

Z Á V E R E Ć N Á S P R Á V A

o bezpečnostnom vyšetřovaní vážneho incidentu

lietadla typu	DA 20-A1
poznávacej značky	OM-KLL
dňa	07.09.2024



Ev.č.: **SKS2024004**

Bezpečnostné vyšetrovanie 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 vyšetrovaní a prevencii nehôd a incidentov v civilnom letectve, ktorými sa riadi vyšetrovanie leteckých nehôd a incidentov v civilnom letectve.

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

Výhradným cieľom bezpečnostného vyšetrovania 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 vyšetrovaniu 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

ARC	Osvedčenie letovej spôsobilosti (Airworthiness Review Certificate)
AMM	Prevádzkovo - technická príručka lietadla (Aircraft Maintenance Manual)
a.s.	akciová spoločnosť
BVK	Bezpečnostná vyšetrovacía komisia (Specialized Commision for Investigation of Causes of a particular Incident from Members of the Commision)
SR	Slovenská republika
RWY	Vzletová a pristávacía dráha (Runway)
LZTN	Kód ICAO pre letisko Trenčín
LZPP	Kód ICAO pre letisko Piešťany
UTC	Svetový koordinovaný čas (Co-ordinated Universal Time)
VFR	Pravidlá letu za viditeľnosti (Visual Flight Rules)
s.r.o.	Spoločnosť s ručením obmedzeným
ft	Stopa- jednotka dĺžky (Feet)
PIC	Veliteľ lietadla (Pilot in Command)
PPL(A)	Preukaz spôsobilosti súkromného pilota (Private Pilot License)
SEP(L)	Kvalifikácia jednomotorové piestové/pozemné (Single Engine Piston/ land)
LAPL	Preukaz spôsobilosti pilota ľahkých lietadiel (Light Aircraft Pilot License)
kg	Kilogram - jednotka hmotnosti
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)
TLSN	Celkový počet pristátí, ktoré vykonalo lietadlo výroby (Total Landing Since New)
OHV	Typ ventilového rozvodu piestového spaľovacieho motora (Overhead Valve)
Mhz	Megahertz - fyzikálna jednotka - frekvencia
m	Meter - jednotka dĺžky
°	Stupeň v geografii - určenie zemepisnej dĺžky, alebo zemepisnej šírky
'	Minúta v geografii - určenie zemepisnej dĺžky, alebo zemepisnej šírky
"	Sekunda v geografii - určenie zemepisnej dĺžky, alebo zemepisnej šírky
N	Označenie svetovej strany - sever (North)
E	Označenie svetovej strany - východ (East)
VPD	Vzletová a pristávacía dráha
NA	Nepoužitý/é (Not Applicable)
SAV v.v.i.	Slovenská akadémia vied verejno výskumná inštitúcia

P/N	Číselný kód zariadenia/ produktu/výrobku (Part Number)
PPN	Predná podvozková noha
h	Značka časovej jednotky hodina
min	Značka časovej jednotky minúta

A. ÚVOD

Typ lietadla:	DA 20-A1
Poznávacia značka:	OM-KLL
Prevádzkovateľ/Vlastník:	SEAGLE AIR - FTO s. r. o./SEAGLE AIR - FTO s. r. o.
Typ prevádzky:	všeobecné letectvo/športové a rekreačné lietanie
Miesto vzletu:	LZTN
Fáza letu:	rozjazd
Miesto udalosti:	RWY03
Dátum a čas udalosti:	07.09.2024/08:53 h

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

B. INFORMATÍVNY PREHĽAD

Dňa 07.09.2024 došlo počas rozjazdu z RWY03 ku kolapsu prednej podvozkovej nohy lietadla DA-20 reg.č. OM-KLL. Dve osoby nachádzajúce sa na palube opustili lietadlo bez zranení.

Na vyšetrenie príčin vzniku predmetnej udalosti bola ustanovená BVK:
predseda BVK
člen BVK
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 07.09.2024 vykonával PIC letovú činnosť z letiska LZTN. PIC roloval od hangára spoločnosti SEAGLE AIR - FTO s. r. o. späť po RWY 03L na vzlet. V čase 08:53 h zahájil vzlet z RWY 03L. Po nastavení plného výkonu sa lietadlo rozbehlo a asi po 150 m PIC zaregistroval silnú ranu prichádzajúcu z priestoru predného podvozku. Po zaregistrovaní tejto rany začal predok lietadla klesať s následným stretom vrtuľových listov s povrchom, čo spôsobilo deštrukciu vrtuľových listov a násilné zastavenie motora. Lietadlo zastavilo na dráhe opreté prednou spodnou časťou trupu o povrch RWY. K poškodeniu hlavného podvozku počas udalosti nedošlo. Pilot vykonal povinné úkony - zavrel palivo, vypol elektroniku a spolu s pasažierom lietadlo opustil bez zranení. Vážny incident bol telefonicky ohlásený Leteckému a námornému vyšetrovaciemu útvaru a Policajnému zboru SR. Bezprostredne po vzniku vážneho incidentu vykonal príslušníci PZ dychovú skúšku na prítomnosť alkoholu u pilota s negatívnym výsledkom.

PIC a ani pasažier neutrpeli žiadne zranenia.

Lietadlo bolo po vážnom incidente poškodené vo veľkom rozsahu.

Denná doba: Deň
Pravidlá letu: VFR

1.2 Zranenia osôb

Zranenie	Posádka	Cestujúci	Ostatné osoby
Smrteľné	-	-	-
Vážne	-	-	-
Ľahké zranenia	-	-	-
Bez zranení	1	1	

1.3 Poškodenie lietadla

Lietadlo bolo pri vážnom incidente poškodené následkom dotyku prednej spodnej časti trupu s povrchom RWY, z dôvodu kolapsu prednej podvozkovej nohy. BVK vykonala zadokumentovanie nasledovných poškodení lietadla:

- Deštrukcia listov vrtule ako následok ich dotyku s povrchom



- Ulomenie - úplné oddelenie stojiny prednej podvozkovkej nohy. BVK na mieste udalosti zaistila jednotlivé spojovacie elementy fixujúce koleso prednej podvozkovkej nohy k oske - maticu so zaistovacím kolíkom ulomenú zo skrutky fixovania kolesa ako aj vymedzovacie podložky spoja kolesa s oskou.





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

PIC:

Občan SR, vek 22 rokov,
Držiteľ preukazu spôsobilosti letovej posádky PPL(A), ktorý vydal Dopravný úrad dňa 27.06.2023.

Kvalifikácie:

SEP(L)	s vyznačenou platnosťou do 30.06.2025
Nočné lety	bez vyznačenia platnosti

Osvedčenie zdravotnej spôsobilosti:

1. triedy	s vyznačenou platnosťou do 01.03.2026
2. triedy	s vyznačenou platnosťou do 01.03.2030
LAPL	s vyznačenou platnosťou do 01.03.2030

Všeobecné osvedčenie rádiotelefonistu leteckej pohyblivej služby :

- vydal Úrad pre reguláciu elektronických komunikácií a poštových služieb dňa 11.06.2019.

Letové skúsenosti:

Údaje o nálete hodín:

Celkom:	94:55 h
Za posledných 24 h:	00:00 h
Za posledných 30 dní:	02:15 h
Za posledných 90 dní:	12:35 h

Na type:

Za posledných 24 h:	00:00 h
Za posledných 30 dní:	02:15 h
Za posledných 90 dní:	07:50 h

1.6 Informácie o lietadle

DA-20 je jednomotorový, dvojsedadlový, dolnoplošník s chvostovými plochami tvaru „T“, s trojbodovým pevným podvozkom určený primárne na letecký výcvik a rekreačné lietanie. Kompozitný trup je vyrobený z plastu, ktorý je vystužený sklenenými a uhlíkovými vláknami. Krídla lietadla sa dajú jednoducho oddeliť od jednodielného trupu čo umožňuje jednoduchú prepravu ako aj napomáha pri údržbe. Riadiace plochy lietadla sú ovládané mechanicky sústavou tiahel a lanových prevodov. Sedadlá pilota a pasažiera sú situované vedľa seba. Pohonnú sústavu lietadla tvorí motor Rotax 912F3 a vrtuľa HO-V352F/170FQ. Maximálna vzletová hmotnosť lietadla je 730 kg.

Typ:	DA 20-A1
Výrobca:	Diamond Aircraft Industries Inc. Canada
Poznávacia značka:	OM-KLL
Výrobné číslo:	10.212
Rok výroby:	1996

Osvedčenie o zápise do registra lietadiel č. 1430/01, vydal Dopravný Úrad dňa 05.08.2020.

Osvedčenie o overení letovej spôsobilosti (ARC) č. 1430/02, vydal SEAGLE AIR - FTO s. r. o. dňa 30.08.2023 s vyznačenou platnosťou do 06.11.2024.

Povolenie lietadlovej stanice č. 2010791110 vydal Úrad pre reguláciu elektronických komunikácií a poštových služieb dňa 08.07.2020 s vyznačenou platnosťou do 31.12.2025.

