

КОМИСИЈА ЗА ИСТРАЖИВАЊЕ УДЕСА И
ОЗБИЉНИХ НЕЗГОДА ВАЗДУХОПЛОВА

ЗАВРШНИ ИЗВЕШТАЈ О НЕЗГОДИ

| | |
|----------------------|-----------------------------|
| Авион: | PIPER PA 28-161 |
| Ознака регистрације: | YU-DBB |
| Корисник авиона: | СТС АВИЈАЦИЈА ДОО - Београд |
| Место незгоде: | Аеродром Лисичији Јарак |
| Датум незгоде: | 13.06.2009. године |
| Време незгоде: | 11,10 часова (LT) |

Београд, септембар 2009. године

Увод

У овом Извештају изнесени су резултати истраживања озбиљне незгоде авиона типа PIPER PA 28-161, регистарске ознаке YU-DDB, која се догодила 13.06.2009. године године на аеродрому Лисичији Јарак. У незгоди није било повређених лица а ваздухоплов је претрпео лакше оштећење.

Комисију за истраживање ове озбиљне незгоде, састављену од председника и два члана, именовано је генерални директор Директората цивилног ваздухопловства Републике Србије, решењем бр. 6/1-01-0006/2009-0001 од 16.06.2009. године.

Истраживање незгоде спроведено је у складу са Законом о ваздушном саобраћају, Правилником о истраживању удеса и озбиљних незгода цивилних ваздухоплова („Службени гласник РС“, број 71/09) и одредбама ICAO Анекса 13 Чикашке конвенције.

У складу са наведеним документима, ово истраживање нема за циљ утврђивање кривице или одговорности, већ је спроведено искључиво са циљем спречавања нових удеса у цивилном ваздухопловству.

САДРЖАЈ

| | | |
|----------|-------------------------------------|----|
| I | ЧИЊЕНИЧНЕ ИНФОРМАЦИЈЕ | |
| 1.1 | Историјат лета | 4 |
| 1.2 | Повреде | 4 |
| 1.3 | Оштећења авиона | 4 |
| 1.4 | Штета трећем лицу | 4 |
| 1.5 | Личне информације | 5 |
| 1.6 | Подаци о авиону | 5 |
| 1.6.1 | Подаци о мотору | 5 |
| 1.6.2 | Подаци о елиси | 6 |
| 1.7 | Метеоролошке информације | 6 |
| 1.8 | Навигациона средства и комуникације | 6 |
| 1.9 | Подаци о аеродрому | 6 |
| 1.10 | Регистратори лета | 6 |
| 1.11 | Стање на месту незгоде | 7 |
| 1.12 | Медицински и патолошки подаци | 7 |
| 1.13 | Подаци о пожару | 9 |
| 1.14 | Аспекти преживљавања | 9 |
| 1.15 | Испитивања и истраживања | 9 |
| 1.16 | Трагање и спасавање | 10 |
| II | АНАЛИЗА НЕЗГОДЕ | 10 |
| III | ЗАКЉУЧЦИ | 21 |
| IV | УЗРОК НЕЗГОДЕ | 21 |
| V | БЕЗБЕДНОСНЕ ПРЕПОРУКЕ | 22 |
| VI | ИЗДВОЈЕНА МИШЉЕЊА | 22 |
| ПРИЛОГ 1 | АНАЛИЗА ЛОМА ВИЈКА | 24 |

I ЧИЊЕНИЧНЕ ИНФОРМАЦИЈЕ

1.1 Историјат лета

Дана 13.06.2009. године, инструктор са ученицом на обуци за PPL(A) имао је задатак увежбавања заокрета у зони аеродрома Лисичији Јарак. Након извршене припреме, отишли су до авиона који је био паркиран испред хангара и преузели га од авиомеханичара, који је претходно прегледао авион. Претполетни преглед авиона извршила је ученица уз контролу инструктора. У 10.34 (LT) ученица је покренула мотор и кренула у вожење. У току вожења и полетања, инструктор није приметио ништа необично, (*"можда неки оштрији звук у тренутку одлепљивања"* - како је изјавио). Вожење, полетање и комплетан лет у зони извршила је ученица, уз инструкције које је добијала од инструктора. По завршетку рада у зони, ушли су у школски круг на висини 1000 фита. С обзиром да ученица има 10 сати лета и да у току обуке није вршила слетање, од трећег заокрета школског круга, авионом је управљао инструктор. Прилаз, равнање и додир ПСС, извршени су нормално. Одмах након додира, инструктор је осетио да авион тежи ка десном нагибу. У истом тренутку, угледао је испред себе на ПСС точак и закључио да је у току полетања дошло до отпадања точка десне ноге стајног трапа авиона. Успео је да задржи авион на левом точку, прекинуо је рад мотора а након губитка узгона, авион је кренуо у десну страну и убрзо се зауставио, ослоњен на елементе десне ноге стајног трапа. У незгоди су оштећени елементи десне ноге стајног трапа и горњака закрилца десног крила, услед удара унутрашњег цилиндра амортизера, након отпадања точка.

