

Z Á V E R E Č N Á S P R Á V A

o bezpečnostnom vyšetovaní vážneho incidentu

lietadla typu **Z-142**
poznávacej značky **OM-LNS**
dňa **01.09.2019**



Ev.č.: **SKS2019002**

Bezpečnostné vyšetrowanie leteckej mimoriadnej udalosti bolo vykonané podľa § 18 zákona č. 143/1998 o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov, v súlade s Nariadením Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 996/2010 o vyšetrowaní a prevencii nehôd a incidentov v civilnom letectve, ktorými sa riadi vyšetrowanie leteckých nehôd a incidentov v civilnom letectve.

Záverečná správa je vydaná v súlade s predpisom L 13, ktorý je aplikáciou ustanovení ANNEX 13, Vyšetrowanie leteckých nehôd a incidentov k Dohovoru o medzinárodnom civilnom letectve.

Výhradným cieľom bezpečnostného vyšetrowania je zistenie príčin vzniku udalosti a prevencia vzniku takýchto udalostí, nie však poukazovanie akejkoľvek viny alebo zodpovednosti osôb.

Táto záverečná správa, jej jednotlivé časti alebo iné dokumenty, vzťahujúce sa k bezpečnostnému vyšetrowaniu predmetnej udalosti majú len informatívny charakter a nemôžu byť použité inak, len ako odporúčenie pre realizáciu opatrení, ktoré by zabránili vzniku ďalších leteckých mimoriadnych udalostí s obdobnými príčinami.

Použité skratky

BVK	Bezpečnostná vyšetrovacia komisia (specialised commission for investigation of causes of a particular incident from members of the Commission)
ČSN	oficiálne označenie československých štátnych noriem
GO	generálna oprava
KoD	Kniha o diele - záznamy o priebehu opravy
KND	Katalóg náhradných dielov
LAPL	Preukaz spôsobilosti pilota ľahkých lietadiel (Light Aircraft Pilot Licence)
LZZI	Kód ICAO pre letisko Žilina
MK	motorová kniha
LOM	Letecké opravny Malešice (LOM PRAHA s. p.)
PLM	Provozní lhůta meziopravní (resurs) / prevádzková doba medzi opravami (rezurz)
PK	Piestny krúžok
p/n	Číslo/označenie dielu, výkresové číslo (Part number)
s/n	Výrobné číslo (Serial number)
RWY	Vzletová a pristávacia dráha (Runway)
SAR	Pátranie a záchrana (Search and Rescue)
SEP(L)	Kvalifikácia jednomotorové piestové/pozemné (Single Engine Piston/land)
TC	Typové osvedčenie
TSN	Nálet hodín, ktoré lietadlo alebo komponent odlietalo od výroby (Time since New)
TSO	Nálet hodín, ktoré odlietali komponenty lietadla od poslednej významnej udalosti údržby, ktorá sa označuje ako generálna oprava (Time since Overhaul)
UTC	Svetový koordinovaný čas (Co-ordinated Universal Time)
VFR	Pravidlá letu za viditeľnosti (Visual Flight Rules)
WMS	W (Walter) Motor Service s.r.o

Prevádzkovateľ / majiteľ lietadla po skončení vyšetrowania BVK MDV SR pokračoval vo vlastnom internom vyšetrowaní, pri ktorom zistil nové skutočnosti, s ktorými sa BVK v čase vyšetrowania nemala potrebu podrobnejšie sa zaoberať ako bola urobená GO, odkonzervovanie a uvedenie motora do prevádzky a to aj z dôvodu, že mu nebola doručená všetka potrebná dokumentácia.

Vzhľadom na preukázané skutočnosti, že k deštrukcii motora došlo po nalietaní necelých 80 hodín od GO a vzhľadom na stav demontovaných dielov motora (pri ktorých bolo zistené ich značné zakarbonovanie) ako aj nejasnosti okolo GO motora, ktorá buď nebola vôbec prevedená, alebo bola prevedená povrchným spôsobom, čo mohlo mať spolupôsobiaci vplyv na vznik predmetného vážneho incidentu.

Pre zvýšenie bezpečnosti leteckej prevádzky v civilnom letectve aby sa neopakovali udalosti z obdobných príčin, predseda stálej vyšetrovacej komisie obnovil vyšetrowanie vážneho incidentu dňa 27.05.2021 a zabezpečil vykonanie jednorazovej expertíznej rozobierky motora pre posúdenie jeho stavu, či skutočne zodpovedá nalietaným 80 hodinám po GO a či mohla byť príčinou deštrukcie nízka viskozita oleja, resp., či sú na motore náznaky, že by sa motor zadieral vplyvom zlého, resp. nedostatočného mazania, taktiež o posúdenie technologickej korektnosti montáže kľukových ojnicných ložísk a kontrolu tolerancií piestov a valcov.

V priebehu vyšetrowania vznikla potreba preskúmať všetku dostupnú prevádzkovú dokumentáciu k predmetnému motoru.

A. ÚVOD

Typ lietadla:	Z-142
Poznávacia značka:	OM-LNS
Prevádzkovateľ / Vlastník:	súkromná osoba
Typ prevádzky:	všeobecné letectvo / športové a rekreačné lietanie
Miesto vzletu:	letisko Žilina / LZZI
Miesto udalosti:	kataster obce Brezany
Fáza letu:	stúpanie
Miesto udalosti:	N 49°11'13.17", E 18°39'32.76"
Dátum a čas udalosti:	01.09.2019 16 h 02 min

Poznámka: Všetky časové údaje v tejto správe sú uvádzané v UTC čase.

B. INFORMATÍVNY PREHĽAD

Dňa 01.09.2019, v čase 15:55, vykonala posádka vzlet s lietadlom typu Z-142, poznávacej značky OM-LNS (ďalej len „lietadlo“), z letiska LZZI na plánovaný cvičný let v priestore letiska LZZI.

V čase 16:01 posádka začula neštandardný zvuk z priestoru motora s následnými vibráciami lietadla. Posádka v danom okamžiku nevedela vyhodnotiť príčinu vibrácii, znížila výkon motora a následne sa rozhodla vykonať bezpečnostné pristátie do terénu na vopred vybranú plochu.

Posádka lietadla neutrpela žiadne zranenia.
Lietadlo bolo poškodené vo veľkom rozsahu.

Vlastník lietadla oznámil leteckú udalosť na Letecký a námorný vyšetrovací útvar Ministerstva dopravy a výstavby SR.

Na vyšetrenie príčin vzniku predmetnej udalosti bola ustanovená nová BVK po obnovení vyšetrowania:

Ing. Igor Benek	predseda BVK
Ing. Juraj Gyenes	člen BVK

Správu vydáva:

Letecký a námorný vyšetrovací útvar
Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky

C. HLAVNÁ ČASŤ SPRÁVY

1. FAKTICKÉ INFORMÁCIE
2. ANALÝZY
3. ZÁVERY
4. ODPORÚČANIA NA ZAISTENIE BEZPEČNOSTI

1. FAKTICKÉ INFORMÁCIE

1.1 Priebeh letu

V uvedený deň si posádka lietadla naplánovala cvičný 40 minútový let v priestore letiska LZZI. Let bol naplánovaný ako VFR let bez letového plánu. Posádka pred vzletom vykonala predletovú prípravu (kontrolu lietadla, kontrola motorového priestoru, pretočenie motora, vizuálna kontrola jeho tesnosti, kontrola olejovej náplne, kontrola množstva paliva a jeho rozloženia v nádržiach).

Následne vykonala motorovú skúšku, pričom nezistila žiadne indikované parametre mimo prevádzkových hodnôt. Taktiež neboli zistené netesnosti palivového systému lietadla a ani olejového systému motora.

V čase 15:55 posádka vykonala vzlet z RWY 24 a pokračovala v stúpaní do priestoru obce Brezany.

Podľa výpovede posádky, po šiestich minútach po vzlete z letiska LZZI, začuli silnú ranu z motorového priestoru nasledovanú silnými vibráciami lietadla.

Posádka v danom okamžiku nevedela vyhodnotiť príčinu vibrácií, znížila výkon motora a následne sa rozhodla vykonať bezpečnostné pristátie do terénu na vopred vyhladenú mierne stúpajúcu trávnatú plochu vľavo od smeru letu.

Posádka vykonala ľavotočivú zákrutu a pred pristátím vysunula vztlakové klapky, uzavrela prívod paliva a tesne pred dosadnutím vypla vypínač hlavného zdroja elektrickej energie.

Lietadlo dosadlo na terénnu vlnu pri vyššej rýchlosti, pričom prišlo k jeho odskočeniu do výšky 5 m. Lietadlo podľa výpovede posádky v tejto výške preletelo 130 m a následne tvrdo pristálo na tri body pri značnom preťažení (7g).

Denná doba: Deň
Pravidlá letu: VFR

1.2 Zranenia osôb

Zranenie	Posádka	Cestujúci	Ostatné osoby
Smrteľné	-	-	-
Vážne	-	-	-
Ľahké zranenia	-	-	-
Bez zranení	2	-	-

1.3 Poškodenie lietadla

Lietadlo bolo pri vážnom incidente poškodené vo veľkom rozsahu. (poškodený motor - blok motora prerazený ulomenou ojnicou, poškodená vrtuľa, protipožiarna prepážka, predný podvozok, ľavý hlavný podvozok a obe časti krídla).

Po demontáži bolo lietadlo prepravené do hangáru na letisko LZZI.



1.4 Ostatné škody

Leteckému a námornému vyšetrovaciemu útvaru neboli oznámené okolnosti s prípadným uplatnením iných náhrad škôd voči tretej osobe.

1.5 Informácie o leteckom personáli

Pilot (1. člen posádky):

občan Slovenskej republiky, vek 64 rokov,
držiteľ preukazu spôsobilosti súkromného pilota letúnov, ktorý vydal Letecký úrad SR dňa 14.04.2010.

Osvedčenie zdravotnej spôsobilosti:

2. triedy s vyznačenou platnosťou do 20.03.2020
LAPL s vyznačenou platnosťou do 20.03.2021

Kvalifikácie:

SEP(L) s vyznačenou platnosťou do 30.04.2020
Nočné lety bez obmedzenia

Obmedzené osvedčenie rádiotelefonistu leteckej pohyblivej služby II. vydané Telekomunikačným úradom SR dňa 11.02.2010.

Letové skúsenosti:

celkový nálet:	337 h
celkový nálet na type:	277 h
celkový nálet za posledných 90 dní:	4 h 01 min
celkový nálet na type za posledných 90 dní:	4 h 01 min
celkový nálet za posledných 30 dní:	0 h 53 min
celkový nálet na type za posledných 30 dní:	0 h 53 min

Pilot (2. člen posádky):

občan Slovenskej republiky, vek 64 rokov,
držiteľ preukazu spôsobilosti súkromného pilota letúnov, ktorý vydala Štátna letecká inšpekcia dňa 29.12.1997.