Zákonné poistenie: ČSOB Pojišťovna a.s., Masarykovo náměstí 1458, 530 02 Pardubice, Česká republika č. 8079729917 s vyznačenou platnosťou do 12.11.2024.

Posledné vykonané práce:

11.08.2024 200-h prehliadka draku, motora a 100-hodinová prehliadka vrtule vykonaná podľa MP-DA20A1, zm.4 (AMM DA20 r16, Eng. MML ED4R1, Hoff Oand MM r0) s vyznačenou platnosťou do 8/25 alebo do dosiahnutia náletu draku 6500±10 h.

TSN	6400 h 30 min
TSO	392 h 55 min

Celkový nálet ku dňu udalosti:

TSN	6463 h 15 min
TLSN	17 836

Pohonná jednotka:

Rotax 912 F3 je štvortaktný motor s protiľahlými valcami s centrálnym vačkovým hriadeľom a rozvodom OHV. Chladenie je kombinované, kvapalinou chladené hlavy valcov a vzduchom chladené valce. Mazanie so suchou skriňou. Zapaľovanie je dvojité bezkontaktné kondenzátorové. Motor je vybavený elektrickým štartérom, generátorom striedavého prúdu a mechanickým palivovým čerpadlom. Pohon vrtule je realizovaný integrovaným reduktorom s mechanickým tlmením kmitov.

Výrobca:	Rotax Aircraft Engines (Rakúsko)
Typ / model:	Rotax 912 F3
Výrobné číslo:	4.413.176

Posledné vykonané práce:

11.08.2024 200 h prehliadka draku a 100 h prehliadka motora vykonaná podľa MP-DA20A1, zm.4 (AMM DA20 r16, Eng. MML ED4R1, Hoff Oand MM r0) s vyznačenou platnosťou do 8/25 alebo do dosiahnutia náletu 1600±10 h.

TSN	1400 h 30 min
TSO	N/A

Vrtuľová jednotka:

HO-V352 je dvojlistá, jednočinná, plne hydraulicky ovládaná ťažná vrtuľa s konštantou rýchlosťou. Udržiavanie konštantných otáčok vrtule zabezpečuje regulátor vrtule ovládaný tlakovým olejom.

Výrobca:	HOFFMANN GmbH
Typ:	HO-V352F/170FQ
Výrobné číslo:	H453A/C/E

Posledné vykonané práce:

11.08.2024 100 h prehliadka vrtule vykonaná podľa MP-DA20A1, zm.4 (AMM DA20 r16, Eng. MML ED4R1, Hoff Oand MM r0) s vyznačenou platnosťou do 8/25 alebo do dosiahnutia náletu 593±10 h.

TSN	N/A
TSO	493 h 25 min

1.7 Meteorologická situácia

Metar - LZPP:

- LZPP 070830Z 14012KT CAVOK 27/14 Q1017
- LZPP 070900Z 14012KT CAVOK 27/14 Q1017

1.8 Navigačné zariadenia

Lietadlo bolo vybavené a schválené pre lety VFR.

1.9 Spojenie

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

1.10 Informácie o letisku

LZTN	neverejné vnútroštátne letisko
Zemepisný smer VPD:	040°/220°, 030°/210°
Označenie VPD:	04/22, 03/21
Povrch letiska:	betón/tráva
Druh prevádzky:	VFR deň
Frekvencia:	132,015 Mhz
Vzťažný bod letiska:	48° 51' 51,00" N, 017° 59' 32,00" E
Nadmorská výška:	206 m/676 ft
Rozmery VPD:	
04/22	2000x30 m/betón
03L/21R	970x70 m/tráva
03R/21L	970x70 m/tráva

LZTN TREŇČÍN ARP 485151N 0175932E				676 ft (206 m)				FIC 124.300			
TREŇČÍN PREVÁDZKA 132.015				TREŇČÍN PREVÁDZKA 119.175 (náhradná)							
RWY		03L/21R	03R/21L	04/22		2 000 m					
VFR defn		Výška na okruhu: 1 000 ft (300 m) AGL		MON-FRI 0700-1200 (0600-1100)				+421/32/656 52 55 +421/32/656 52 18 Letecké opravovne Trenčín, a. s. Legionárska 160 911 04 TREŇČÍN twr@lotn.sk			
		Neverejné Vnútroštátne									

LZTN TREŇČÍN							
ARP 485151N 0175932E			676 ft (206 m)				
TREŇČÍN PREVÁDZKA							
132.015							
RWY	MAG smer	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)	LDA (m)	Únosnosť	
03L	027°	970	1 030	1 000	1 000	6 700 kg/0,7 MPa	
21R	207°	1 000	1 100	1 000	970	6 700 kg/0,7 MPa	
03R	027°	970	1 030	1 000	1 000	6 700 kg/0,7 MPa	
21L	207°	1 000	1 100	1 000	970	6 700 kg/0,7 MPa	
04	038°	1 425	1 425	2 000	1 255	36/R/B/W/T	
22	218°	1 425	1 425	2 000	1 255	36/R/B/W/T	

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 táto výbava povinná.

1.12 Informácia o dopade a troskách

Neuvádza sa.

1.13 Lekárske a patologické nálezy

Neuvádza sa.

1.14 Požiar

Pri vážnom incidente požiar nevznikol.

1.15 Aspekty prežitia

Pátráciu a záchrannú akciu nebolo nutné vykonať.

1.16 Testy a výskum

1.16.1

BVK oslovila Ústav materiálového výskumu SAV, v.v.i. za účelom vykonania technickej expertízy na stanovenie príčin deštrukcie skrutky prednej podvozkovej nohy. V rámci expertízy sa špecialisti Ústavu materiálového výskumu SAV, v.v.i. zamerali na nasledujúce analýzy:

- chemická prvková analýza,
- makroštruktúra hlbokým leptaním,
- fraktografia lomovej plochy a okolia lomu,
- analýza mikroštruktúry technikou svetelnej mikroskopie,
- meranie tvrdosti,
- meranie tvrdosti mikrotvrdosti.

Za účelom vykonania vyššie spomenutej expertízy odovzdala BVK špecialistom prednú podvozkovú nohu P/N 20-3220-02-00_1 ako aj časť odlomenej skrutky spolu s maticou.

1.16.2

BVK sa zamerala na rozsah predpísaných prác podľa AMM s dôrazom na kontrolu elementov prednej podvozkovej nohy.

1.17 Informácie o organizáciách a riadení

PIC vykonával letovú činnosť v súlade s leteckými predpismi, ktoré sú platné na území Slovenskej republiky a podľa pravidiel prevádzkovej príručky LZTN.

1.18 Doplnkové informácie

Neuvádza sa.

1.19 Spôsoby odborného vyšetrovania

Boli použité bežné spôsoby vyšetrovania.

1. ANALÝZA

2.1.1 Výsledky analýzy Ústavu materiálového výskumu SAV Expertízna správa HZ č. 11/2024:

1. Vstupné informácie

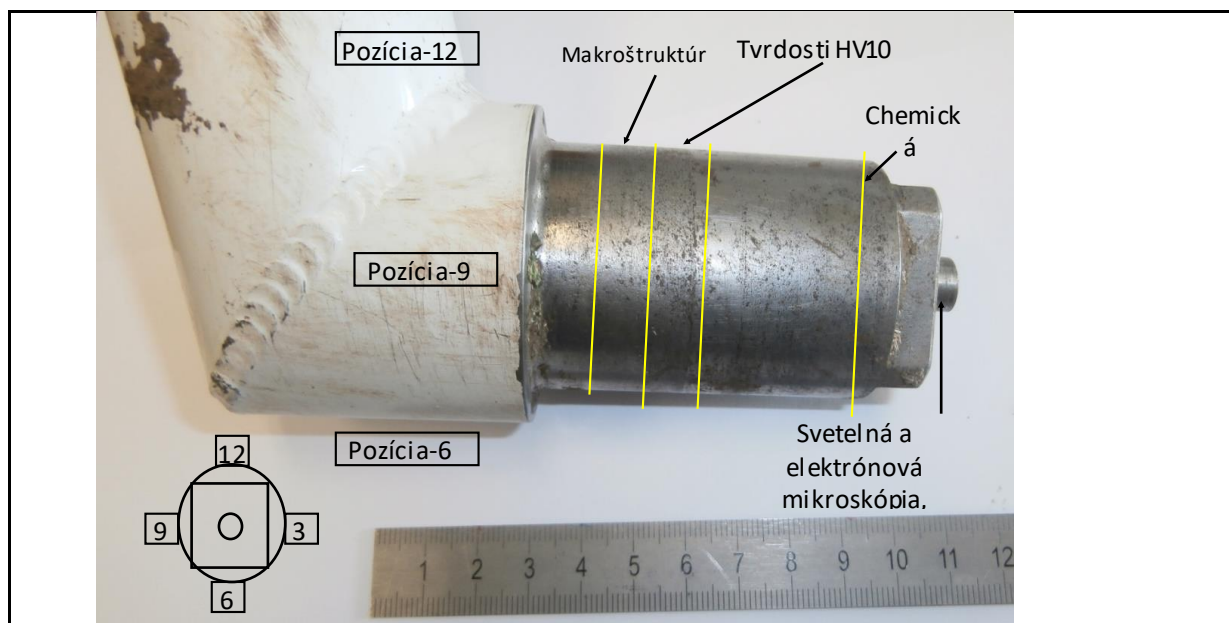
V novembri 2024 bola na základe objednávky č. 7265/SL Ministerstva dopravy SR vykonaná na Ústave materiálového výskumu SAV v.v.i. v Košiciach analýza zlomenej skrutky PPN DA-20, OM-KLL. Analýza bola vykonaná na fragmentoch ulomenej skrutky lietadla PPN DA-20 OM-KLL.