1.2 Повреде

У незгоди није било повређених.

1.3 Оштећења авиона

Авион је лакше оштећен - оштећени елементи десне ноге стајног трапа и горњака закрилца десног крила, услед удара унутрашњег цилиндра амортизера, након отпадања точка.

1.4 Штета трећем лицу

У незгоди није причињена материјална штета трећем лицу.

1.5 Личне информације/ подаци о пилоту

| | |
|------------------------------|----------------------------|
| Старосна доб: | 49 година |
| Пол: | мушки |
| Дозвола: | CPL(A), |
| Овлашћења: | SEP (land), FI(A) |
| Последњи медицински преглед: | 11.03.2009.године, класа 1 |
| Последња провера у лету: | 02.12.2007. године |

Летачко искуство

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| Укупан налет: | 2165 часова |
| Налет пилота у последњих | |
| ▪ 1 месец дана: | 39,27 часова, 119 летова |
| ▪ 15 дана: | 9,24 часова, 32 лета |
| ▪ 7 дана: | 6,34 часова, 21 лет |
| ▪ 48 часова: | 2,28 часова, 11 летова |
| ▪ на дан незгоде: | 1,46 часова, 5 летова |

1.6 Подаци о авиону

| | |
|-----------------------------------|---|
| Тип: | PIPER PA 28-161 |
| Серијски број: | 28-7916057 |
| Година производње: | 1979. |
| Уверење о пловидбености: | Број 1174, издато 20.06.2008. године, са роком важења до 20.06.2009.године. |
| Категорија авиона: | Општа |
| Намена авиона: | Обука пилота |
| Корисник: | СТС АВИЈАЦИЈА ДОО -Београд |
| Укупан налет од почетка употребе: | 4475,14 часова |
| Укупан налет од последње обнове: | 265,15 часова |

Последњи преглед авиона ради утврђивања пловидбености извршен је 19.06.2008. године.

Авион има одобрен Програм техничког одржавања од стране Директората цивилног ваздухопловства Републике Србије.

1.6.1 Подаци о мотору

| | |
|--------------------------------|--------------------|
| Тип: | LYCOMING O-320-D3G |
| Серијски број: | RL-7381-39A |
| Датум уградње на ваздухоплов: | 1985. године |
| Произвођач: | LYCOMING, USA |
| Укупно време рада: | 2267,35 часова |
| Време рада од последње обнове: | 265,15 часова |

1.6.2 Подаци о елиси

| | |
|--------------------------------|--|
| Тип: | 74 DMB – 0 – 60, двокрака, метална, фиксног корака |
| Серијски број: | A 47001 |
| Произвођач: | SENSENICH |
| Датум уградње на ваздухоплов: | 1993. |
| Укупно време рада: | 1497,17 часова |
| Време рада од последње обнове: | 265,15 часова |

1.7 Метеоролошке информације

Видљивост преко 10 km, ветар из правца 280°, брзине 2-3 m/s, температура 15 °C, притисак 1019 hPa. Метеоролошки услови нису имали утицаја на незгоду.

1.8 Навигациона средства и комуникације

Није од важности.

1.9 Подаци о аеродрому

Летење се одвијало на аеродрому Лисичији Јарак, који је намењен за спортско и аматерско летење и сезонско летење авиона привредне авијације. У употреби је била травната ПСС 33, дужине 1000 m, ширине 37 m.

