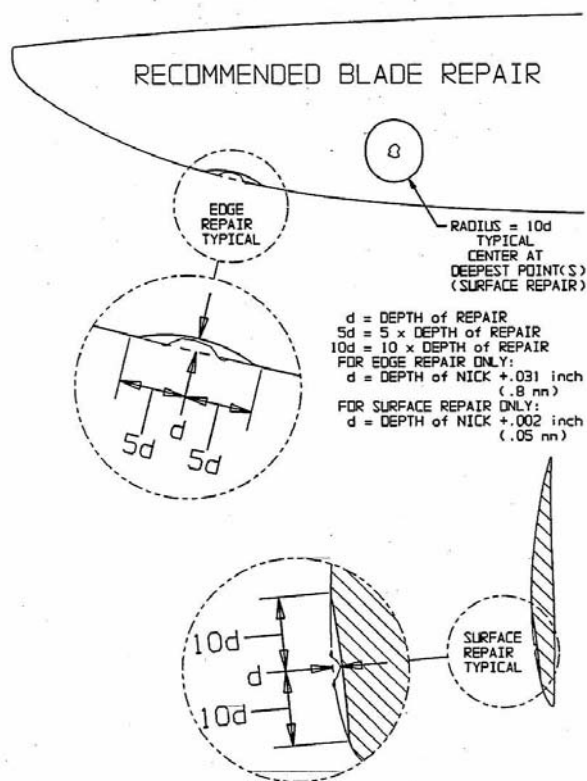
Flyets reisedagbok/propelllogg inneholdt ingen opplysninger om skade eller utbedring på propellen.

I tillegg til de sertifiserte flyteknikere som utførte ovennevnte vedlikehold hadde et stort antall flygere foretatt daglig inspeksjon av flyet før flyging. Til tross for at hakket på det ene propellbladet sannsynligvis eksisterte det siste året før havariet, ble dette aldri anført i flyets tekniske journal/reisedagbok.

Norrønafly PW & AP AS propellverksted har på spørsmål fra SHT gitt uttrykk for at et hakk i den aktuelle størrelsen, ville latt seg utbedre innenfor godkjente kriterier.

Ved steinsprutskade på en propell, skal flyteknikere normalt referere til vedlikeholdsmanualen for den aktuelle propelltypen. Imidlertid vil det ved mindre steinsprutskade på en metallpropell være akseptabelt å referere til generell litteratur, slik som for eksempel "AC 43.13 Acceptable methods, techniques, and practices; Aircraft inspection, repair & alterations". Boken er utgitt av den amerikanske luftfartsmyndigheten FAA og har blant annet flere sider om utbedring av steinsprutskader på propellblader.

Havarikommissjonen har fått bekreftet av Skedsmo videregående skole, flylinjen som er godkjent PART-147 organisasjon (opplæring av flyteknikere) at det gis utfyllende undervisning til elevene om vedlikehold av propeller.



Figur hentet fra "McCauley propeller systems blade overhaul manual" og som viser generelle anbefalinger for utbedring av skader.

Som det fremkommer må man strekke nedfilingsområdet 5-10 ganger ut til siden i forhold til dybden på skaden.

Det må anvendes fintannet buet fil.

Reparasjonsområdet må overflatebehandles ved å påføre beskyttelse mot korrosjon. Videre oppnås vesentlig høyere strekkbelastningsegenskap dersom overflaten pusses og poleres.

Havarikommissjonens beregninger tilsier en ubalanse (sentrifugalkraft) i overkant av 21 kN (tilsvarende 2,1 tonn) som følge av manglende del på det ene propellbladet.

SHTs undersøkelser av motoren viste at det var stor slitasje på de fire motoropphengene. Store glipper ved gummiforingene på motorbukken viste at det hadde vært meget store belastninger på grunn av vibrasjonene.

Havarikommisjonen har foretatt undersøkelser angående omfanget av denne type ulykker og funnet ut at det på verdensbasis har skjedd en del ulykker og hendelser grunnet ikke tilfredsstillende tilstand på propeller. SHT har valgt å legge ved artikkelen "Propeller Suicide" fra Aviation Safety Magazine, oktober 2003, som belyser viktigheten av å holde et øye med tilstanden på propeller (se vedlegg).

Propeller vil være utsatt for slitasje og fare for større stensprut, i særdeleshet på fly med liten bakkeklaring og under operasjon på grusdekke. Noen flytyper vil ha en beskrivelse for korrekt teknikk for håndtering av fly under oppstart, taksing, avgang og landing for å unngå skader på propeller.