2. Cieľ expertízy

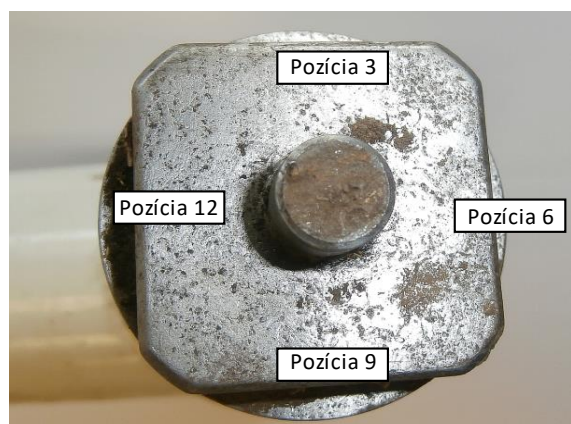
Vykonať analýzu zlomenej skrutky PPN DA-20, OM-KLL.

3. Experimentálne metódy

Povrch dodaných fragmentov skrutiek bol kontrolovaný stereolupou pri zväčšení 10x a 20x (dno, boky a chrbát závitového profilu). Po tejto vstupnej kontrole boli vybraté fragmenty skrutky pre analýzy, z ktorých boli elektroiskrovým obrábaním odobraté vzorky pre identifikáciu jej mikroštruktúry a stanovenie chemického prvkového zloženia, meranie tvrdosti a mikrotvrdosti. Odber vzoriek a ich orientácia vzhľadom na podvozok lietadla bol podľa schémy (Obr.1). Orientácia lomovej plochy fragmentov skrutky "S1" a "S2" vzhľadom na podvozok je na obr.2 a obr.3.



Obr. 1. Miesta odberu vzoriek. Orientácia odbemých miest pre analýzu porušenia celistvosti časti skrutky kola podvozku lietadla PPN DA-20, OM-KLL. Pozícia 12 – orientácia smerom hore, pozícia 6 – miesto kontaktu s terénom



Obr.2. Fragment skrutky na časti podvozku ozn. „S2“ a orientácia vzhľadom na podvozok



Obr.3. Ulomený fragment skrutky z podvozku ozn. „S1“ a orientácia vzhľadom na podvozok

Makroštruktúra bola vykonaná podľa metodiky ASTM E 381. Na prípravu leptadla pre leptanie makroštruktúry bola použitá kyselina chlorovodíková $p=1,19 \text{ g/cm}^3$ riedená vodou v pomere 1:1. Celkový povrch jednej vzorky určenej na leptanie bol cca 250 cm^2 . Na leptanie vzorky v sklenenej kadičke s výlevkou objemu 10 l bolo použité leptadlo v množstve 1500 cm^3 . Vzorka bola pred leptaním odmastená v acetóne a ohriata vo vzduchovej sušičke s cirkuláciou atmosféry na teplotu leptania 60°C . Doba ohrevu vzorky vo vzduchovej sušičke bola 30 minút. V kadičke s výlevkou bolo ohriate leptadlo v množstve 1500 cm^3 na teplotu leptania 60°C . Po ohriatí vzorky vo vzduchovej sušičke na požadovanú teplotu bola vzorka vložená do leptadla teploty 60°C vo zvislej polohe, tak aby nedošlo k usadeniu splodín leptania na skúšaný povrch vzorky. Doba leptania bola 20 minút. Po skončení leptania bola vzorka vybratá z leptadla, opláchnutá prúdom vody a etylalkoholom. Makroštruktúra odobratej vzorky bola dokumentovaná digitálnym fotoaparátom Nikon v režime makro a celý povrch vzorky bol kontrolovaný stereomikroskopom Nikon SMZ 2T. Vzorky pre kontrolu mikroštruktúry boli preparované v dentacryle, brúsené na brúsnych papieroch zrnitosti 240, 400, 600 a 800, zvlhčovaných vodou, leštené diamantovou pastou, zrnitosti 1/0 na saténe zvlhčované petrolejom, umývané a opláchnuté benzínalkoholom. Pre účely expertízy bola použitá experimentálna technika svetelnej mikroskopie: inverzný metalografický mikroskop

Olympus CX71 s kamerou Olympus DP12. U mikroskopu Olympus CX71 bolo využité príslušenstvo pre pozorovanie v polarizovanom svetle a pomocou diferenciálneho interferenčného kontrastu. Vzorky boli pred pozorovaním očistené v metanole v ultrazvuku.

Detailné informácie týkajúce sa stavu závitovej plochy fragmentov skrutiek a lomových plôch fragmentov "S1" a "S2" boli získané skenovacou elektrónovou mikroskópiou (SEM). Pre tieto účely bol použitý skenovací elektrónový mikroskop (SEM) Tescan s EDX mikroanalytickou jednotkou. Detailná analýza mikroštruktúry materiálu fragmentov skrutiek bola vykonaná skenovacím elektrónovým mikroskopom Jeol 7000F pri urýchľovacom napätí 20 kV, s digitálnym akvizítorom obrazu a EDX mikroanalytickou jednotkou.

Chemické prvkové zloženie bolo stanovené metódou emisnej spektroskopie (OES, Thermo ARL, Lausanne, Switzerland). Boli akreditované skúšobné metódy v zmysle STN EN ISO 17 025 v skúšobnom kvantometrickom laboratóriu U.S. Steel Labortest-skúšobné laboratória.

Konvenčné meranie tvrdosti metódou Vickers HV30 bolo vykonané tvrdomerom Vickers 432 SVD (Wolpert Wilson Instruments, division of Instron Deutschland GmbH, Aachen, Germany), pri zaťažení 10 kp (98.0665 N) pri dobe pôsobenia záťaže 10 sekúnd.

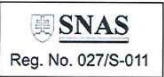
Kontrola mikrotvrdosti závitov bola vykonaná meraním mikrotvrdosti mikrotvrdomerom WILSON-WOLPERT Tukon 1102 (Buehler ITW Co, Lake Bluff, IL, USA) podľa ISO 6507-1:2018 standard s diamantovým indenterom Vickers, pri záťaži 100 gf a dobou záťaže 15 sekúnd pre každý meraný vtlačok indentora. Tvrdosť bola stanovená v zmysle STN EN ISO 46507-1.

4. Výsledky

4.1 Chemická analýza

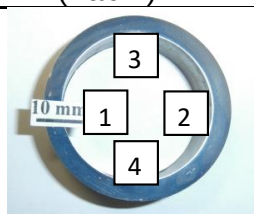
Chemická prvková analýza bola vykonaná na vzorke odobratej podľa schémy na obr.1. Odborné miesto je z fragmentov skrutky "S2" a "S1". Výsledky analýzy sú v Tab.1.

Tab.1. Chemická prvková analýza materiálu časti skrutky "S2"