1.10 Регистратори лета

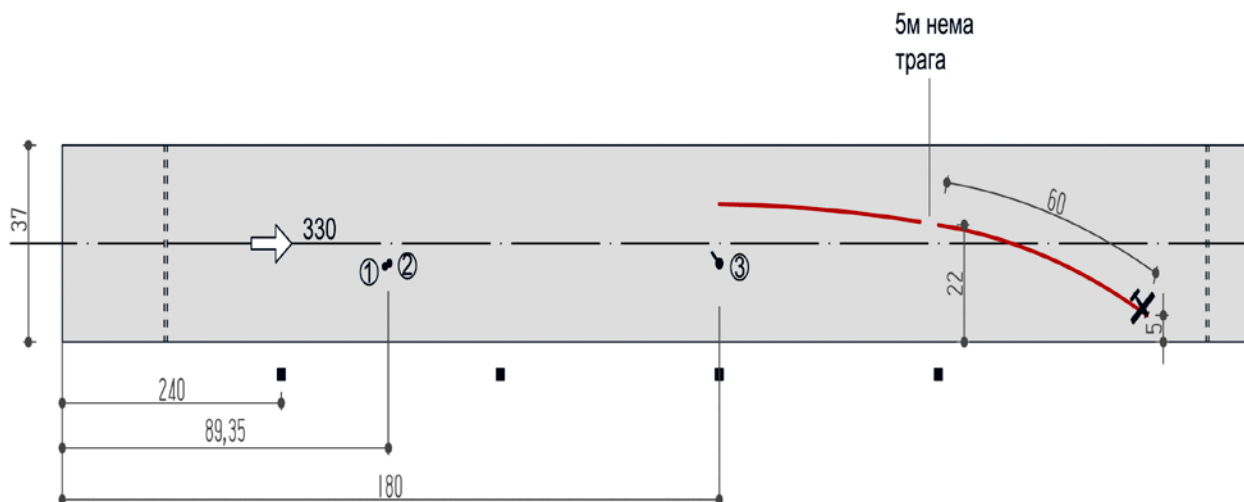
Авион није имао регистраторе лета с обзиром да се то не захтева за ову категорију ваздухоплова.

1.11 Стање на месту незгоде



Слике 1.1 и 1.2 – Положај авион након заустављања

Авион се зауставио на ПСС, ослоњен на елементе десне ноге стајног трапа, на удаљености око 300 метара од прага ПСС и 5 метара од десне бочне ивице. На удаљености од око 90 метара од прага ПСС пронађене су стеге и заптивне гумице хидрауличног кочионог система а непосредној близини и преломљени вијак (бр. дела 400 165 /AN5-22/) и елементи за везу маказа са унутрашњим цилиндром амортизера десне ноге стајног трапа (позиције 1 и 2 на слици 1.3). На удаљености од око 180 метара од прага ПСС пронађен је десни точак са унутрашњим цилиндром амортизера (позиција 3 на слици 1.3). Од места на којем је пронађен точак, видљив је траг у дужини око 120 метара који је на ПСС направио склоп десне ноге стајног трапа, након отпадања точка. Скица места незгоде дата је на слици 1.3.



Слика 1.3 – Скица места незгоде

На слици 1.4 је приказан склоп десног точка са клипњачом који је отпао током полетања, а на слици 1.5 се виде елементи десне ноге после подизања авиона на месту заустављања.



Слика 1.4



Слика 1.5

Облога десне ноге је знатно оштећена, а на слици 1.6 се види и оштећење на оплати закрилца које је настало услед ударца унутрашњег цилиндра амортизера, након отпадања точка.



Слика 1.6



Слика 1.7

На слици 1.7 је приказан поломљени вијак на доњој вези маказа са носачем осовине точка. Интересантно је да је лом настао на делу са навојем, а не на стаблу вијка. Дужина преосталог дела са навојем који није пронађен је око 4 mm (укупна дужина навоја вијка износи око 13 mm). Према концепцији везе, лом је настао у зони споја активног дела навртке са вијком.



Слика 1.8



Слика 1.9

На месту удеса пронађена је и чаура (слика 1.8) која је испала из свог лежишта на доњем делу маказа. Ширина чауре је 20.5 mm, спољашњи пречник 12.7 mm, а унутрашњи пречник 7.9 mm.

Такође, пронађена су и 3 подметача (слика 1.9) који имају функцију да пониште зазор у склопу везе. Унутрашњи пречник код свих подметача је 8 mm, спољашњи пречници су (с лева на десно) 59.1 mm, 61.6 mm и 61.7 mm, а одговарајуће дебљине 1.5 mm, 1 mm и 0.7 mm, респективно.

