

Z Á V E R E Č N Á S P R Á V A

o bezpečnostnom vyšetrowaní leteckého incidentu

typ: **Cessna 152**

poznávacia značka **OK-MAJ**

dňa: **16.09.2023**



Ev.č.: **SKI2023240**

Bezpečnostné vyšetovanie 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 vyšetovaní a prevencii nehôd a incidentov v civilnom letectve, ktorými sa riadi vyšetovanie leteckých nehôd a incidentov v civilnom letectve.

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

Výhradným cieľom bezpečnostného vyšetovania 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 vyšetovaniu 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

”	Sekunda - geometrická veličina
’	Minúta - geometrická veličina
°	Stupeň - geometrická veličina
kg	Kilogram - fyzikálna jednotka - hmotnosť
kW	Kilowatt - fyzikálna jednotka - výkon
Mhz	Megahertz- fyzikálna jednotka - frekvencia
m	Meter - fyzikálna veličina - dĺžka
a.s.	Akciová spoločnosť
ATPL(A)	Preukaz spôsobilosti dopravného pilota (Airline Transport Pilot License)
BVK	Bezpečnostná vyšetovacia komisia (Specialised Commission for Investigation of Causes of a particular Incident from Members of the Commision)
CPL(A)	Preukaz spôsobilosti obchodného pilota (Commercial Pilot License)
IR	Prístrojová kvalifikácia (Instrument Rating)
PPL(A)	Preukaz spôsobilosti súkromného pilota (Private Pilot License)
MEP land	Kvalifikácia viacmotorové piestové/ pozemné(Multi engine Piston/ land)
SEP(land)	Kvalifikácia jednomotorové piestove/pozemné (Single Engine Piston/land)
LAPL	Preukaz spôsobilosti pilota ľahkých lietadiel (Light Aircraft Pilot License)
CSN	Počet cyklov/pristátí, ktoré lietadlo vykonalo od výroby (Cycles since New)
CAMO	Organizácia riadiaca zachovanie letovej spôsobilosti (Continuing Airworthiness managment Organization)
ČR	Česká republika
SR	Slovenská republika
USA	Spojené štáty americké (United States of America)
E	Označenie svetovej strany-východ (East)
N	Označenie svetovej strany- sever (North)
FI(A)	Letecký inštruktor (Flight Instructor)
ft	Stopa - jednotka dĺžky (Feet)
s.r.o.	Spoločnosť s ručením obmedzeným
GmbH	Spoločnosť s ručením obmedzeným (Gesellschaft mit beschränkter Haftung)
hp	Konská sila- jednotka výkonu (Horspower)
IFR	Pravidlá pre let podľa prístrojov (Instrument Flight Rules)
VFR	Pravidlá letu za viditeľnosti (Visual Flight Rules)
KEÚ PZ	Kriminalistický a expertízny ústav Policajného zboru
UTC	Svetový koordinovaný čas (Co-ordinated Universal Time)

LZTT	Kód ICAO pre letisko Poprad-Tatry
PIC	Veliteľ lietadla (Pilot in Command)
RWY	Vzletová a pristávacía dráha (Runway)
ot/min	Otáčky za minútu (Revolution per Minute)
TWR	Letisková riadiaca veža alebo letisková služba riadenia (Aerodrome control tower or aerodrome control)
LSN	Počet letov od výroby (Landing since New)
TSN	Nálet hodín, ktoré lietadlo alebo komponent odlietalo od výroby (Time since New)
TSO	Nálet hodín, ktoré odlietalo lietadlo a komponenty lietadla od poslednej významnej udalosti údržby, ktorá sa označuje jako generálna oprava (Time since Overhaul)
OHV	Typ ventilového rozvodu piestového spaľovacieho motora (Overhead Valve)
MM	Prevádzková príručka (Maintenance Manual)
Pb	Značka chemického prvku - olova (Plumbum)

A. ÚVOD

Typ:	Cessna 152
Poznávacia značka:	OK-MAJ
Prevádzkovateľ / Vlastník:	Pondus Air s.r.o.
Typ prevádzky:	Všeobecné letectvo / športové a rekreačné lietanie
Miesto vzletu:	LZTT
Fáza letu:	nácvik skupinovej zlietanosti
Miesto udalosti:	LZTT
Dátum a čas udalosti:	16.09.2023, 11:58

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

B. INFORMATÍVNY PREHĽAD

Dňa 16.09.2023 v čase 11:58 vykonávala posádka v zložení PIC-inštruktor a žiak nácvik skupinovej zlietanosti. Počas nácviku prišlo k silným vibráciám pohonnej jednotky, PIC prevzal riadenie od žiaka, znížil výkon pohonnej jednotky na voľnobeh a pristál na RWY09 LZTT. Pristátie prebehlo bez komplikácií. PIC a ani žiak neutrpeli žiadne zranenia.

Na vyšetrenie príčin vzniku predmetnej udalosti bola ustanovená BVK:

Ing. Juraj GYENES	- predseda BVK
Ing. Norbert ČUBA	- člen BVK

Správu vydáva:

Letecký a námorný vyšetrovací útvar
Ministerstva dopravy SR

C. HLAVNÁ ČASŤ SPRÁVY

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

1. FAKTICKÉ INFORMÁCIE

1.1 Priebeh letu

Dňa 16.09.2023 vykonávala posádka nácvik skupinovej zlietanosti dvoma lietadlami typu Cessna 152. Počas nácviku prišlo u lietadla OK-MAJ, ktoré bolo v rámci nácviku ako vedené, k náhlym silným vibráciám pohonnej jednotky. Vedené lietadlo sa nachádzalo v pozícii vpravo za vedúcim lietadlom a skupina sa nachádzala v polohe pred treťou zákrutou ľavého okruhu pre RWY09 LZTT. PIC vedeného lietadla prevzal od žiaka riadenie, znížil výkon pohonnej jednotky a oznámil vedúcemu skupiny, že bude pokračovať vo voľnejšej skupine až do pristátia na RWY09, kam celá skupina pokračovala. Vibrácie sa po znížení výkonu pohonnej jednotky pod 1500 ot/min neprejavovali a vzhľadom na to, že priblíženie prebiehalo s rozpočtom na doklзовú vzdialenosť, PIC sa rozhodol výkon pohonnej jednotky až do

pristátia nezvyšovať a priblíženie aj pristátie vykonal na voľnobežných otáčkach pohonnej jednotky, ktorého chod v tej chvíli prebiehal bez vibrácií. Signalizácia pohonnej jednotky- teplota oleja, tlak oleja boli v rozsahu normálnych prevádzkových hodnôt. Pristátie prebehlo bez komplikácií. Rolovania lietadla na odbavovaciu plochu prebiehalo štandardne, ale pri pokuse PIC o zvýšenie výkonu pohonnej jednotky sa vibrácie znovu objavili. Po zaparkovaní podal PIC informácie na TWR o prerušení nácviaku z dôvodu technickej poruchy lietadla. Následne bola vykonaná vizuálna kontrola stavu pohonnej jednotky počas ktorej sa zistil únik oleja do priestoru motorových loží, konkrétne od valca č. 2, na ktorom bolo zistené pretrhnutie štyroch svorníkov spojujúcich valec s blokom pohonnej jednotky.

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

Na draku lietadla neboli zistené žiadne poškodenia, pohonná jednotka lietadla bola pri incidente poškodená vo veľkom rozsahu.

1.4 Ostatné škody

Neuvádza sa.