 U. S. Steel Košice, s.r.o. A Subsidiary of United States Steel GM pre skúšobné laboratória Kvantometrické laboratórium 044 54 Košice Kvantometrické laboratórium je akreditované SNAS na skúšanie, osvedčenie o akreditácii č. S - 011, ktoré je miestom výkonu laboratórnych činností.	  Reg. No. 027/S-011																																																																																																																																																																								
PROTOKOL O SKÚŠKACH																																																																																																																																																																									
Číslo protokolu : 109190/2024 Počet strán : 1/1 Dátum vystavenia protokolu : 12.11.2024 Názov a adresa zákazníka : ÚMV SAV : Watsonová 47,040 01 Košice Číslo objednávky : ÚMV 239/24/M Číslo požiadavky : Interné ID predmetu skúšania : S02776654000 Označenie predmetu skúšania : P/N20322002001 Označenie predmetu skúšania 2 : P/N 20-3220-02-00 1	Identifikátor : Ocel Identifikácia predmetu skúšania : Ocel Druh : Dátum prevzatia predmetu skúšania : 12.11.2024 08:59:55 Odber vzoriek vykonal zákazník. Dátum vykonania skúšky : 12.11.2024 09:39:10																																																																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Parameter</th> <th>Výsledok skúšky</th> <th>U</th> <th>Jednotka</th> <th>Metóda</th> <th>Norma/Postup</th> <th>a/n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Mn</td><td>0.445</td><td>±0.010</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>Si</td><td>0.218</td><td>±0.010</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>P</td><td>0.009</td><td>±0.002</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>Al</td><td>0.024</td><td>±0.003</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>0.076</td><td>±0.005</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>0.083</td><td>±0.005</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>Cr</td><td>0.918</td><td>±0.026</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>As</td><td>0.002</td><td>±0.001</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>0.001</td><td>±0.001</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>V</td><td>0.003</td><td>±0.001</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>Nb</td><td>0.002</td><td>±0.002</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>Mo</td><td>0.174</td><td>±0.009</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>Co</td><td>0.004</td><td>±0.001</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>Sn</td><td>0.010</td><td>±0.002</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>Sb</td><td><0.002</td><td>-----</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>B</td><td><0.0002</td><td>-----</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>Ca</td><td><0.0002</td><td>-----</td><td>%</td><td>AES</td><td>ASTM E 415-21</td><td>a</td></tr> <tr><td>N₂</td><td>0.0067</td><td>±0.0007</td><td>%</td><td>TC</td><td>ASTM E 1019-24</td><td>a</td></tr> <tr><td>O₂</td><td>0.0046</td><td>±0.0008</td><td>%</td><td>IČ absorpcia</td><td>ASTM E 1019-24</td><td>a</td></tr> <tr><td>C</td><td>0.295</td><td>±0.008</td><td>%</td><td>IČ absorpcia</td><td>ASTM E 1019-24</td><td>a</td></tr> <tr><td>S</td><td>0.012</td><td>±0.002</td><td>%</td><td>IČ absorpcia</td><td>ASTM E 1019-24</td><td>a</td></tr> <tr><td>Pcm</td><td>0.389</td><td>-----</td><td>%</td><td>výpočet</td><td>API/ ISO 3183</td><td>n</td></tr> <tr><td>CEV</td><td>0.599</td><td>-----</td><td>%</td><td>výpočet</td><td>API/ ISO 3183</td><td>n</td></tr> </tbody> </table>		Parameter	Výsledok skúšky	U	Jednotka	Metóda	Norma/Postup	a/n	Mn	0.445	±0.010	%	AES	ASTM E 415-21	a	Si	0.218	±0.010	%	AES	ASTM E 415-21	a	P	0.009	±0.002	%	AES	ASTM E 415-21	a	Al	0.024	±0.003	%	AES	ASTM E 415-21	a	Cu	0.076	±0.005	%	AES	ASTM E 415-21	a	Ni	0.083	±0.005	%	AES	ASTM E 415-21	a	Cr	0.918	±0.026	%	AES	ASTM E 415-21	a	As	0.002	±0.001	%	AES	ASTM E 415-21	a	Ti	0.001	±0.001	%	AES	ASTM E 415-21	a	V	0.003	±0.001	%	AES	ASTM E 415-21	a	Nb	0.002	±0.002	%	AES	ASTM E 415-21	a	Mo	0.174	±0.009	%	AES	ASTM E 415-21	a	Co	0.004	±0.001	%	AES	ASTM E 415-21	a	Sn	0.010	±0.002	%	AES	ASTM E 415-21	a	Sb	<0.002	-----	%	AES	ASTM E 415-21	a	B	<0.0002	-----	%	AES	ASTM E 415-21	a	Ca	<0.0002	-----	%	AES	ASTM E 415-21	a	N ₂	0.0067	±0.0007	%	TC	ASTM E 1019-24	a	O ₂	0.0046	±0.0008	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019-24	a	C	0.295	±0.008	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019-24	a	S	0.012	±0.002	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019-24	a	Pcm	0.389	-----	%	výpočet	API/ ISO 3183	n	CEV	0.599	-----	%	výpočet	API/ ISO 3183	n
Parameter	Výsledok skúšky	U	Jednotka	Metóda	Norma/Postup	a/n																																																																																																																																																																			
Mn	0.445	±0.010	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
Si	0.218	±0.010	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
P	0.009	±0.002	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
Al	0.024	±0.003	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
Cu	0.076	±0.005	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
Ni	0.083	±0.005	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
Cr	0.918	±0.026	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
As	0.002	±0.001	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
Ti	0.001	±0.001	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
V	0.003	±0.001	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
Nb	0.002	±0.002	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
Mo	0.174	±0.009	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
Co	0.004	±0.001	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
Sn	0.010	±0.002	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
Sb	<0.002	-----	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
B	<0.0002	-----	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
Ca	<0.0002	-----	%	AES	ASTM E 415-21	a																																																																																																																																																																			
N ₂	0.0067	±0.0007	%	TC	ASTM E 1019-24	a																																																																																																																																																																			
O ₂	0.0046	±0.0008	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019-24	a																																																																																																																																																																			
C	0.295	±0.008	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019-24	a																																																																																																																																																																			
S	0.012	±0.002	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019-24	a																																																																																																																																																																			
Pcm	0.389	-----	%	výpočet	API/ ISO 3183	n																																																																																																																																																																			
CEV	0.599	-----	%	výpočet	API/ ISO 3183	n																																																																																																																																																																			
Vyhlásenie: Výsledky skúšok sa vzťahujú iba na predmety skúšania podľa vyššie uvedeného označenia. Protokol môže byť reprodukováný len celý, jeho časť len s písomným súhlasom Kvantometrického laboratória. Uvádzaná rozšírená neistota (U) vychádza z kombinovanej štandardnej neistoty, ktorá je vynásobená faktorom po ktorý poskytuje úroveň spoľahlivosti približne 95%. Poznámky (doplňky, výnimky, nedostatky a pod.): Meno, funkcia a podpis osoby zodpovednej za technickú stránku protokolu Meno, funkcia a podpis osoby schvaľujúcej protokol:																																																																																																																																																																									
F-PK/GMSL/KL-01/23-01-E10 ***																																																																																																																																																																									

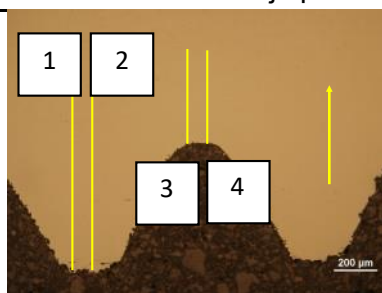
4.2 Tvrdosť

Kontrola tvrdosti bola vykonaná na vzorke odobratej podľa schémy na obr.1 a podľa metodiky STN EN ISO 6507-1. Bola kontrolovaná tvrdosť HV10/15 na výbrusoch kolmých na os skrutky (Tab.2).

	Tab. 2. Kontrola tvrdosti HV10/15				
	Miesto merania	1	2	3	4
	Average	182,8	182,7	180,0	180,0
	StDev	2,87	2,31	2,00	5,29
	Max	186	184	182	184
	Min	179	180	178	174

Po celom priereze časti podvozku súvisiacej so skrutkou bola tvrdosť od 174 do 186 HV10/15.

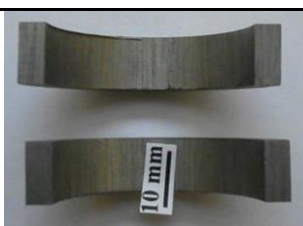
Tab. 3. Kontrola mikrotvrdosti HV0,1

Vzdialenosť od okraja profilu a dna závitu		Miesto merania			
	[mm]	1- Závit	2- Závit	3- Dno závit	4- Dno závit
	0,00	156	163	182	185
	0,15	151	245	240	202
	0,30	150	176	237	182
	0,45	140	161	157	180
	0,60	174	156	160	181
	0,75	223	204	166	221
	0,90	162	161	191	212
	Average	165,1	180,9	190,4	194,7
	StDev	27,63	32,66	34,97	16,85
	Max	240	223	221	245
	Min	157	140	180	156

Mikrotvrdosť profilu závit a oblasti dna závit bola od 140 do 245 jednotiek HV0.1. Mikrotvrdosť HV0.1. bola meraná v profile závit a v oblasti dna závit v pozícii 6. Cieľom bolo identifikovať lokálne spevnené zóny, ktoré by súviseli s lomom skrutky. V oblasti dna závit nebolo namerané lokálne spevnenie materiálu skrutky (Tab.3).

4.3 Makroštruktúra

Kontrola makroštruktúry bola vykonaná podľa ASTM E 381 na vzorke odobratej z časti podvozku Ø40x4mm podľa schémy odberu vzoriek (Obr.1).

