



**РЕПУБЛИКА СРБИЈА
ЦЕНТАР ЗА ИСТРАЖИВАЊЕ
НЕСРЕЋА У САОБРАЋАЈУ**

ИЗВЕШТАЈ О ИСТРАЗИ УДЕСА ХЕЛИКОПТЕРА

Хеликоптер:	Aerospatiale/Airbus Helicopters - Gazelle SA342J
Регистарска ознака:	YU-HPZ
Година производње:	1978.
Серијски број:	1473
Власник:	„Martin Wood Helicopters“ д.о.о.
Корисник:	„Martin Wood Helicopters“ д.о.о.
Место удеса:	Атар села Јаково, г. о. Сурчин, г. Београд
Датум удеса:	31.07.2020. године
Време удеса:	11:20 (LT)

Јул 2022.

УВОД

У овом Извештају изнети су резултати истраживања удеса хеликоптера „Aerospatiale/Airbus Helicopters - Gazelle SA342J”, регистарске ознаке YU-HPZ, која се догодила 31. 07. 2020. године у атару села Јаково, општина Сурчин, Београд.

Радну групу за испитивање овог удеса образовао је Главни истражитељ Центра за истраживање несрећа у саобраћају (даље - Центар), Решењем Број: 343-07-01/2020-01-02-27 од 10.09.2020. године и Решењем Број: 343-07-1/2020-01-02-39 од 04.02.2021. године.

Истраживање удеса спроведено је у складу са одредбама Закона о истраживању несрећа у ваздушном, железничком и водном саобраћају („Службени гласник РС“ бр. 66/15 и 83/18) и Правилника о истраживању удеса и озбиљних незгода у ваздушном саобраћају („Службени гласник РС“ бр. 113/2015 и 50/2019).

Истраживање и откривање узрока несрећа (удеса и озбиљних незгода) нема за циљ утврђивање кривичне, привреднопреступне, прекршајне, дисциплинске, грађанскоправне или неке друге одговорности. Стручни послови који се односе на истраживања несрећа су независни од кривичних истрага или других паралелних истрага којима се утврђује одговорност или одређује степен кривице. Сви удеси и озбиљне незгоде у ваздушном саобраћају морају да се истраже и анализирају како би се утврдиле чињенице под којима су се десили, ако је могуће открили њихови узроци и потом предузеле мере којима се спречавају нови удеси и озбиљне незгоде.

Сва времена у овом Извештају су приказана као **LT** (Local Time - Локално време).

Скраћенице коришћене у извештају

LT – Local Time – Локално време

ft – foot/feet – 1ft = 0,3048 метара

kts – knots – 1kts = 1,852 км/ч

TSN – Time Since New – Време од прве уградње дела

TSO – Technical Standard Orders – Наредба техничког стандарда - минимални стандард који део мора да испуњава да би могао бити коришћен на ваздухоплову

TBO – Time Between Overhauls – време протекло између два ремонта

САДРЖАЈ

1	ЧИЋЕНИЧНЕ ИНФОРМАЦИЈЕ.....	6
1.1	Историјат лета.....	6
1.2	Повреде.....	6
1.3	Оштећења на хеликоптеру.....	6
1.4	Штета причињена трећим лицима.....	9
1.5	Подаци о пилоту хеликоптера	9
1.6	Подаци о хеликоптеру.....	10
1.6.1	Подаци о мотору.....	11
1.7	Информација о организацији.....	11
1.8	Стање на месту удеса.....	12
1.9	Метеоролошки подаци.....	13
1.10	Навигациона средства и опрема.....	13
1.11	Подаци о комуникацији пилота са надлежном контролом летења	13
1.12	Регистратори лета	14
1.13	Медицински и патолошки подаци.....	14
1.14	Подаци о пожару.....	14
1.15	Трагање и спасавање.....	14
1.16	Аспекти преживљавања	14
1.17	Испитивања и истраживања	15
2	АНАЛИЗА УДЕСА	18
2.1	Операције.....	18
2.2	Анализа мотора Astazou XIV H.....	19
2.2.1	ФАЗА 1 - поступци који су спроведени на мотору.....	19
2.2.2	ФАЗА 2 - дефинисање и спровођење програма испитивања мотора.....	21
2.2.2.1	Склоп резервоара за уље.....	22
2.2.2.2	Склоп редуктора мотора.....	23
2.2.2.3	Склоп уводника ваздуха.....	24
2.2.2.4	Склоп аксијалног компресора.....	24
2.2.2.5	Склоп центрифугалног компресора.....	25
2.2.2.6	Склоп коморе сагоревања.....	26
2.2.2.7	Склоп ротора турбине.....	26
2.2.2.8	Склоп спроводног венца.....	27
2.2.2.9	Издупни дифузор са склопом задњег лежаја турбине мотора.....	27
2.2.3	Упоредна анализа оштећених и исправних склопова мотора.....	27
2.2.3.1	Склоп аксијалног компресора.....	27
2.2.3.2	Коло центрифугалног компресора.....	28
2.2.3.3	Носач другог степена дифузора.....	28
2.2.3.4	Спољни део коморе сагоревања.....	28
2.2.3.5	Унутрашњи део коморе сагоревања.....	29
2.2.3.6	Поклопац кућишта задњег лежаја аксијалног компресора.....	29
2.2.3.7	Улазно кућиште центрифугалног компресора.....	29
2.2.3.8	Вратило аксијалне тростепене турбине.....	30
2.2.3.9	Носачи склопа задњег лежаја.....	30
2.2.4	Преглед и контрола агрегата.....	30
2.2.4.1	Пумпа регулатор.....	30

2.2.4.2	Микропумпа.....	31
2.2.4.3	Држач млазника горива.....	31
2.2.4.4	Иницијатори паљења.....	32
2.2.4.5	Бустер пумпа ZENIT.....	32
2.2.4.6	Уљна пумпа.....	32
2.2.4.7	Тело пречистача уља.....	33
2.2.4.8	Склоп вентила за испуштање уља.....	33
2.2.4.9	Неповратни вентил задњег лежаја мотора.....	34
2.2.4.10	Неповратни вентил уљне пумпе.....	34
2.2.5	Уређаји за ваздух.....	34
2.2.5.1	Прикључак ваздуха за вентилацију иницијатора паљења и четворокраки вентил.....	34
2.2.5.2	Одушни вентил кућишта турбине.....	35
2.2.5.3	Одушни вентил компресора.....	35
2.2.5.4	Стартер генератор.....	35
2.2.5.5	Алтернатор.....	36
2.2.5.6	Сноп каблова за команду и контролу и давач пожара.....	36
2.2.5.7	Калем за паљење – бобина.....	36
2.2.5.8	Термокупл издувних гасова и давач температуре уља.....	37
2.2.5.9	Прекидач минималног притиска уља и давач притиска уља.....	37
2.2.5.10	Давач обртомера.....	37
2.3	Утврђивање узрока лома делова мотора у Војнотехничком институту	37
2.3.1	Експериментална истраживања.....	38
2.3.1.1	Визуелни преглед.....	38
2.3.1.2	Спој делова.....	39
2.3.1.3	Преглед поломљених и оштећених делова.....	40
2.3.1.4	Испитивање хемијског састава.....	45
2.3.2	Фрактографски преглед преломних површина.....	46
2.3.2.1	Макрофрактографски преглед.....	46
2.3.2.2	Микрофрактографски преглед.....	48
2.3.3	Металографски преглед.....	49
2.3.3.1	Макроструктура.....	49
2.3.3.2	Микроструктура.....	50
2.3.4	Мерење микротврдоће.....	52
2.4	Анализа техничке документације.....	54
3.	ЗАКЉУЧЦИ	57
3.1	Налази	57
3.2	Узроци удеса.....	57
3.2.1	Непосредни узрок	57
3.2.2	Посредни узроци	57
4	БЕЗБЕДНОСНЕ ПРЕПОРУКЕ	58
5	ПРИЛОГ	59

1. ЧИЊЕНИЧНЕ ИНФОРМАЦИЈЕ

1.1. Историјат лета

Дана 31. 07. 2020. године око 11:20 часова по локалном времену на територији града Београда (атар села Јаково, градска општина Сурчин) дошло је до удеса хеликоптера произвођача Aerospatiale (сада - Airbus Helicopters) типа Gazelle SA342J, регистарске ознаке YU-HPZ.

Пилот хеликоптера је наведеног дана планирао лет на рути: аеродром „13. мај” у Земун Пољу, г. Београд – планина Копаоник - аеродром „13. мај”, о чему је поднео одговарајући план лета и извршио најаву лета надлежној контроли летења.

У првом делу руте, лет од аеродрома „13. мај” до планине Копаоник је прошао без проблема, а такође и први део повратног лета са планине Копаоник ка аеродрому „13. мај”.

Међутим, приликом приближавања летелице месту удеса, у атару села Јаково, током преласка реке Саве, на висини од 1000 ft и брзини од 115 kts, дошло је до појаве дима у пилотској кабини. Након пар секунди пилот је добио индикацију проблема са погоном (главни аларм), после чега је мотор престао са радом. Чим је увидео појаву дима у пилотској кабини пилот је почео да одузима снагу и започео припрему за евентуално ванредно слетање.

Након што је мотор престао са радом, пилот је превео хеликоптер у ауторотацију, обавестио надлежну контролу летења и декларисао „may-day”. Том приликом је покушао да приземљи хеликоптер под ауторотацијом, са намером да смањи могућност оштећења и повреда, на површину без засада биљних култура, а што је и извршио у атару села Јаково, око 3500m од самог насеља. Приликом додира са тлом хеликоптер је направио заокрет и убрзо након тога се зауставио. Услед увећаних сила које су деловале на кракове елисе током ауторотације (већа брзина пропадања) и удара о тло кракови елисе су закачили задњи део хеликоптера – репни конус, што је довело до оштећења репног конуса и система у оквиру њега.

Приликом овог удеса пилот није задобио повреде, те је самостално напустио хеликоптер након обезбеђивања истог (прекид дотока горива, струје, итд), а затим је контактирао надлежне органе.

1.2. Повреде

ПОВРЕДЕ	ПОСАДА	ПУТНИЦИ	ДРУГА ЛИЦА
СМРТНЕ	/	/	/
ТЕШКЕ	/	/	/
ЛАКШЕ	/	/	/

Није дошло до повреде пилота или других лица.

1.3. Оштећења на хеликоптеру

У удесу је хеликоптер претрпео тежа оштећења са пратећим дефектима. На следећим сликама су приказана оштећења и дефекти:



Слика 1. Оштећења репног ротора



Слика 2. Оштећења елиса главног ротора



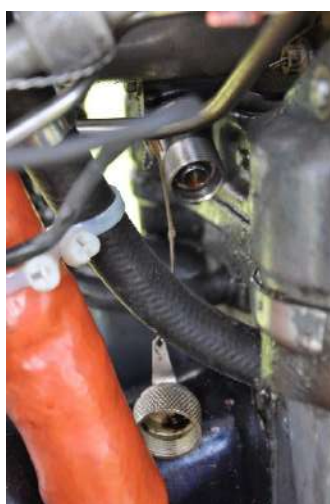
Слика 3 а. Оштећење на оплати коморе сагоревања



Слика 3 б. Оштећење на оплати коморе сагоревања



Слика 4. Цев за одушивање мотора је извучена из дуритног цева хеликоптера



Слика 5. Одвијен чеп на уређају за оцед уља из мотора



Слика 6. Оштећење – поклопац одушног вентила који је отпао са тела одушног вентила



Слика 7. Неповратни вентил задњег лежаја мотора одвојен од врха горњег носача задњег лежаја

1.4. Штета причињена трећим лицима

Штета трећим лицима не постоји.

1.5. Подаци о пилоту хеликоптера

Старосна доб: 47 година

Пол : мушки

Дозвола број: SRB.FCL.0003/0565
издата од стране Директората цивилног
ваздухопловства Републике Србије

Назив дозвола и датум првог издавања:

ATPL (H), CPL(H), PPL(H),
09.12.2019.

Овлашћења:

Bell206, са роком важења до 31.05.2021.
Bell212/412/IR, са роком важења до 30.11.2020.
EC145/IR, са роком важења до 28.02.2021.
R44, са роком важења до 31.03.2021.
R66, са роком важења до 31.05.2021.
SA341/342, са роком важења до 31.05.2021.
SK76/IR, са роком важења до 31.12.2021.
FI, са роком важења до 30.06.2021.

Лекарско уверење:

последњи медицински преглед: 11.04.2019.
рок важења лекарског уверења до 11.04.2021.
(класа 2 и LAPL)

Укупан налет:

2995h 38min

Налет у последњих:

Временски период	Часова	Минута
60 дана	35	03
30 дана	16	24
15 дана	10	0
48 часова	6	20

Напомена: Током истраге Радна група је на основу достављених података (а на захтев Центра) и увидом у план радних активности и евиденцију извршеног налета пилота утврдила да је пилот био радно ангажован у периоду 01-08.07.2020. и 27-31.07.2020. а да је у периоду 09-25.07.2020. године био на боловању због заразе вирусом Covid-19. У периоду после боловања пилот је имао пуно радно ангажовање: 25. и 27.07.2020. године извршио је по 2 лета у трајању од по 1:50 часова, 29.07.2020. године извршио је 4 лета у укупном трајању од 3:15 часова, а 30.07.2020. године извршио је 10 летова ноћу у укупном трајању од 1:30 часова. У претходних 48 часова пре удеса, кроз редован рад, дежурство (приправност) и прековремени рад, пилот је био ангажован укупно 34 часа. Од завршетка рада у дану пре удеса (22.00 h) до првог полетања 31.07.2020. године (око 09.45 h) прошло је мање од 12 часова. Пилот је био у пуној тренажи за летење и за тип ваздухоплова.

1.6. Подаци о хеликоптеру

Опште: Хеликоптер Газела SA342J је лаки, једномоторни, вишенаменски хеликоптер који има вертикални стабилизатор са кружним отвором, у који је интегрисана каналисана елиса – тзв. Fenestron репни ротор. Купола је од плексигласа, веома прегледна и велика, пилот и путници су распоређени у систему „2+3“.