Fartøysjefen har opplyst at han bare noen dager i forveien hadde deltatt i en av årets mange sosiale landingskonkurranser, der en trener og konkurrerer på merkelanding med og uten bruk av motor, og at dette var medvirkende til at nødlandingen gikk relativt bra.

HAVARIKOMMISJONENS VURDERINGER

Havarikommisjonen anser at propellen på LN-LMP, før 23. august 2002, ble utsatt for en skade (mest sannsynlig forårsaket av steinsprut) og at korrekt metode for utbedring av skaden ikke ble fulgt. Dette ved at det ikke tilstrekkelig materiale ble fjernet, hakket ble ikke profilert korrekt, at det ble benyttet en grovtannet fil som laget riper med spenningskonsentrasjoner og ved at det ikke ble påført korrekt overflatebehandling.

SHT støtter Forsvarets laboratorietjeneste i deres vurdering av at bruddet i propellen har oppstått grunnet en utmatningssprekk. Utmatningssprekken oppstod som en direkte følge av en feil i utbedring av skade.

SHT anser således at sprekkinitieringen startet før 23. august 2002 da hakket første gang ble observert. Dette innebærer at sprekkdannelsen har gått over:

- Minst 106 propellgangtimer. (Tiden mellom observasjonen (217:30) og havariet (323:40))
- I overkant av et kalenderår (23. august 2002 - 9. september 2003)

Havarikommisjonen konkluderer med at de kraftige vibrasjonene som plutselig oppstod kom som følge av at propelltippen separerte og forårsaket en ubalanse i propellen i størrelsesorden 21 kN.

SHT har vurdert hvorvidt fartøysjefen burde hatt grunn til å anta at vibrasjonene kom fra propellen/motoren alternativt forårsaket av aerodynamiske problemer med flyet. Slik feilsøking forutsetter at man forandrer motorturtall eller flygehastighet for å finne ut hvor vibrasjonene stammer fra. Havarikommisjonen anser at det i dette tilfellet ikke kunne forventes at fartøysjefen ville være i stand til å lokalisere opphavet til vibrasjonene. Hadde han visst at vibrasjonene var som følge av ubalanse i propellen, kunne han ha stoppet motoren og samtidig redusert flyhastigheten tilstrekkelig til at propellen hadde stoppet helt opp. Å stoppe motoren er imidlertid ugunstig dersom man senere trenger motorkraft.

Havarikommisjonen anser at nødsituasjonen var prekær. Vibrasjonene overbelastet motorfestene og dette kunne over tid ført til strukturelle skader og i verste fall at motoren løsnet. Ved et slikt scenario ville flyet ikke vært kontrollerbart på grunn av at tyngdepunktet ville blitt langt utenfor begrensningene.

SHT ser alvorlig på at noen har utbedret skaden på propellen på en helt uforsvarlig måte som i dette tilfellet. Filingen var slik utført at den skapte spenningskonsentrasjoner og forverret den opprinnelige skaden. Videre kunne filingen og overmalingen gi inntrykk av at skaden var vurdert og tatt hånd om på en forsvarlig måte. Dette kan ha vært den direkte årsak til at flygere som fløy flyet senere, ikke gjorde anmerkning i flyets reisedagbok. Flyet hadde gjennomgått flere ettersyn av sertifiserte flyteknikere, samt blitt inspisert av et stort antall flygere. I etterpåklokskapens lys kan man stille spørsmål om hvorfor ingen underkjente tilstanden på propellen og fikk skaden korrekt utbedret.

Havarikommisjonen anser at man må ha stor respekt for kreftene som virker på en propell og at det alltid må foretas grundig inspeksjon av propeller. Eventuelle skader må utbedres fagmessig.

SHT anser at fartøysjefen taklet nødsituasjonen på en rasjonell måte, spesielt tatt i betraktning hans relativt begrensede flyerfaring. At han ikke landet på ett av de lengre jordene må ses i forhold til den kritiske situasjonen som eksisterte.

At nødsituasjonen ikke fikk mer dramatisk utfall, anser Havarikommisjonen kan tilskrives at flygingen foregikk i relativt stor flyhøyde samt at fartøysjefen beholdt roen og behersket god teknikk i merkelanding.