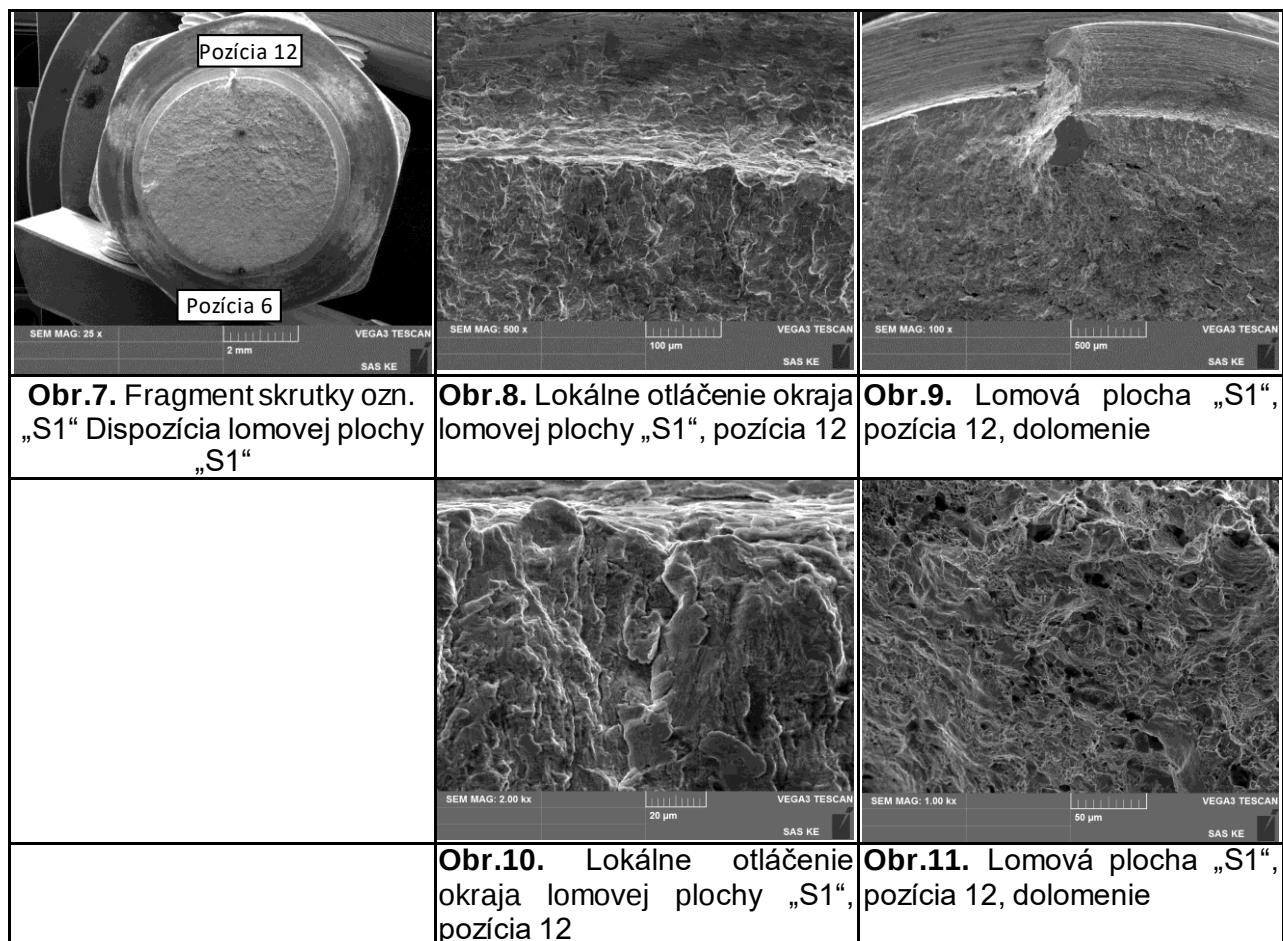
			
Obr.3 Vnútorný povrch po morení v 15% HCl/60°C/20'	Obr. 4. Vonkajší povrch po morení v 15% HCl/60°C/20'	Obr.5 Makrolept v smere osi trubkovej časti Ø 40x4mm	Obr.6 Makrolept kolmo na smer osi trubkovej časti Ø40x4mm

Pri vizuálnej kontrole po morení neboli na povrchu prítomné defekty typu trhlín a závalkov. Na pozdĺžnom reze vzorky neboli pri vizuálnej kontrole prítomné defekty typu závalkov, pórov, vločiek a cudzorodých kovových a nekovových inklúzií (Obr.3 až Obr.6)

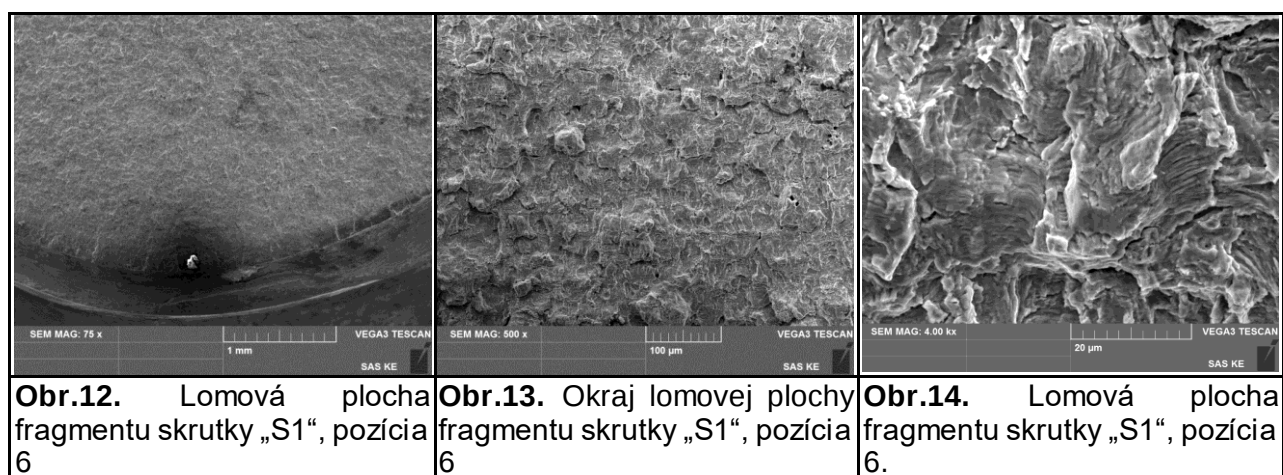
4.4 Lomová plocha

4.4.1 Fragment skrutky „S1“

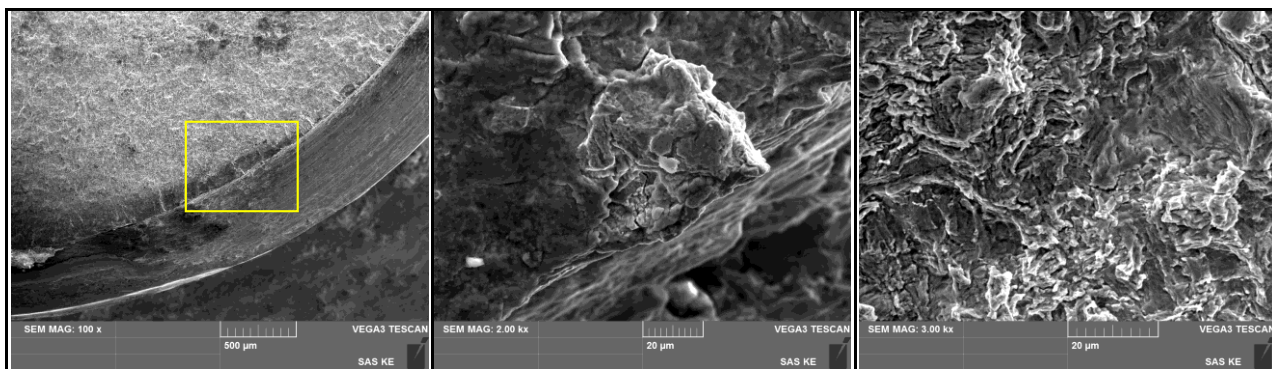
Pred analýzou mikroštruktúry povrchových a podpovrchových oblastí fragmentov skrutky „S1“ (Obr.7) a „S2“ bola urobená fraktografická analýza lomovej plochy fragmentov „S1“ a „S2“.



V pozícii 12 fragmentu skrutky „S1“ bola lokálne otláčenie okraja lomovej plochy (Obr.7 až Obr.11).



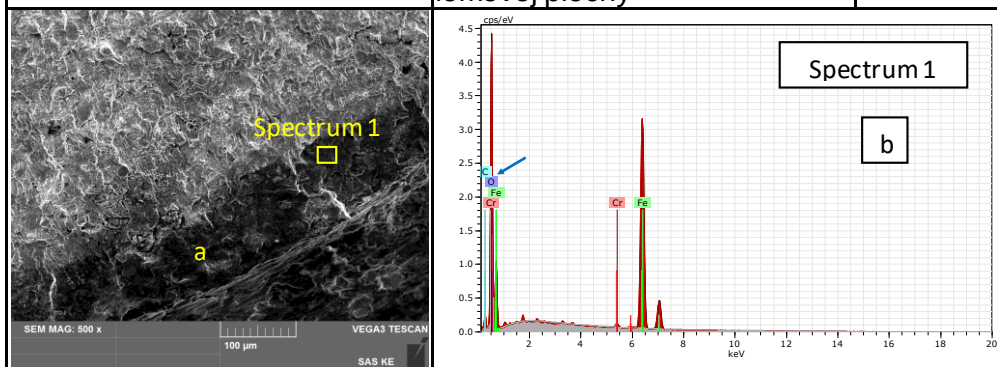
V pozícii 6 fragmentu skrutky „S1“ boli nájdené postupové čiary (striacie) a sekundárne trhliny (Obr. 12 až Obr.14).