Тип:

Gazelle SA342J

Произвођач ваздухоплова:

Aerospatiale/Airbus Helicopters

Регистарска ознака:

YU-HPZ

Фабрички/серијски број:

1473

Година производње:	1978.
Маса празног хеликоптера:	1160 kg
Макс. дозвољена маса на полетању:	1900 kg
Уверење о пловидбености:	број улошка: 1894, издато 16.01.2012. г. са роком важења док га Директорат цивилног ваздухопловства Републике Србије не стави ван снаге.
Потврда о провери пловидбености:	број: 1082, издата 26.11.2019. г. са роком важења до 26.11.2020. г, број овлашћења: 0364
Укупан налет од почетка употребе:	4883:20
Налет након инспекцијског прегледа:*	23:02
Власник и корисник:	„M.W. Helicopters“ д.о.о. Београд
Подаци о одржавању хеликоптера:	Последњи инспекцијски преглед (6 Month&30 Hour) је обављен 09.06.2020. на 4860:18 сати налета хеликоптера (слика 1 у прилогу).
САМО организација:	MW Helicopters Ltd., Essex, UK.

1.6.1. Подаци о мотору

Тип:	Safran Helicopter Engines ASTAZOU XIV H (Turbomeca)
Серијски број:	6554
Година производње:	Октобар 1985.
Укупан налет мотора:	2026:54
Налет мотора од последњег прегледа:*	1344:04

*Последњи преглед мотора извршен је 12. 12. 2011. године од стране Ваздухопловног завода „Мома Станојловић“, на 1682:50 сати рада и 1779 циклуса мотора (видети Прилог) и у складу са произвођачким „Упутством за ремонт мотора Astazou XIV H” (TURBOMECA Astazou XIV H Overhaul Manual), таск 72.50.2. извршен је визуелни преглед, а такође је извршена и додатна инспекција хемијским нагризањем NITAL методом, у складу са „Упутством за ремонт мотора Astazou XIV H”, инспекција-преглед 72.50.20, без налаза.

TSN: 1682-50 сати, 1779 циклуса

TSO: Није применљиво

TBO: 1750 сати, 6000 циклуса

Расположивост ресурса: 1750 сати, 4221 циклуса

Календарски оперативни век је ограничен на 15 година.

Према Књижици мотора, мотор Astazou XIV H серијски број 6554 је уграђен на овај хеликоптер на 4539-15 сати налета хеликоптера. Календарски почетни датум: 6. јануар 2012. године.

1.7. Информација о организацији

Хеликоптер је у власништву фирме „M.W. Helicopters“ д.о.о. (производња и продаја хеликоптера – податак из базе података Агенције за привредне регистре Републике Србије) која има седиште у граду Београду и представља компанију „M. W. Helicopters” Ltd која је одржавала предметни хеликоптер од јануара 2000. до јула 2020. године. Хеликоптер је уписан

у Регистар цивилних ваздухоплова Републике Србије дана 16.01.2012. године. Пилот, припадник Хеликоптерске јединице МУП-а Републике Србије, имао је овлашћење за управљање хеликоптером као пробни пилот.

Наведени хеликоптер се користи за комерцијално летење и спада у ваздухоплове који нису сложени моторни ваздухоплови, те сходно Правилнику о условима за обављање ваздушног саобраћаја („Службени Гласник РС“, бр. 9/18, 56/18 и 12/19), оператери који користе ваздухоплове који нису сложени за комерцијално летење, нису у обавези да израде Оперативни приручник.

1.8. Стање на месту удеса

Место удеса се налази на обрадивој површини, на око 3500 метара од насеља Јаково, градска општина Сурчин. Хеликоптер је био окренут у правцу север-југ и његова локација приказана је на слици 9.



Слика 8. Затечено стање хеликоптера на месту удеса



Слика 9. Географски положај места удеса

1.9. Метеоролошки подаци

Метеоролошки услови су били повољни за извршење планираних активности и нису имали утицаја на удес (CAVOK, ветар из смера 350 до 7kts, притисак 1013mbar, темп. 34°C).

1.10. Навигациона средства и опрема

Није од важности.

1.11. Подаци о комуникацији пилота са надлежном контролом летења

Установљено је да је комуникациона опрема хеликотаера била у исправном стању и да се комуникација пилота са надлежном контролом летења одвијала на прописан начин. Пилот је око 9:20 часова пријавио ванредно стање – „may-day” надлежној контроли летења, која је предузела даље поступке из своје надлежности.

1.12. Регистратори лета

Хеликоптер није опремљен са регистраторима лета.

1.13. Медицински и патолошки подаци

Нема.

1.14. Подаци о пожару

У последњој фази лета хеликоптера дошло је до пожара на мотору, пилот је приметио дим у кабини као и отказ рада мотора. Након слетања, пилот је повукао пожарну ручицу, изашао напоље, али када је приметио да се интензитет пожара повећава узео је противпожарни апарат и самостално угасио пожар, при чему је испразнио цео апарат (слика 10.а). На слици 10.б види се оплата мотора која је оштећена приликом пожара.



а)



б)

Слика 10. Оштећења изазвана пожаром

1.15. Трагање и спасавање

Није било потребе за покретањем акције трагања и спасавања.

1.16. Аспекти преживљавања

Није применљиво. Пилот је самостално напустио хеликоптер.

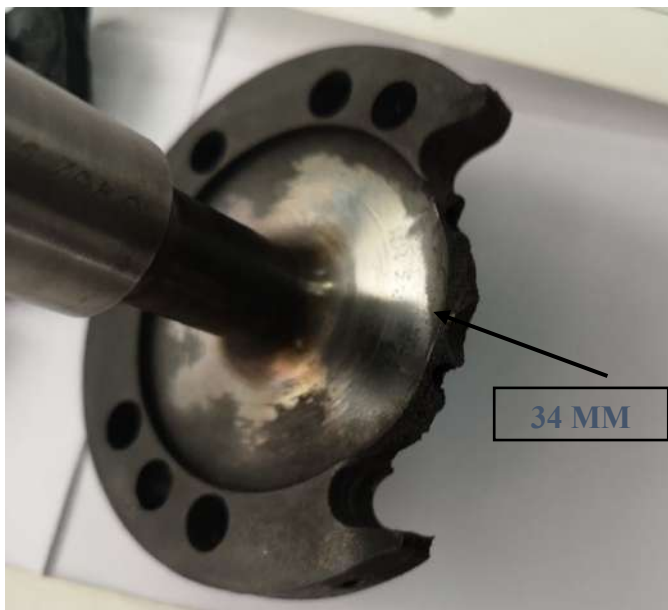
1.17. Испитивања и истраживања

Сва испитивања и истраживања спроведена су на основу стања затеченог током увиђаја, изјава учесника и сведока и прикупљених докумената и података о удесу.

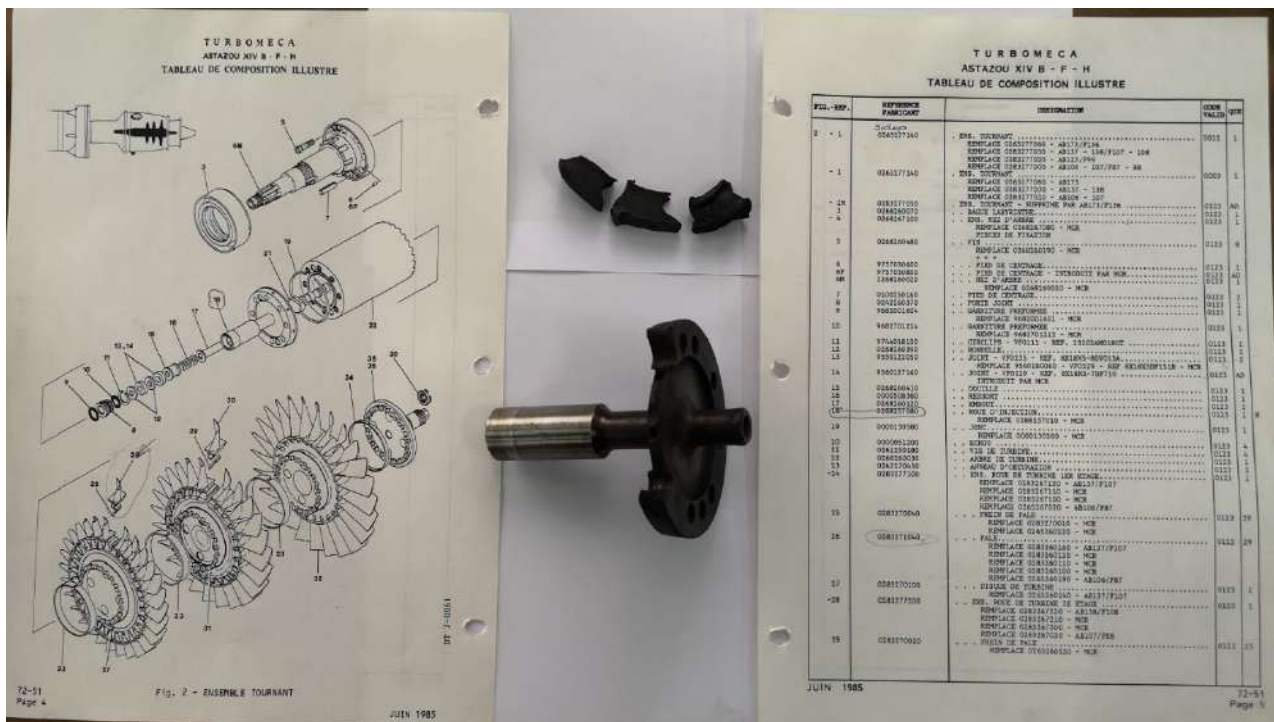
Испитивање мотора ASTAZOU XIV H (сер. бр. 6554) урађено је у Ваздухопловном заводу „Мома Станојловић“ у Батајници, као јединој институцији сертификованој од стране ваздухопловних власти Републике Србије. Директорат цивилног ваздухопловства Републике Србије сертификовао је Ваздухопловни завод „Мома Станојловић“ као организацију за одржавање у складу са Одељком А, Анекса II (Парт-145) Европске Регулative (веза: PC145.0035), издата 22. јуна 2011. године, за овај тип хеликоптера и мотора.

Активности на испитивању су подразумевале растављање, прање и дефектацију делова и агрегата мотора. У току демонтаже мотора, није било могуће одвојити поједине делове од склопова због нивоа оштећења, па су делови помоћу механичких алата демонтирани уз све мере заштите како не би дошло до нарушавања стварног стања тих делова, што би касније могло да утиче на резултате испитивања.

Други део испитивања који је био потребан ради утврђивања узрока удеса предметног хеликоптера урађен је у Војнотехничком институту у Жаркову и односио се на анализу оштећених делова мотора, односно склопа вратила турбине фабричког броја: 0265277140, а детаљније кола за убризгавање горива (инјектор, број дела: 0288257080, серијски број 34MM) који је приказан на сликама 11, 12, 13. Архива Safran Helicopters Engines потврдила је да је овај инјектор стављен на нови мотор (серијски број 6554) 1984. године, а затим враћен на овај мотор (серијски број 6554) након прве оправке у Safran Helicopters Engines 1990. године, на 705 сати. Активности су подразумевале следеће: чишћење делова, визуелни преглед и фотографисање, хемијску анализу узорака методом ОЕС, фрактографију лома на микроскопу (стерео и оптички), фрактографија (макро и микро) лома на SEM-у (скенирајућем електронском микроскопу), испитивање микроструктуре лома на 2 узорка на оптичком микроскопу, испитивање микроструктуре лома на 2 узорка на SEM-у за EDS, мерење тврдоће узорака, став о узроку лома вратила, обраду резултата испитивања и анализу лома. Све активности су урађене у сарадњи са истражитељима Центра.



Слика 11. Инјектор, серијски број 34MM



Слика 12. Оштећен инјектор, у табели под редним бројем 18, у оквиру склопа који је послат на анализу



Слика 13. Инјектор, број дела: 028257080, серијски број: 34MM

Након дефектаже која је извршена у Ваздухопловном заводу „Мома Станојловић“ радна група је, на основу нивоа оштећења и чињенице да је постојао обавезни сервисни билтен у вези са овим бројем дела, закључила да је склоп вратила турбине потребно додатно анализирати и испитати, што је и урађено у Војнотехничком Институту. Међутим, мора се напоменути да се

обавезни сервисни билтен, део који се односи на имплементацију сервисног билтена у овлашћеном центру за оправку, није односио на серијски број 34ММ. Такође, на основу расположиве документације и изјава сведока, радна група Центра није нашла информацију о томе да је примећен бели дим у току операција хеликоптером. Није познато да ли су током операција хеликоптером били назначени услови имплементације нивоа одржавања.

2. АНАЛИЗА УДЕСА

2.1. Операције

Дана 31. 07. 2020. године пилот је за потребе пробе хеликоптера у власништу „MW HELICOPTERS” д.о.о., извршавао приватне летове по рути: аеродром „13 мај” у Земун Поље – планина Копаоник – аеродром „13 мај”.

Планиране летачке активности су претходно уредно најављене надлежној контроли летења. Претполетни преглед хеликоптера извршили су механичар и пилот, при чему нису установили било какве неисправности и недостатке. Током покретања мотора и ротора сви параметри су били у прописаним границама. Полетање је извршено са аеродрома „13 мај” око 09.45. Лет до планине Копаоник, слетање и полетање са високог терена (надморска висина око 1400 метара) извршени су без проблема са параметрима мотора (притисак и температура моторног уља и температура издувних гасова) у прописаним границама. Током повратка са планине Копаоник, по прелету реке Саве у атару насељеног места Јаково, на висини од 1000 ft и при брзини од 115 kts, дошло је до појаве дима у пилотској кабини. Пилот том приликом почиње са смањењем скупног корака, уједно и снаге мотора, у циљу евентуалног ванаеродромског слетања. Само пар секунди након појаве дима пилот је добио индикацију проблема са снабдевањем мотора горивом (пали се сигнално светло „ALARM”), после чега је мотор престао са радом. Након што је мотор престао са радом, пилот је смањењем скупног корака превео хеликоптер у режим ауторотације (самообртања) и преко надлежне контроле лета прогласио стање опасности („may-day”). Пилот је за принудно слетање изабрао терен без засада биљних култура и маневришући хеликоптером тако да слетање у режиму ауторотације буде извршено са ветром у чело. Приликом контакта са тлом дошло је до проклизавања и закретања хеликоптера пре потпуног заустављања. Током приземљења пилот није задобио повреде, те је по заустављању хеликоптера повукао противпожерну ручицу, искључио све прекидаче и напустио пилотску кабину. По изласку из хеликоптера пилот је уочио оштећења на репном конусу и отворени пламен на горњој страни мотора и у пределу издувне цеви. Активирајући преносни хеликоптерски противпожарни апарат пилот је успешно угасио пожар, раздваја акумулатор од електро инсталације хеликоптера, удаљава се на безбедну удаљеност и о удесу извештава надлежне органе.