Propeller Suicide

Nick, chip, ding, chunk – call it what you will, but that teeny flaw in the prop can rip it apart with ease

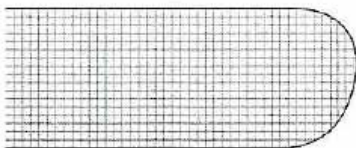
By Roger Long

You're making your preflight inspection of the airplane and almost casually run your hand along the leading edge of the propeller blade. A finger catches. Closer inspection reveals a small nick in the prop. It's no big deal. Or is it?

It's a hard thing to do, grounding the airplane on a beautiful weekend for just one little nick in the prop. It is less than 1 percent of the blade sectional area so, if strain is proportional to the area it is distributed over, there should be only an insignificant decrease in strength. Why not go flying?

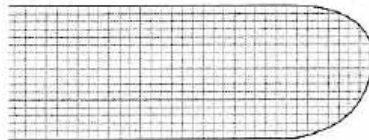
The simple reason is that nothing bears weight or strain without bending or stretching. When a fly lands on the Golden Gate Bridge, it sags, a little. It is this stretching in response to strain that results in small nicks magnifying the stresses in a propeller far out of proportion to their size.

Imagine a prop blade at rest. Now paint lines in both directions that form a square grid on the prop's surface. Here is what you get.



Now start the engine up and advance the power to maximum takeoff power. The centrifugal force of the turning prop subjects it to loads that can be more than 10 times the weight of the aircraft. Whether made of aluminum, wood or high-tech composites, the prop

stretches in response.



Note that the squares have become rectangles.

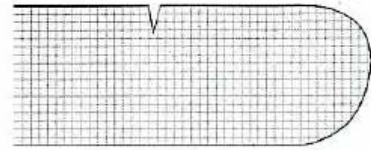
This level of stress is the reason a broken prop blade can result in the engine tearing itself off the mounts.

When the blades are intact each one balances the forces created by the others. Remove that balancing force and the blade is suddenly not anchored at the hub.

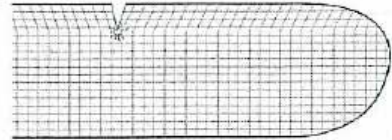
Lose the weight of the engine, and the airplane becomes uncontrollable. A prop failure is far more hazardous than a crankshaft failure. Think of 10 airplanes hung above your head by that small piece of aluminum. Would you want to see a nick in it?

The stresses created within the prop blade are far more significant

that you might realize. Put a greatly magnified nick in your grid-marked prop.



And bring it up to takeoff RPM.

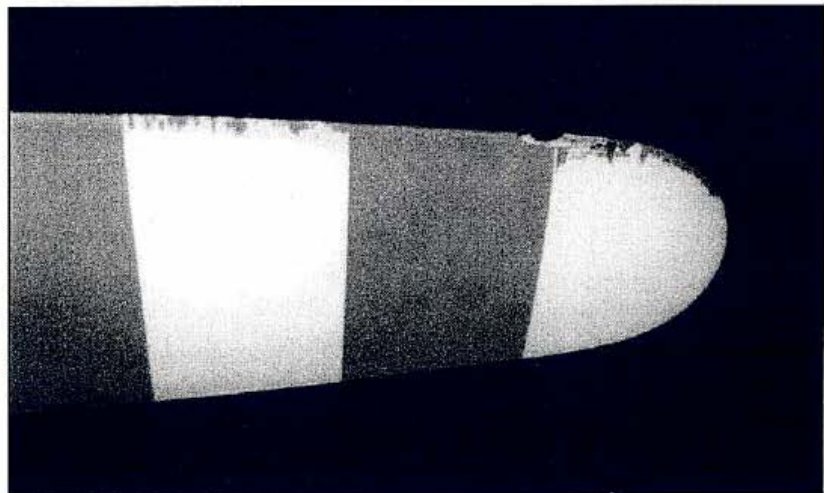


Once again, each metal particle in the blade is being forced out by the centrifugal force of the prop turning. It is also being pulled outboard by the particles it is attached to. The nick, however, interrupts this chain. The metal to the left of the nick is no longer being pulled outboard by the weight of the metal to the right. It actually experiences less outward pull, so it stretches less.

Each particle is also held in place by the metal next to it. The metal to the right of the nick is no longer restrained so it stretches farther outboard. The metal is thus being pulled in different directions right at the base of the nick. Added to this strain is the fact that the basic load already increased by the smaller cross section of metal.