Osvedčenie zdravotnej spôsobilosti:

2. triedy s vyznačenou platnosťou do 09.05.2020
LAPL s vyznačenou platnosťou do 09.05.2021

Kvalifikácie:

SEP(L) s vyznačenou platnosťou do 31.07.2020

Letové skúsenosti:

celkový nálet:	1052 h
celkový nálet za posledných 90 dní:	27 h
celkový nálet za posledných 30 dní:	10 h

1.6 Informácie o lietadle

Typ	Z-142
Poznávacia značka:	OM-LNS
Výrobné číslo:	0249
Rok výroby:	1981
Výrobca:	Moravan, a.s. Otrokovice, ČR
Celkový nálet:	4259 h 38 min

Osvedčenie letovej spôsobilosti č. 0288-S/5, vydal Letecký úrad SR dňa 11.09.2008.

Osvedčenie o overení letovej spôsobilosti bolo vydané organizáciou oprávnenou pre riadenie zachovania letovej spôsobilosti AIR K – Service s.r.o., Smetanova 1841, 765 02 Otrokovice, ČR, dňa 16.11.2018, s vyznačenou platnosťou do 15.11.2019.

Nálet hodín v deň overovania letovej spôsobilosti bol 4217 h 37 min.

Motor

Typ:	M 337 AK
Výrobné číslo:	812661
Rok výroby:	1981
Výrobca:	Avia n.p. Praha Letňany
Posledná generálna oprava:	15.10.2005 / pri 895 h 30 min
TSO:	79 h 05 min
Posledné vykonané práce po 50 h:	13.11.2018
Posledná výmena oleja:	15.11.2018 / pri 930 h
Motor odpracoval od poslednej výmeny oleja ku dňu leteckej udalosti 44 h	
TSN:	974 h

1.7 Meteorologická situácia

Neuvádza sa.

1.8 Navigačné zariadenia

Lietadlo bolo vybavené pre lety VFR.

1.9 Spojenie

Lietadlo bolo vybavené palubnou rádiostanicou pre možnosť obojstranného rádiového spojenia v každom okamihu letu so všetkými leteckými stanicami.

1.10 Informácie o letisku

Plánovaným miesto vzletu a pristátia bolo letisko LZZI. Letisko LZZI je verejné medzinárodné letisko, ktoré sa nachádza 12 km JZ od mesta Žilina. Rozmery RWY 06/24: 1150x30 m.

1.11 Letové zapisovače a ostatné záznamové prostriedky

Lietadlo nebolo vybavené palubným záznamovým zariadením pre zápis parametrov letu ani ďalšími záznamovými prostriedkami.

1.12 Informácia o dopade a troskách

Miesto leteckej udalosti je určené zemepisnými súradnicami: N 49°11'13.17", E 18°39'32.76"



1.13 Lekárske a patologické nálezy

Neuvádza sa.

1.14 Požiar

Požiar nevznikol.

1.15 Aspekty prežitia

Pátranie a záchranu prostriedkami SAR nebolo nutné vykonať.

1.16 Testy a výskum

Bolo vykonané diagnostikovanie vzoriek prevádzkových kvapalín:

- vzorka leteckého benzínu AVGAS 100LL:

odoslaná do skúšobného laboratória VÚRUP, a.s.

výsledok diagnostiky - vzorka leteckého benzínu AVGAS 100LL vyhovuje požiadavkám normy ASTM D 910 vo všetkých skúšaných parametroch.

- vzorka motorového oleja TOTAL D 100:

odoslaná do skúšobného laboratória MOL-LUB, spoločnosť pre výrobu, distribúciu a servis mazív, s.r.o.

výsledok diagnostiky - **viskozita oleja je nízka.**

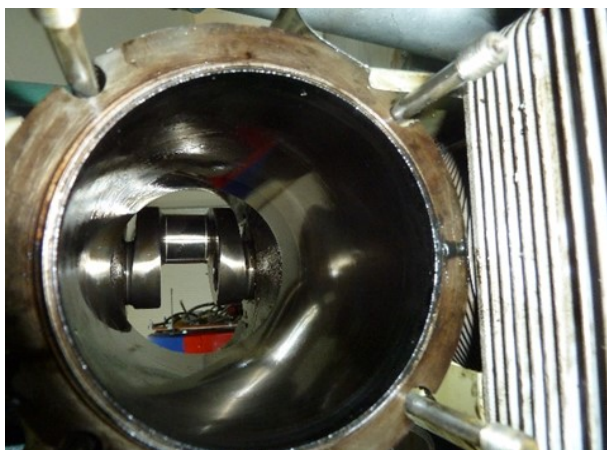
Viskozita a prísady nezodpovedajú uvedenému typu oleja (uvedenom v motorovej knihe).

Bola vykonaná vizuálna prehliadka a demontáž motora dňa 11.09.2019:

- pri leteckej udalosti došlo k deštrukcii ojnice piestu č. 5, ktorá prerazila blok motora, jej zvyšky boli nájdené v motore.

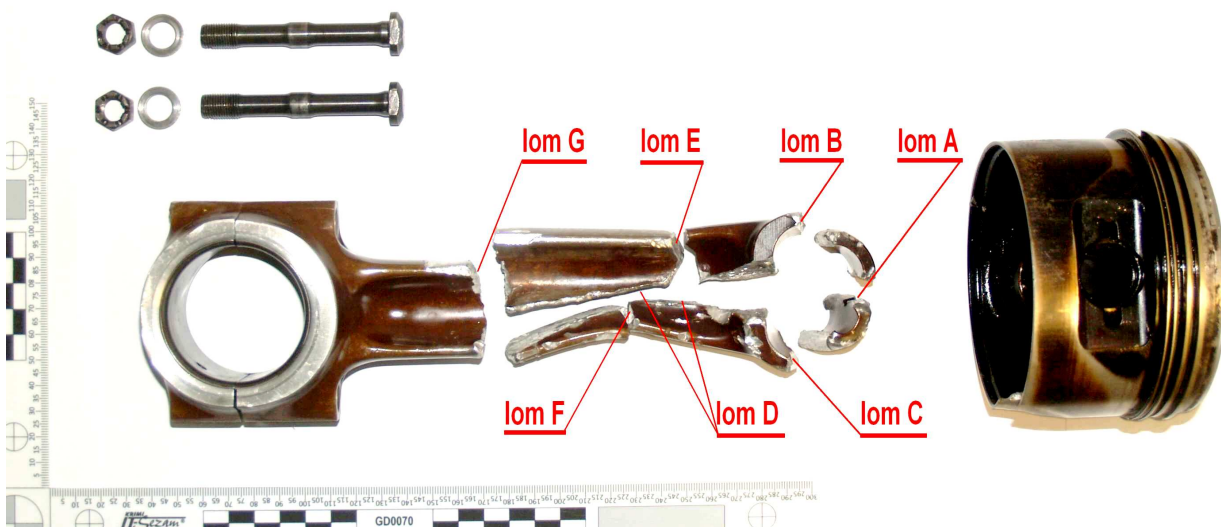


- pri demontáži a kontrole olejového filtra bolo zistené neurčené množstvo vody v oleji,
- na stenách demontovaných valcov č. 4 a 5 neboli zistené poškodenia, ktoré by naznačovali pridieranie motora, avšak bolo zistené ich značné zakarbonovanie.



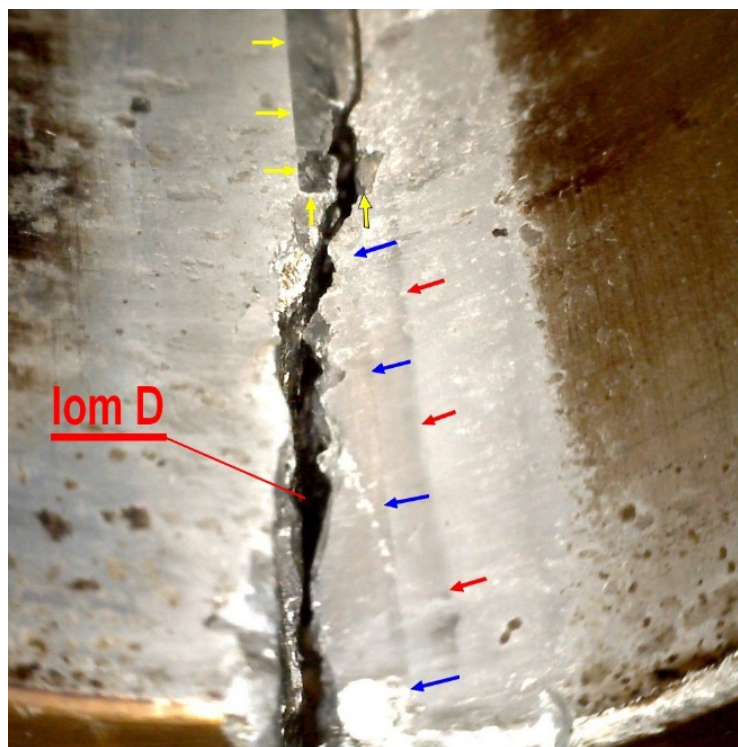
Poškodená ojnica s príslušným piestombola odoslaná do Kriminalistického a expertízneho ústavu Policajného zboru SR k vykonaniu expertízy.

Skúmaná ojnica bola rozložená na sedem častí. Jednotlivé lomy kvôli prehľadnosti popisu poškodenej ojnice sú označené písmenami A až G.

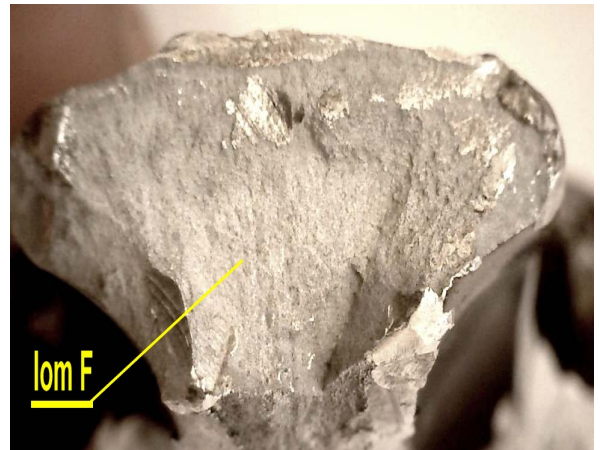
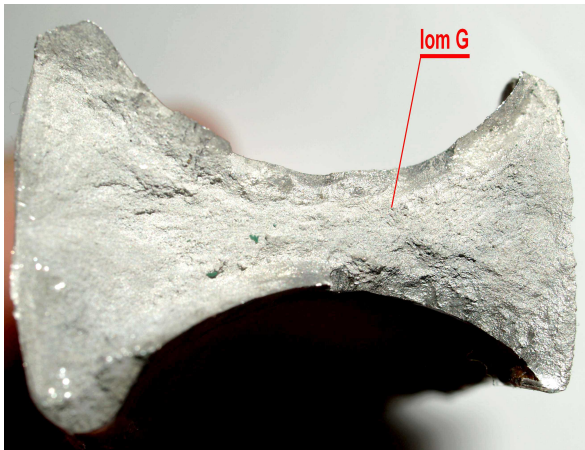


Z charakteru rozloženia a smerovania lomov bolo viditeľné, že pozdĺžne smerovaný lom D na drieku ojnice vznikol skôr, než priečne smerované lomy E, F a G. Vyplýva to z nekorešpondovania polôh lomov E a F (tieto lomy priamo na seba nenaväzujú, t.j. driek ojnice už musel byť v čase ich vzniku rozdelený v pozdĺžnom smere lomom D).