На подметачима су видљиви трагови механичких оштећења (огреботине) као и извесна овализација отвора за пролаз вијка.



Слика 1.10

Авион је превезен у хангар и ту му је клипњача са склопом десног точка враћена у цилиндар главне ноге и осигурана од испадања. Визуелним прегледом је установљено да елементи склопа маказа и носача осовине точка нису претрпели оштећења (слика 1.10).

1.12 Медицински и патолошки подаци

Није применљиво.

1.13 Подаци о пожару

У незгоди није дошло до појаве пожара

1.14 Аспекти преживљавања

Није применљиво.

1.15 Испитивања и истраживања

У циљу утврђивања узрока лома вијка број дела 400165 (AN5-22), извршен је:

1. Макрофрактографски преглед вијка (визуелно и стереомикроскопски)
2. Микрофактографски преглед вијка (SEM и оптички микроскоп);
3. Мерење тврдоће вијка;
4. Испитивање микроструктуре материјала вијка;

Анализа добијених резултата и закључци о утврђивању места настанка прслине, механизму простирања прслине, квалитету материјала и њиховом могућем утицају на лом, дати су у Прилогу 1

1.16 Трагање и спасавање

Није било потребе за покретањем акције трагања и спасавања.

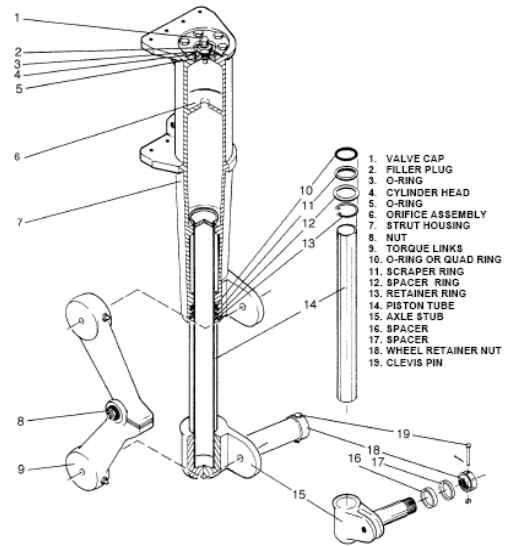
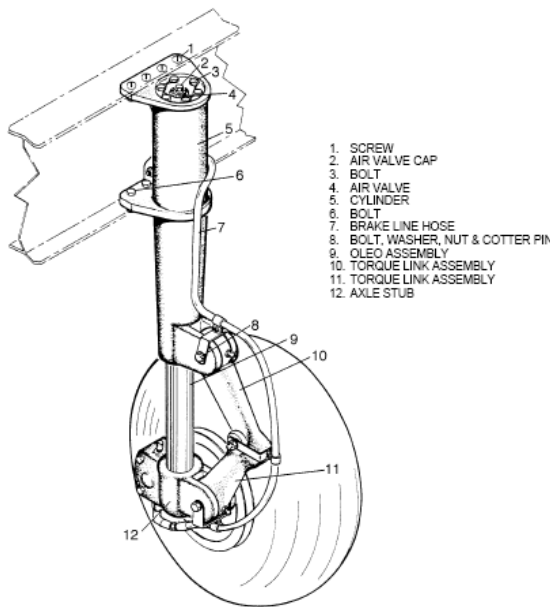
II АНАЛИЗА НЕЗГОДЕ