The slanted lines of the grid

Sometimes the damage makes prop repair an easy call.



reflect the fact that the metal particles are all bound together. The metal to the right and left of the nick would actually like to slide as blocks. This creates a line through the blade, parallel to the leading edge and running right through the base of the nick, where there is significantly different strain above and below. These strain differences are in opposite directions right and left of the nick and it all comes together at the bottom of the notch.

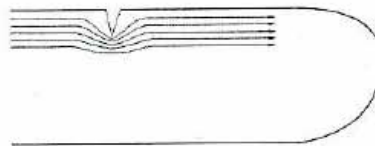
Fortunately, the prop blade is somewhat overbuilt and operating with a safety factor that, of necessity, is quite generous by general engineering standards. However, the geometry of the stress concentration can multiply the strain around the base of the notch many times.

In many structures, such as a riveted airframe, a crack may not significantly weaken the structure. The crack relieves the strain on a highly stressed point, but the rest of the structure can take up the load in a better-distributed form.

In a homogenous structure like a

prop blade however, the geometry of crack propagation is such that increasing the size of the notch will immediately increase the amount of stress concentration and strain at the base of the notch. It is a vicious circle and the critical metal particles are those in the microscopic area right at the base of the "V".

This is not the classic explanation of stress concentration. The usual example is of a member being stretched with one end fixed and a load at the other end. The lines of stress have to "flow" around the nick and get crowded together. Since stress is a function of the amount of area it is distributed over, the same stress in less area raises the strain.



The change in direction of the stress lines also raises local forces

trying to separate molecules of your prop. Just think of pulling on a straight wire vs. pulling on one with kinks in it.

These factors are also at work raising stress levels around the nick. The differential in stretch described above is just adding to the local stress. Now add bending, because the prop blade is fixed at the hub and being pulled forward over its whole length. Bending stretches one side of the prop and compresses the other. The metal around the nick may be taking a triple hit.

The more brittle a material, the more critical stress concentration is. Aluminum is fortunately fairly forgiving in this regard. However, it has other characteristics that are cause for concern. When stressed beyond a certain point, even a small number of times compared to steel, it undergoes permanent changes in its properties that can weaken it and make it more susceptible to cracking.

The probability that the prop blade would have departed the aircraft over this weekend would have been very low. The level of risk would probably not have been out of line with other general hazards of flight. The stress and strain on a prop is not steady, however. It flexes, whips and stretches microscopically with every cylinder firing. Even in a few hours of operation, the magnified strain at the base of this nick could create changes in the metal that would persist even after the shop files the nick into a long smooth shape that will stretch evenly.

Flying an airplane until a qualified person can dress out a nick is always a judgment call. That judgment must be guided however by the knowledge that the geometry of the way materials behave under strain can magnify the effects of a small nick way beyond what you might estimate intuitively just by looking at it.

If you doubt that, next time you open a bag of potato chips, try pulling first on the side that doesn't have the notch. ■

Roger Long is a commercial boat designer, a private pilot and Maintenance Officer of the Bald Eagle Flying Club in Portland, Maine.

Risk Profile

Anatomy of a Prop Failure Accident

Note that most accidents related to propeller blade failure happen shortly after takeoff, when the airplane is being subject to maximum performance demands – and the margin for gliding to safety is at its smallest.

A summary of recent accidents related to prop blade failure:

When climbing through about 15 feet agl, the pilot of a Grumman-Schwitzer G-164B ag plane heard a sharp bang and the airplane started shaking violently. The pilot then noticed a burst of flame coming from the engine and landed on a road, striking a levee. Examination revealed the blade fractured 26 to 27 inches from the butt end. Examination revealed the fracture started at a dent on the camber surface at about midspan.

The pilot of an experimental Mustang M-11 reported losing the outboard 21 inches of a propeller

blade during cruise flight. He crash-landed in a dry lakebed. The prop imbalance nearly ripped the engine off of the airplane. It was hanging by one 3/8-inch bolt.

The student pilot of a Cessna 172L suffered a prop blade failure during departure and landed on the remaining runway and runway overrun. Investigation revealed the propeller hub disintegrated and severed the crankshaft. The engine was pointed about 30 degrees down, held in place by engine controls and hoses. The prop had not been overhauled in 14 years. Failure was traced to corrosion inside the hub.

An experimental Varieze suffered a failed propeller blade when an attach bolt from the exhaust stack separated and entered the propeller's rotational plane. The impact caused one blade to separate.