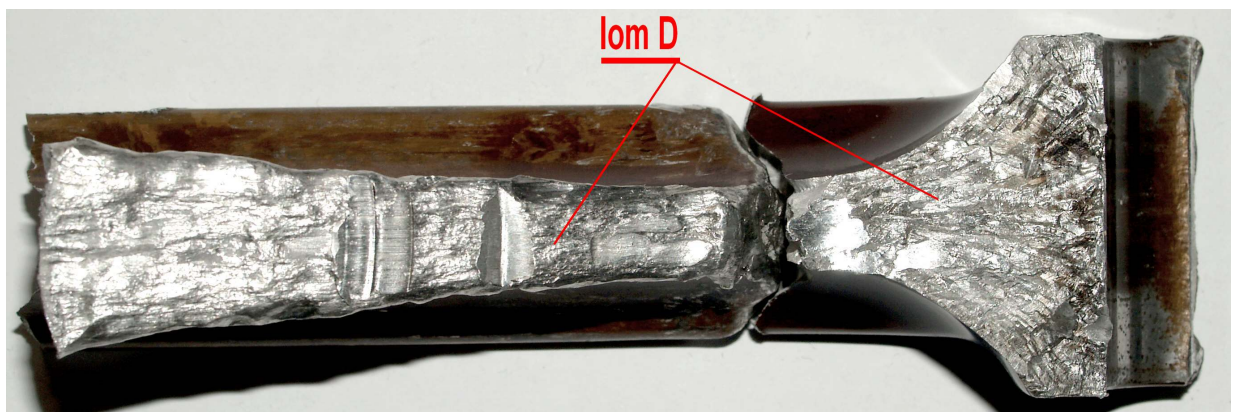
Samotný lom D vznikol mechanizmom vniknutia tuhého predmetu do drieku ojnice v smere od vnútornej steny oka ojnice. V mieste iniciácie lomu D vznikli viaceré lokálne otláčenia materiálu (pozri línie týchto otláčení označené šípkami), ktoré preukazujú, že lom G v tom čase ešte nemohol existovať a že piestny čap v čase vzniku lomu D netlačil korektne do spodnej časti oka ojnice, teda že horné oko ojnice v tom čase už muselo byť poškodené.



Lomy G, F, E, C a B mali podobnú povrchovú morfológiu (*Detaily lomových plôch na ojnici*)



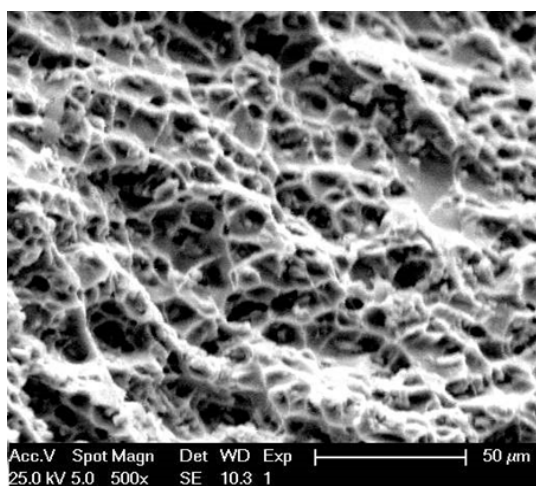
Lom D mal zreteľne inú morfológiu a sekundárne otláčený povrch. Vzhľadom na preukázanú skutočnosť, že vznikol až v čase keď bolo horné oko ojnice už poškodené, nebol tento lom ďalej podrobne skúmaný.



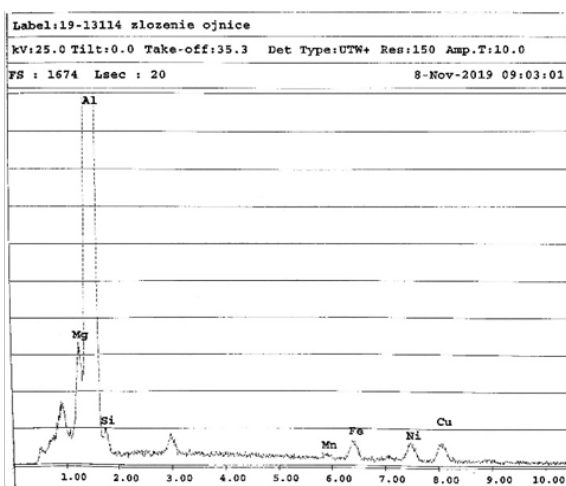
Z lomu F bolo zistené, že lom mal charakter húževnatého tvárneho lomu so zreteľnou kalíškovou morfológiou a že ojnica bola vyhotovená z hliníkovej zliatiny.

Na lomovej ploche boli zistené tiež stopové množstvá horčíka, medi, niklu, železa, mangánu a kremíku (pozri spektrogram).

Ojnica bola teda vyhotovená zo zliatiny typu Al-Cu-Mg. Tieto zliatiny sa bežne používajú v letectve. Prídavok niklu zvyšuje ich pevnosť za vyšších teplôt, čo plne korešponduje s použitím tohto materiálu pri výrobe ojnice v leteckom motore.

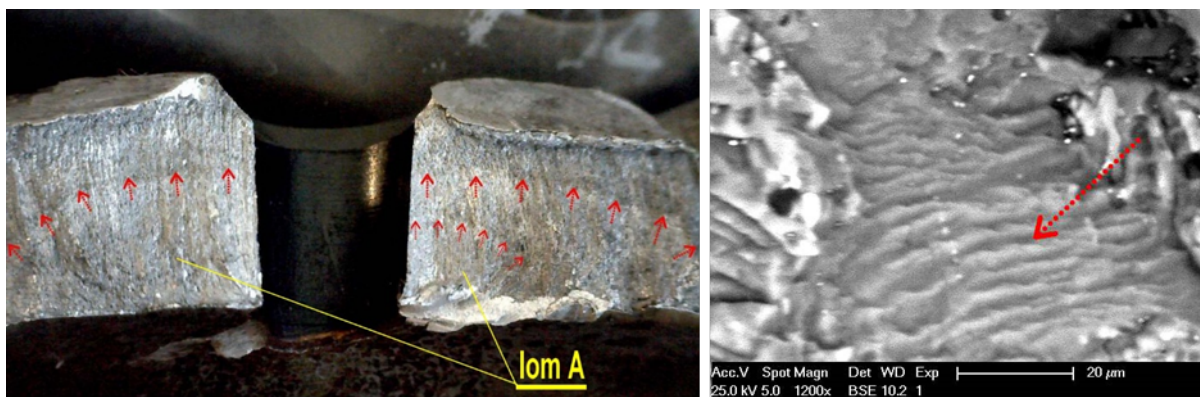


Kališkovitá morfológia lomu F

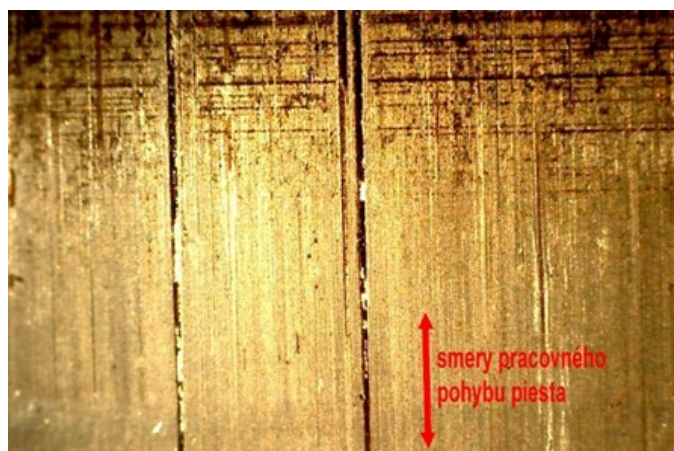


Spektrogram - materiálové zloženie ojnice zistené na povrchu lomu F

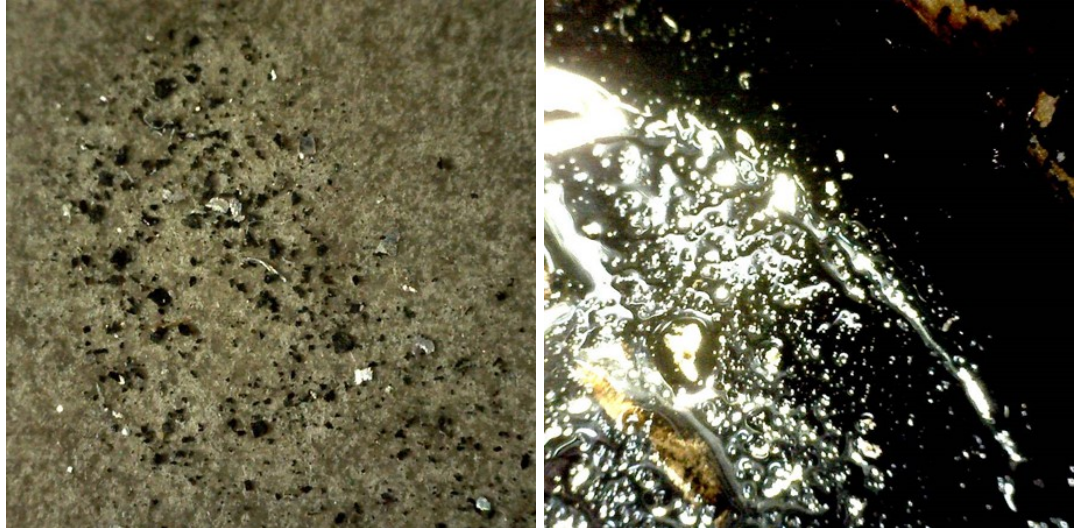
Lom A, nachádzajúci sa v hornej časti oka ojnice priamo pri mazacom otvore, vykazoval málo zreteľné znaky určitého etapovitého poškodzovania materiálu. Skúmaním bola zistená prítomnosť tzv. rastových striácií, potvrdzujúcich únavový mechanizmus poškodzovania materiálu v tejto časti ojnice.