1.5 Informácie o leteckom personáli

PIC/inštruktor:

občan ČR, vek 37 rokov,

držiteľ preukazu spôsobilosti letovej posádky - ATPL(A), CPL(A), PPL(A), ktorý vydal Úrad pro civilní letectví (ČR) dňa 07.06.2019,

držiteľ Osvedčenia examinátora (Examiner Certificate) pre výkon oprávnenia CZ/FE(A) /CRE(A) /IRE(A) /FIE(A)092 pre kvalifikácie SEP(land) PAR-national rating s vyznačenou platnosťou do 30.04.2024

držiteľ Všeobecného príkazu radiotelefonisty letecké pohyblivé služby.

Kvalifikácie:

B737 300-900/IR/LVO/PBN	s vyznačenou platnosťou do 30.06.2024
Let L-410/IR	s vyznačenou platnosťou do 31.12.2021
MEP land/IR/PBN	s vyznačenou platnosťou do 31.07.2019
SEP(land)	s vyznačenou platnosťou do 30.06.2025
FI(A)	s vyznačenou platnosťou do 31.05.2025
TOWING-S/BAN	s trvalou platnosťou

Osvedčenie zdravotnej spôsobilosti:

1.triedy	s vyznačenou platnosťou do 25.11.2024
2.triedy	s vyznačenou platnosťou do 15.03.2028
LAPL	s vyznačenou platnosťou do 15.03.2028

1.6 Informácie o lietadle

1.6.1 Lietadlo

Cessna 152 je jednomotorové, dvojsedadlové lietadlo primárne určené na letecký výcvik a rekreačné lietanie.

Trup lietadla je pološkrupinovej konštrukcie, tvorený zo zliatiny hliníka s nitovaným poťahom. Koncové oblúky krídiel a kryty sú z vystuženého plastu.

Krídla sú nosníkovej konštrukcie zosilnené pomocnou vzperou uchytenou k trupu. Uhol vzopätia krídla je 1°.

Lietadlo je vybavené trojbodovým pevným podvozkom s hydraulicky ovládanými diskovými brzdami. Maximálna vzletová hmotnosť je 757 kg.

Typ:	Cessna C-152
Výrobca:	Cessna Aircraft Company, USA
Poznávacia značka:	OK-MAJ
Výrobné číslo:	15281322
Rok výroby:	1978

Osvedčenie o zápise do registra lietadiel č. 6598, vydal Úrad pro civilní letectví dňa 04.06.2020.

Osvedčenie letovej spôsobilosti č. 6598, vydal Úrad pro civilní letectví dňa 11.06.2020.

Osvedčenie kontroly letovej spôsobilosti č.6598/1, s vyznačenou platnosťou do 10.06.2024

Zachovanie letovej spôsobilosti lietadla je riadená CAMO organizáciou č. CZ.CAMO.0093

Zákonné poistenie: Allianz Pojišťovna, a.s., Ke Štvanici 656/3, 186 00 Praha 8, ČR, číslo C550021776 s vyznačenou platnosťou do 01.06.2024.

Prehľad vykonaných prác:

11.01.2023 100-hodinová prehliadka lietadla. Prehliadka bola vykonaná a osvedčená organizáciou č. CZ.145.0078.

05.05.2024 100-hodinová prehliadka lietadla. Prehliadka bola vykonaná a osvedčená organizáciou č. CZ.145.0078. V rámci prehliadky vykonané práce na motore (viď. bod 1.6.2).

11.07.2023 100-hodinová prehliadka lietadla. Prehliadka bola vykonaná a osvedčená organizáciou č. CZ.145.0078. V rámci prehliadky vykonaná KMS a kontrola úniku prevádzkových kvapalín.

23.08.2023 100-hodinová prehliadka lietadla, (v rámci prehliadky vykonané práce podľa AD2011-10-09 a SEB07-11R1, SID pozície 22,23), výmena spodnej sviečky valca č.4 (REM37BY). Prehliadka bola vykonaná a osvedčená organizáciou č. CZ.CAO.0080.

Posledné vykonané práce:

10.09.2023 50-hodinová prehliadka podľa Cessna Maintenance Manual D2064-1-13 TR8 pri:

TSN 5794:05

CSN 10096

Prehliadka bola vykonaná a osvedčená nezávislým OP č CZ.66.1522.

Celkový počet letov a nálet ku dňu udalosti:

TSN 5809:15

LSN 10167

1.6.2 Pohonná jednotka

Lycoming O-235-L2C je štvortaktný, štvorvalcový motor s protíhľými valcami s centrálnym vačkovým hriadeľom a rozvodom OHV s výkonom 115 hp (86 kW).

Chladenie motora je zabezpečené náporovým vzduchom. Zapaľovanie je dvojité bezkontaktné, kondenzátorové s magnetom.

Distribúcia paliva je zabezpečovaná pomocou karburátorov.

Motor je vybavený elektrickým štartérom a mechanickým palivovým čerpadlom.

Pohon vrtule je realizovaný integrovaným reduktorom s mechanickým tlmením kmitov. Výkon motora bol podľa STC SE792NW zvýšený na 92kW (125 HP) pri 2800rpm.

Výrobca: AVCO LYCOMING AIRCRAFT ENGINES
Typ / model: Lycoming O-235-L2C
Výrobné číslo: L-14872-15

Prehľad vykonaných prác:

11.01.2023 100-hodinová prehliadka motora. Prehliadka bola vykonaná a osvedčená organizáciou č. CZ.145.0078.

05.05.2024 100-hodinová prehliadka motora. Prehliadka bola vykonaná a osvedčená organizáciou č. CZ.145.0078. V rámci prehliadky vykonaná demontáž všetkých valcov, výmena piestnych krúžkov, výmena tesnení, zabrusenie ventilov a spätná montáž valcov. Vykonaný zábeh motora a kontrolný let.

11.07.2023 100-hodinová prehliadka motora. Prehliadka bola vykonaná a osvedčená organizáciou č. CZ.145.0078. V rámci prehliadky vykonaná KMS a kontrola úniku prevádzkových kvapalín.

23.08.2023 100-hodinová prehliadka motora, (v rámci prehliadky vykonané práce podľa SEB07-11R1, výmena spodnej sviečky valca č.4 (REM37BY). Prehliadka bola vykonaná a osvedčená organizáciou č. CZ.CAO.0080.

Posledné vykonané práce:

10.09.2023 50-hodinová prehliadka motora podľa Cessna Maintenance Manual D2064-1-13 TR8.

TSO 1594:05

V rámci predpísanej prehliadky bola vykonaná výmena oleja Total XPD100 a filtra AA 48110-2 a bola vykonaná kontrola podľa SEB07-11R1 Carburator body screw. Prehliadka bola vykonaná a osvedčená nezávislým OP č CZ.66.1522.

Celkový nálet ku dňu udalosti:

TSO 1609:20

1.6.3 Vrtuľová jednotka

Sensenich, 72CK56-0-52 je 2-listá pravotočivá, ťažná, hliníková, pevná vrtuľa určená pre pohonné jednotky typovej rady Lycoming O-235.

Výrobca: Sensenich, USA

Typ: 72CK56-0-52

Výrobné číslo: K5549

Posledné vykonané práce:

10.09.2023 50 -hodinová prehliadka vrtule podľa Cessna Maintenance Manual D2064-1-13 TR 8

TSO 1576:53

Prehliadka bola vykonaná a osvedčená nezávislým OP č CZ.66.1522.

Celkový nálet ku dňu udalosti:

TSO 1592:08

1.7 Meteorologická situácia

Neuvádza sa.