Obr.15. Lomová plocha fragmentu skrutky „S1“; miesto medzi pozíciou 3 a pozíciou 6

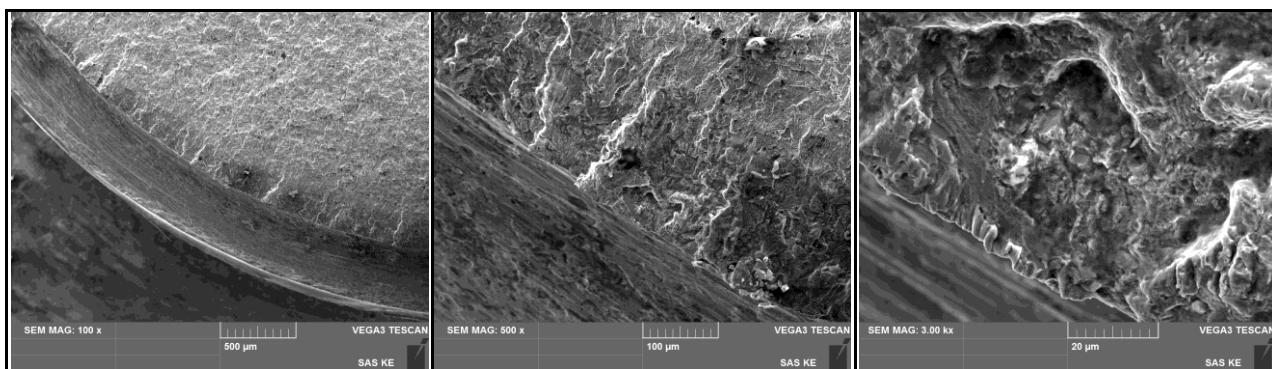
Obr.16. Okraj lomovej plochy fragmentu skrutky „S1“; miesto medzi pozíciou 3 a pozíciou 6; oxidy na povrchu okraja lomovej plochy

Obr.17. Lomová plocha fragmentu skrutky „S1“; miesto medzi pozíciou 3 a pozíciou 6; únavový lom (striacie)



Obr.18. a) oxidovaný okraj lomovej plochy fragmentu skrutky „S1“, miesto medzi pozíciou 3 a pozíciou 6; b). kvalitatívna EDX mikroanalýza okraja lomovej plochy

Medzi pozíciou 3 a pozíciou 6 na lomovej ploche fragmentu skrutky "S1" bola nesúvislá oxidovaná plocha (Obr.15 až Obr.18). Bola vykonaná kvalitatívna EDX mikroanalýza okraja časti lomovej plochy medzi pozíciou 3 a pozíciou 6. Na tejto ploche bola, okrem legúr matrice skrutky, detekovaná prítomnosť kyslíka (Obr.18 b). V tejto oblasti došlo k iniciácii únavového lomu, t.j. únavový lom bol iniciovaný v okolí pozície 6.



Obr.19. Lomová plocha fragmentu skrutky „S1“; miesto medzi pozíciou 9 a pozíciou 6

Obr.20. Okraj lomovej plochy fragmentu skrutky „S1“; miesto medzi pozíciou 9 a pozíciou 6; únavový lom (striacie) a sekundárne trhliny

Obr.21. Lomová plocha fragmentu skrutky „S1“; miesto medzi pozíciou 9 a pozíciou 6; detail okraja lomu

Medzi pozíciou 9 a pozíciou 6 na lomovej ploche fragmentu skrutky "S1" bola oblasť iniciácie únavového lomu. Únavové trhliny boli iniciované z viacerých miest dna závitú (Obr.19 až Obr.21).

Obr.22. Lomová plocha fragmentu skrutky „S1“; pozícia 9	Obr.23. Lomová plocha fragmentu skrutky „S1“; pozícia 9; sekundárne trhliny	Obr.24. Lomová plocha fragmentu skrutky „S1“; pozícia 9; otláčenie lomovej plochy, nevýrazné postupové čiary (striácie) a sekundárne trhliny

V pozícii 9 bolo postupné šírenie únavovej trhliny z miesta iniciácie (z okolia pozície 6). (Obr.22 až Obr.24)

Obr.25. Lomová plocha fragmentu skrutky „S1“ v 1/3 priemeru skrutky	Obr.26. Lomová plocha fragmentu skrutky „S1“ v 1/3 priemeru; únavový lom (striácie) a sekundárne trhliny	Obr.27. Detail obr.26, únavový lom (striácie) a sekundárne trhliny

V 1/3 priemeru skrutky bol lom únavový. Morfológicky boli na lome prítomné striácie a sekundárne trhliny (Obr.25 až Obr. 27).

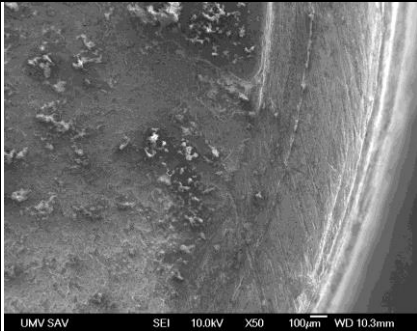
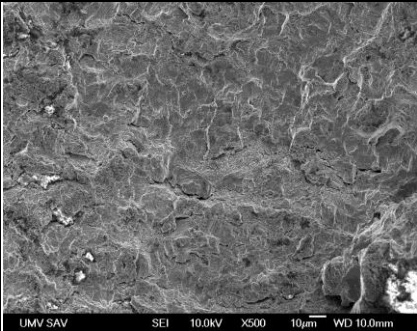
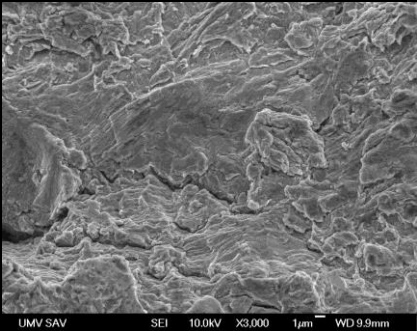
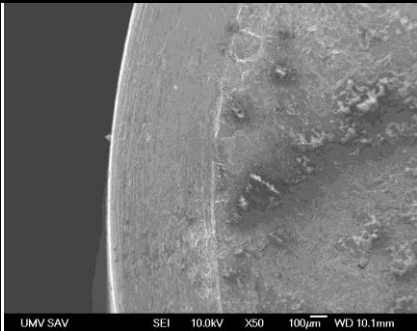
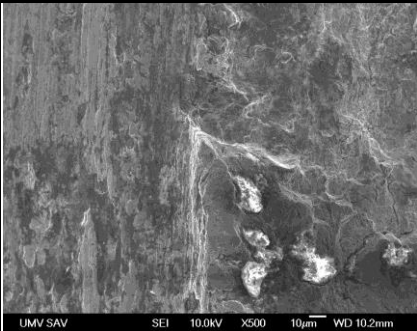
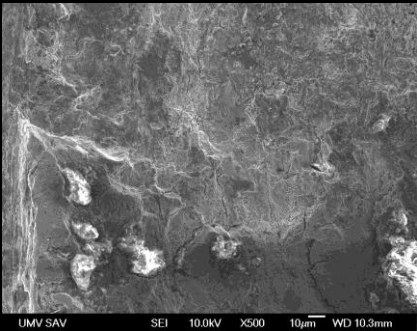
4.4.2 Fragment skrutky „S2“

Fragment skrutky označenej ako “S2” bol na časti poškodeného podvozku.