2.1 ОПИС СКЛОПА ГЛАВНЕ НОГЕ СТАЈНОГ ТРАПА

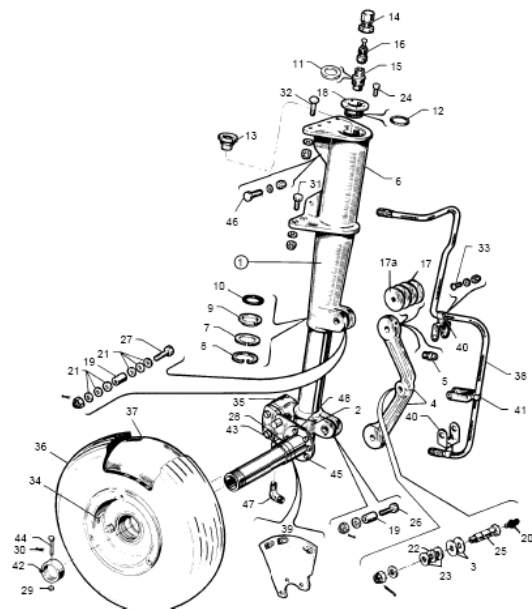
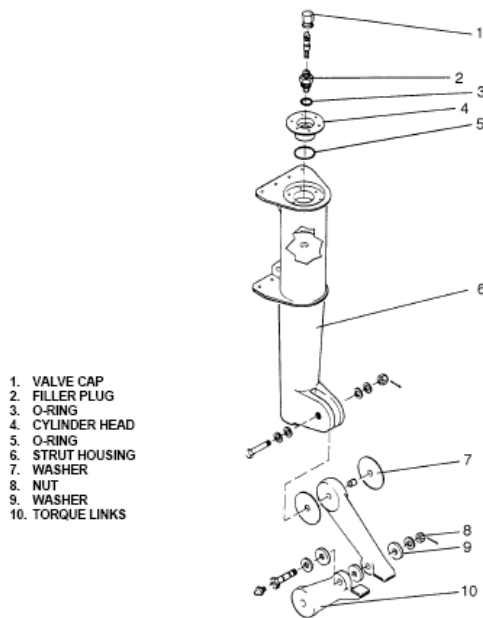
Подаци о конструкцији стајног трапа су преузети из Paiper Airplane Maintenance Manual и Paiper Airplane Parts Catalog.

Авион има неувлачећи стајни трап типа трицикл. Амортизери на све три ноге стајног трапа су типа уље – ваздух. На слици 2.1 је приказан склоп десне главне ноге стајног трапа (са точком) уграђен у структуру крила са обележеним основним подсклоповима и везним елементима. То су: (1) и (6) – везни елементи ноге са структуром крила, (2) – поклопац вентила за ваздух, (3) – везни елементи вентила, (4) – вентил за ваздух, (5) – цилиндар главне ноге, (7) – кочионо цедро, (8) – везни елементи маказа, (9) – склоп амортизера, (10) и (11) – кракови склопа маказа и (12) – носач осовине точка.

На слици 2.2 детаљно је приказано конструктивно решење склопа главне ноге. Клипњача амортизера (14) улази у цилиндрично кућиште (7) на чијем се доњем крају налази склоп заптивних елемената (10 – 13). На доњем делу клипњаче монтиран је носач (15) са осовином точка. Склоп маказа (9) се преко две виљушке повезује са кућиштем амортизера (горња тачка споја) и носачем осовине точка (доња тачка споја). Улога маказа је да не дозволе обртање склопа точка око уздужне осе ноге, тј. да обезбеде да равна точка увек буде паралелна равни симетрије авиона.



Слике 2.1 и 2.2



Слике 2.3 и 2.4

На слици 2.3 приказан је међусобни спој елемената маказа (10) и горња тачка споја маказа. Нарушавањем било које тачке везе склопа маказа на земљи, долази до обртања целог склопа тачка са клипњачом око уздужне осе клипњаче у цилиндру, а при одвајању од земље и до испадања клипњаче са склопом тачка. На слици 2.4 приказани су сви елементи склопа главне

ноге. Горњи и доњи спој маказа принципијелно су идентични. Елементи који припадају тим спојевима су:

- вијак AN5-22, тј. AN5-23 на доњој, тј. горњој тачки споја, респективно, позиције 26, тј. 25 на слици 2.4,
- чаура (број дела 63310-00), позиција 19 на слици 2.4,
- подлошке AN960-516 и AN960-516L, позиција 21 на слици 2.4,
- крунаста навртка AN310-C5 и
- расцепка MS24665-151.

Сви наведени елементи, осим чауре, су готова, тј. стандардна роба.

Наредни подаци за стандардне елементе из склопова везе маказа са деловима главне ноге су преузети са сајта www.aircraftspruce.com.



Слика 2.5

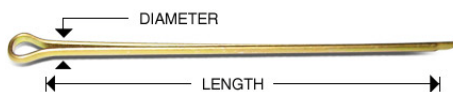


Слика 2.6

Вијци AN5 – 22 и - 23 (слика 2.5) су вијци са шестоугаоном главом за ваздухопловне примене, израђени од легираног челика са минималном затезном чврстоћом 125 ksi (око 86 daN/mm²). Номинална дужина (“Nominal Length”) првог вијка је 2-11/32” (око 59.5 mm), а другог 2-15/32” (око 62.7 mm). Дужина дела без навоја (“Grip Length”) је код првог вијка 1-13/16” (око 46 mm), а код другог 1-15/16” (око 49.2 mm). Пречник тела и навој код оба вијка је 5/16” (што би одговарало пречнику тела око 8 mm и метричком навоју ≈ M8). Вијак има избушену попречну рупу за расцепку.