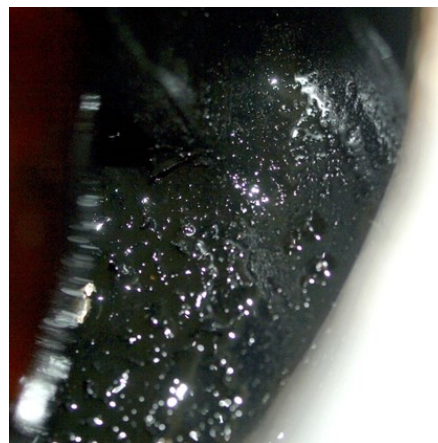
Piest, ktorý pracoval spolu so skúmanou poškodenou ojnicou, nemal poškodené PK. Na jeho bočnej stene sa nachádzali pozdĺžne ryhy po miernom drení piesta vo vložke valca z dôvodu prítomnosti mechanických nečistôt nachádzajúcich sa v pracovnej štrbine medzi piestom a vložkou.



Zostatkový olej v dutine predmetného piesta obsahoval mechanické nečistoty. Analýza týchto nečistôt metódou rastovacej elektrónovej mikroskopie potvrdila, že sa jednalo o dva druhy nečistôt, resp. častíc. Jedny na báze horčička s prímiesou hliníka a druhé na báze olova s prímiesou brómu.



S poškodenou ojnnicou a jej piestom bola predložená aj nepoškodená porovnávacia ojnica s jej piestom. Aj v dutine tohto piesta bola zistená prítomnosť mechanických nečistôt rizikových rozmerov. Prítomnosť obdobných pozdĺžnych rýh na povrchu tohto piesta nebola zistená.



Z hľadiska možného vzniku únavového lomu v hornej časti oka ojnice bola potrebná prítomnosť premenlivého ťahového namáhania materiálu v tomto priereze oka, prítomnosť nejakého koncentrátora napätia (vrubu alebo materiállovej vady) a prekročenie tzv. medze únavy. Funkciu koncentrátora napätia v danom prípade spĺňal mazací otvor v hornej časti oka ojnice. Premenné ťahové namáhanie materiálu v oku ojnice malo svoj pôvod v zotrvačných silách, ktoré súvisia s vysokou rýchlosťou posuvne kmitajúcich hmôt piestu a piestneho čapu, pričom toto zaťaženie dosahovalo maximum v počiatkovej fáze sacieho pracovného zdvihu. Pokiaľ bol pri tomto pohybe piest navyše pribrzďovaný drením nečistôt vzpričených medzi piestom a vložkou valca, mohlo by dôjsť aj k prekročeniu medze únavy a spusteniu mechanizmu únavového poškodzovania oka ojnice.

EXPERTIZA MOTORU v LOM

Dňa 11.11.2021 bola vykonaná jednorazová rozobierka motora s následným posúdením jeho stavu. Rozobierku motora vykonala spoločnosť LOM s následným postupom:

1. Posúdenie dostupných záznamov (dostupné podklady pre expertízu)

- V roku 2002 bol LOM požiadaný o kontrolu technického stavu motora za účelom predĺženia jeho rezurzu. Počet odpracovaných hodín motora bol cca 896 hodín. Vzhľadom na neuspokojivé výsledky tejto kontroly, kedy bola zistená uvoľnená miska ojnice č. 6, nebol rezurz motora predĺžený.

- Podľa záznamov v MK bola následne v r. 2005 pri WMS vykonaná GO (ukončená 15.10.2005) s konzerváciou na 3 mesiace. Nasleduje niekoľko záznamov o vykonaní dvojročnej či jednoročnej konzervácie, dátumovo na seba nadväzujúcich a pokrývajúcich dobu viac ako 11 rokov (obdobie 12.01.2006 až 02.12.2017). Príručka motora neuvádza taký spôsob konzervácie motora (navyše niekoľkokrát po sebe) nového alebo po GO, uvádza len konzerváciu motora v lietadle pri odstavení z prevádzky (maximálne na 1 rok).

- Podľa MK bola dňa 02.12.2017 vykonaná odkonzervácia motora a montáž do draku lietadla OM-LNS. Navesenie motora do draku nebolo zapísané, bolo zapísané len v údržbe v záznamníku prevádzky motora.

- Následne bola s motorom dňa 09.12.2018 zahájená prevádzka. Záznam o naplnení motora olejom a upresnení použitého typu oleja v MK nebolo uvedené.

- Dňa 06.04.2018 bola vykonaná prehliadka motora po 10 hodinách jeho chodu (v súlade s príručkou pre prevádzku motora, pri TSO 10h 15min) a výmena oleja, kedy bol použitý neodporúčaný (v zmysle nie je uvedený v príručke pre prevádzku motora typu M337AK ako odporúčaný) olej Total Aero DM 15W-50. Na tomto oleji bol motor prevádzkovaný do 15.11.2018, kedy bola vykonaná jeho výmena za odporúčaný olej Total D 100 (pri TSO 34h 28min). Pozn. Motor bol teda v období 06.04.2018 až 15.11.2018 prevádzkovaný na neodporúčanom type oleja.

- Následne v MK nasledujú iba záznamy z letov. Žiadne ďalšie záznamy o údržbe motora už na predchádzajúce nadväzujú.

2. Demontáž motora do skupín (posúdenie stavu motora)

Pred zahájením samotnej demontáže motora bolo vykonané ručné pretočenie motora (kľukového hriadeľa). Prítomná komisia pri rozoberke motora konštatovala tuhý, neplynulý chod. Neskôr potvrdené aj po zložení hláv valcov. Pri následnej demontáži motora bolo u jednotlivých skupín motora zistené a konštatované:

- **Kľuková skriňa**

bola pôvodná, z výroby motora, s/n 242.

Kľuková skriňa bola prerazená (vrátane horného veka) v mieste valca č. 5 (ako dôsledok deštrukcie ojnice č. 5).

Vnútri kľukovej skrine sa nachádzali úlomky a triesky – hlavne z deštruovanej ojnice č. 5.



- **Kľukový hriadeľ**

Nebol pôvodný z výroby motora. Výrobné číslo s/n 1028 a logo Motorlet/Walter, pravdepodobne z motora p/n M337Sh s/n 60259.

V porovnaní s niektorými inými dielmi motora malé množstvo usadenín. Povrchová korózia ramien, podbrúsené polomery hlavných a zdvihových čapov.

Kľukový hriadeľ bol spätne namontovaný do kľukovej skrine – točil sa plynule, ale mal evidentne väčší odpor než je obvyklé pri predpísaných vôľach (spolu s menšou vôľou ojníc, to viedlo k z prevádzky avizovanému sťaženému pretáčaniu motorom (za studena).



Kľukový hriadeľ s/n 1028 – detail na továrenské informácie a elektroperom vyznačené s/n motora, na ktorom bol kľukový hriadeľ pôvodne namontovaný (60259).



- **Ojnice**

Ojnice boli pôvodné od výroby motora, mali (pokiaľ boli záznamy úplné) odpracované cca 1000 hodín. Po tejto dobe by nemala nastať deštrukcia následkom únavy, pokiaľ by bolo všetko ostatné v poriadku.

Ojnice sa na čapoch kľučky otáčali stuha (hlavne ojnica č. 2), po rozhýbaní sa pohybujú ľahšie, ale po chvíli v pokoji opäť zatuhnú – to zodpovedalo informácii, že v prevádzke išlo motorom horšie otáčať (oproti iným) a to hlavne v prvej fáze.

Príčinou teda bolo pravdepodobne dlhé odstavenie motora z prevádzky v jeho histórii s následným rozvojom korózie, ktorá je v niektorých otvoroch malých ôk stále viditeľná (ojnica č.6).



Pri ojnici č. 1 podozrenie na trhlinu v malom oku zväčšená pod mikroskopom.



Ojnica č. 2 a hlavne č. 3 by dnes nevyhovela.

Ojnica č. 5 (prasknutá) má pootočenú miskú (deformovaný okrúhly kolík, ktorý je čiastočne vytrhnutý z veka ojnice + otláčená príslušná polovica panve, otláčená drážka v druhej polovici panve, kam zapadá frézovaný hranatý kolík z tela ojnice).

Ojnica bola rozlámaná na sedem častí – sú to dva úlomky z malého oka, štyri úlomky z oblasti drieku (z toho dva so zvyšnými časťami malého oka) a zvyšok drieku so zachovalým veľkým okom.

Najväčšiu lomovú plochu tvorí lom prechádzajúci pozdĺžne driekom ojnice. Ostatné lomy sú priečne, približne kolmé na pozdĺžnu os ojnice s výnimkou lomu cez mazací otvor v malom oku, ktorý leží v pozdĺžnej osovej rovine ojnice a je tak orientovaný rovnako ako pozdĺžny lom v drieku.

V oblasti malého oka je ojnica rozlámaná symetricky v dvoch navzájom kolmých rovinách prechádzajúcich približne osou malého oka. Pozdĺžny lom v drieku sa smerom k veľkému oku od osovej roviny ojnice výrazne odchyľuje až takmer k povrchu boku ojnice.

Deštruovaná ojnica (resp. jej zvyšky) z 5. valcovej skupiny motora M337AK v.č. 812661 bola dňa 12.11.2021 zaslaná na samostatnú expertízu do metalurgie LOM - posúdenie ojnice za účelom zistenia príčiny jej deštrukcie.

Výrobné číslo ojnice:	B7541
Posledná GO:	15.10.2005 pri 895 h 30 min
Nálet od GO (TSO):	79 h 05 min podľa motorovej knihy
Celkový nálet (TSN):	972 h podľa motorovej knihy

Na ojnici bolo vykonané: vizuálna mikroskopická prehliadka, metalografický rozbor, kontrola makroštruktúry, chemický rozbor a meranie tvrdosti.

Na motor v.č. 812661 bola ojnica namontovaná pri jeho výrobe v r. 1981 v AVIA n.p. Počet odpracovaných hodín ojnice preto zodpovedá celkovému počtu odpracovaných hodín motora.

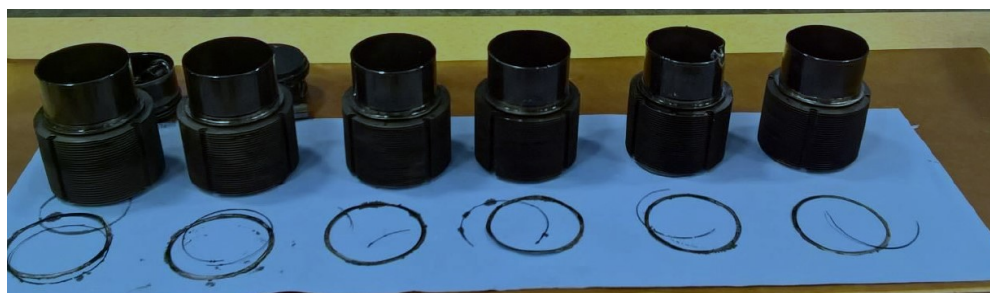




Dňa 08.03.2022 LOM vydal z expertízy ojnice „TECHNICKÚ ZPRÁVU LABORATOŘÍ PJ č.: 02/2021“.