Хеликоптер, типа Gazelle SA342J, регистарске ознака YU-HPZ, је у Србију прелетео 22.07.2020. године из Велике Британије. За потребе пробе, хеликоптер је у периоду од 22. до 31.07.2020. године извршио 12 летова. Дана 31.07.2020. приликом повратка са планине Копаоник на аеродром „13 мај”, у рејону насељеног места Јаково, г.о. Сурчин, г. Београд, на висини од 1000 ft и при брзини од 115 kts, дошло је до појаве дима у пилотској кабини. Пилот је донео правилну одлуку и смањио је скупни корак и снагу мотора у циљу ванаеродромског слетања. У врло кратком временском периоду од свега неколико секунди дошло је до још два врло озбиљна отказа: паљење сигналног светла „ALARM” и отказа мотора. Пилот је правилно детектовао отказе и применио је правилан поступак преведећи хеликоптер у режим спуштања ауторотацијом. Због релативно мале стварне висине пилот у оваквој ситуацији мора да изврши велики број радњи у кратком временском року: подеси и одржава одговарајућу вертикалну и прогресивну брзину, као и обртаје ротора, изврши процену услова и избор терена за принудно слетање, обавести надлежну контролу летења и примени правилан маневар за слетање.

У завршном прилажењу при слетењу у режиму ауторотације пилот мора благовремено, тачно и прецизно да изврши: равнање, изравнавање и исправљање хеликоптера уз једновремено повећање скупног корака таквим темпом да у моменту додира тла вертикална и прогресивна брзина, у идеалном случају, буду једнаке „0”. С бзиром да се у овим условима потенцијална

енергија носећег ротора може искористити само једном, у случају одступања од идеалних услова, увек је повољније правити грешку у позитивном смеру и слетети са малом прогресивном и вертикалном брзином, него раније смањити брзину и обртаје и приземљити се у слободном паду. Сви пилоти хеликоптера се за слетање у режиму ауторотације обучавају да се са позитивне стране што више приближе „идеалној 0” (вертикална и прогресивна брзина ≥ 0). Због низа радњи које је морао да изврши у кратком временском року, пилот није имао идеалне услове за слетање ауторотацијом, већ је са равнањем и повећањем скупног корака највероватније почео нешто касније и/или је исто вршио нешто споријим темпом. Кашњење и спорије реаговање су класични симптоми замора, што је у конкретном случају врло вероватно с обзиром на велико ангажовање, кратак одмор и недавну вирусну инфекцију пилота (боловање закључено 6 дана пре удеса). Последица каснијег и споријег повећања скупног корака у завршном прилазу ауторотацијом је додир са тлом са малом прогресивном и нешто већом вертикалном брзином, о чему сведоче трагови стајних органа хеликоптера на земљи. Већа вертикална брзина је након додира тла проузроковала махање лопатица носећег ротора на доле, контакта лопатица са репним конусом и оштећења истог.

2.2. Анализа мотора Astazou XIV H

2.2.1. ФАЗА 1 – поступци који су спроведени на мотору

Након извршеног увиђаја а како би се на што адекватнији начин извршила анализа и процена оштећења на мотору типа ASTAZOU XIV H са хеликоптера, Центар се на предлог радне групе обратио за сарадњу Ваздухопловном заводу „Мома Станојловић“ који се налази на аеродрому „Батајница“, а као јединој овлашћеној институцији за општу оправку, односно ремонт овог типа хеликоптера.

Радна група у сарадњи са ВЗ „Мома Станојловић“ извршила је следеће поступке у фази 1 на мотору ASTAZOU XIV H (сер. бр. 6554) на локацији Спортски аеродром „13. Мај” Земун Поље:

1. Припрема мотора за демонтажу са хеликоптера, слика 1,
2. Провера правилног постављања уводника ваздуха – стање ИСПРАВНО, слика 2,
3. Прегледом показивача нивоа уља у резервоару, констатовано је да исто недостаје, слика 3,
4. Демонтажа издувне цеви и капотажа са мотора (исти нису донети у Завод), слика 4,
5. Одвајање свих цревовода од мотора (гориво, мазиво и електро инсталација), слика 5,
6. Демонтажа мотора са хеликоптера, постављање на моторски носач и допремање у Завод, слика 6,
7. Демонтажа горивног филтера, слика 7.
8. Демонтажа бустер пумпе, слика 8.



Слика 1



Слика 2



Слика 3



Слика 4



Слика 5



Слика 6



Слика 7



Слика 8

2.2.2. ФАЗА 2 - дефинисање и спровођење програма испитивања мотора

Након завршетка фазе 1 на Спортском аеродрому „13. Мај” Земун Поље, мотор ASTAZOU XIV H је допремљен у Завод где се приступило пријему мотора, инвентарисању и изради записника о пријему.

Због немогућности окретања ротора турбине није извршен предвиђени ендоскопски преглед проточног тракта мотора и предиспитивање мотора на пробном столу.

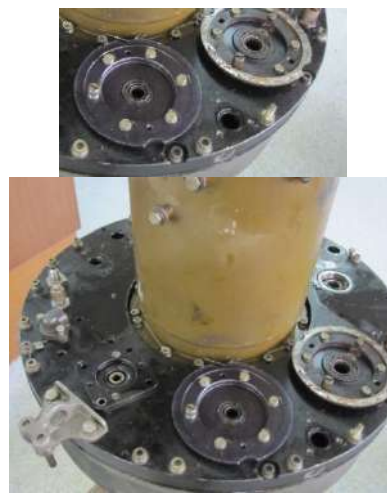
У склопу припреме мотора за демонтажу, слика 9, оформљен је посебан радни простор за растављање мотора. Радници који су учествовали у свим фазама растављања, прања, дефектације и провере, били су упознати са мерама безбедности које су предвиђене Уговором. Према прописаном технолошком поступку, приступило се демонтажи мотора ASTAZOU XIVH на склопове и делове. Са мотора су прво демонтирани комплет горивни, уљни, електро агрегати и цевоводи, слике 10, 11 и 12.



Слика 9



Слика 10



Слике 11 и 12

У току демонтаже мотора уочене су следеће неисправности на деловима мотора и агрегата:

- цев за довод уља у задњи лежај мотора са неповратним вентилом, потпуно одвојена од вертикалног носача задњег лежаја (нема трагова лома вијака и осигурача за причвршћење и нису пронађени у току истраге на месту принудног слетања), слика 13,
- лом вертикалног носача задњег лежаја близу места за спој са задњом прирубницом кућишта турбине, слика 13,
- лом одушне цеви косог носача задњег лежаја и лом самог косог носача задњег лежаја, близу места за спој са задњом прирубницом кућишта турбине, слика 14,



Слика 13



Слика 14

- прикључак на међукућишту за повратак уља из другог и трећег лежаја мотора (недостаје завртањ и осигурач), слика 15,
- прскотина на кућишту турбине у правцу кола за убризгавање горива, слика 16,

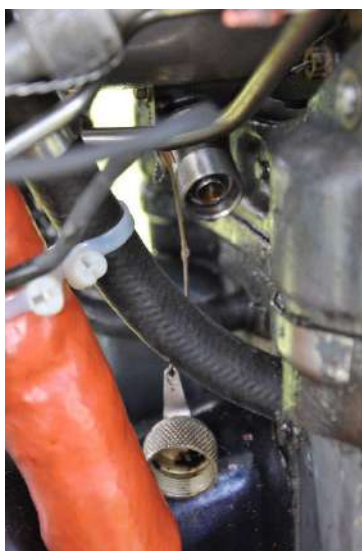


Слика 15

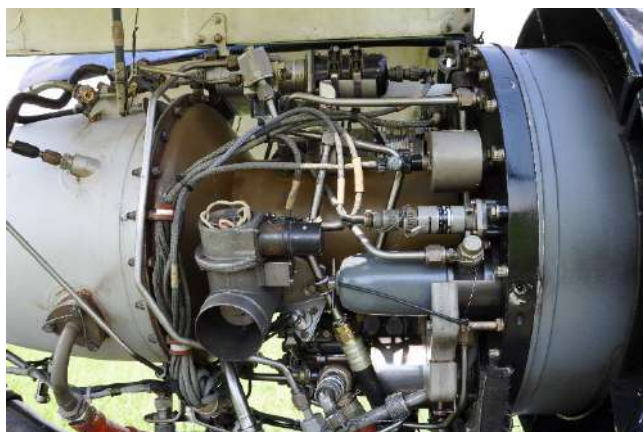


Слика 16

- на вентилу за испуштање уља одвијена чеп навртка (виси причвршћена ланцем за тело вентила), слика 17,
 - ваздушни вентил (отпао поклопац, виде се одвојене жице од микропрекидача), слика 18.
- Остали делови мотора и агрегата су били правилно причвршћени и осигурани. Након демонтаже агрегата мотора, приступило се демонтажи склопова мотора.



Слика 17



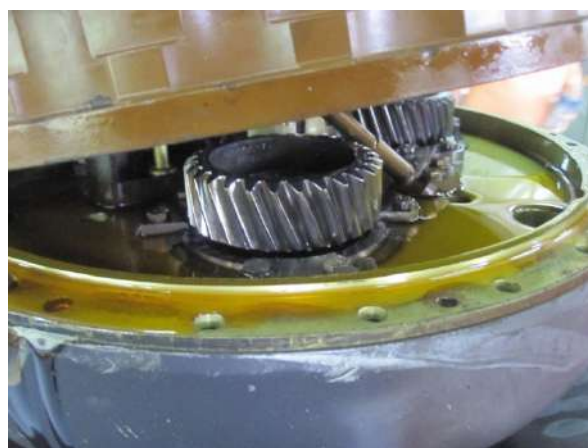
Слика 18

2.2.2.1. Склоп резервоара за уље

Извршено је испуштање уља из резервоара и исти је демонтиран са мотора, слике 19 и 20. Из мотора је испуштено око 7 литара уља Mobil jet oil 2 (по прикупљеним подацима) које је послато у Војнотехнички институт на анализу.



Слика 19



Слика 20

Прегледом зупчаника излаза снаге, нису уочена оштећења, вијци су правилно осигурани, а слика налегања бокова зуба зупчаника је правилна, слике 21 и 22.



Слика 21



Слика 22

2.2.2.2. Склоп редуктора мотора

На слици 23 приказан је редуктор мотора са држаčem млазника горива, а на слици 24 тај држач је демонтиран и види се цев за довод горива у мотор. Стање исправно.



Слика 23



Слика 24

На слици 25 приказан је држач млазника горива у мотор. На слици 26 приказан је део уводника ваздуха након демонтаже редуктора мотора. Стање исправно.



Слика 25



Слика 26

2.2.2.3. Склоп уводника ваздуха

На сликама 27 и 28 приказан је уводник ваздуха и поглед на пар лопатица првог степена аксијалног компресора. Прегледом је установљено да није дошло до упада страног тела у мотор а последице пожара су евидентне.



Слика 27



Слика 28

2.2.2.4. Склоп аксијалног компресора

На слици 29 приказан је тренутак демонтаже међукућишта мотора. Овде се види оштећење склопа аксијалног компресора, а на слици 30 види се оштећење лопатица првог степена аксијалног компресора. Оба лежаја аксијалног компресора су оштећена.



Слика 29



Слика 30

На слици 31 види се оштећење склопа задњег лежаја аксијалног компресора. На слици 32 види се оштећење предњег лежаја турбине који се налази на кућишту центрифугалног компресора мотора и оштећење поклопца центрифугалног компресора (повијени зидови и смакнути зуби за осигуравање аксијалног компресора).



Слика 31



Слика 32

На слици 33 види се оштећење предњег лежаја турбине, а на слици 34 оштећење склопа задњег лежаја аксијалног компресора.



Слика 33



Слика 34

2.2.2.5. Склоп центрифугалног компресора

На слици 35 приказано је оштећено коло центрифугалног компресора, а на слици 36 приказани су комади оштећеног лабиринта на носачу другог степена дифузора.



Слика 35



Слика 36

2.2.2.6. Склоп коморе сагоревања

На слици 37 приказано је оштећење спољње коморе сагоревања које је настало пробијањем делова од централног брызгача горива. На слици 38 приказана је спољна комора сагоревања где се види да нема оштећења на вртложним плочама и цевима секундарног ваздуха.



Слика 37



Слика 38

2.2.2.7. Склоп ротора турбине

На слици 39 види се оштећење кола за убризгавање горива, део оштећеног вратила турбине и унутрашњи део коморе сагоревања. На слици 40 приказано је коло првог степена турбине код кога има трагова оштећења.



Слика 39



Слика 40

На слици 41 приказано је коло другог степена турбине. На слици 42 приказано је коло трећег степена турбине.



Слика 41



Слика 42

2.2.2.8. Склоп спроводног венца

На сликама 43 и 44 је први степен спроводног венца код кога има трагова оштећења.



Слика 43



Слика 44

2.2.2.9. Издувни дифузор са склопом задњег лежаја турбине мотора

На слици 45 приказан је склоп издувног дифузора, а на слици 46 приказани су делови склопа задњег лежаја и оштећени носачи задњег лежаја.



Слика 45



Слика 46

2.2.3. Упоредна анализа оштећених и исправних склопова мотора

Након комплетног растављања мотора на склопове и делове, извршено је прање делова прописаним технолошким поступком. Након прања делова утврђен је степен њиховог оштећења, где је констатовано да није могуће извршити њихову димензиону контролу. Извршена је визуелна дефектација тако што је поред сваког оштећеног склопа (лево) постављен исправан склоп (десно), па се на тај начин могао уочити ниво оштећења.

2.2.3.1. Склоп аксијалног компресора

На сликама 47 и 48 позиције лево приказана су оштећења лопатица првог и другог кола аксијалног компресора.



Слика 47



Слика 48

2.2.3.2. Коло центрифугалног компресора

На слици 49 приказано је оштећено коло центрифугалног компресора, а на слици 50 исправно коло центрифугалног компресора.



Слика 49



Слика 50

2.2.3.3. Носач другог степена дифузора

На слици 51 приказан је оштећени склоп носача другог степена дифузора, а на слици 52 исправан склоп носача другог степена дифузора.