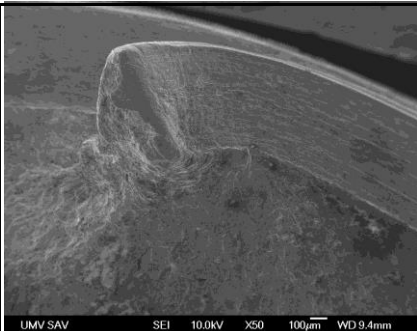
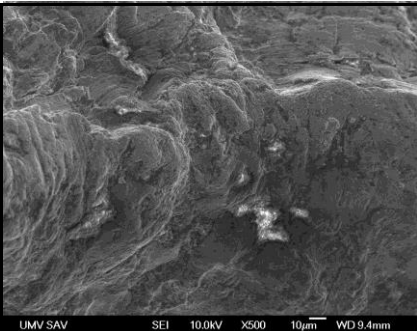
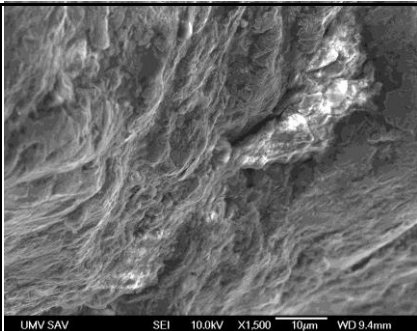
Obr.28. Lomová plocha fragmentu skrutky „S2“ v pozícii 6	Obr.29. Lomová plocha fragmentu skrutky „S2“ v pozícii 6; únavový lom (striácie) a	Obr.30. Lomová plocha fragmentu skrutky „S2“ v pozícii 6; únavový lom (striácie) a

	sekundárne trhliny	sekundárne trhliny
--	--------------------	--------------------

Fraktografická analýza poskytla detailnejší pohľad na vznik a rozvoj poruchy podvozku. V pozícii 6 boli na lomovej ploche znaky únavového porušenia ako striacie a sekundárne trhliny (Obr.28 až Obr.30). Iniciácia únavového lomu bola z oblasti dna závitu.

		
Obr.31. Lomová plocha fragmentu skrutky „S2“; pozícia 3	Obr.32. Lomová plocha fragmentu skrutky „S2“; pozícia 3; únavový lom (striacie) a sekundárne trhliny	Obr.33. Lomová plocha fragmentu skrutky „S2“; pozícia 3; únavový lom (striacie) a sekundárne trhliny
		
Obr.34. Lomová plocha fragmentu skrutky „S2“; pozícia 9	Obr.35. Lomová plocha fragmentu skrutky „S2“; pozícia 9; bok a dno závitu	Obr.36. Lomová plocha fragmentu skrutky „S2“; pozícia 9; sekundárne trhliny kolmo na os skrutky

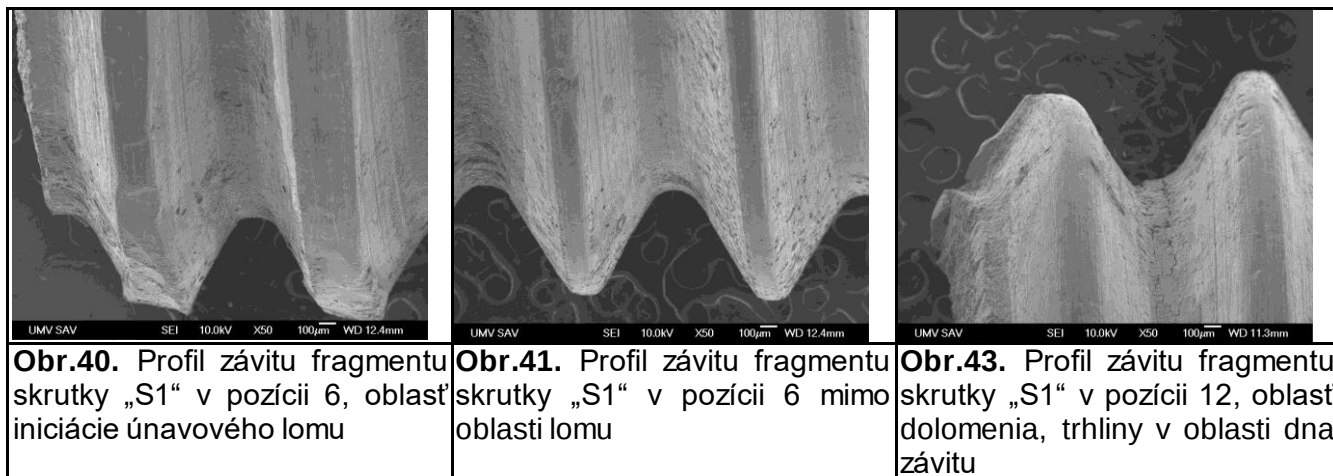
Pozície 3 a 9 boli kolmo na zvislý smer 6-12. Na fragmente skrutky "S2", ktorá bola pevne spojená s podvozkom, boli v miestach medzi pozíciami 6 až 3 a medzi pozíciami 6 až 9 pozorované morfológické znaky únavového lomu - striacie a sekundárne trhliny (Obr.31 až Obr.36).

		
Obr.37. Lomová plocha fragmentu skrutky „S2“; pozícia 12; dolomenie	Obr.38. Lomová plocha fragmentu skrutky „S2“; pozícia 12; dolomenie	Obr.39. Lomová plocha fragmentu skrutky „S2“; pozícia 12; dolomenie detail

V pozícii 12 fragmentu skrutky "S2" bola intenzívna plastická deformácia - dolomenie skrutky (Obr.37 až Obr.39).

4.5 Povrch fragmentu skrutky „S1“

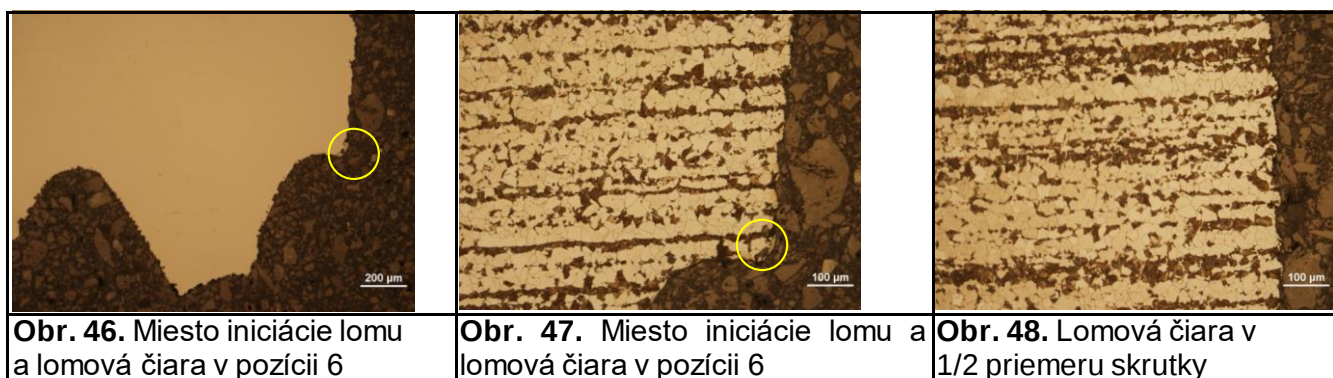
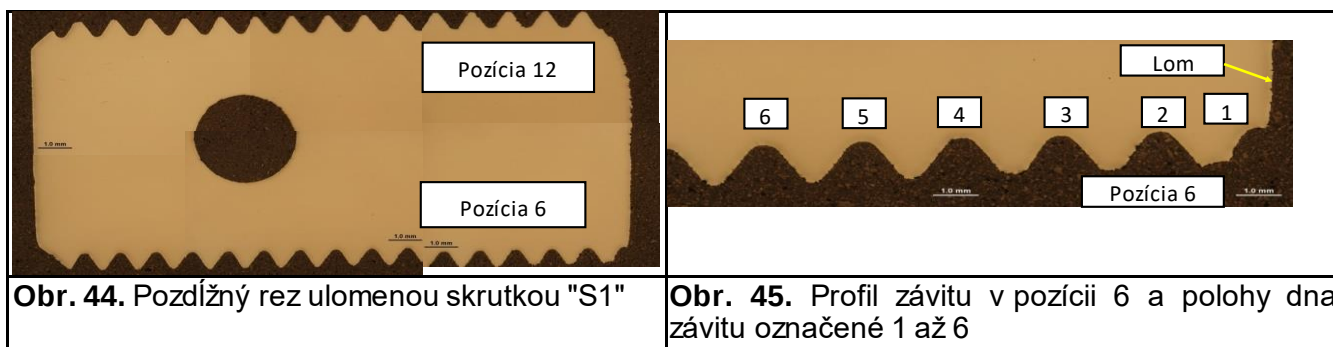
Stav povrchu a defekty povrchu skrutky v oblasti lomu a závitového profilu boli podrobne dokumentované technikou skenovacej elektrónovej mikroskopie (SEM).



Na obr.40 je dokumentovaná časť povrchu skrutky medzi závitom a lomom v pozícii 6. Na chrbte závitú nebolo identifikované prevrstvenie materiálu závalky a defekty celistvosti materiálu (Obr.41). Na bokoch závitú bol neporušený povrch (Obr.41). V pozícii 12 (v mieste dolomenia) boli v oblasti dna závitú necelistvosti kolmo na os skrutky (Obr.43).