1.8 Navigačné zariadenia

Lietadlo bolo vybavené a schválené pre lety VFR deň.

1.9 Spojenie

Lietadlo bolo vybavené palubnou rádiostanicou pre možnosť obojstranného rádiového spojenia v každom okamihu letu.

1.10 Informácie o letisku

LZTT	verejné medzinárodné letisko
Zemepisný smer RWY:	009°/270°
Označenie RWY:	09/27
Povrch letiska:	betón
Druh prevádzky:	VFR/IFR – deň/noc
Frekvencia:	121,350 Mhz
Vzťažný bod letiska:	49° 04' 25,00" N, 020° 14' 28,00" E
Nadmorská výška:	718 m / 2356 ft
Rozmery RWY 09/27:	2600x45 m / betón
Rozmery RWY 07L/25R:	760x35 m / tráva
Rozmery RWY 07R/25L:	760x35 m / tráva

1.11 Letové zapisovače a ostatné záznamové prostriedky

Lietadlo nebolo vybavené zapisovačom letových dát a ani zariadením na zaznamenávanie komunikácie z pilotnej kabíny. V danej kategórii lietadiel nie je tákato výbava povinná.

1.12 Informácia o dopade a troskách

Neuvádza sa.

1.13 Lekárske a patologické nálezy

Neuvádza sa.

1.14 Požiar

Nevznikol

1.15 Aspekty prežitia

Neuvádza sa.

1.16 Testy a výskum

1.16.1 Olej

BVK vykonala odber vzorky motorového oleja. Vzorka oleja bola odoslaná na analýzu do laboratória spoločnosti MOL-LUB Spoločnosť pre výrobu, distribúciu a servis mazív, s.r.o..

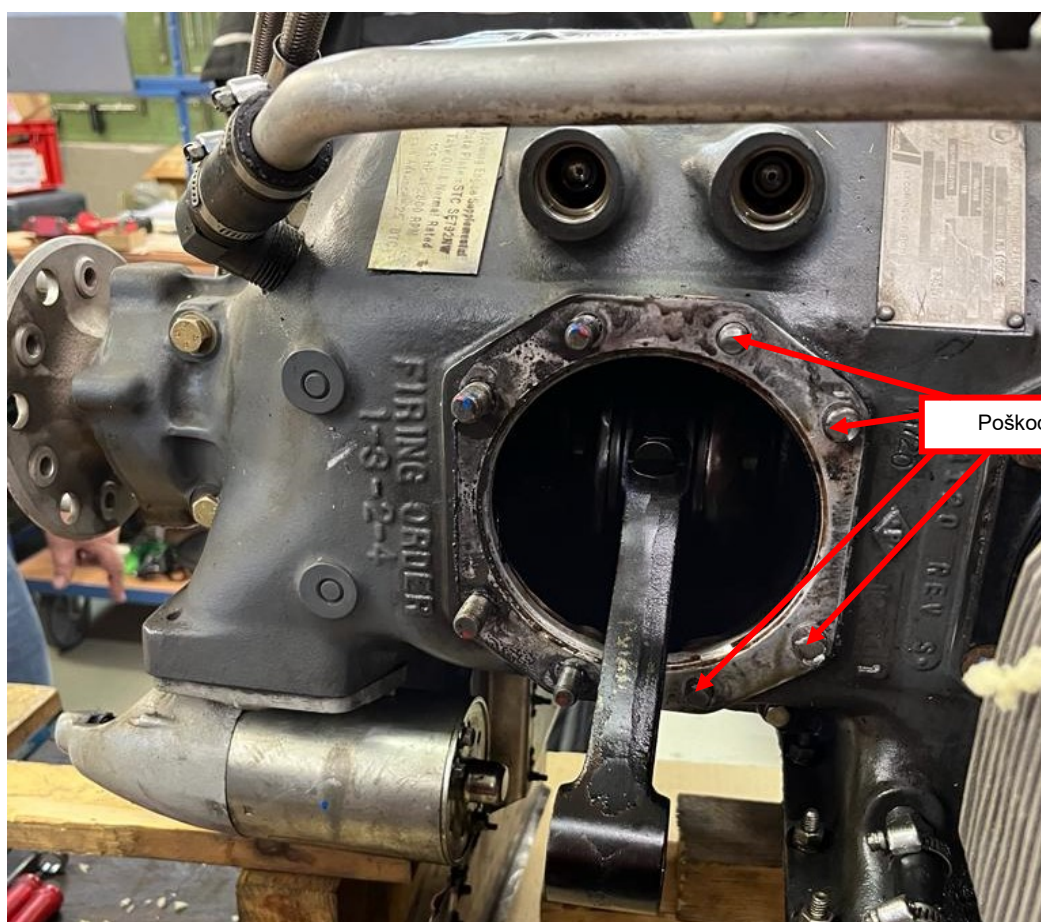
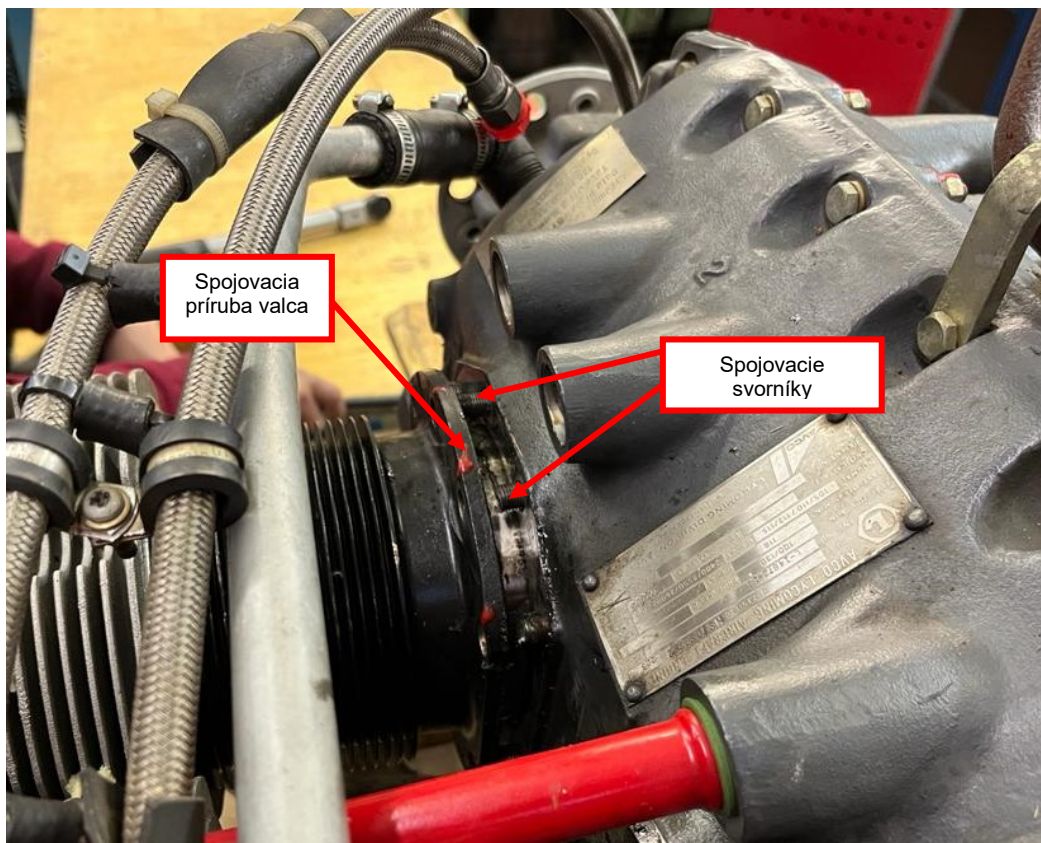
Názov: TOTAL AERO XPD 100
Druh: bezpopulový, disperzný minerálny olej
Norma: SAE J-1899

Špecifikácia oleja je schválená podľa servisnej inštrukcie výrobcu (Service Instruction No. 1014N zo dňa 29.07.2020) a obsahuje totožnú aditíváciu proti opotrebeniu v vhodnom pomere ako Textron Lycoming LW 16702, čo znamená, že pri jeho používaní nie je nutné aditíva pridávať.