- **Valce**

Vnútorne priemery valcov boli v poriadku (zodpovedajú prevádzkovanému motoru). Honovanie vnútorných priemerov valcov bolo zle viditeľné – nezodpovedá avizovaným odpracovaným hodinám od GO. Pokiaľ boli použité pri WMS pôvodné PK, valce už pravdepodobne neboli znovu pri oprave honované (bolo to vzaté ako zabehnutá jednotka).



Komory hláv valcov pre ventily vo vnútri zanesené čiernymi usadeninami. Viditeľné veľké množstvo usadenín (karbónu). Hlava valca č. 4 a 5 bola dodaná zvlášť (mimo motora). Silne zakarbonované komory pružín ventilov, vrátane tanierikov ventilov – hlavne výfukových.

Poškodený valec č. 5 – lem valca deformovaný a zaklínový v kľukovej skrini od nárazu drieku ojnice, šiel ťažko demontovať.



Hlava valca č. 4 - pohľad na spaľovací priestor. Viditeľné veľké množstvo usadenín (karbónu).



Hlava valca č. 6 – detail na pružinu a tanierik výfukového ventilu. Viditeľné veľké množstvo usadenín (karbónu).

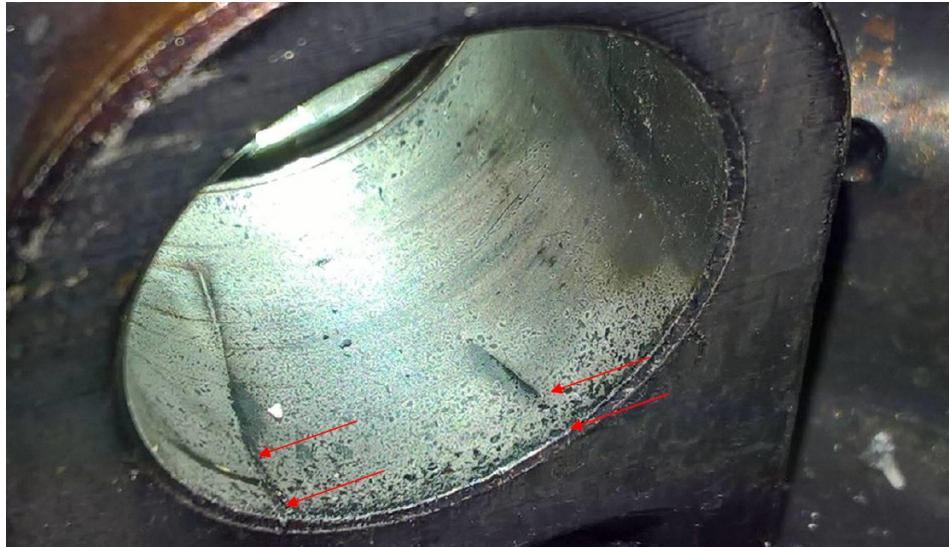


Hlava valca č. 5 – pohľad na spaľovací priestor. Viditeľné veľké množstvo usadenín (karbónu) a poškodenie po kontakte s piestom (ako dôsledok deštrukcie ojnice č. 5).



- **Piesty**

vo vnútri silne zakarbonované. Pravdepodobne pôvodné z výroby motora - vyrazená hmotnosť piestu zodpovedá údajom v protokole KoD Avia. Vôľa piestov vo valcoch je v poriadku. U piestu č. 6 podozrenie na trhlinu v oku pre piestny čap.



- **Piestne čapy**

Vôľa piestneho čapu v ojnici pri valcoch č. 1 a 2 mimo povolenú hranicu, podľa merania WMS menšej vôle - tak je to aj zapísané v protokole, spôsob riešenia ale neuvedený (teda pravdepodobne ponechané bez zásahu), podľa merania LOM naopak väčšej vôle. Vôľa piestneho čapu v pieste väčšia u č. 2 a č. 6 (tu pravdepodobne kvôli trhlinke v oku).

- **Piestne krúžky (PK)**

Prvé tesniace PK boli výrazne opotrebované. Druhé tesniace PK zvýšene opotrebovanie – nezodpovedá 80-tim prevádzkovým hodinám. Pod prvými tesniacimi PK bolo prítomné veľké množstvo karbónu, ktorý vytesnil vôľu pod krúžkom – v dôsledku toho PK nemožno „utopiť“ pod povrch piestu. V KoD WMS nie je protokol o meraní zámkových vôlí PK. Nie je teda možné vyhodnotiť opotrebenie exaktne.

Podľa ostatných parametrov (vzhľad krúžkov na funkčnej ploche, zakarbonovania na spodnej ploche) svedčí na viac odpracovaných hodín, než v MK uvedených 80 h od GO (piest č. 6).



Piest č. 5 – pohľad na PK. Viditeľné veľké množstvo usadenín (karbónu) a opotrebenie PK.



- **Vačkový hriadeľ s/n 1607**

dodaný zvlášť (mimo motor) v zostave vačková skriňa a so vstrekovacím čerpadlom p/n YHAK s/n 882 003 a spolu so vstrekovacím potrubím.



- **Vačková skriňa s/n 1607**

Všetky časti vačkovej skrine šedej farby, natreté vrátane vložiek, skrutiek a čapov. Vnútny priestor výrazne sfarbený do čierne vplyvom zanesenia karbónom. Pozn. Neštandardne čierne/zakarbonované boli aj dištancné podložky vahadiel, čo pôsobí dojmom, že pravdepodobne vačková skriňa nebola úplne rozobraná, resp. bola len rozdelená kvôli výmene manžiet (pravdepodobne nové manžety a objímky).



- **Sacie potrubie a hadice**

Staré tesniace manžety. Stav nezodpovedá výmene pri GO za nové. Dve z manžiet popraskané (z toho jedna výrazne), ostatné bežný stav. Vnútri, vrátane kolena ku kompresoru, zanesené čiernymi usadeninami. Kolienka sania šedé, pretreté vrátane tzv. vidličiek (pre rúrky vstrekovacieho potrubia). Vnútri silne znečistená.



na motore boli namontované čierne hadice s textilným opletom, kryté šedou špirálovou plastovou páskou. Hadicové šróbenia (koncovky) sú pôvodné ČSN. O výmene hadíc nebolo v MK ani v KoD WMS žiadny záznam.

Predmetné hadice:

- neboli schválené držiteľom TC (nie sú a neboli v KND motore M337AK),
- nebol na nich označený s/n, výrobca,
- nebol k nim atest,
- nemali protipožiarne vlastnosti (ochranu).;

Vlastná hadicovina tlakovej hadice je navyše odlišná od hadicoviny odsávacej hadice (a od hadicoviny ostatných namontovaných hadíc). Obdobné dve hadice boli použité pri vrtuľovej jednotke (k regulátoru otáčok) a ďalšie štyri podobné drakové boli omylom dodané spoločne s motorom (určené pravdepodobne pre meranie parametrov motora).



- **Kompresor**

Kompresor s/n 0264 bol pôvodný, agregát pochádzal z výroby motora. Spoje boli pretreté vrátane matíc a podložiek. V LOM kompresor bol čiastočne rozobraný - vnútro veľmi zanesené čiernymi usadeninami, ako vo vzduchovej časti, tak hlavne v olejovej časti (v priestore prevodovky). Zanesenie olejového priestoru nezodpovedá počtu hodín odpracovaných od GO.



- **Elektrický systém - zapaľovanie.**

Na motore bola fyzicky namontovaná magneta:

LUN2221.13 s/n V1 014 – vpravo. Zjavný odpojený upevňovací pás



LUN2221.13 s/n R4 016 – vľavo



- **Elektromotor spúšťača**

Na motore bol fyzicky namontovaný elektromotor spúšťača p/n LUN 2253 s/n L4 026, K tomuto agregátu bola dodaná fotokópia atestu (výrobné číslo korešponduje so štítkom agregátu), vydaného WMS a so záznamom o namontovaní na motor M337AK s/n 812661 (Pozn. dátum montáže nebol čitateľný, pravdepodobne r. 2005). Atest nebol pôvodný, a nebol označený „duplikát“ alebo „pokračovanie“. Na titulnej stránke bola potvrdená výroba podpisom a pečiatkou WMS ku dňu 15.10.2005. Podľa atestu mal tento agregát (pri vydaní atestu) nulový počet odpracovaných hodín (hodiny nie sú uvedené) a bol mu udelený rezurz 800 hodín do I. GO.



- **Dynamo**

Dynamo nebolo s motorom dodané. Bola dodaná fotokópia atestu dynama p/n LUN 2111 s/n R 5001. K atestu sú zhodné zistenia ako k atestu pre elektromotor spúšťača p/n LUN 2253 s/n L4 026. Pri výrobe motora bolo na motor namontované dynamo p/n LUN 2111 s/n R0 017. Agregát bol teda, pravdepodobne pri avizovanej GO pri WMS (alebo už skôr), vymenený.

Z doložených podkladov nie je známy skutočný pôvod, presná história a rozsah poslednej údržby na agregáte s/n R 5001.

- **Palivový systém - vstrekovacia sústava**

Vstrekovacie čerpadlo – nebolo z výroby motora (podľa KoD Avia bolo pri výrobe namontované vstrekovacie čerpadlo s/n 804 049). Vstrekovacie čerpadlo bolo teda pri poslednej avizovanej GO motore (alebo skôr) vymenené. Na štítku nebola vyznačená GO, neznáma plomba a história (či, kto, kedy, ako robil GO).

K čerpadlu bola dodaná fotokópia atestu, vydaného WMS na vstrekovacie čerpadlo LUN5150.01 s/n 882 003 so záznamom o namontovaní na motor M337AK s/n 812661, dátum montáže nebol čitateľný (pravdepodobne r. 2005). Atest nebol pôvodný, tj od výrobcu Juhostroj Velešín (alebo od roku 2000 LOM), a nebol označený „duplikát“ alebo „pokračovanie“. Na titulnej stránke bola potvrdená výroba podpisom a pečiatkou WMS ku dňu 15. 10. 2005. Podľa atestu malo čerpadlo (pri vydaní atestu) nulový počet odpracovaných hodín (hodiny neboli uvedené) a bol mu udelený rezurz 800 hodín do I. GO.

Overenie funkčnosti na skúšobnej stanici: Dodávka paliva do valcov bola rovnomerná, ale čerpadlo abnormálne reagovalo na zmenu tlaku oleja na vstupe (obohatilo sa pri znížení tlaku oleja), tj za chodu motora by bola dodávka paliva daná aj tlakom oleja v motore. Po porovnaní tlaku oleja na predpísanú hodnotu sa nevrátila dodávka paliva čerpadla na pôvodné hodnoty, čerpadlo bolo nestabilné.



- **Vstrekovacie trysky**

čierny povlak (sadze/karbon) na tele trysky, ktoré je vo vnútri kolienka sacieho potrubia; červené vnútorné časti hláv trysiek.