Слика 51



Слика 52

2.2.3.4. Спољни део коморе сагоревања

На слици 53 приказана је оштећена спољна комора сагоревања, а на слици 54 приказана је исправна спољна комора сагоревања.



Слика 53



Слика 54

2.2.3.5. Унутрашњи део коморе сагоревања

На слици 55 приказан је оштећени унутрашњи део коморе сагоревања, а на слици 56 исправан унутрашњи део коморе сагоревања.



Слика 55



Слика 56

2.2.3.6. Поклопац кућишта задњег лежаја аксијалног компресора

На слици 57 приказан је оштећен поклопац кућишта задњег лежаја аксијалног компресора, а на слици 58 приказан је исправан поклопац кућишта задњег лежаја аксијалног компресора.



Слика 57



Слика 58

2.2.3.7. Улазно кућиште центрифугалног компресора

На слици 59 приказано је оштећено улазно кућиште центрифугалног компресора, а на слици 60 приказано је исправно улазно кућиште центрифугалног компресора.



Слика 59



Слика 60

2.2.3.8. Вратило аксијалне тростепене турбине

На слици 61 приказано је оштећено вратило (оштећено коло за убризгавање и део вратила), а на слици 62 приказано је исправно вратило.



Слика 61



Слика 6

2.2.3.9. Носачи склопа задњег лежаја

На слици 63 лево су приказана три носача склопа задњег лежаја са мотора који је претрпео оштећења, а десно су исправни носачи склопа задњег лежаја. На слици 64 приказан је карактеристичан лом цеви за одушивање склопа задњег лежаја мотора, који се налази на косом носачу склопа задњег лежаја мотора.



Слика 63



Слика 64

2.2.4. Преглед и контрола агрегата

У склопу дефектације мотора, извршен је преглед и контрола рада агрегата демонтираних са мотора. Њихова провера је подразумевала проверу рада на испитним уређајима по прописаној технолошкој листи испитивања.

2.2.4.1. Пумпа регулатор

На слици 65 приказана је натписна плочица пумпе регулатор која је проверена на испитном столу. На слици 66 приказан је испитни сто на коме је извршена провера рада пумпе регулатор. Сви параметри рада пумпе регулатор су у прописаним границама према листи испитивања. Листа испитивања је депонована у Досије о испитивању мотора ASTAZOU XIV H (сер. бр. 6554).



Слика 65



Слика 66

2.2.4.2. Микропумпа

На слици 67 приказана је натписна плочица микропумпе која је проверена на испитном столу. На слици 68 приказан је испитни сто на коме је извршена провера рада микропумпе. Сви параметри рада микропумпе су у прописаним границама према листи испитивања. Листа испитивања је депонована у Досије о испитивању мотора ASTAZOU XIV H (сер. бр. 6554) са хеликоптера Газела SA342J регистарске ознаке YU-HPZ.



Слика 67



Слика 68

2.2.4.3. Држач млазника горива

На слици 69 приказана је провера херметичности држача млазника са горивне стране, а на слици 70 приказана је провера херметичности држача млазника са уљне стране. Испитивање је показало исправност држача млазника горива. Том приликом је проверена и проходност цеви за гориво. Стање исправно.



Слика 69



Слика 70

2.2.4.4. Иницијатори паљења

На слици 71 приказана је провера распршивања горива на иницијатору паљења, а на слици 72 приказана је провера паљења горива на иницијатору паљења. Констатован је исправан рад оба иницијатора паљења.



Слика 71



Слика 72



Слика 73

2.2.4.5. Бустер пумпа ZENIT

На слици 73 приказана је провера бустер пумпе на испитном столу. Сви параметри рада бустер пумпе су у прописаним границама према листи испитивања. Узорак горива за млазне моторе ЈЕТ А-1, дат је на анализу у Војнотехнички институт, Жарково. Узорак садржи воду. Остале испитне карактеристике достављеног узорка одговарају захтевима за гориво за млазне моторе ЈЕТ А-1 према Правилнику о техничким и другим захтевима за течна горива нафтног порекла („Службени гласник РС“ бр. 111/2015). Листа испитивања је депонована у Досије о испитивању мотора ASTAZOU XIV H (сер. бр. 6554).

2.2.4.6. Уљна пумпа

На слици 74 приказана је уљна пумпа са неоштећеним погонским вратилом. Извршена је провера окретања, стање исправно. На слици 75 приказани су остаци лежајева који су пронађени у грубом филтеру.



Слика 74



Слика 75

На слици 76 приказана је међуфаза растављања уљне пумпе. На слици 77 приказана је растављена уљна пумпа, где је утврђено веома мало присуство опиљака.



Слика 76



Слика 77

2.2.4.7. Тело пречистача уља

На слици 78 приказана је демонтажа поклопца пречистача уља. На слици 79 приказан је пречистач уља на коме има веома мало видљивих нечистоћа. Узорак уља АТУ-Синт-СА, Mobil Jet Oil II, који су чланови Радне групе узели након удеса, дат је на анализу у Војнотехнички институт. Испитане карактеристике достављеног узорка уља одговарају захтевима стандарда MIL-PRF-23699 и COPC 0598 и произвођачкој спецификацији за уља авиотурбинско синтетичко, Mobile Jet Oil II, војна ознака АТУ-Син-СА.



Слика 78



Слика 79

2.2.4.8. Склоп вентила за испуштање уља

На слици 80 приказан је вентил за испуштање уља из редуктора, а на слици 81 приказан је вентил за испуштање уља из резервоара уља.



Слика 80



Слика 81

2.2.4.9. Неповратни вентил задњег лежаја мотора

На слици 82 приказан је вентил задњег лежаја мотора, а на слици 83 приказана је провера исправности вентила задњег лежаја мотора. Вентил исправан.



Слика 82



Слика 83

2.2.4.10. Неповратни вентил уљне пумпе

На слици 84 приказан је неповратни вентил уљне пумпе, а на слици 85 приказан је растављен неповратни вентил уљне пумпе. Вентил исправан.



Слика 84



Слика 85

2.2.5. Уређаји за ваздух

2.2.5.1. Прикључак ваздуха за вентилацију иницијатора паљења и четворокраки вентил

На слици 86 приказан је растављен прикључак ваздуха за вентилацију иницијатора паљења, а на слици 87 приказан је растављен четворокраки вентил. Вентили исправни.



Слика 86



Слика 87

2.2.5.2. Одушни вентил кућишта турбине

На слици 88 приказан је одушни вентил кућишта турбине, а на слици 89 растављен одушни вентил кућишта турбине. Вентил исправан.



Слика 88



Слика 89

2.2.5.3. Одушни вентил компресора

На слици 90 лево је приказан одушни вентил са мотора који је претрпео оштећења, а десно је исправан одушни вентил. На слици 91 приказан је делимично растављен одушни вентил. Констатовано је да је одушни вентил неисправан (електромотор и комплет микропрекидача нису у функцији), вероватно као последица тврдог слетања.



Слика 90



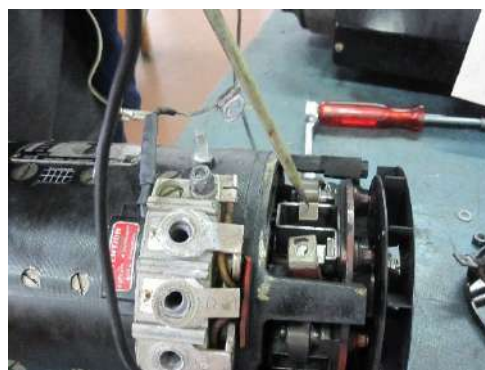
Слика 91

2.2.5.4. Стартер-генератор

На слици 92 приказана је припрема стартер-генератора за преглед, а на слици 93 је провера исправности стартер-генератора. Прегледом је констатовано да је исти неисправан, вероватно као последица удеса.



Слика 92



Слика 93

2.2.5.5. Алтернатор

На слици 94 приказан је алтернатор, а на слици 95 приказано је испитивање алтернатора на испитном столу. Прегледом је констатовано да је алтернатор исправан.



Слика 94



Слика 95

2.2.5.6. Сноп каблова за команду и контролу и давач пожара

На слици 96 приказана је провера рада снопа каблова за команду и контролу, а на слици 97 приказана је провера давача пожара.



Слика 96



Слика 97

2.2.5.7. Калем за паљење – бобина

На слици 98 приказан је калем за паљење, а на слици 99 приказана је провера рада калема за паљење. Стање исправно.



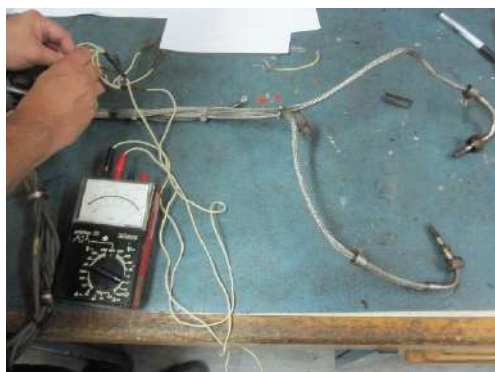
Слика 98



Слика 99

2.2.5.8. Термокупл издувних гасова и давач температуре уља

На слици 100 приказана је провера термокупова, а на слици 101 приказана је провера давача температуре уља. Стање исправно.



Слика 100



Слика 101

2.2.5.9. Прекидач минималног притиска уља и давач притиска уља

На сликама 102 и 103 приказана је провера рада прекидача минималног притиска уља и давача притиска уља на испитном столу. Стање исправно.



Слика 102



Слика 103



Слика 104

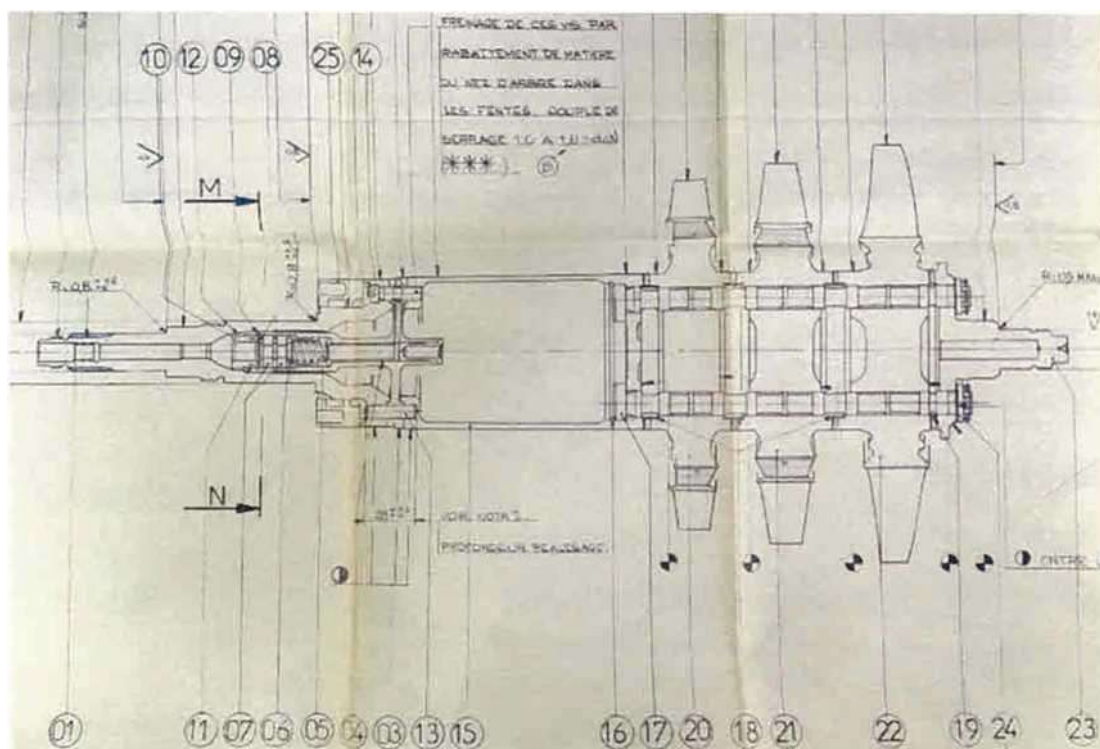
2.2.5.10. Давач обртомера

На слици 104 приказана је провера рада давача обртомера на испитном столу. Стање исправно.

2.3. Утврђивање узрока лома делова мотора у Војнотехничком институту

Сви оштећени делови који су дати на анализу припадају склопу ротора турбине који је приказан на слици 1, а делови су следећи:

1. оштећени врх вратила (поз. 01 на сл. 1),
2. оштећено коло за убризгавање (поз. 03 на сл. 1),
3. оштећено вратило турбине (поз. 15 на сл. 1),
4. специјални вијци/стеге (поз. 17 на сл. 1),
5. ободно вратило (поз. 23 на сл. 1),
6. део оштећених вијака (поз. 14 на сл. 1) на споју врха вратила, кола за убризгавање и дна вратила турбине и
7. чивије (поз. 13 на сл. 1) на споју врха вратила, кола за убризгавање и дна вратила турбине.



Слика 1. Сегмент цртежа склопа ротора турбине (0 283 27 705 0)

Основне карактеристике мотора

- број обртаја стални: $n = 43000 \frac{\text{obrt}}{\text{min}}$
- снага на вратилу: $P = 440 \text{ kW}$ и
- смер обртања: супротан смеру обртња казаљке на сату гледано отпозади.

Дефинисани број обртаја одговара угаоној брзини $\omega = 716 \text{ obrt/min} = 4500 \text{ rad/sec}$.