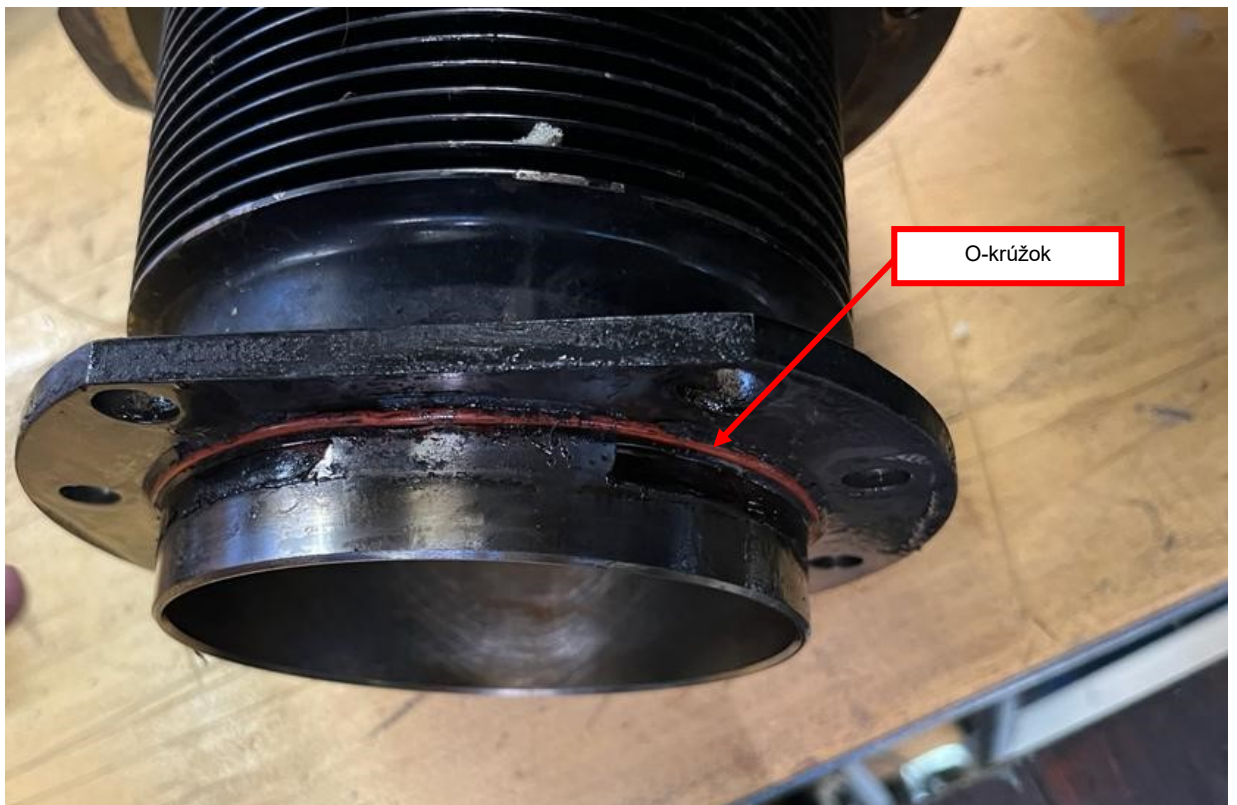
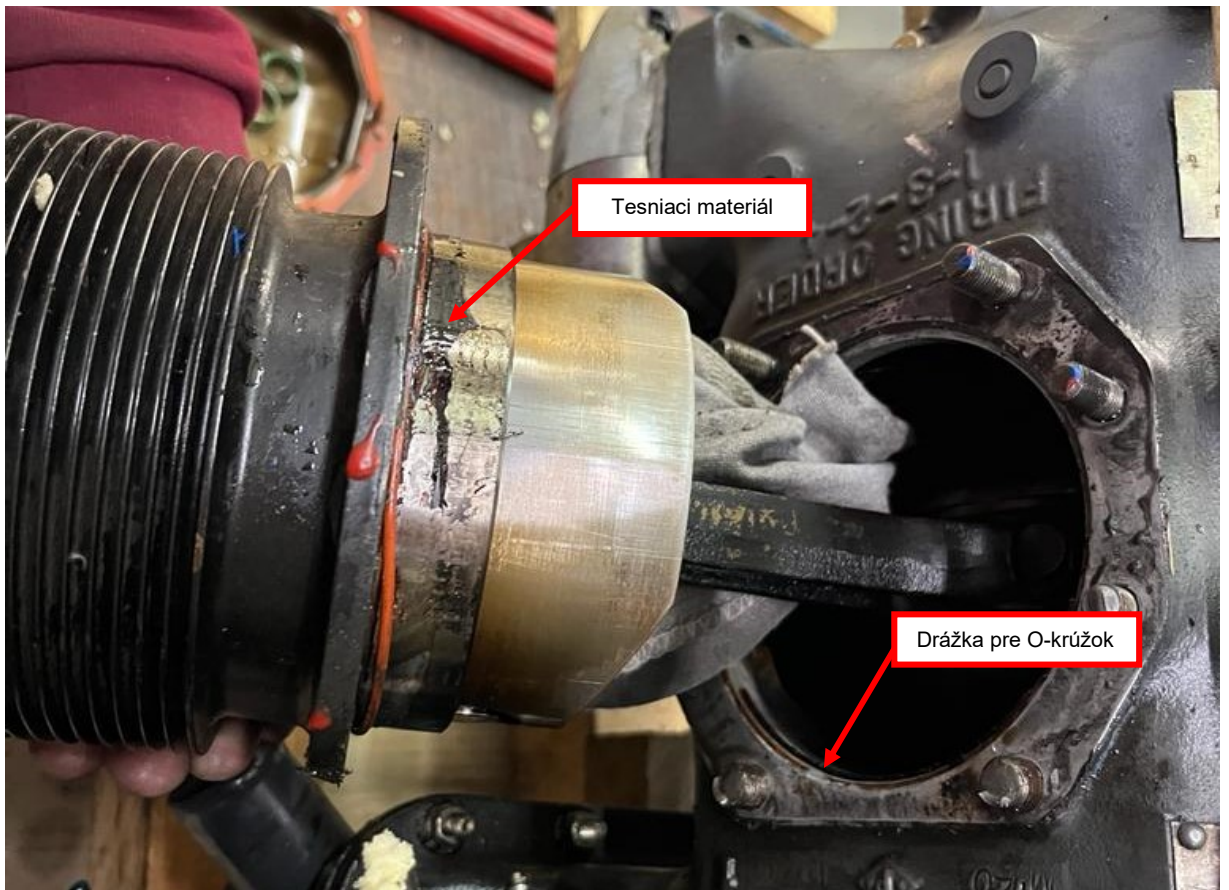
1.16.2 Pohonná jednotka