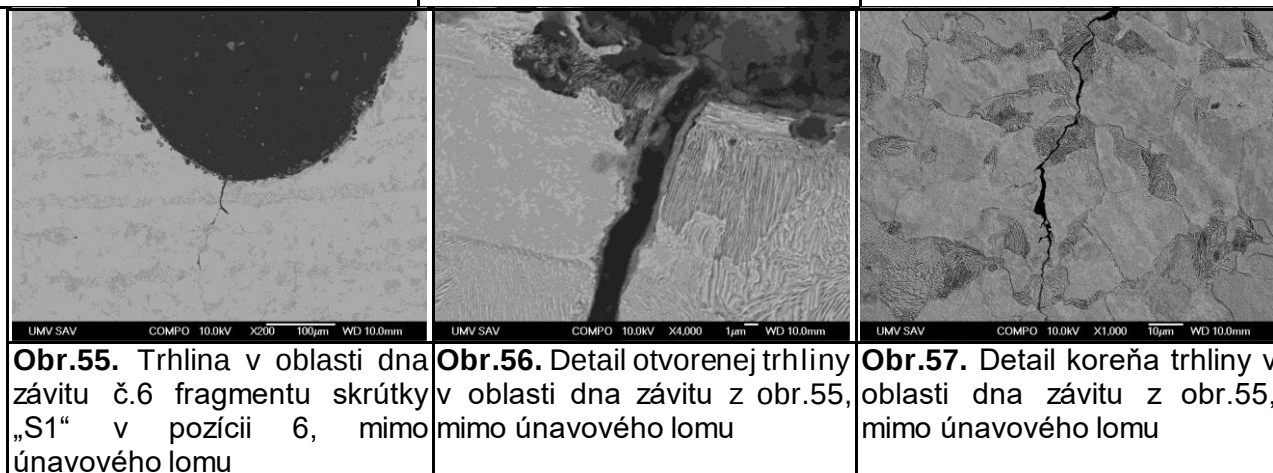
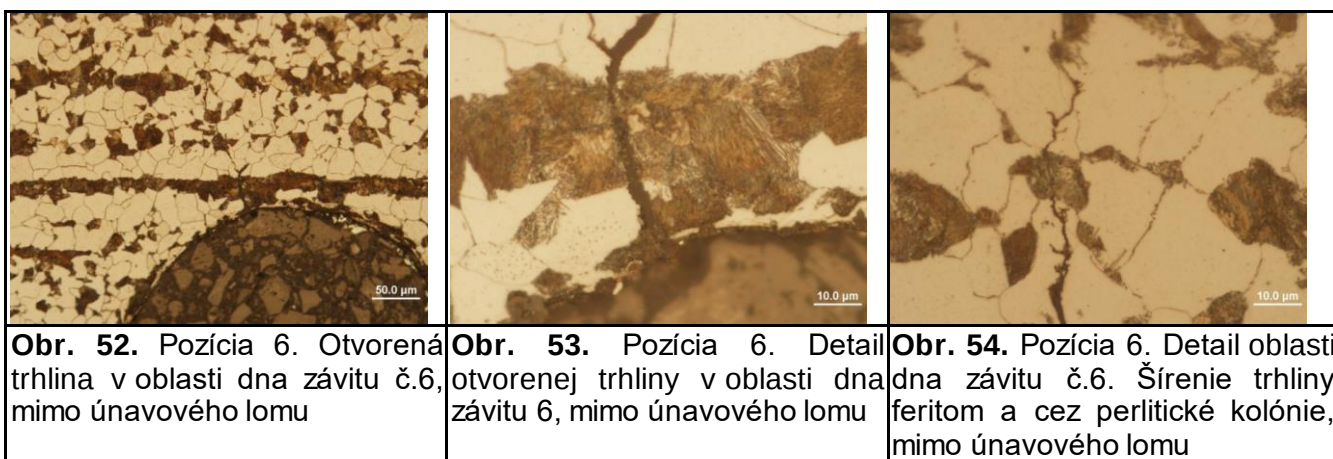
4.6 Metalografia

Pre analýzy materiálu technikou svetelnej mikroskopie bol fragment skrutky „S1“ elektroiskrovo pozdĺžne rozrezaný tak, aby smer pozície 6 a 12 bol v rovine výbrusu (Obr.44 a Obr.45).



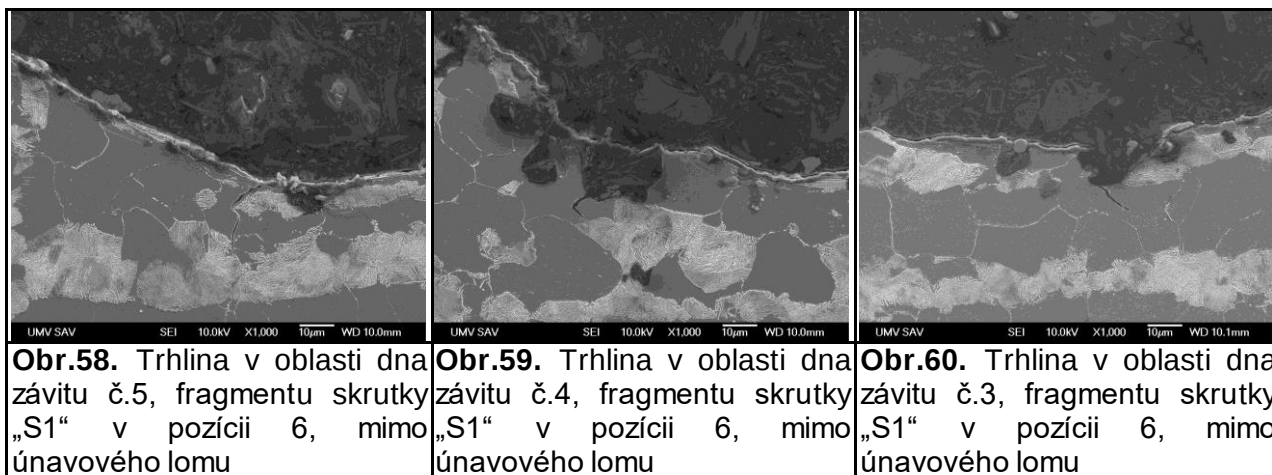


Iniciácia únavového lomu bolo v pozícii 6 (Obr.46 a Obr.47). Šírenie únavovej trhliny v 1/2 priemeru skrutky bolo bez výraznej plastickej deformácie (Obr. 48, 49). V oblasti dolomenia (pozícia 12) bola lokálna plastická deformácia (Obr.50 a Obr.51).



Na pozdĺžnom reze fragmentom skrutky „S1“ v pozícii 6 bola v oblasti dna č. 6 (označenia podľa obr. 45) prítomná trhlina. Iniciácia bola v mieste lokálnej bodovej korózie a šírila sa feritom a perlitickou kolóniou (Obr. 52 až Obr.57). Krátke trhliny boli prítomné aj oblasti dna č.5 a č.3 (Obr.58 až 60).

Na celom kontrolovanom profile závitu pozícií 12 v oblastiach dna závitu technikou svetelnej a skénovacej elektrónovej mikroskopie nájdené povrchové a podpovrchové trhliny.



Z predložených analýz vyplýva, že príčinou ulomenia bol **únavový lom**. K iniciácii únavového lomu došlo v oblasti dna závitu v pozícii 6.

2.1.2 AMM

Podľa AMM pre lietadlo DA-20 sa vykonáva kontrola stavu prednej podvozkovej nohy po 200 nalietaných hodinách v rozsahu podľa bodu 05-20-00, strana 14, bod 11. Táto kontrola sa vykonáva výlučne vizuálnou metódou a je zameraná na zisťovanie stavu korózie, možného povrchového opotrebovania jednotlivých elementov konštrukcie PPN. Táto kontrola neposkytuje možnosť zistenia tzv. skrytých väd ako sú drobné trhliny alebo degenerácia materiálu, ktorá vzniká postupne.

2. ZÁVERY / Príčina vzniku vážneho incidentu

2.1. Zistenia

PIC

- mal platné kvalifikácie pre vykonávanie letov na danej kategórii lietadiel,
- v čase leteckého incidentu nebol ovplyvnený alkoholom ani inými omamnými alebo psychotropnými látkami, ktoré by mohli ovplyvniť jeho pozornosť počas letu a riešenie krízovej situácie.

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 lietadla bolo dostatočné množstvo paliva na vykonanie letu.

2.2. Príčina

Príčinou vzniku vážneho incidentu je kolaps prednej podvozkovej nohy počas rozjazdu z dôvodu ulomenia skrutky fixujúcej koleso. Príčinou ulomenia skrutky bol únavový lom v oblasti dna závitu skrutky.

3. ODPORÚČANIA NA ZAISTENIE BEZPEČNOSTI

Na základe výsledkov vyšetrovania a na základe výsledkov expertíznej správy BVK odporúča:
V rámci predpísaných prác vykonať kontrolu závitovej časti skrutky prednej podvozkovej nohy v závislosti od počtu cyklov (pristátí) napríklad pomocou nasledujúcich metód nedeštruktívnej defektoskopie:

- vizuálnou metódou na prítomnosť povrchových väd,
- kapilárnou metódou (Penetračná skúška) na detekciu necelistvosti povrchu,
- magneticko-práškovou metódou na výskyt povrchových defektov a defektov vyskytujúcich sa tesne pod povrchom materiálu.

V Bratislave, dňa: 22.05.2025