Trysky nemali s/n, označenie motora či poradového čísla valca, tj ich nie je možné inak identifikovať (či boli pôvodné a ak áno, či boli v pôvodnej polohe

Bolo vykonané preskúšanie trysiek na skúšobnej stanici:

Pôvodne teda pravdepodobne išlo o sadu trysiek s otváracím tlakom 3,4 (atp). Tryska č. 4 nevyhovuje predpisu, tryska 3 a prípadne 6 má už výraznejšie nižší otvárací tlak, trysky 1 a 2 sú pri prevádzkovanom motore vyhovujúce (v rámci presnosti merania), tryska 5 bola v poriadku.

Ako celok (sada) vstrekovacie trysky nevyhovujú.

- **Spúšťač s/n 0264**

Bol pôvodný, z výroby motora, rovnaké číslo ako kompresor.

- **Olejový systém**

Olejové čerpadlo - pôvodné z výroby motora podľa KoD Avia s/n 875

protokol čerpadla - záznam o priebehu opráv z KoD WMS:

- neboli uvedené namerané rozmery uloženia dielov - čerpadlo pravdepodobne nebolo rozobrané).
- protokol bol značne zjednodušený (zredukovaný) oproti protokolu LOM (hlavne v počte meraných uzlov). V príručke pre GO motora je napísané: „Olejové čerpadlo odoslať na opravu výrobcovi motora“.
- olejové čerpadlo bolo následne po demontáži z motora preskúšané, vyhovovalo predpisu skúšobného protokolu.



1.17 Informácie o organizáciách a riadení

Neuvádza sa.

1.18 Doplnkové informácie

Neuvádza sa.

1.19 Spôsoby bezpečnostného vyšetovania

Boli použité bežné spôsoby vyšetovania.

2. ANALÝZA

2.1. Činnosť posádky.

Posádka lietadla po začutí silnej rany z priestoru motora a následnými neprirodzenými vibráciami lietadla vyhodnotila vzniknutú situáciu ako núdzovú, ktorá vyžadovala okamžité rozhodnutie vykonať bezpečnostné pristátie do terénu na vhodnú plochu.

Posádka pri bezpečnostnom pristátí vykonala činnosti a opatrenia, ktoré boli v súlade s Letovou príručkou predmetného lietadla (Ak sa na lietadle objavia neprirodzené vibrácie, je nutné nastaviť otáčky motora do najnižších možných pre let a uskutočniť bezpečnostné pristátie do terénu s pracujúcim motorom, klapky podľa potreby. V prípade, ak sa vibrácie zväčšujú enormným spôsobom, vypnúť motor a vykonať núdzové pristátie.).

Bezpečnosť pristátia do terénu závisí od rozhodnutí pilota, ako sa vzhľadom k vlastným skúsenostiam, vhodnosti terénu a iných okolností rozhodne. Posádka pri konečnom pristátí dosadla s lietadlom do nerovného terénu pri vyššej pristávacej rýchlosti, čo spôsobilo odskok lietadla do výšky 5 m a po ďalších 130 m letu nasledovalo tvrdé pristátie na tri body (preťaženie až 7g), pri ktorom prišlo k poškodeniu lietadla.

2.2. Záver z expertízy Kriministického a expertízneho ústavu Policajného zboru SR:

Deštrukcia ojnice 5. piestu bola spôsobená rozvojom **únavového lomu** v hornej časti oka ojnice. Prekročenie tzv. medze únavy v danom prípade mohlo súvisieť s drením mechanických nečistôt medzi piestom a vložkou valca v tejto časti motora.

2.3. Závery z expertízy motora:

• Protokol o skúšaní motora (parametre motora)

Parametre motora nebolo možné z dôvodu jeho poruchy zistiť overovacím behom na skúšobni LOM.

Pretože bol motor hneď na začiatku prevádzky po avizovanej GO u WMS reklamovaný a boli teda k nemu od začiatku výhrady ohľadom jeho správania/funkčnosti v prevádzke, bol, ako jediná možnosť, prehliadnutý záznam zo skúšobne WMS.

V protokole sú uvedené iba nasledujúce parametre: otáčky, tlak paliva, tlak oleja, teplota oleja a teplota hláv valcov. Pozn. Niektoré zaznamenané hodnoty nezodpovedajú skúsenostiam LOM.

Protokol ďalej obsahuje záznam o skúške spúšťania (čo nekorešponduje s reklamáciou spúšťania motora zákazníkom), skúške akcelerácie (prechody voľnobeh – vzletový režim), o nastavení poklesu magnet (nie je však uvedené, na koľko bol nastavený vlastný pokles otáčok - na liste 29 je uvedené len základné nastavenie predstihu 5° a 7°) a o nastavení otáčok voľnobehu.

Celková doba behu motora na skúšobni bola 4 hod 50 min (počas 15 ÷ 17. 10. 2005), čo skoro zodpovedá skúšobnému behu v LOM bez následnej remontáže motora (v LOM min. 5 hod 25 min).

Motor podľa skúšobného protokolu prešiel skúšobným testom skôr (15 ÷ 17. 10. 2005), než bol premeraný (30.12.2005). Pritom bola podľa MK GO dokončená už 15.10.2005 vrátane konzervácie, na skúšobni bol potom ešte prekonzervovaný 30.12.2005. EASA FORM 1 potom bol vydaný 30. 12. 2005.

V protokole skúšobne WMS nie sú oproti protokolu LOM uvedené dôležité parametre ako:

- Plniaci a regulačný tlak pri daných otáčkach (prípadne zapnutie/vypnutie kompresora).
- Výkon motora (vrtuľový, efektívny, korigovaný) s tým súvisí aj otázka použitej skúšobnej vrtule.
- Spotreba paliva (litrová, gramová).

- Spotreba oleja.
- Prietok oleja. Pozn. Ten by bol vzhľadom na menšie vôle v kľukovom mechanizme zvlášť zaujímavý.
- Číselne pokles otáčok pri nastavení predstihu magnet.

Následkom toho nie je následne ani vyplnená tabuľka základných parametrov motora vo vydanej MK.

Komisia dospela k názoru, že výkon motora bol pravdepodobne kontrolovaný cez otáčky. Nie je ale uvedená skúšobná vrtuľa a nie je nám známy spôsob jej kalibrácie (pre ktorý motor a ktorú skúšobňu, platnosť a dĺžka platnosti kalibrácie podľa predpisu WMS alebo LOM).

• **Posúdenie vplyvu prevádzkovaného oleja na vznik poruchy**

Pre prvých cca 35 prevádzkových hodín (alebo medzi 10. a 35. prevádzkovou hodinou tj po 25 hodin) po avizovanej GO pri WMS bol pre prevádzku motora použitý olej Total Aero DM 15W-50. Následne sa prešlo na olej Total Aero D100. Oba oleje sú tzv. aditivované (tzn., nie sú čisto minerálne).

Pokiaľ sa teda budeme zaoberať aditivovanými olejmi, tak v príručke pre prevádzku a bulletinoch motora typu M337AK je uvedené, že použité oleje musia vyhovovať US norme MIL-L-22851D/SAE J 1899. Ďalej sú vymenované odporúčané oleje (výrobcom/držiteľom TC tj. LOM). V katalógovom liste oleja Total Aero DM 15W-50 je uvedené, že citované normy prekonáva (Pozn. čo môže znamenať aj to, že v niektorých bodoch vlastne nevyhovuje, pokiaľ je predpísané rozmedzie a nie max./min.?). Nie je však uvedený v odporúčaných olejoch (na rozdiel od oleja Total Aero D 100).

Pokiaľ by bol vopred, tzn. pred začatím prevádzky motora, prevádzkovateľom motora vznesený dotaz na LOM, ako na držiteľa TC motora M337AK, na použitie oleja Total Aero DM 15W-50, bolo by oznámené asi nasledujúce:

- Olej vyhovuje v hlavných bodoch predpísanej norme. Pozn. V niektorých parametroch ju podľa výrobcu dokonca prekonáva.
- Tento olej nebol dlhodobo skúšaný ani v LOM ani v prevádzke. Pozn. Nie je v silách LOM dlhodobo skúšať všetky nové oleje na trhu.
- Neodporúčame na tento olej prejsť pri dlhšie prevádzkovanom motore, tj po viac ako cca 50 hodinách od výroby alebo GO (odporúčame ho prípadne použiť len hneď od začiatku prevádzky motora nového alebo po GO).
- Na tento olej sa nesmie prejsť, ak bol motor viac ako 50 hodín prevádzkovaný na minerálny neaditivovaný olej podľa špecifikácie SAE J-1966.
- Neodporúčame olej Total Aero DM 15W-50, vzhľadom na doterajšie skúsenosti s obdobnými olejmi, zatiaľ používať u motorov s TBO po GO viac ako 1000 hod (alebo vykonať pri 1000 hodinách kontrolu usadenín v kľukovom hriadelí ako u motora prevádzkovaného na minerálny olej).

Pretože daný motor všetkým týmto podmienkam na základe v tej dobe dostupných informácií vyhovoval, je pravdepodobné, že by ani olej Total Aero DM 15W-50 nebol zakázaný na použitie v tomto konkrétnom motore.

Na motore neboli počas jeho demontáže a nálezu pozorované akékoľvek stopy zadierania / pridierania vzájomne sa pohybujúcich častí mazaných motorovým olejom (alebo akékoľvek iné stopy svedčiace o následkoch použitia oleja, ktorý nie je uvedený v príručke, prípadne v bulletinoch) a to aj na kompletnej valcovej jednotke č. 5 (vrátane zodpovedajúcej časti kľukového mechanizmu), na ktorej došlo k deštrukcii ojnice. Všetky vzájomne sa pohybujúce časti sa javili ako dostatočne mazané. Pozn.: K rovnakému záveru dospela aj prvá BVK počas čiastočnej demontáže motora a úvodnej prehliadky motora po incidente.

Na rýchlejšie opotrebenie PK by teoreticky olej mohol mať vplyv, ale nie pravdepodobne olej takto blízky požiadavkám stanovenej, vyššie uvedenej US normy. Podľa skúseností LOM naopak aditivovaný olej spôsobuje pomalší/dlhší zábeh pohyblivých častí/dielov motora, tj je nižšie/pomalšie opotrebenie a tým generovanie menšieho množstva oteru. V dnešnej dobe sa ustupuje od použitia minerálneho oleja pre zábeh motora a je mnoho prevádzkovateľov (vrátane LOM), ktorí používajú na tento účel aditivovaný olej (pri novom motore či motore po

GO). Obdobné oleje (tzn. oleje vlastnosťami podobné oleju Total Aero DM 15W-50) boli v minulosti skúšané v sledovanej prevádzke (napr. AeroShell Oil W 15W-50), ale nie sú zatiaľ odporúčané. Pri týchto skúškach sa nepozorovalo žiadne mimoriadne/zvýšené zadieranie súčiastok motora. Naopak, bolo pozorované menšie usadzovanie karbónu na dieloch motora (čo nezodpovedá stavu tohto motora, kedy bolo zistené relatívne veľké množstvo karbónu) a v niektorých prípadoch rýchlejšie usadzovanie karbónu v ramenách kľukového hriadeľa. Potenciálne nebezpečné by mohlo byť použitie tohto oleja pri dlhšie prevádzkovanom motore, kde by mohlo nastať zrýchlené rozpúšťanie starých usadenín v ramenách kľukového hriadeľa (pri tomto motore ale bol kľukový hriadeľ pri avizovanej GO pri WMS vymenený a evidentne vyčistený).