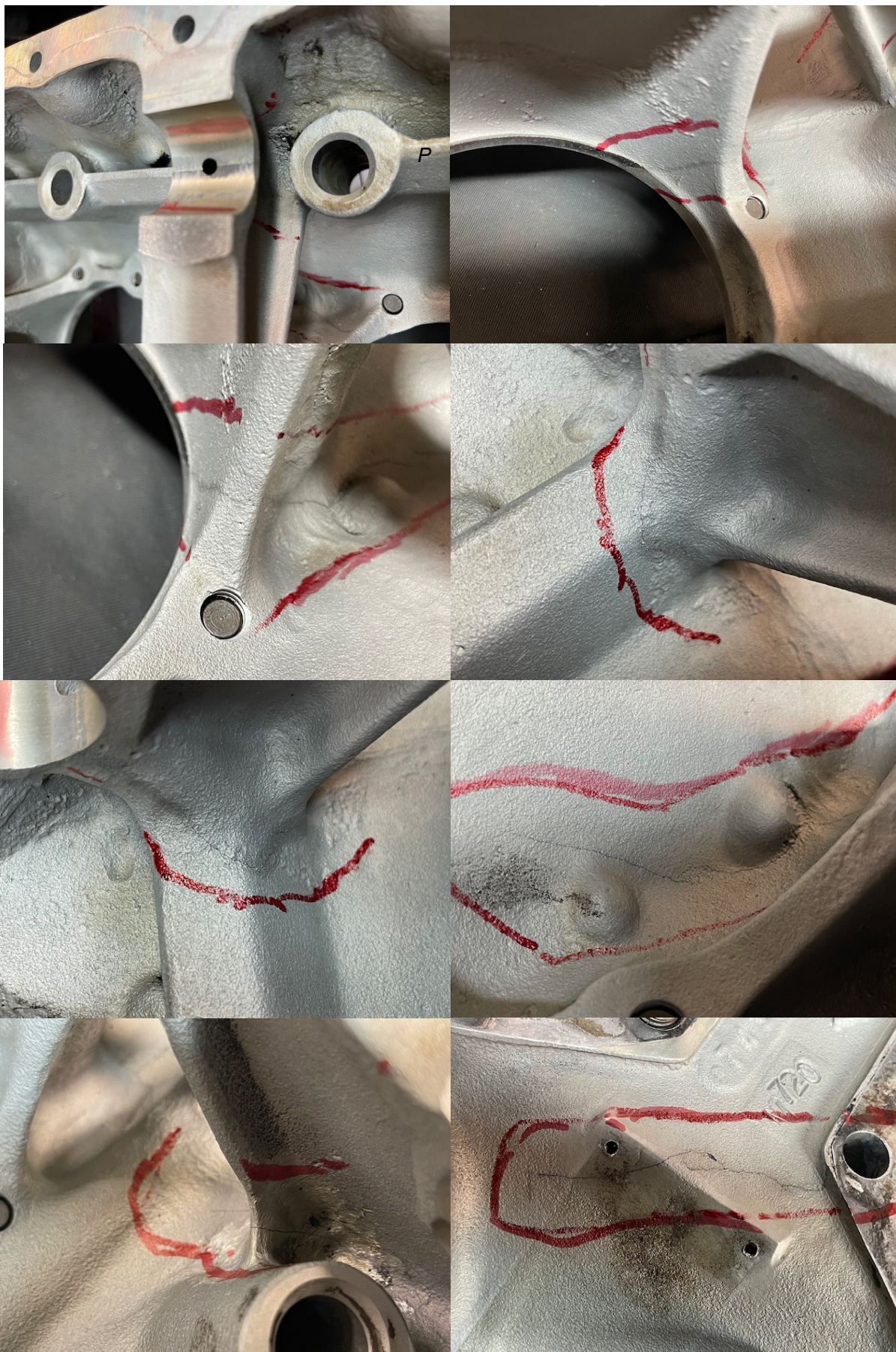
Za účelom posúdenia technického stavu pohonnej jednotky a na základe dohody s prevádzkovateľom BVK umožnila vykonať rozobierku motora vo vlastnej réžii prevádzkovateľa v certifikovanej údržbovej organizácii Flugmotoren Dachsel GmbH, Nemecko.

Pracovníci spoločnosti Flugmotoren Dachsel GmbH vykonali postupnú rozobierku pohonnej jednotky so zameraním sa na uchytenie valca č.2 k bloku, kde prišlo k deštrukcii materiálu spojovacích svorníkov. Tieto svorníky sú hlavným spojovacím uzlom valca a bloku ako aj samotných blokov motora, keďže svorníky s väčším priemerom sú priebežné. Na jednej strane sú zafixované pomocou závitú do bloku motora a na strane druhej slúžia na uchytenie valca pomocou jeho spodnej príruby k bloku. Tento spoj je istený maticami dotiahnutými predpísaným momentom v predpísanom poradí podľa MM.



Po demontáži valca č.2 bola zistená prítomnosť neznámeho tesniaceho materiálu na styčnej ploche valca a bloku motora ako aj po obvode spodnej časti valca. Tesnosť spoja je podľa MM zaistená len použitím normovaného gumového tesnenia tzv. O-krúžku, ktorý je usadený pod prírubou valca a pri montáži zapadá do drážky v bloku motora.





praskliny kľukovej skrine

Znalecký posudok č. 412B 1223 a fotodokumentáciu z rozobierky prevádzkovateľ poskytol BVK. Prevádzkovateľ poskytol BVK súčiastky demontované v rámci rozobierky z pohonnej

jednotky a to konkrétne spojovacie svorníky a matice z predmetného valca. BVK požiadala KEÚ PZ o vykonanie expertízy a vypracovania znaleckého posudku za účelom zistenia príčiny deštrukcie spojovacích svorníkov v miestach ich fixovania maticami. BVK sa vo svojej žiadosti zamerala na zodpovedanie nasledujúcich otázok:

1. Čo je pravdepodobnou príčinou lomov na spojovacích skrutkách/svorníkoch,
2. Aká je miera únavy pri neadekvátnom/prekročenom uťahovacom momente,
3. Stanovenie materiálovo-technických vlastností súčiastok.

1.16.3 Znalecký posudok KEÚ PZ :

Na zistenie skutočností, ktoré bolo potrebné poznať na zodpovedanie otázok, resp. realizáciu úloh, uvedených v žiadosti o vypracovanie znaleckého posudku boli preskúmané vyššie uvedené vecné stopy (foto č. 1) a preštudované predložené snímky aj predložená strana 150 z manuálu na údržbu predmetného motora Lycoming.