С обзиром да између снаге, угаоне брзине и обртног момента (M) постоји веза: $P = M \cdot \omega$, обртни момент мотора је:

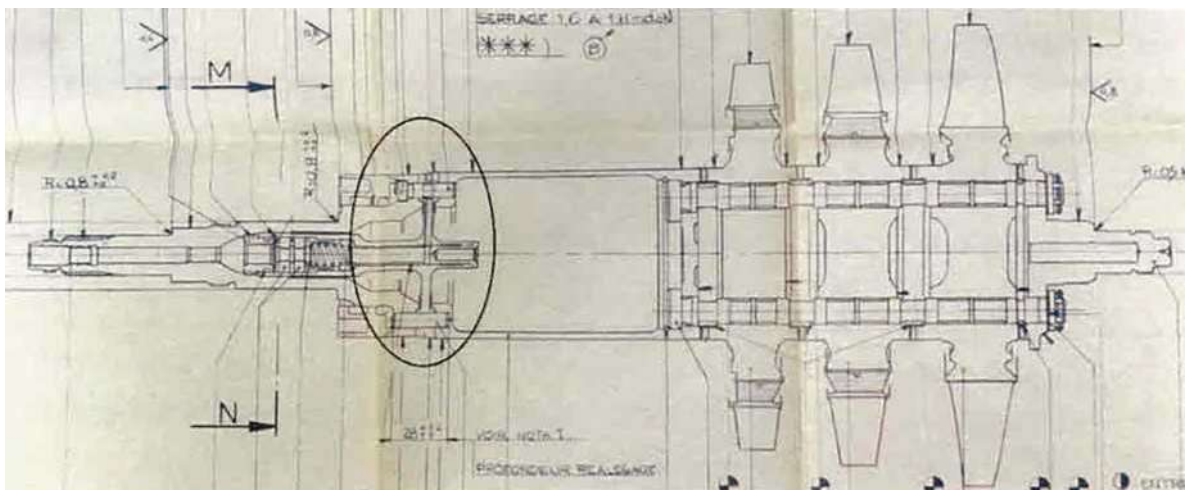
$$M = P / \omega = 440 \text{ kW} / 4500 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} = 98 \text{ Nm}.$$

2.3.1. Експериментална истраживања

2.3.1.1. Визуелни преглед

Визуелни преглед спроведен је у циљу детекције оштећења достављених делова турбине мотора и карактеризације лома насталог на делу кола за убризгавање горива и вратилу турбине мотора Turbomeca Astazou XIV H.

На основу прегледа достављених делова утврђено је да је до лома и великих оштећења делова дошло у зони међусобне везе врха вратила, кола за убризгавање и вратила турбине. Ова зона је обележена на слици 2.



Слика 2. Шематски приказ зоне у којој је дошло до лома и/или великих оштећења делова

2.3.1.1. Спој делова

Спој наведених делова склопа ротора турбине је остварен са 8 вијака и 2 осовинице. Није познат тип и материјал вијка, али се на основу једног од достављених поломљених вијака може закључити да се ради о некој врсти тзв. шупљег вијка. Вијак је тако конципиран да наведени пречник стабла одговара зонама у којима се остварује контакт са деловима, док је ван тих зона пречник тела сужен. Вијак се директно уврће у дно вратила осовине.



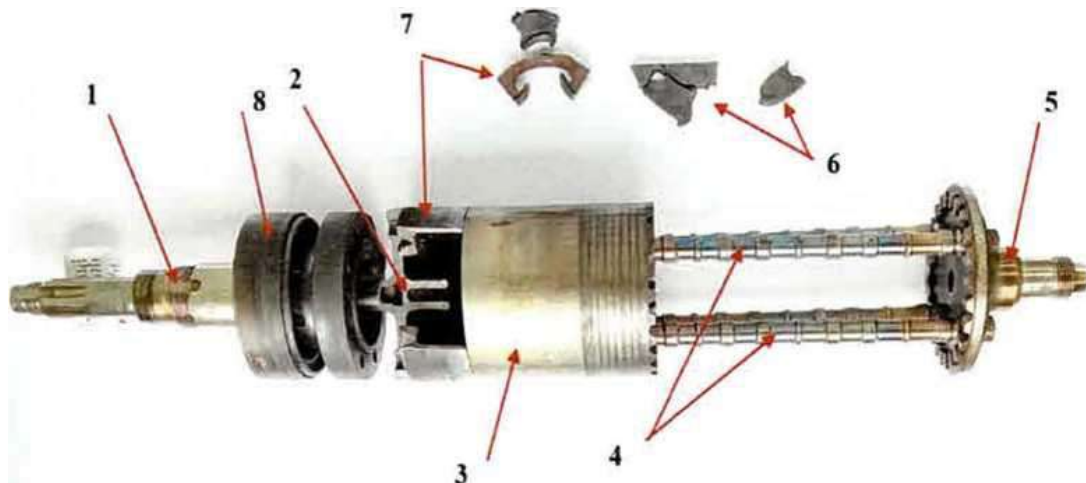
Слика 3. Поломљени шупљи вијак



Слика 4. Осовиница са жљебом

Не постоје подаци о типу и материјалу осовинице. На лицу места су нађене обе осовинице и види се да су у питању осовинице са уздужним жљебом по целој дужини (сл. 4). На обе осовинице се виде трагови контакта са деловима у споју, али нису уочене никаква битна оштећења, трајне деформације нити ефективни лом било које осовинице. Према концепцији везе може се сматрати да се обртни момент са једног елемента у споју на други и са другог на трећи преноси преко осовиница, а да вијци немају улогу у том преносу, поготово због тога што су шупљи целом дужином. Под тим условом обртни момент се прихвата спрегом сила које оптерећују осовинице на смицање.

2.3.1.3. Преглед поломљених и оштећених делова



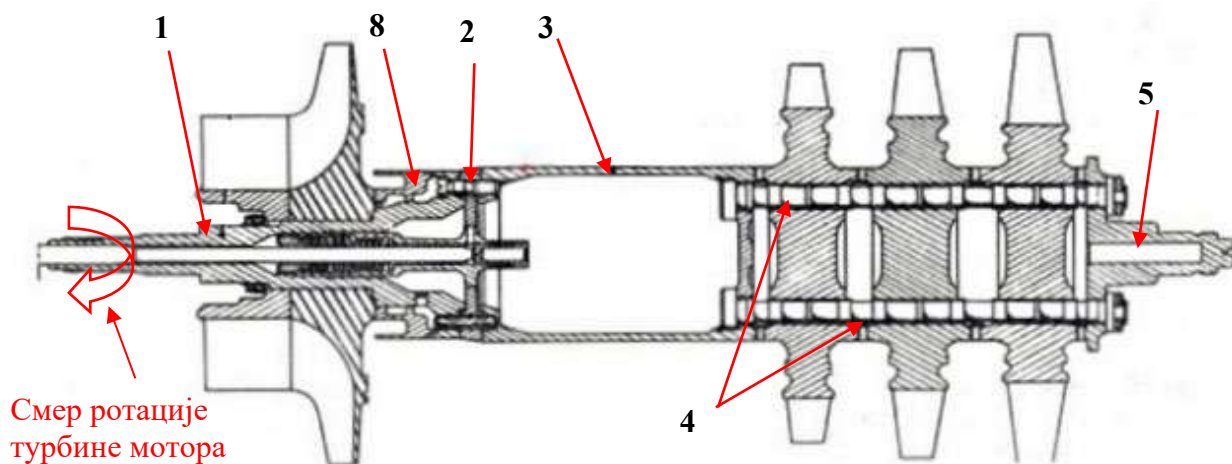
Слика 5. Делови склопа ротора турбине који су послати на анализу у ВТИ

Бројчане ознаке делова на слици 6 одговарају следећим деловима:

1. врх вратила (са великим оштећењима),
2. коло за убризгавање (поломљено),
3. вратило турбине (поломљено),
4. специјални вијци/стеге (без видљивих оштећења),
5. ободно вратило (без видљивих оштећења),
6. поломљени делови кола за убризгавање,
7. поломљени делови вратила турбине и
8. лабиринтски прстен (без видљивих оштећења).

Ефективни лом и/или велика оштећења су доживели следећи делови склопа:

1. врх вратила,
2. коло за убризгавање,
3. вратило турбине и
4. вијци за везу раније наведених делова.



Слика 6. Шематски приказ попречног пресека ротора турбине мотора



Слика 7. Достављени делови вентила и вратила



а)



б)

Слика 8. а) Вратило турбине, коло за убризгавање, врх вратила;
б) врх вратила и коло за убризгавање - прелом



Слика 9. Лабиринтски прстен



Слика 10. Ободно вратило - поглед са стране



Слика 11. Врх вратила- прстен који се спаја са колом за убризгавање



а)



б)



в)

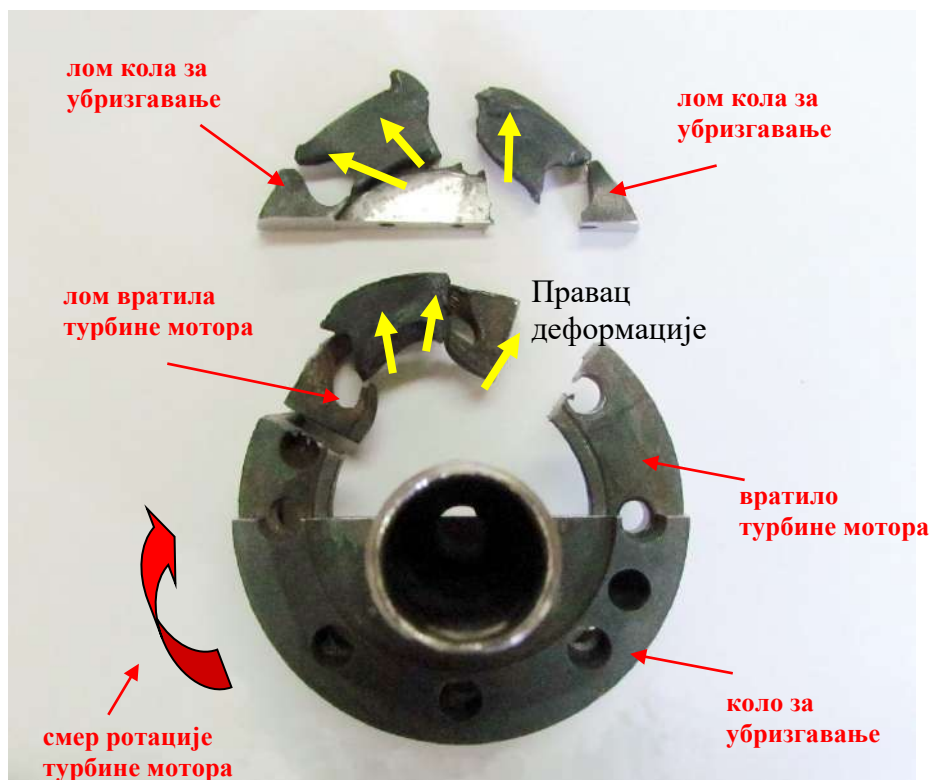


г)



д)

Слика 12. Врх вратила, оштећење на цеви



Слика 13. Склоп кола за убризгавање и вратила турбине мотора



Слика 14. Вратило турбине мотора- лом

Материјал инјектора, односно кола за убризгавање (0288257080) има француску ознаку Z12CNDV12. Према каталогу материјала овај материјал спада у групу челика који се користи за израду турбинских лопатица, а има следеће основне механичке карактеристике:

- затезна чврстоћа: $\sigma_m = (930 \div 1130) \text{MPa} = (93 \div 113) \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$
- граница развлачења: $\sigma_{0.2} = 780 \text{MPa} = 78 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$
- издужење при кидању: $\varepsilon_1 = 14\%$.

Хемијском анализом узорка овог дела утврдиће се да хемијски састав одговара саставу материјала према документацији.

2.3.1.4. Испитивање хемијског састава

Анализа хемијског састава извршена је на колу за убризгавање горива, вратилу турбине мотора и на цеви врха вратила, методом оптичке емисионе спектрометрије (ОЕС) на уређају „Belec Compact Port HLC“, у Војнотехничком институту.

Како би се стекла слика о материјалу од кога је вратило израђено урађена је хемијска анализа која је показала процентуални удео појединих легирајућих елемената. Анализом је добијен изузетно низак процентуални удео хрома (Cr) који износи 1,54%. Резултати анализе хемијског састава узорка „вратило турбине мотора“ приказан је у Таб. 1.

Табела 1. Средње вредности хемијског састава испитаног узорка

Узорак	Садржај хемијског елемента [mas %]								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V
Вратило турбине	0,19	0,12	0,88	0,018	< 0,001	1,54	0,90	0,16	0,24
Челик 15CDV 6 према стандарду AFNOR NF AIR 9160/C	max. 0,18	<0,30	< 1,00	0,030	0,025	1,20-1,50	0,80-1,00	-	0,20-0,30

Табела 2. Прописани процентуални удео хрома (Cr) у материјалима који су по доступној документацији предвиђени за делове мотора

Део	Број цртежа	Материјал	Садржај Cr (%)
коло за убризгавање	0 288 25 708 0	Z12CNDV12	11,0-12,5
вратило	0 283 15 706 0		
вијак турбине	0 283 27 003 0	NCK 19 DAT	18,0
поклопац	0 283 50 003 0	Z12CN13	11,5-14,0
центрифугално коло	0 283 25 005 0		
сегмент	0 283 30 043 0	NC20Nb	20,0

Добијени резултати хемијског састава узорка „вратило турбине мотора“, са одступањима у садржају C и Cr, одговарају хемијском саставу челика ознаке 15CDV 6, по стандарду AFNOR NF AIR 9160/C. Челик ознаке 15CDV 6 припада групи нискоугљеничних челика, са добром комбинацијом чврстоће и жилавости. Поред осталог, ова легура проналази велику примену у авиоиндустрији за израду кућишта ракетних мотора. Међутим, материјали који су у доступном делу документације предвиђени за израду појединих делова у склопу мотора имају вишеструко већи проценат хрома у саставу легуре што се види из табеле 2.

Резултати анализе хемијског састава узорка кола за убризгавање приказан је у Табели 3.

Табела 3. Средње вредности хемијског састава испитаног узорка „коло за убризгавање“

Узорак	Садржај хемијског елемента [mas %]									
	C	Si	Mn	P	s	Cr	Mo	Ni	V	N
Коло	0,13	0,19	0,86	0,020	0,004	11,18	1,49	2,75	0,33	0,02
Челик ознаке Z12CNDV12 11 према стандарду AFNOR NF AIR 9160/C	0,08-0,15	<0,35	0,50-0,90	<0,035	<0,025	11,0-12,5	1,50-2,00	2,00-3,00	0,25-0,40	0,020-0,040

Према документацији, узорак „коло за убризгавање“, се израђује од челика ознаке Z12CNDV12, по захтеву стандарда AFNOR NF AIR 9160/C.

Резултати анализе достављеног узорка „коло за убризгавање“ показују да је садржај Мо за 0,01% мањи од прописаног, али је у границама дозвољених одступања. Садржај осталих елемената је у прописаним границама, тако да хемијски састав узорка „коло за убризгавање“ одговара саставу челика ознаке Z12CNDV12, по захтеву стандарда AFNOR NF AIR 9160/C.