Крунаста навртка AN310C - 5 (слика 2.6) је израђена од нерђајућег челика, а користи се код вијака који имају отвор за расцепку, чије постављање омогућавају прорези на глави навртке. Навој ове навртке је, као и код вијка, 5/16”.

Осигуравајућа расцепка MS24665 – 151 (слика 2.7) је израђена од нерђајућег челика. Њен номинални пречник је 1/16” (око 1.6 mm), а дужина 1/2” (око 12.7 mm).



Слика 2.7



Слика 2.8

Равне подлошке AN960-516 и AN960-516L (слика 2.8) се уграђују испод шестоугаоних навртки како би се добила глатка належућа површина, затим као подметачи за добијање одговарајуће дужине навојног споја, као и да би се подесио положај крунасте навртке AN310 у односу на отвор за расцепку у вијку AN5. Израђене су од кадмијумизираниог челика. Спољни пречник им је 0.562" (око 14.27 mm), а унутрашњи 0.328" (око 8.33 mm). Разликују се по дебљини: дебљина прве подлошке је 0.063" (око 1.6 mm), а друге 0.032" (око 0.8 mm). Према Paiper Airplane Parts Catalog, на доњем споју маказа се постављају по 3 подлошке AN960-516 и AN960-516L, а на горњем споју се постављају према потреби.

Према Paiper Airplane Maintenance Manual (Paragraph 2-8 и Table II-II), навојни спојеви на горњој и доњој вези маказа се не притежу одређеним моментом притезања, већ се крунаста навртка навија док се не оствари одговарајућа дужина навојног споја, тј. док се не постигне саосност прореза навртке са отвором за расцепку. Тада се постави расцепка. При томе треба водити рачуна да веза није лабава што се регулише равним подлошкама AN960. На тај начин вијак у вези није оптерећен од притезања.



Слика 2.9

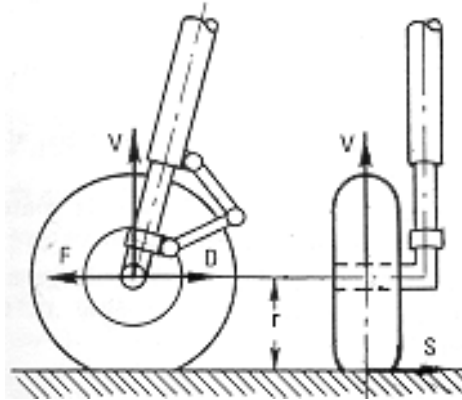


Слика 2.10

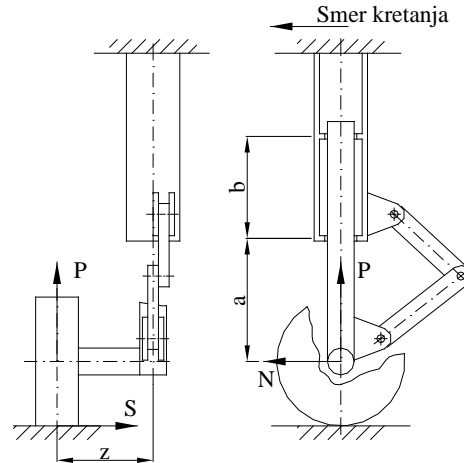
Такође, према истом документу (Paragraph 7-16), максимални дозвољени бочни зазор у спојевима делова маказа је 0.005 – 0.007" (0.127 – 0.178 mm). У случају већег зазора потребно је уградити одговарајуће подметаче (поз. 17 и 17а на слици 2.4). На сликама 2.9 и 2.10 је приказан склоп доње везе маказа са левом главном ногом авиона YU – DDB. На сликама се види и носач (поз. 40 на слици 2.4) са кочионим цревом (поз. 38 на слици 2.4).

2.2 АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА ВИЈКА У ДОЊОЈ ТАЧКИ ВЕЗЕ МАКАЗА

На слици 2.11 су приказане компоненте оптерећења које делују на ногу главног стајног трапа, а према Ladislao Pazmany – *“Landing Gear Design for Light Aircraft (Volume I)”*.