Prevádzkovanie motora na neodporúčaný olej Total Aero DM 15W-50 sa vzhľadom na vyššie uvedené pravdepodobne nejaví byť príčinou poruchy motora. Navyše bol použitý len na prvých cca 35 hod a následných cca 45 hod prevádzky až do poruchy už motor odlietal s odporúčaným olejom

- **Posúdenie počtu prevádzkových hodín od avizovanej GO**

Motor odpracoval podľa záznamov v MK od avizovanej GO pri WMS cca 80 letových hodín. Z poznatkov zistených v priebehu demontáže motora vyplynulo, že niektoré skupiny motora na tento počet hodín ukazujú, niektoré ale naopak nie. Dôvodom je pravdepodobne to, že avizovaná GO pri WMS nebola, podľa názoru komisie, svojím rozsahom kompletnou GO (tzn. v rozsahu, ako je stanovené príručkou pre GO LOM).

Podľa oslovených osôb, majúcich skúsenosti z prevádzky s motormi typu M337 a podľa názoru členov komisie zodpovedá stav karbonizácie hlavných dielov (okrem kľukového hriadeľa cca stavu 600 až 900 hodín od GO (Pozn. to je bližšie udávanému celkovému náletu necelých 1000 hodín - pri uvážení toho, že pri avizovanej GO pri WMS bol motor minimálne umytý a následne bol použitý od začiatku aditivovaný olej), skôr než uvedeným 80-tim hodinám od GO. Podobný odhad je však z niekoľkých dôvodov vždy zaťažený dosť veľkou chybou. Vplyv na rýchlosť a rozsah karbonizácie má hlavne tepelné zaťaženie motora a jeho dielov, druh oleja (tu navyše znásobené krátkodobým použitím iného oleja, s ktorým nie sú veľké skúsenosti, ktorý ale teoreticky zodpovedá požiadavkám a navyše podľa našich skúseností i avizovaných vlastností tieto oleje skôr úsady rozpúšťajú a aktívne bráni ich usadzovaniu), druh prevádzky motora (tj jeho zaťaženie), okolité podmienky (hlavne teplotné) a vplyv vlastného nastavenia motora.

Relatívne bezpečným kontrolným meradlom pre posúdenie počtu prevádzkovaných hodín býva stav (množstvo) usadenín vo vnútri kľukového hriadeľa. Pri tomto motore ale bol pri poslednej oprave pri WMS kľukový hriadeľ vymenený a pritom vyčistený. Množstvo nájdených usadenín v kľukovom hriadeľi zodpovedá podľa skúseností LOM cca 100 hodinám prevádzky. Z porovnania množstva usadenín (stavu karbonizácie) na kľukovom hriadeľi s množstvom usadenín na ďalších dieloch motora potom vyplýva, že pri poslednej oprave boli mimo kľukového hriadeľa pravdepodobne použité niektoré pôvodné diely bez prevedenia plného GO, tj minimálne bez prevedenia dekarbonizácie. Podľa stavu usadenín v kľukovom hriadeľi je možné zároveň vylúčiť variant, že motor má od avizovanej GO pri WMS v skutočnosti viac odpracovaných hodín, než je deklarované v MK. Ako veľmi pravdepodobné sa teda javí, že nie na všetkých skupinách motora bola vykonaná údržba v rozsahu GO a teda aj motor ako celok neprešiel údržbou v celkovom rozsahu GO.

- **Posúdenie korektnosti montáže hlavných a ojničných misiek**

Vzhľadom k tomu, že bol pri avizovanej poslednej (I.) GO pravdepodobne menený kľukový hriadeľ (Pozn. V KoD dôvod výmeny nebol uvedený – ak po 1000 hodinách a niekoľkých desiatkach rokov kvôli korózii, potom vzrastá riziko rozvoja medzikryštalickej korózie najmä na ojničiach), malo dôjsť ku kontrole a prípadne k novému uloženiu misiek.

Kľukový hriadeľ sa otáčal v kľukovej skrini stuha a vykazoval malú radiálnu vôľu v hlavných miskách. LOM pritom nameral výrazne menšiu vôľu, než je uvedené v KoD WMS, čo nekorešponduje s bežne vznikajúcim opotrebením panvy a čapu v prevádzke (Pozn. Oboje túto vôľu naopak zväčšuje.).

Presah piatich hlavných misiek (zo siedmich) v kľukovej skrini je podľa merania LOM mimo toleranciu (4x menšie a 1x väčšie).

Ojnice sa na zdvihových čapoch kľukového hriadeľa otáčali stuha a vykazovali malú radiálnu vôľu v ojnicných miskách aj malú axiálnu vôľu medzi nákrúžkami ramien kľukového hriadeľa. Presah dvoch misiek (pri krajných ojniciach č. 1 a 6) bol nameraný menší, než je predpísané. K strate presahu panvíc v prevádzke bežne dochádza, ale býva väčšinou (podľa skúseností LOM) pozorovaná až od 500 hodín prevádzky, a to hlavne na miskách zadných ojnic. Meranie presahu misky aj vôľe čapu u porušenej ojnice č. 5 bolo iba orientačné, pretože došlo k pretočeniu misky v ojnici (pravdepodobne razom po deštrukcii ojnice) a tým k deformácii misky v okolí okrúhleho aretačného kolíka ak čiastočnému vytrhnutiu tohto kolíka z veka ojnice.

Menšia radiálna vôľa hlavných i zdvihových čapov v miskách korešponduje s tým, že v prevádzke išlo údajne motorom otáčať stuha (oproti iným motorom).

Menší presah hlavných misiek v kľukovej skrini a menšia vôľa ojnicných čapov kľukového hriadeľa v ojnicných miskách sú uvedené už v premeriavacích protokoloch WMS, tj to bolo pri oprave preukázateľne zistené pred montážou motora, ale bolo to tak ponechané (Pozn. V KoD WMS nie je v tejto súvislosti uložená žiadna odchýlka, hoci zapísané hodnoty nevyhovujú predpisu - myslené ako predpisu LOM tak aj WMS). Inak povedané, nesprávne uloženie je pri niektorých uzloch zanesené už vo vlastnej KoD WMS.

- **Prevádzkové hodiny od (avizovanej) GO motora**

Stav karbonizácie hlavných dielov motora (tj piesty – vnútorná strana/dno, hlavy – komory ventilových pružín, ventily, kompresor – priestor prevodovky, vačková skriňa – priestor komôr vahadiel) nezodpovedá bežnému priemernému stavu porovnateľného motora krátko po GO, resp. teda deklarovaným cca 80 letovým hodinám od GO. Zodpovedá viac hodinám, a to skôr deklarovanej celkovej odpracovanej prevádzkovej dobe motora od výroby, navyše skôr prevádzkovanému na minerálny olej (kedy vzniká viac usadenín).

Opotrebenie niektorých dielov a skupín (PK, pracovná plocha valca/honovania, hlavy – vôľa ventilov vo vodítkách) tiež nezodpovedá 80-tim hodinám, zodpovedá viac hodinám a to opäť skôr deklarovanej celkovej prevádzkovej dobe motora od výroby.

Zvýšená karbonizácia dielov môže byť všeobecne tiež spôsobená tepelným preťažením motora v prevádzke. To by však vysvetlilo len karbonizáciu na piestoch a hlavách, menej už na vačke a už vôbec nie v kompresore (navyše len po 80 hodinách chodu na aditivovaný olej, ktorý je k tepelnému preťaženiu odolnejší a bráni viac tvorbe aj usadzovaniu karbónu na stenách).

- **Záver z ojnice - Šetrením vykonaným na poškodenej ojnici č. 5 z motora M337AK v.č. 812661 bolo zistené:**

K deštrukcii ojnice došlo v dôsledku iniciácie a šírenia únavovej trhliny so začiatkom na vnútornom povrchu malého oka na strane drieku. Oblasť iniciácie únavového porušenia ležala v strednej časti šírky malého oka. Únavová trhlina sa od začiatku šírila v pozdĺžnom smere driekom ojnice v dĺžke cca 100 mm, následne došlo ku konečnému silovému rozlámaniu únavovou trhlinou narušenej ojnice ak havárii motora.

Na časti lomovej plochy prechádzajúcej cez mazací otvor v malom oku boli tiež zistené náznaky postupného šírenia trhliny svedčiace o možnom únavovom porušení. Trhlina v tejto oblasti oka však nebola primárnou príčinou deštrukcie ojnice.

Iniciačným centrom únavovej trhliny v drieku boli štiepne fazety ležiace pri vnútornom povrchu malého oka. Ich vznik nebol dôsledkom materiálových alebo technologických väd, jedná sa o štiepne porušenie v určitej kryštalografickej rovine daného zrna „vhodne“ orientovaného voči pôsobiacemu namáhaniu. Z hraníc týchto iniciačných faziet sa transkryštalicky šírili čiastkové únavové trhliny, ktoré sa prepojili do magistrálnej trhliny prechádzajúcej pozdĺžne driekom smerom k veľkému oku.

Vo vzdialenosti cca 0,4 mm od iniciačnej fazety bol metalograficky zistený ďalší štiepny nálom.

Na vnútornom povrchu malého oka a to aj v pomernej blízkosti lomovej plochy únavovej trhliny bolo miestami zistené korózne poškodenie v tvare drobných tmavých škvŕn na povrchu oka, ktoré bolo väčšinou spojené s miestnou medzikryštálovou koróziou zasahujúcou do hĺbky až 0,13 mm pod povrch. Vzhľadom na metalograficky zistenú zoxidovanú jamku pri hrane medzi iniciačnou štiepnou fazetou a vnútorným povrchom oka, nemožno vylúčiť, že iniciácia únavového porušenia bola koróznym poškodením nepriaznivo ovplyvnená.

V oblasti malého oka došlo k pôsobeniu abnormálne vysokých teplôt, čo sa prejavilo zmenami mikroštruktúry a výrazným poklesom tvrdosti pod predpísané rozmedzie. Táto skutočnosť mohla nepriaznivo ovplyvniť vznik únavového porušenia drieku, pretože je s tým spojené aj zhoršenie mechanických vlastností materiálu.