У Табели 4. дати су резултати хемијске анализе узорка цеви врха вратила.

Табела 4. Средње вредности хемијског састава испитаног узорка „цев врха вратила“.

Узорак	Садржај хемијског елемента [mas %]									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	N
Цев врха вратила	0,12	0,23	0,85	0,019	0,003	11,26	1,54	2,96	0,32	0,05
Челик ознаке Z12CNDV12 Према стандарду AFNOR NF AIR 9160/C	0,08-0,15	<0,35	0,50-0,90	<0,035	<0,025	11,0-12,5	1,50-2,00	2,00-3,00	0,25-0,40	0,020-0,040

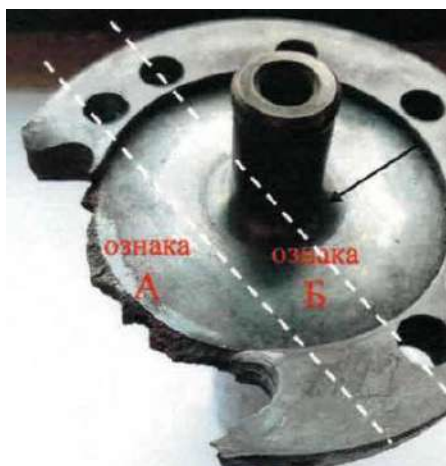
Резултати анализе показују да хемијски састав узорка цеви врха вратила, са одступањем у садржају азота за 0,01%, одговара саставу челика ознаке Z12CNDV12 према захтеву стандарда.

2.3.2. Фрактографски преглед преломних површина

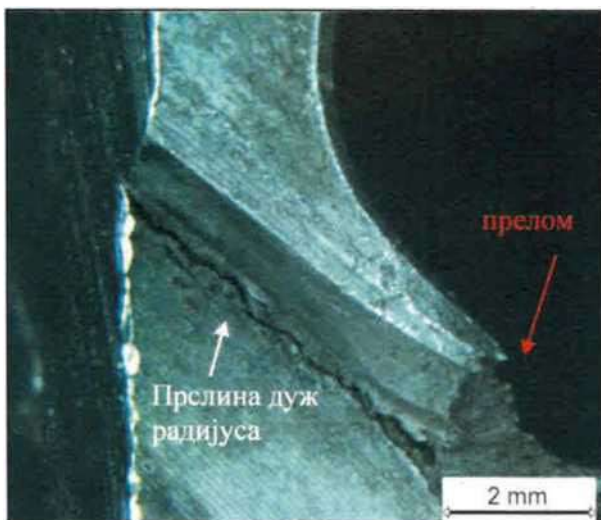
2.3.2.1. Макрофрактографски преглед

Макрофрактографски преглед извршен је на стерео микроскопу “LEICA M205A” и скенирајућем електронском микроскопу „JEOL 6010LV“ са EDS анализом хемијског састава, у Војнотехничком институту.

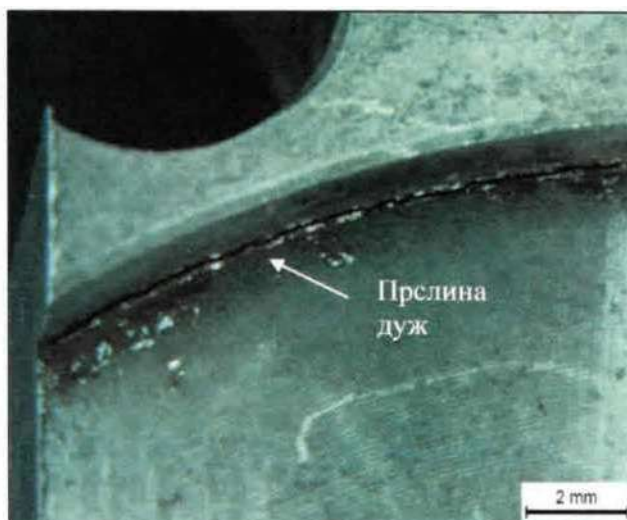
Коло за убризгавање - претпоставља се да је лом настао дуж радијуса са обе стране обода прстена кола за убризгавање. Прегледом попречног пресека лома, уочено је да је лом пропагирао под углом од 45° у односу на површину прстена кола. Такође, уочено је присуство прслина дуж радијуса на делу узорка на ком није дошло до прелома
- ознака узорка А - лом; ознака узорка Б



Слика 9. Коло за убризгавање – прелом



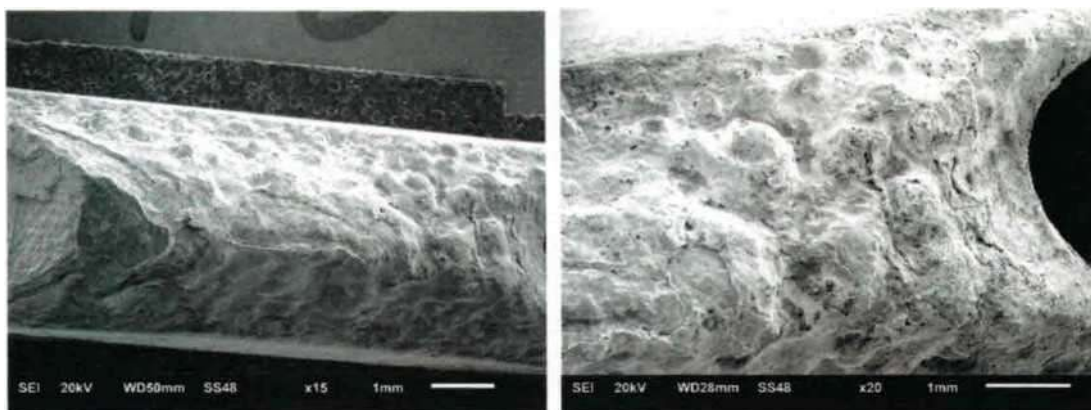
а) узорак А



б) узорак Б

Слика 10. Поглед површине одозго - стерео микроскоп

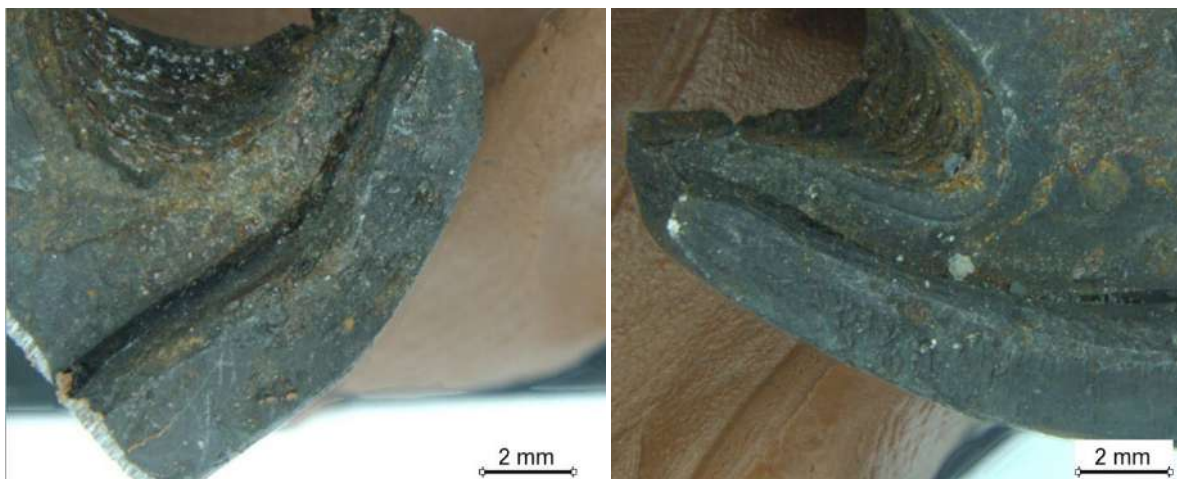
Макроскопским прегледом површине лома узорка „коло за убризгавање“ на СЕМ-у није могуће лоцирати место иницијација прелине, тип и механизам лома због нарушеног изгледа површине лома насталог као последица изложености пожару.



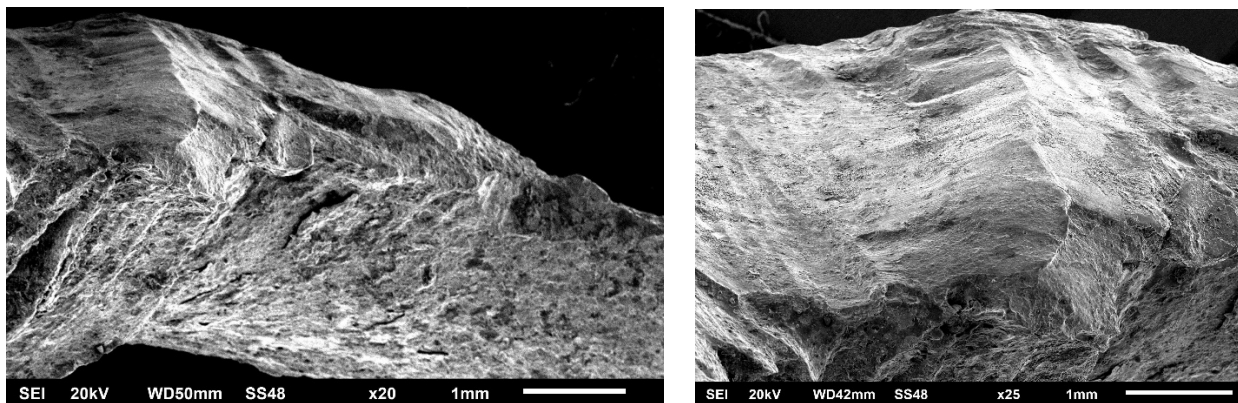
Слика 11. Макрофрактографска анализа лома узорка А „коло за убризгавање“ на СЕМ - поглед одозго

Вратило турбине





Слика 12. а) Макрофрактографски преглед лома на узорку „вратило турбине мотора“, б)-г) детаљи лома, стерео микроскоп



Слика 13. Макрофрактографска анализа лома узорка „вратило турбине мотора“ на СЕМ-у

2.3.2.2. Микрофрактографски преглед

Микрофрактографски преглед извршен је на светлосном оптичком микроскопу „Leitz Metallorplan“, који је опремљен камером DFC 295 и софтвером за обраду слике LAS 4.3.1. и на скенирајућем електронском микроскопу „JEOL 6010LV“ са EDS анализом хемијског састава. Детаљним прегледом површине лома узорка ознаке „коло за убризгавање“ детектовани су продукти корозије и уочено је присуство глатког „филма“ насталог, вероватно, услед горења узорка. Овај „филм“ би могао бити, према искуству Safran Helicopter Engines, неки оксид. Резултати семиквантитативне анализе хемијског састава

површине дати су у Табели 5. Због нарушеног изгледа површине лома, микрофрактографском анализом на СЕМ-у, није могуће утврдити микромеханизам лома. Такође, посматрајући попречни пресек лома на оптичком микроскопу, може се приметити промена у концентрацији сумпора и хрома.

Аналогно узорку ознаке „коло за убризгавање“, изглед површине лома узорка „вратило турбине мотора“ је нарушен приликом изложености пожару, те стога није могуће утврдити микромеханизам лома.

Елемент	Спекар 6	Спекар 10
C	14.95	13.38
O	31.49	49.48
V	0.45	-
Al	-	0.39
Ni	-	1.56
S	-	0.67
Ca	-	0.37
Cr	11.75	0.43
Mn	0.14	-
Fe	39.43	33.72
Mo	1.80	-

Табела 5. Резултати ЕДС анализе на узорку лома „коло за убризгавање“, mas%.

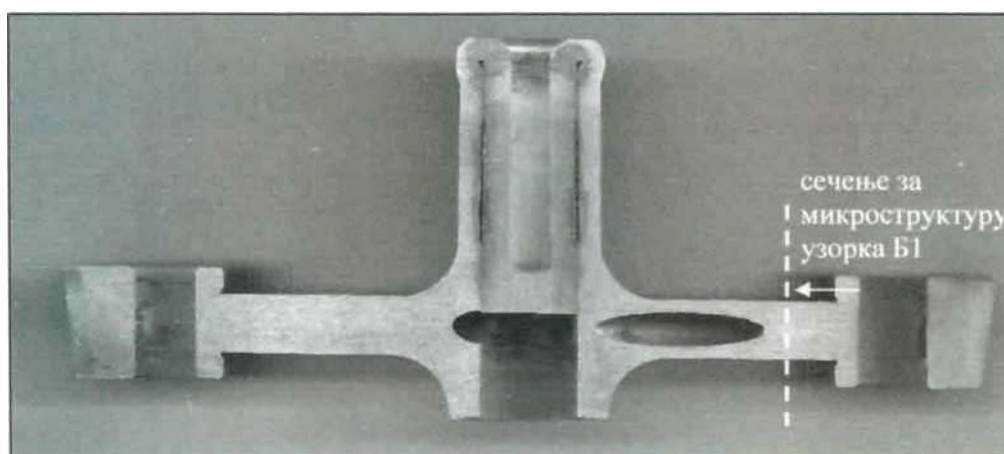
2.3.3. Металографски преглед

2.3.3.1. Макроструктура

Развијање макроструктуре извршено је дубоким нагризањем механички брушеног узорка дела кола за убризгавање у 50%-ом раствору соне киселине на температури $(60+70)^{\circ}\text{C}$ у трајању од 120 минута.

Коло за убризгавање

Изглед макроструктуре узорка Б „коло за убризгавање“, приказан је на сликама 13 и 14. Уочено је присуство сегрегација, полукружно распоређене и усмерене ка спољашњости узорка, слика 14а.