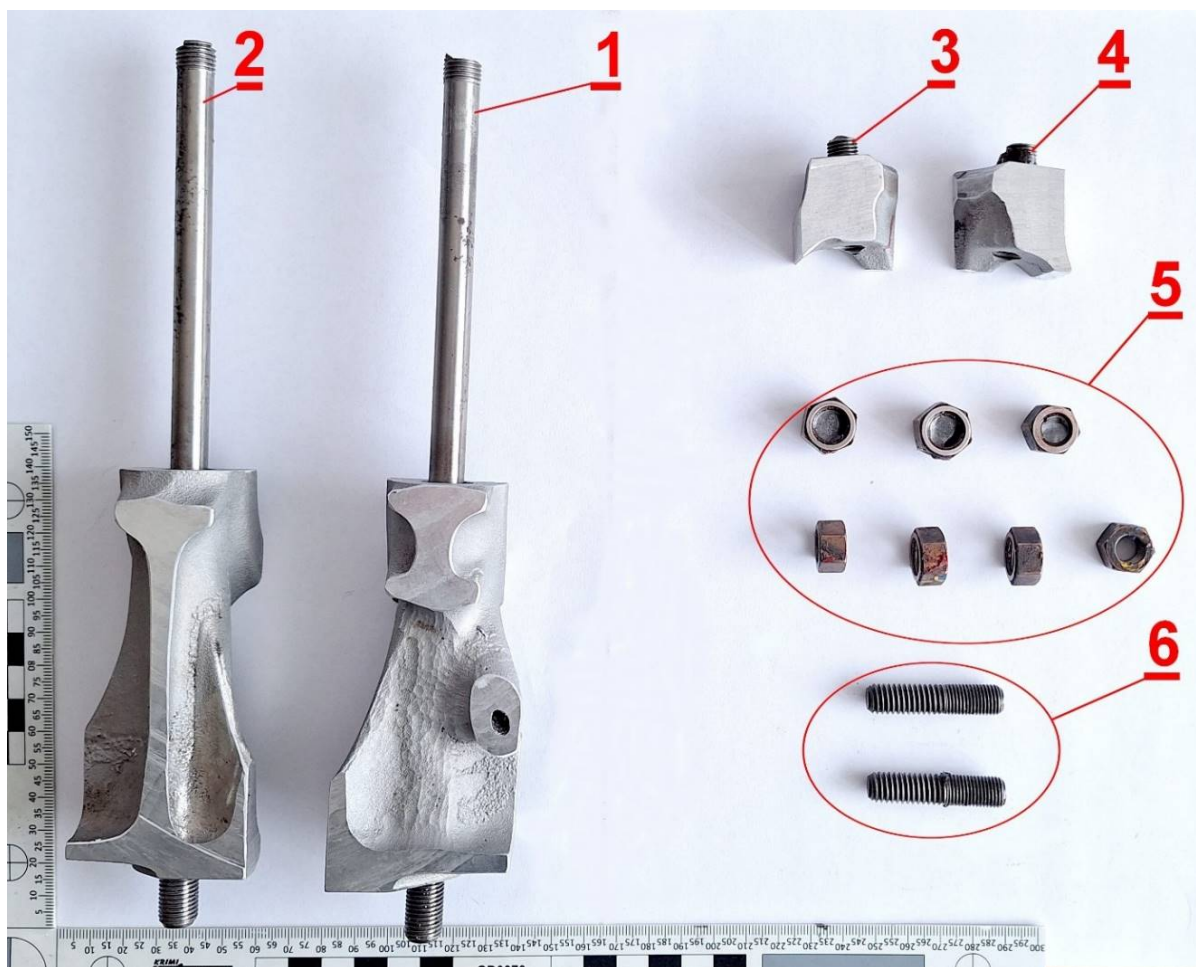


Foto č. 1 Skrutky a matice predložené na skúmanie

Podľa informácií získaných od pracovníkov Leteckého a námorného vyšetrovacieho útvaru malo dôjsť počas letu lietadla k zlomeniu 4 ks z ôsmich spojovacích skrutiek medzi blokom motora a jedným z jeho valcov.

Lomy na týchto skrutkách (pozri skrutky označené na foto č.1 pozíciami 1 až 4) boli preskúmané pomocou optického aj digitálneho mikroskopu, pričom bolo zistené, že lom na skrutke č.1 bol únavovým lomom s viditeľne odlíšiteľnou iniciačnou oblasťou, ďalej oblasťou úvodného pomalého rastu lomu (s prakticky nerozlíšiteľnými postupovými pásmi lomu pomocou optického mikroskopu), ďalej oblasťou rýchleho rastu lomu (s dobre viditeľnými oddelenými postupovými pásmi) aj s dobre odlíšiteľnou oblasťou finálneho dolomenia materiálu (pozri foto č. 2).

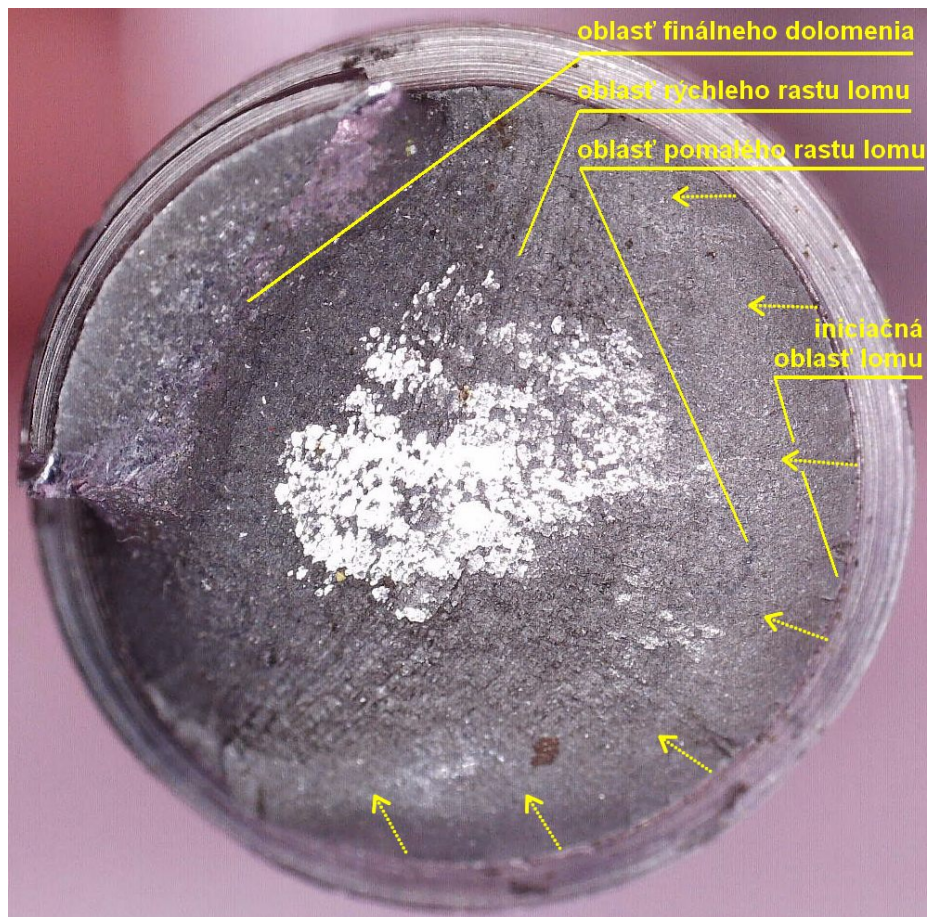


Foto č. 2 Únavový lom na spojovacej skrutke č.1

Lom na skrutke č.1 mal viditeľne najširšiu oblasť pomalého rastu lomu, v porovnaní s lomami na skrutkách č.2 až 4 (porovnaj foto č. 2 s foto č. 3 až 5), t.j. v danom prípade bola ako prvá únavovým lomom poškodzovaná práve skrutka č. 1. Mikroskopickým skúmaním nebola v iniciačnej oblasti tohto lomu zistená žiadna viditeľná výrobná chyba materiálu, ani technologická chyba pri vyhotovení závitů a pod.