Mikroštruktúra ojnice mimo oblasti malého oka zodpovedá danej zliatine Al-Cu₂-Ni₁-Mg₁. Nebola zistená žiadna hrubá riadkovitosť ani iné štruktúrne nehomogenity s výnimkou miestnych rozdielov vo veľkosti zrna a vysokou teplotou vyvolaných zmien mikroštruktúry v oblasti malého oka.

Pri kontrole makroštruktúry neboli zistené žiadne vady špecifikované v TPF 01-2190-93. Priebeh vlákien nebol viditeľný.

Chemické zloženie zistené RTG analýzou zodpovedá požadovanému materiálu.

Al-Cu₂-Ni₁-Mg₁ podľa ONZ 42 4219, TPF 01-2190-93 a výkresu č. Sh 2302 s tým, že obsah Ni je pod dolnou hranicou požadovaného rozmedzia.

Tvrdosť HB 2,5/62,5 meraná mimo oblasť malého oka vyhovuje požiadavke výkresu č. Sh 2302 a technickým podmienkam TPF 01-2190-93 pre stav po tepelnom spracovaní (vytvrdenie za tepla).

3. Z Á V E R Y / Príčina vzniku vážneho incidentu

3.1 Zistenia

- posádka mala platné kvalifikácie pre vykonávanie letov na danej kategórii lietadiel,
- posádka v čase leteckej udalosti nebola ovplyvnená alkoholom ani omamnými látkami, ktoré by mohli znížiť ich pozornosť počas letu a pri riešení krízovej situácie,
- lietadlo pred kritickým letom podľa dostupnej dokumentácie spĺňalo podmienky letovej spôsobilosti,
- v palivovom systéme lietadla bolo dostatočné množstvo paliva vyhovujúcej kvality,
- v olejovom systéme motora bolo dostatočné množstvo oleja **nevyhovujúcej kvality**,
- dňa 06.04.2018 bol použitý pri výmene oleja v olejovom systéme motora olej AERO DM 15W50, ktorý nie je uvedený v zozname olejov určených pre trvalú prevádzku motora v Technickom popise a návode k obsluhu motora.

3.2 Zistenia pri expertíze motora v LOM

- KoD WMS rozsahom nezodpovedá úplne KoD LOM. Pozn. Zápisy v protokoloch KoD WMS sú oproti KoD LOM značne zjednodušené a skrátené. Nejde v nej dohľadať dôležité údaje a niektoré predpísané práce. Neobsahuje napr. premeriavací list montáže motora.
- V niekoľkých prípadoch nebolo možné porovnať namerané hodnoty, pretože niektoré protokoly WMS alebo ich časti boli nevyplnené, prípadne preškrtnuté, alebo oproti KoD LOM vôbec neboli súčasťou KoD.
- V niekoľkých prípadoch nie je dopočítané vlastné uloženie (sú len zapísané rozmery). Na porovnanie hodnôt teda muselo byť uloženie dopočítané v LOM.
- Porovnanie bolo značne sťažené z dôvodu nie celkom čitateľného spôsobu vyplňovania premeriavacích protokolov.

- Kniha neobsahuje zoznam menených dielov. Pozn. V knihe nie je žiadny záznam o montáži nových dielov alebo atest k nim, tj pravdepodobne neboli použité. Pri dieloch použitých z iných motorov (kľukový hriadeľ) nie je prevedené preznačenie a je ťažké ich stotožniť s dielmi v premerovacom protokole.
- Hromadné protokoly z defektoskopie neobsahujú dôležité/identifikačné údaje (napr. s/n dielov), prípadne nie je uvedený počet kontrolovaných kusov.

3.3 Zhodnotenie prevedenia (avizované) GO motora spoločnosťou LOM

- jedinou možnosťou ako uvoľniť motor do letovej prevádzky je vykonanie GO v plnom rozsahu. Motor ako celok neprešiel plnou GO podľa špecifikácie LOM a ani predložená KoD WMS to v skutočnosti nepreukazuje. Motor bolo možné vrátiť do letovej prevádzky (uschopniť) iba po plnej GO, pretože bol vyrobený v roku 1981 (pred cca 40-timi rokmi) a nebol nájdený žiadny záznam o inej jeho GO pred tou deklarovanou pri WMS. Pozn. Kalendárna prevádzková lehota je teraz 15 + 3 roky, pred rokom 2009, kedy bol vydaný bulletin LOM-MB-02a/2009, bola 15 + 15 rokov, pozri držiteľom TC vydané bulletin.
- motor prešiel u WMS v skutočnosti určitým stupňom údržby, pre ktorú sa teraz v LOM využíva interný názov „dielenská oprava“, kedy jednotlivé agregáty, skupiny a diely prešli rôznym stupňom údržby (od umytia až po GO) a indikujú preto rôzny počet odpracovaných hodín (od vykonania tejto opravy). Takou opravou však nie je možné uvoľniť do letovej prevádzky motor, ktorému skončila prevádzková doba.
- vykonanie GO však potvrdil WMS vydaním osvedčenia EASA FORM 1, kde je okrem iného uvedený nepriamy odkaz na príručku pre GO LOM. V tomto EASA FORM 1 je ale chybné uvedené č. j., pod ktorým bola úradom schválená príručka pre GO LOM. Pozn. Pokiaľ teda nejde o úplne iný, nám neznámy list, týkajúci sa niečoho iného, čo je vzhľadom k rovnakému dátumu a veľmi podobnému formátu veľmi nepravdepodobné.
- je dôvodná pochybnosť o skutočnom dátume vykonania opravy u WMS v roku 2005. Niektoré indície (značenie olejových hadíc, zapalovacie sviečky typu L22.62A2 vyrábané cca od r. 2015, preklopenie obdobia 2005+2015 pre-konzerváciami, ústne informácie od užívateľa) smerujú skôr k roku 2015 (kedy WMS už nemal oprávnenie na vykonávanie GO od LOM), než k avizovanému roku 2005. Pozn. Motor bol zakúpený v r. 2017, a ak by GO bola vykonaná v r. 2005, motora by zostávala, vzhľadom na platné bulletin, dobová PLM len cca 3 roky, tj do r. 2020 a s prípadným predĺžením o 3 roky by musel ísť najneskôr v r. 2023 do GO (ak by bol udržiavaný v systéme LOM).
 - Motor ale teoreticky nemohol prejsť GO, pretože podľa zmluvy LOM Assistance medzi LOM a WMS, ohľadom vykonávania GO motorov LOM pri WMS, platnej do marca 2006, by WMS GO tohto motora musel hlásiť do LOM, a to neurobil.
 - A neurobil to ani pri žiadnom inom motore a LOM tak prípadne ani nemohol dozorovať nič, o čom vôbec nevedel. To je jedným z dôvodov, prečo bolo tzv. LOM Assistance vypovedané.
 - V dnešnej dobe vykonáva WMS GO motorov M337AK podľa vlastnej dokumentácie, pod STC schváleným EASA (r. 2018) a pod dozorom ÚCL. LOM pritom nemá a nemusí mať k dispozícii akékoľvek podklady k tomuto STC (tj tu uvedený spôsob prevedenia GO môže byť teraz legalizovaný). Pretože sa pritom používajú vlastné, konštrukčne odlišné diely aj neoriginálne diely a iné postupy, a napriek tomu typové označenie motora zostáva nezmenené, dopĺňa sa (údajne) na kľukovú skriňu vedľa pôvodného výrobného štítku výrobcu aj štítky WMS s číslom STC a prípadne ďalšími informáciami.

3.4 Najväčšie nájdené nedostatky

- trhlina v malom oku ojnice č. 1 na strane drieku. Ak by nedošlo k deštrukcii ojnice č. 5, došlo by následne pravdepodobne k deštrukcii ojnice č. 1 a potom prípadne ďalších s vnútornou povrchovou chybou (koróziou) v malom oku ojnice.
- dve trhliny v prednom oku pre piestny čap piestu č. 6 (niekoľko ďalších vlasových indikácií na čele nákovku tohto oka), obe od hrany otvoru pre piestny čap smerom dovnútra otvoru a do čela nákovku, u jednej trhliny už vypadnutý materiál na hrane otvoru pre piestny čap. Následkom týchto dvoch trhlín je pravdepodobne aj nameraná príliš veľká vôľa piestneho čapu v prednom oku piestu č. 6.

- indikácia vady (trhlinky) v päťách stojín ôk piestu (tzn. v prechode stojiny do dna piestu) pri pieste č. 3 a 6.
- iné piesty neboli zatiaľ bližšie skúmané. Pri ďalšej prevádzke by mohlo dôjsť k deštrukcii niektorého piestu s indikáciou chyby so zodpovedajúcimi následkami (Pozn. pokiaľ by skôr nedošlo k poruche niektorej ojnice - viď predchádzajúci bod).
- indikácia chyby („necelistvosti“) pri dvoch hlavných čapoch kľukového hriadeľa v mieste podbrúsenia polomeru.
- malé vôle (mimo predpis) v hlavných i ojničných klzných ložiskách.
- malé axiálne vôle ojnic na zdvihových čapoch.
- priemerne menšie presahy panvíc v kľukovej skrini.
- malé presahy ojničných panvíc u dvoch ojnic.
- nevyhovujúce nastavenie a charakteristika dodávky paliva vstrekovacieho čerpadla.
- chybná vstrekovacia tryska na valci č. 4.
- väčšie zakarbonovanie a opotrebenie niektorých častí motora, než by podľa skúseností LOM zodpovedalo 80-tim hodinám prevádzky na aditívovaný olej, viď ďalej.
- neštandardné metódy (či absencia) označovania dielov.
- neschválené olejové hadice (tj neschválené LOM).
- novo vydané atesty agregátov (hlavne vstrekovacie čerpadlo a magneta/elektroagregáty), ktoré nenasvedčujú prevedeniu GO. V atestoch nie je záznam o prevedení GO, naopak je v nich potvrdenie výroby – aj pri agregátoch, ktoré sú preukázateľne pôvodné z výroby motora.
- namerané hodnoty v KoD WMS nezodpovedajúce hodnotám teraz zisteným v LOM.
- na ojniciach nebola vykonaná kontrola ultrazvukom, ako predpisuje servisný list LOM č. 0004/2005 vydaný dňa 25.05.2005.

3.5 Príčiny vážneho incidentu

- deštrukcia ojnice na 5. pieste,
- pristátie do nerovného terénu,
- spôsob uvedenia motora do vlastnej letovej prevádzky po jeho montáži do draku nezodpovedá obvyklým štandardom (najmä niekoľko zapísaných prekonzervácií v MK za sebou, absencia zápisu o prehliadke motora po dlhodobom stáťí, absencia zápisu o navesení motora do konkrétneho draku v motorovej knihe v určenej rubrike, pochybnosti prevádzkovateľa o stave motora od samého začiatku prevádzky).

4. ODPORÚČANIA NA ZAISTENIE BEZPEČNOSTI

Záverečná správa z vyšetrovania predmetného vážneho incidentu neobsahuje žiadne odporúčania.

V Bratislave, 09.06.2022