Слика 13. Узорак „коло за убризгавање“ - ознака узорка Б, макроструктура

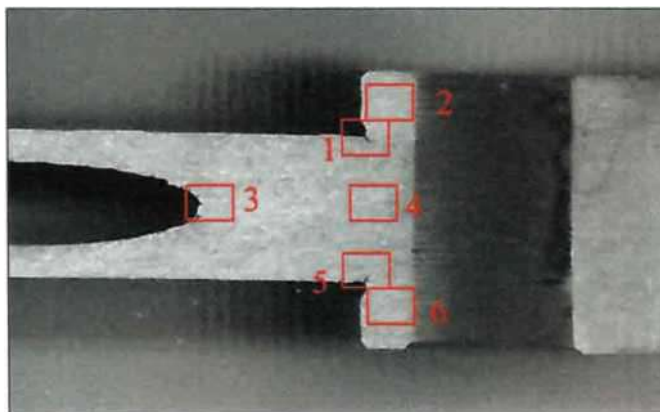
2.3.3.2. Микроструктура

Извршена је стандардна металографска припрема узорака, узетих са „коло за убризгавање“ и „вратило турбине мотора“ механичким брушењем и полирањем. Развијање микроструктуре извршено је нагризањем у Vilella's реагенсу. Металографски узорци су у нагриженом стању испитани на светлосном оптичком микроскопу „Leitz Metallorplan“, који је опремљен камером DFC 295 и софтвером за обраду слике LAS 4.3.1. и на скенирајућем електронском микроскопу „JEOL 6010LV“ са EDS анализом хемијског састава.

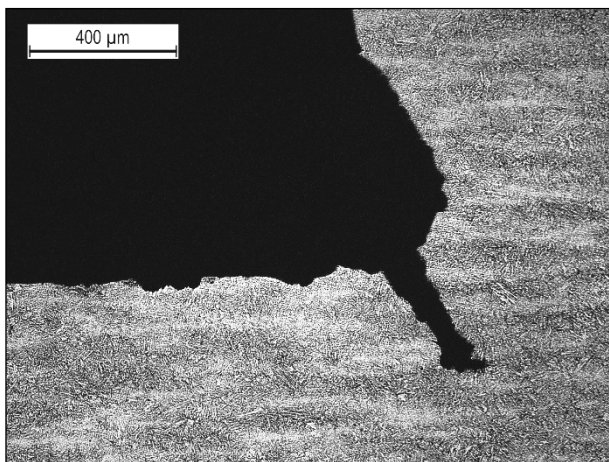
Коло за убризгавање

Места сликања узорка Б1 „коло за убризгавање“ приказана су на сл. 14. Микрофотографије узорка Б1 „коло за убризгавање“ у нагриженом стању су приказане на сл. 15. Такође, уочено је и присуство сегрегација по целој површини узорка.

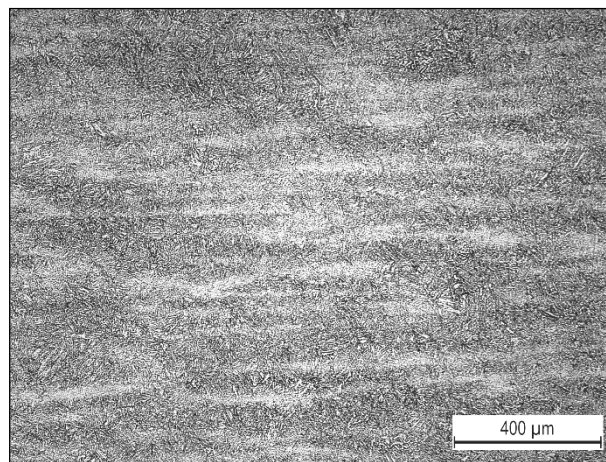
На сл. 15 а) и д) уочене су отворене прслине код радијуса на унутрашњем ободу прстена узорка Б1. Прслине су присутне и са горње и са доње стране површине прстена.



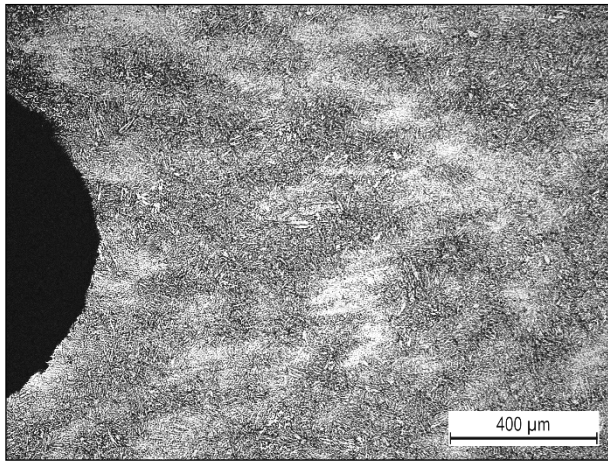
Слика 14. Микроструктура узорак Б1 - места сликања узорка



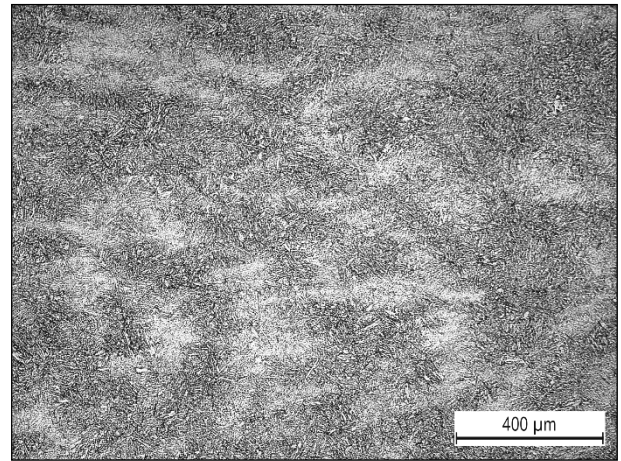
а) место 1



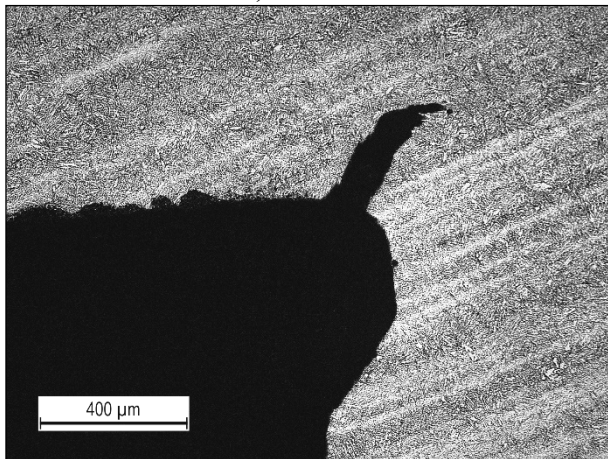
б) место 2



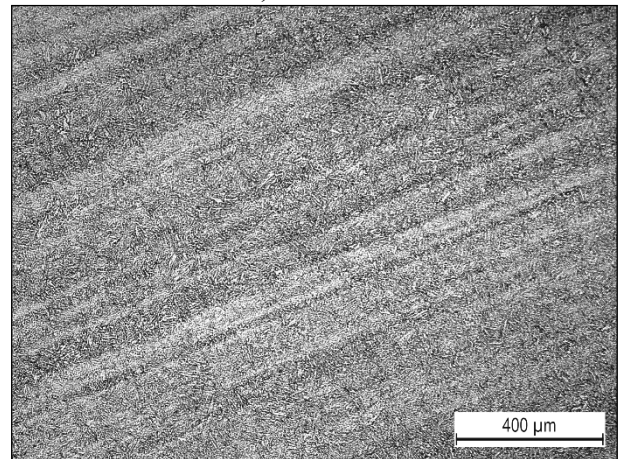
в) место 3



г) место 4



д) место 5



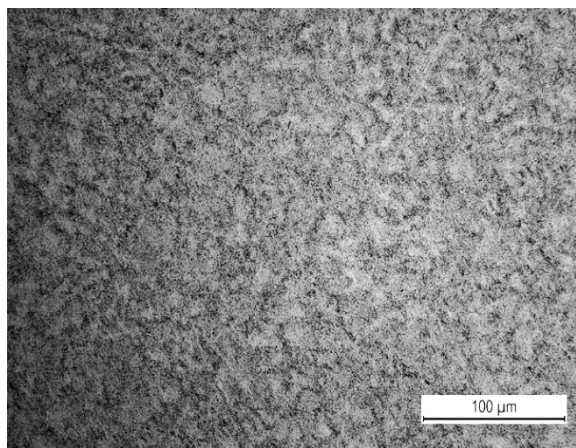
ж) место 6

Слика 15. Микроструктура узорка Б1

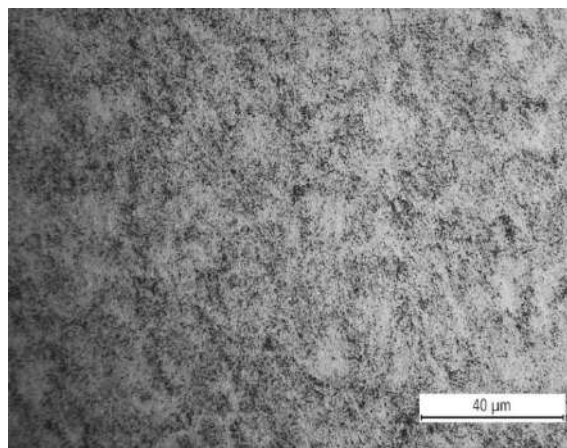
Вратило турбине мотора



Слика 37. Узорак „вратило турбине мотора“– ознака узорка В.
Место сечења за микроструктуру



а)



б)

Слика 38. а) и б) Микроструктура узорка В1, оптички светлосни микроскоп

2.3.4. Мерење микротврдоће

Микротврдоћа је одређена методом Vickers-а, HV1 са силом утискивања од $F=9,8\text{N}$, на уређају за мерење микротврдоће “TIME HVS 1000”. Мерење микротврдоће је извршено на металографским узорцима „коло за убризгавање“ и „вратило турбине мотора“ на уздужном и попречном правцу.

Расподела вредности микротврдоће узорка А1 „коло за убризгавање“ приказана је на сликама 40 и 41. Микротврдоћа мерена дуж уздужног правца, НИЗ I, бележи пораст вредности микротврдоће, идући ка ивици лома, услед деформације при ширењу прслине.



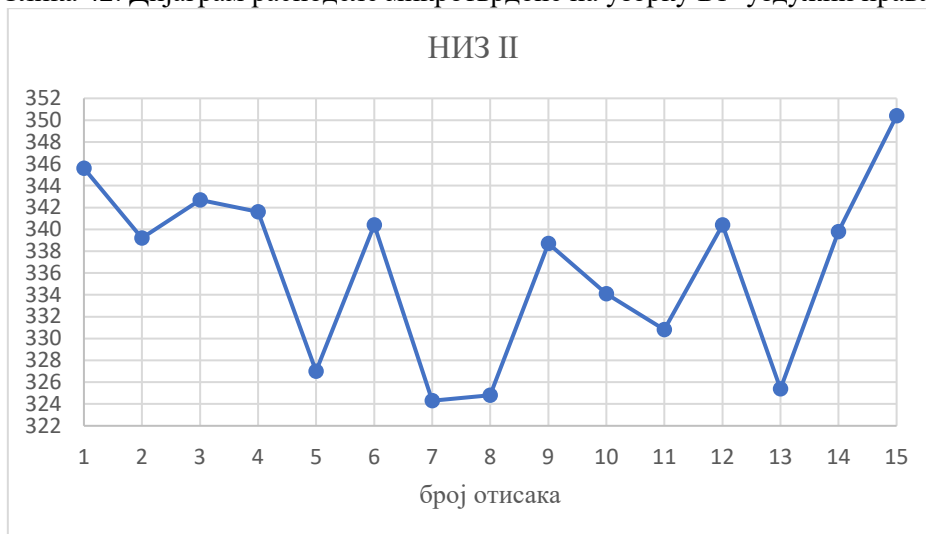
Слика 40. Дијаграм расподеле микротврдоће на узорку А1- уздужни правац



Слика 41. Дијаграм расподеле микротврдоће на узорку А1- попречни правац

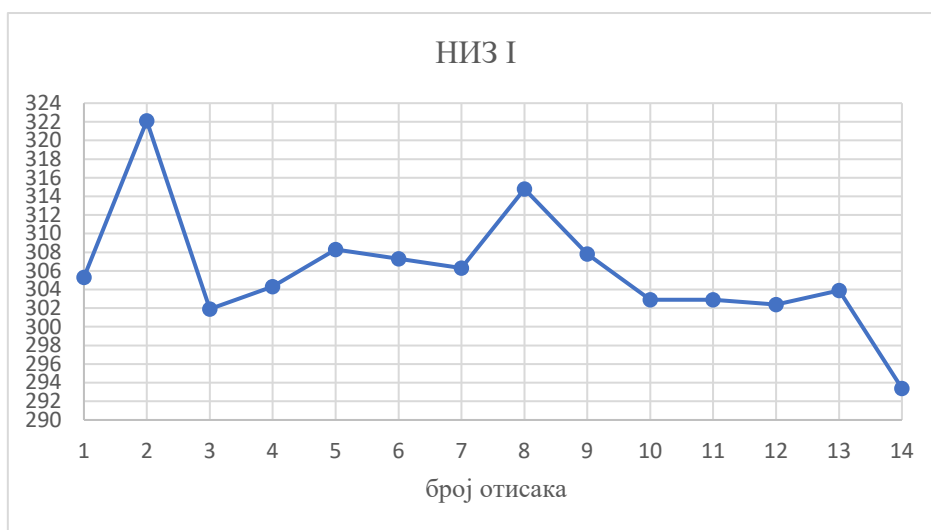


Слика 42. Дијаграм расподеле микротврдоће на узорку Б1- уздужни правац



Слика 43. Дијаграм расподеле микротврдоће на узорку Б1- попречни правац

Микротврдоћа мерена дуж уздужног правца на узорку Б1, НИЗ I, показује највише вредности микротврдоће близу канала кроз који пролази гориво, након чега се бележи пад микротврдоће. Микротврдоћа мерена дуж попречног правца на узорку Б1, НИЗ II, показује најмање вредности микротврдоће на средини попречног пресека, а највише вредности су забележене на ободу узорка.



Слика 44. Дијаграм расподеле микротврдоће на узорку В1- уздужни правац



Слика 45. Дијаграм расподеле микротврдоће на узорку В1- уздужни правац



Слика 46. Дијаграм расподеле микротврдоће на узорку В1- попречни правац

Расподела вредности микротврдоће узорка В1 приказана је на сликама 44 до 46. Микротврдоћа мерена дуж уздужног правца, НИЗ 1, показује пад тврдоће код радијуса. Вредности микротврдоће дуж НИЗАII, показују пад тврдоће идући с левог ка десном крају узорка. Вредности микротврдоће мерене у попречном правцу, НИЗ III, показују пораст тврдоће у правцу стрелице, а затим пад тврдоће на самом дну узорка.