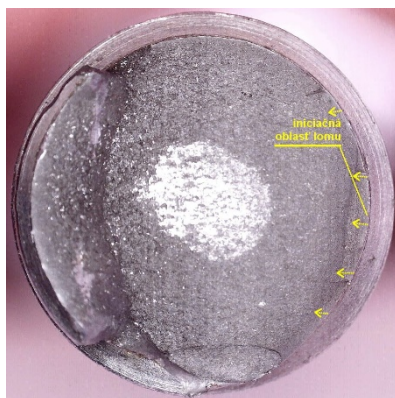


Foto č.3 Lom na skrutke č.2

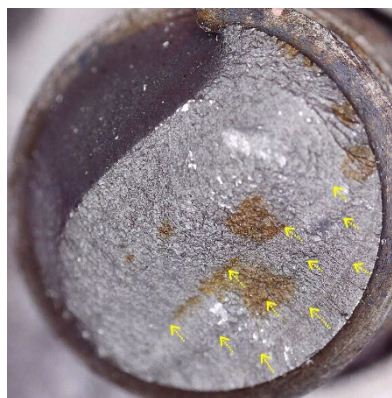


Foto č.4 Lom na skrutke č.3



Foto č.5 Lom na skrutke č.4

Materiál skrutiek nebol skúmaný z hľadiska pevnosti ich materiálu vzhľadom na to, že neboli známe požiadavky výrobcu motora na mechanicko-pevnostné vlastnosti skrutiek používaných v týchto závitových spojoch.

Na predložených maticiach boli nájdené zvyšky materiálov modrej, žltej a červenej farby (foto č.6), pričom materiál červenej farby mal výrazne väčšiu hrúbku než zvyšné dva (foto č. 6 a 7).



Foto č.6 Horné strany matíc z poškodeného montážneho spoja valca s blokom motora



Foto č. 7 Zvyšky materiálov červenej modrej a žltej farby na jednej z predložených matíc

Odobraté vzorky týchto materiálov boli vizuálne a mikroskopicky skúmané metódou stereomikroskopie s bočným dopadajúcim svetlom pri zväčšení do 50x a chemicky analyzované metódou infračervenej spektroskopie s Fourierovou transformáciou (FTIR) technikou ATR a metódou rastrovej elektrónovej mikroskopie s energiovo-disperzným rtg. analyzátorom (REM/EDX – neakreditovaná metóda).

Červený materiál sa morfológicky odlišoval od žltého a modrého materiálu. Mal odlišnú hrúbku a inú štruktúru povrchu.

Vykonanými analýzami bolo zistené, že v prípade materiálov modrej a žltej farby ide o náterové hmoty na báze alkydov a v prípade materiálu červenej farby ide o materiál na báze polyuretánu. S najväčšou pravdepodobnosťou ide o tesniaci materiál na báze polyuretánu.

Z druhej strany matíc, na ich kontaktných, resp. prítlačných ploškách neboli zistené žiadne zvyšky vyššie uvedených materiálov, resp. náterových hmôt (foto č. 8).



Foto č. 8 Spodné kontaktné/prítlačné plošky matíc

Vzhľadom na to, že uvedené farebné materiály sa nachádzali len v hornej časti a na bokoch matíc možno konštatovať, že v týchto závitových spojoch len uľahčovali, resp. urýchlňovali vizuálnu kontrolu kvality spojov (kontrolu, že nedošlo k pootočeniu/uvoľneniu niektorej z matíc spoja valca s blokom motora).

Na predložených snímkach z demontáže valca z bloku motora bolo vidieť, že v tomto spoji bol okrem predpísaného tesnenia použitý aj neznámy tesniaci materiál (foto č. 9).

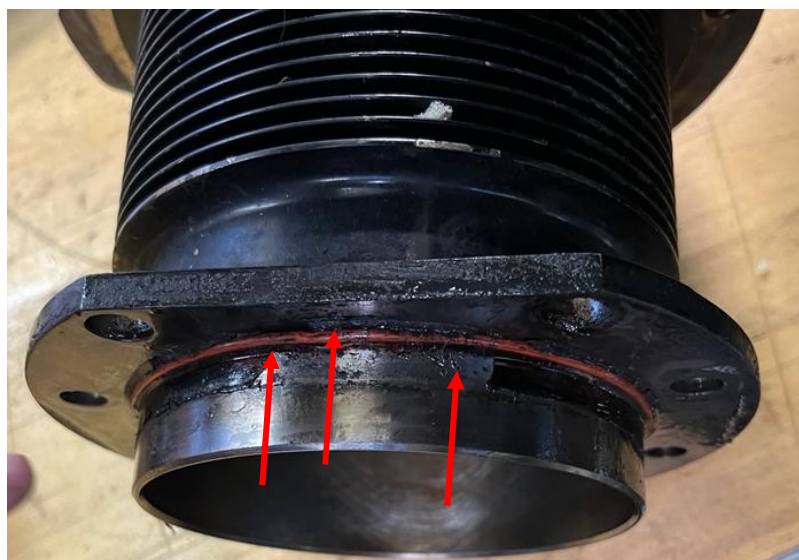


Foto č. 9 Tesniaci materiál použitý okolo tesniaceho krúžka v spoji medzi uvoľneným valcom a blokom motora

Na predloženej strane č. 150 z manuálu na údržbu motora LYCOMING 10-360-N1A Engine Maintenance Manual, z februára 2016, bolo o.i. uvedené, že pri montáži valca na blok motora možno v spoji použiť len základný predpísaný tesniaci krúžok, a že sa v spoji nesmú používať žiadne ďalšie tesniacie materiály, ktoré by sa mohli časom poškodiť, čo by mohlo spôsobiť zníženie krútiaceho momentu na upevňovacích skrutkách valca (pozri obr. 1).

9. Cylinder Installation

NOTICE: If all cylinders are to be installed, install them by their firing order 1 - 3 - 2 - 4.

CAUTION: **INSTALL ONLY THE CYLINDER BASE OIL RING AROUND THE CYLINDER BASE. DO NOT USE ANY ADDITIONAL SEALANT OR GASKET MATERIAL WHICH COULD DETERIORATE WHICH COULD CAUSE A REDUCED TORQUE ON THE CYLINDER BASE STUDS.**

- A. Install a new cylinder base oil ring (Figure 7) around the cylinder base.
- B. Apply a light coat of engine oil mixture to the cylinder base oil seal ring.
- C. Lubricate the inside diameter of the cylinder barrel with engine oil mixture (15% pre-lubricant (STP or equivalent) and 85% SAE No. 50 mineral base aviation grade lubricating oil) to the depth of the piston rings, approximately 2 in. (5 cm).
- D. Lubricate the crankcase thru-stud threads and cylinder hold-down stud threads (Figure 15) with Food Grade Anti-Seize on the outer three threads.

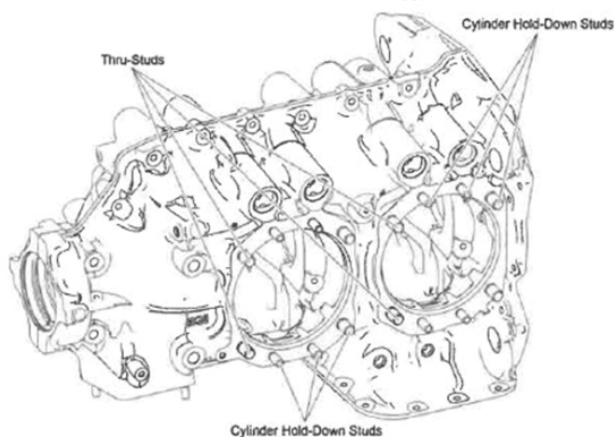


Figure 15
Crankcase Thru Studs and Cylinder Hold-Down Studs

Obr. 1 Horná časť zo strany 150 z manuálu na údržbu motora LYCOMING 10-360-N1A

V blízkosti lomu na spojovacej skrutke č. 4 (foto č. 1) sa na závite skrutky nachádzal tmavý stuhnutý materiál (foto č. 10). Jeho analýzou, metódou infračervenej spektroskopie s Fourierovou transformáciou (FTIR) technikou ATR bolo zistené, že ide o bližšie nešpecifikovanú vazelínu. (Teda nešlo o degradované zvyšky tesniaceho materiálu použitého v spoji medzi valcom a blokom motora.