2.4. Анализа техничке документације

Прегледом кола за убризгавање горива, односно инјектора, установљено је да је фабрички број дела P/N: 0288257080, а серијски број 34ММ, потврђен од стране Safran Helicopters Engines у складу са књигом склопова (као нов 1984. г. и након поправке 1990. г.). Од произвођача мотора „Safran Helicopter Engines“ радна група је добила информацију да постоји обавезни сервисни билтен N° A283 72 0111 издат 24.12.1997. а ажуриран 13.03.2000. године, који подразумева проверу система горива на испуштања дима из издувне цеви, уводника или одвода кућишта турбине. Билтен захтева да на првом следећем техничком прегледу инјектори који имају серијски број од 2900 до 3600 као и инјектори на којима нема серијског броја подлежу инспекцији материјала од стране произвођача. Сврха сервисног билтена је да се открије могуће присуство прскотина на инјектору, као и провера усклађености материјала инјектора.

Даљом анализом рада овог типа хеликоптера, радна група је закључила да су постојале ситуације у којима пилот или друга лица у име оператера нису извршили комплетан преглед стања хеликоптера пре и после летова, као и да нису адекватно и благовремено попуњавали документацију у вези са операцијом хеликоптера.

Такође, инјектор серијског броја 34MM ASTAZOU XIV Н серијског броја 6554 је део ограничен на употребу, у складу са произвођачким Сервисним Писмом бр. 2202/02/ASTXIV/122 од 10. марта 2003. године. Ограничење на употребу је постављено на 1750 сати, у складу са документацијом у вези одражавања. Овај инјектор серијског броја 34MM постављен је као нов на мотор Astazou XIV Н серијског броја 6554, без ремонта дела, и у складу са тим има TSN од 2026 сати, као и мотор, што значи да је 276 сати изнад ограничења на употребу. На слици 5. у Прилогу овог извештаја може се видети Сервисно Писмо 2202/02/ASTXIV/122 које је издато од стране Safran Helicopters Engines (Turbomeca у тренутку издавања) 2003. године.

Према прописима Републике Србије, Правилнику о обезбеђивању континуиране пловидбености ваздухоплова и других ваздухопловних производа, делова и уређаја и о одобравању ваздухопловно-техничких организација и особља који се баве овим пословима (важећи у тренутку удеса), који је усклађен са Уредбом Комисије (ЕУ) бр. 1321/2014, под ОДЕЉАК Б - ОДГОВОРНОСТ, М.А.201 Одговорности, прописано је да је, под тачком а) власник одговорен за континуирану пловидбеност ваздухоплова и дужан је да обезбеди да се лет обавља само:

1. ако је ваздухоплов одржаван у стању пловидбености, и;
2. ако је свака постављена оперативна опрема и опрема у случају ванредне ситуације исправно уграђена и употребљива или јасно означена као неупотребљива, и;
3. ако је важећа потврда о пловидбености, и;
4. ако се одржавање ваздухоплова врши у складу са програмом одржавања на начин одређен у М.А.302.

У складу са ОДЕЉАК Б - ОДГОВОРНОСТ, М.А.201 Одговорности, власник, односно САМО организација је одговорна за адекватно извршавање задатака у вези са обезбеђивањем континуиране пловидбености.

Такође, према претходно поменутом Правилнику, ОДЕЉАК Б - ОДГОВОРНОСТ, М.А.201 Одговорности, тачка ц) Свако лице или организација који врше одржавање одговорни су за обављене задатке.

У складу са Правилником о обезбеђивању континуиране пловидбености ваздухоплова и других ваздухопловних производа, делова и уређаја и о одобравању ваздухопловно-техничких организација и особља који се баве овим пословима, који је усклађен са Уредбом Комисије (ЕУ) бр. 1321/2014, под ОДЕЉАК Г - ОРГАНИЗАЦИЈА ЗА ОБЕЗБЕЂИВАЊЕ КОНТИНУИРАНЕ ПЛОВИДБЕНОСТИ, М.А.708 Обезбеђивање континуиране пловидбености, под тачком б) је прописано да: За сваки ваздухоплов чијом пловидбеношћу управља, одобрена организација за обезбеђивање континуиране пловидбености мора: 4. да обезбеди да се целокупно одржавање обавља у складу са одобреним програмом одржавања и да се одобрава у складу са Секцијом А, Одељак Х овог анекса (Део-М); 5. да обезбеди примену свих важећих налога за пловидбеност и оперативних налога који утичу на континуирану пловидбеност; 7. да обезбеди да се ваздухоплов отпрема организацији за одржавање која је одобрена на одговарајући начин, кад год је неопходно; 8. да координира редовно одржавање, примену налога за пловидбеност, замену делова са ограниченим веком употребе и преглед компонената, како би омогућила да се радови обављају правилно;

Према Правилнику о обезбеђивању континуиране пловидбености ваздухоплова и других ваздухопловних производа, делова и уређаја и о одобравању ваздухопловно-техничких организација и особља који се баве овим пословима, који је усклађен са Уредбом Комисије (ЕУ) бр. 1321/2014, под ОДЕЉАК Ф - ОРГАНИЗАЦИЈА ЗА ОДРЖАВАЊЕ, М.А.609 Подаци о одржавању, риликом извођења одржавања, укључујући модификације и поправке, одобрена организација за одржавање мора да поседује и да користи важеће податке о одржавању,

прецизиране у тачци М.А.401. Ако корисник обезбеђује податке о одржавању, ти подаци се чувају само док трају радови.

Даље, према тачци М.А.615 Права организације, Организација одржава само ваздухоплове или компоненте за које је одобрена ако располаже свим неопходним објектима, опремом, алатом, материјалом, подацима о одржавању и овлашћеном особљу.

3. ЗАКЉУЧЦИ

3.1. Налази

- У складу са расположивом документацијом и изјавама сведока, радна група није установила било коју пријаву белог дима у некој предходној операцији хеликоптером, што би захтевало обавезну примену Сервисног Билтена приликом првог следећег одржавања, иако је радна група пронашла недостатке у праћењу стања током коришћења хеликоптера.
- Последњи ремонт мотора изведен је у организацији сертифициваној за одржавање према Парт-145, која није била, и која и даље није, овлашћени центар за поправку од стране Safran Helicopters Engines.
- Иако серијски број 34ММ није био обухваћен Сервисним Билтеном, с обзиром на ниво оштећења и места могућег узрока, као и чињенице да је сервисно писмо произвођача мотора постојало, и да је TSN инјектора био 276 сати изнад ограничења за употребу према сервисном писму произвођача, инјектор је темељно анализиран.
- Током истраге, радна група је установила да за време ремонта мотора организација за одржавање није имала одговарајуће податке за одржавање и није одбацила инјектор. (како је написано у ревизији одговарајућег упутства за ремонт)
- Пилот је поседовао потребну дозволу и важеће овлашћење за управљање хеликоптером Gazelle SA342J.
- Пилот је поседовао важећи медицински сертификат.
- Пилот је објективно био изложен великом радном ангажовању и имао је релативно мало времена за одмор у данима пре удеса, нарочито имајући у виду да је недавно имао инфекцију вирусом Covid-19.
- Метеоролошки услови су се налазили у оквиру прописаних ограничења употребе хеликоптера.
- Трагови стајног трапа хеликоптера на земљи показују да је до оштећења репног конуса дошло после додира, тла као последица неодговарајућег командовања колективном палицом.
- Хеликоптер је био уписан у Регистар цивилних ваздухоплова Републике Србије, са важећим уверењем о пловидбености.

3.2. Узроци удеса

3.2.1. Непосредни узрок

Лом инјектора, односно кола за убризгавање горива и отказ мотора.

3.2.2. Посредни узроци

Неадекватно одржавање мотора и надзор над операцијама које се тичу делова мотора са ограниченим радним веком.

4. БЕЗБЕДНОСНЕ ПРЕПОРУКЕ

У циљу унапређења безбедности и како би се убудуће избегли удеси или озбиљне незгоде услед истих или сличних узрока, Центар доноси следеће безбедносне препоруке:

02/2020-01: Директорат цивилног ваздухопловства Републике Србије:

- а) Извршити надзор над Организацијом за одржавање (MRO) која је била предмет ове истраге, а у вези са коришћењем одговарајуће документације за све ваздухоплове са листе обима одобрења (safety list);
- б) Извршити надзор над власником хеликоптера и његовој организацији задуженој за одржавање континуалне пловидбености ваздухоплова (CAMO) како би се обезбедило примењивање директива ваздухопловних власти (AD) и сервисних билтена (SB) које издају произвођачи мотора и ваздухоплова.
- в) До 1. децембра 2023. г. доставити извештај Центру о имплементацији свих AD и SB издатих од стране произвођача мотора и ваздухоплова за све хеликоптере типа SA342 регистрованих у Републици Србији (преорука у склопу издавања Потврде о провери пловидбености)

02/2020-02: Хеликоптерској јединици МУП-а Републике Србије:

- а) Ограничити/контролисати радно ангажовање пилота изван редовног рада како не би долазило до преоптерећења, замора и угрожавања безбедности.

5. ПРИЛОГ

MW Helicopters Limited EASA Ref.: UK.145.00666
 Hangar 17, Stapleford Aerodrome, Stapleford Tawney, Romford, Essex, RM4 1SJ, UK.
 Tel: 01708-688115 Fax: 01708-688117

**MAINTENANCE STATEMENT AND SCHEDULED
 MAINTENANCE INSPECTION CERTIFICATE OF RELEASE TO SERVICE**
(MWH Workpack / Inspection Ref: YUG/WT/00728)

Aircraft Type SA342J, Gazelle Registration Mark YU-HPZ Serial No. 1473

6 Months & 30 Hour Scheduled Maintenance Inspections
 was completed on 9 June 2020 at 4860:18 Airframe Hours.

Approved Maintenance Schedule Reference: YUG/MP/341-342, Issue 2

Category	Inspector's Stamp	Inspector's Name	Inspector's Signature
AIRCRAFT	MWH 1		

Certifies that the work specified except as otherwise specified was carried out in accordance with **Air Transport Law of the Republic of Serbia** regulation and in respect to that work the aircraft is considered ready for release to service.

The next Scheduled Maintenance Inspections is Annual & 60 Hour

Inspections due at 4906:49 A/C Hours or 20 November 2020

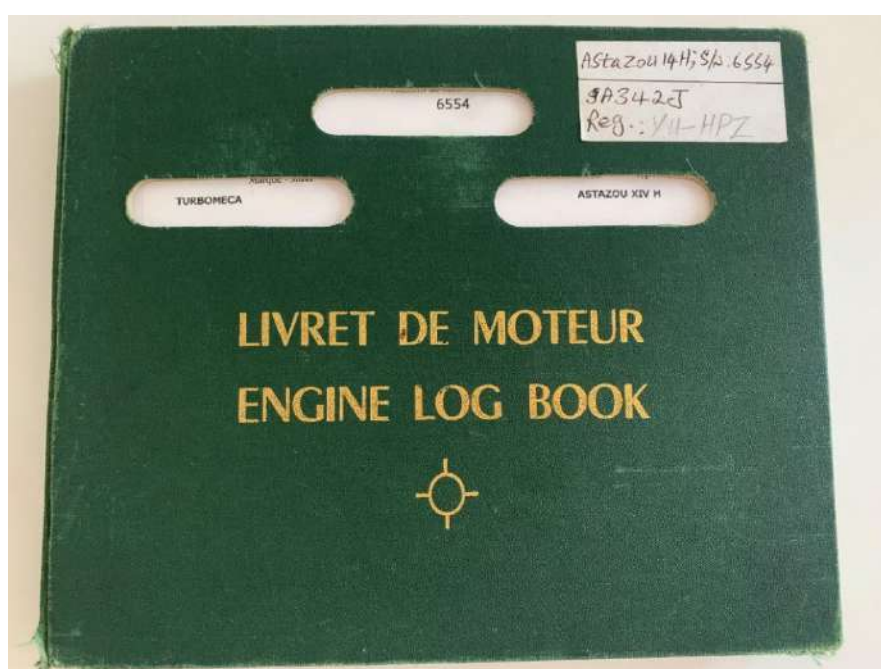
NOTE: Aircraft ARC is due Renewal on 26 November 2020.

The following out of phase Inspections / Component Changes are due before the next Scheduled Maintenance Inspection specified above:

ITEM	DUE		MWH Workpack Ref. No. or Sector Log Ref. on Completion
	HOURS	DATE	
- AD F-1997-144-038, ECF SB 05-32, TGB Support Tripod Inspection	ALF	ALF	To be Performed as detailed in A/C Tech. Log Sign-Off Sheet.
- Check "A" / Daily Inspection	----	Daily	
- 30 Hour Inspection Due	4890:18	----	

FORM: YUG/FO008 Issue 3
 YUG/CRS - Aircraft

Слика 1. Последњи инспекцијски преглед хеликоптера



Слика 2. Књига мотора

ANNEXE 2

PIECES A LIMITE D'UTILISATION ASTAZOU XIV H

Désignation	Référence	Limite d'utilisation
Roulement AV du pignon sortie	9 606 79 090 1	3500 heures
Roulement AR du pignon sortie	9 606 62 120 1	3500 heures
Roulement intermédiaire AV du Réducteur (non modifiés AB 185)	9 606 63 070 8 9 602 63 070 4	1750 heures
Roulement intermédiaire AV du Réducteur (AB 185)	9 609 00 022 8 9 609 00 022 9	3500 heures
Roulement intermédiaire AR du Réducteur (non modifiés AB 185)	9 606 81 060 1	3500 heures
Roulement intermédiaire AR du Réducteur (AB 185)	9 609 00 029 2	1750 heures
Roulement palier AV et AR axial	9 606 62 041 0 9 606 62 040 7 9 609 62 041 0 9 609 62 040 9 9 609 62 040 7	1750 heures
Roulement palier centrifuge	9 606 62 040 7 9 609 62 040 9 9 609 62 040 7	1750 heures
Roulement palier arrière	9 606 82 041 2	1750 heures
Roue d'injection	0 288 25 708 0 0 288 25 701 0	1750 heures
Pales 1 ^{er} étage	0 283 27 104 0	1750 heures
Pales 2 ^{ème} étage	0 283 27 204 0	3500 heures

Слика 5. Сервисно Писмо у ком је приказан животни век инјектора број. 0288257080