Foto č. 10 tmavý tuhý materiál v blízkosti lomu na skrutke č. 4

Ako bolo uvedené vyššie, skrutky boli poškodené únavovými lomami. K zníženiu medze únavy skrutiek závitových spojov namáhaných premenlivým, presne definovaným zaťažením, môže teoreticky dôjsť najmä z týchto príčin:

- a. nadmerné montážne statické predpätie skrutiek - posúva premenlivú zložku zaťaženia skrutiek smerom nahor, čo spravidla vedie k zníženiu medze únavy;
- b. strata predpísaného predpätia skrutiek spoja spôsobená tvarovou, resp. rozmerovou degradáciou tesniaceho prvku v spoji - môže viesť až k vzniku nebezpečných mikrovôľ v spoji s následným nekorektným namáhaním skrutiek a znížením ich medze únavy;
- c. výrobná chyba skrutky alebo jej materiálu - môže viesť k nebezpečnej koncentrácii napätí v tomto mieste a tak isto k zníženiu medze únavy uvažovanej skrutky.

V danom prípade, na základe preukázanej a výrobcom zakázanej prítomnosti neznámeho tesniaceho materiálu v spoji medzi valcom a blokom motora, sa ako najpravdepodobnejšia príčina poškodení predložených spojovacích skrutiek javí príčina b), teda nedovolené použitie prídavného tesniaceho materiálu v spoji, jeho následná degradácia pri prevádzke motora a s tým spojené nekorektné namáhanie skrutiek a zníženie ich medze únavy. Týka sa to najmä skrutky, ktorá sa poškodila ako prvá. Následné poškodzovanie susedných skrutiek bolo urýchlené aj z dôvodu ich čiastočného preťaženia, nakoľko museli prevziať aj pôvodné prevádzkové zaťaženie už poškodenej skrutky.

Na základe vyššie uvedených skutočností prevádzkovateľ po dohode s BVK kontaktoval výrobcu motora so žiadosťou o zaujatie stanoviska ohľadom prítomnosti dodatočného tesniaceho materiálu medzi styčnou plochou bloku motora a jeho valcov.

1.17 Informácie o organizáciách a riadení

Neuvádza sa.

1.18 Doplnkové informácie

Vyjadrenie výrobcu motora LYCOMING AIRCRAFT ENGINES:

Na základe komunikácie prevádzkovateľa s výrobcom motora, výrobca uviedol nasledovné (citácia):

„Po preštudovaní príslušných publikácií o údržbe spojených s motormi O-235-L2C neexistuje žiadny postup údržby, ktorý by odporúčal použitie dodatočnej tesniacej hmoty pri inštalácii valcov na motor.“

1.19 Spôsoby odborného vyšetrovania

Boli použité bežné spôsoby vyšetrovania.

2. ANALÝZA

2.1. Výsledky analýz-olej

Na základe analýzy akreditovaného pracoviska predmetného oleja podľa protokolu o skúške č. 010482/2023 sa zistilo, že viskozita oleja vyhovuje viskozitnej triede a obsah oderových kovov nepoukazuje na abnormálne opotrebenie.

Analýzou sa ďalej zistilo viacnásobné prekročenie obsahu Pb, ktoré však nemalo vplyv na činnosť pohonnej jednotky a pochádza z leteckého paliva.

2.2 Pohonná jednotka

Po vykonaní úplnej rozobierky pohonnej jednotky sa zistilo, že na kľukovej skrini sú mnohopočetné praskliny, ktorých veľkosť a počet vylučuje možnosť opravy.

2.3. Expertíza KEÚ PZ

Zo záverov znaleckého posudku KEÚ PZ č. PPZ-KEU-BA-EXP-2024/1042 vyplynuli nasledovné zistenia:

Skrutky boli poškodené únavovými lomami. Najpravdepodobnejšou príčinou poškodenia prvej skrutky únavovým lomom bolo jej nekorektné namáhanie v dôsledku nedovoleného

použitia prídavného tesniaceho materiálu v spoji, čo pri následnej degradácii tohto materiálu mohlo viesť k nekorektnému namáhaniu uvažovanej skrutky a k zníženiu jej medze únavy. Následné poškodzovanie susedných skrutiek bolo urýchlené aj z dôvodu ich čiastočného preťaženia, nakoľko museli prevziať aj pôvodné prevádzkové zaťaženie už poškodenej skrutky.

Pri nadmernom montážnom statickom predpätí skrutiek dochádza k posunu premenlivej zložky ich zaťaženia smerom nahor, čo môže viesť k zníženiu tzv. medze únavy. Aj nedostatočné predpätie skrutiek (či už montážne alebo vzniknuté s časovým odstupom z dôvodu použitia nevhodného tesnenia v spoji) môže viesť k vzniku mikrovôle v spoji a následne aj k nekorektnému zaťažovaniu skrutiek spoja spojené s poklesom ich medze únavy.

Praskliny kľukovej skrine zistené počas rozobierky motora vznikli ako následok nadmerných vibrácií.

2.4. Znalecký posudok organizácie Flugmotoren Dachsels GmbH

Akreditovaná organizácia potvrdila prítomnosť neznámeho tesniaceho materiálu v spoji medzi valcami a blokom motora. Jeho postupná degradácia viedla k vzniku vibrácií a následnému poškodeniu motora. Počas rozobierky motora ďalej zistila:

- Deštrukcia dvoch priebežných svorníkov valca č.2
- Deštrukcia dvoch upevňovacích skrutiek valca č.2
- Uvoľnené všetky matice na valcoch
- Korózia spôsobená trením na vnútorných styčných plochách kľukovej skrine
- Trhliny kľukovej skrine

Z Á V E R Y / Príčina vzniku leteckého incidentu

3.1 Zistenia

PIC/inštruktor

- mal platné kvalifikácie pre vykonávanie letov na danej kategórii lietadiel,
- mal platnú kvalifikáciu na vykonávanie inštruktorských letov.

Lietadlo

- pred letom podľa dostupnej dokumentácie spĺňalo podmienky letovej spôsobilosti,
- malo platnú dokumentáciu, bolo prevádzkovo spôsobilé a nevykazovalo žiadne poruchy pred vzletom,
- v palivovom systéme bolo dostatočné množstvo pohonných hmôt na vykonanie zamýšľaného letu.

Pohonná jednotka

- vznik nadmerných vibrácií bolo spôsobené pretrhnutím štyroch svorníkov valca č.2.. K pretrhnutiu svorníkov došlo z dôvodu nekorektného namáhania v dôsledku použitia dodatočného tesniaceho materiálu medzi valcom a blokom motora. Jeho postupnou degradáciou došlo k zmene namáhania jednotlivých svorníkov čo spôsobilo ich postupnú deštrukciu.

3.2 Príčina leteckého incidentu

Príčinou leteckého incidentu bol vznik nadmerných vibrácií pohonnej jednotky počas letu.

4. ODPORÚČANIA NA ZAISTENIE BEZPEČNOSTI

Záverečná správa z vyšetovania predmetného leteckého incidentu neobsahuje žiadne odporúčania.

V Bratislave, 18.06.2024