Слика 2.11



Слика 2.12.

У општем случају приликом слетања на ногу делују:

- вертикална сила V која увек делује навише, управно на тло,
- хоризонтална сила D (са смером супротно смеру кретања авиона) која почиње да делује у тренутку слетања и свој максимум достиже приближно у тренутка када точак постигне брзину авиона (*"spin-up"*), после чега опада до нуле, а затим расте (сила F) мењајући смер у смер кретања авиона (*"spring-back"* ефекат) и
- бочна сила S која може да делује ка или од равни симетрије авиона.

За прве две силе се сматра да делују у осни тачка, док бочна сила делује на месту додира тачка са подлогом.

Како оса ноге обично заклапа неки угао са вертикалом, за прорачун чврстоће елемената ноге врши се разлагање сила V и D у правцу осе ноге и управно на ту осу. Тако се добијају силе P и N уз бочну силу S (слика 2.12). Ове три силе дефинишу и три равни које ће бити обележене према одговарајућим силама. То су равни: $P - N$, $P - S$ и $N - S$.

Сила P се уравништује у амортизеру, а њен момент у равни $P - S$ се уравништује спрегом сила на местима контакта клипњаче са цилиндром на краку b .

И бочна сила S и њен момент у равни $P - S$ се уравништује спрегом сила на местима контакта клипњаче са цилиндром на краку b .

Сила N и њен момент у равни $P - N$ се, такође, уравништује спрегом сила на местима контакта клипњаче са цилиндром на краку b .

Међутим, сила N има и момент у равни $N - S$ којим би, да не постоје маказе, вршила обртање клипњаче и склопа тачка око осе ноге.

Тај момент

$$M_{N-S} = N \cdot z$$

се са виљушке носача осовине точка преноси преко кракова маказа на виљушку цилиндра и даље у структуру.

У случају нарушавања било које везе склопа маказа, долази до обртања склопа точка заједно са клипњачом око уздужне осе цилиндра.

Сила P је увек усмерена ка вези ноге са структуром. На интензитет и смер силе N највише утичу смер и интензитет хоризонталне силе као и угао ноге према вертикали. Како је смер и интензитет хоризонталне силе, као што је већ речено, променљив током процеса слетања, може се десити да и сила N мења свој смер што проузрокује и промену смера момента M_{N-S} . И приликом војње по тлу, услед удара у препреку, може се јавити значајна компонента хоризонталне силе.

Са аспекта оптерећења вијка на доњој вези биће анализирана три случаја начина преношења оптерећења у склопу ове везе. Ти начини зависе од тога:

1. Да ли између виљушке носача осовине точка и ушке маказа постоји релативно велики зазор,
2. Да ли је тај зазор потпуно поништен подметачима и
3. Да ли изван зазора између елемената у споју постоји.

Прва два случаја су хипотетичка. Први случај би омогућио лако кретање делова маказа у равни паралелној равни симетрије авиона, али би велики бочни зазор угрозио њихову функцију. У другом случају елиминисан је бочни зазор, али то отежава кретање делова маказа.

2.3 ОПТЕРЕЋЕЊЕ ВИЈКА КАДА ИЗМЕЂУ ВИЉУШКЕ НОСАЧА И УШКЕ МАКАЗА ПОСТОЈИ РЕЛАТИВНО ВЕЛИКИ ЗАЗОР

На Слици 2.13 је приказана ситуација када између кракова виљушке и ушке полуге маказа постоје зазори g_1 и g_2 . У том случају не постоји физички додир бочних површина ушке и виљушке.

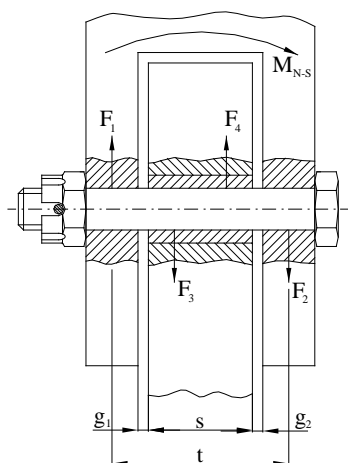
Најједноставнији модел преноса оптерећења у споју је шематски приказан на истој слици. Било који други модел не утиче на општост закључка.

Момент M_{N-S} и силу N прихвата вијак спрегом сила чији су интензитети

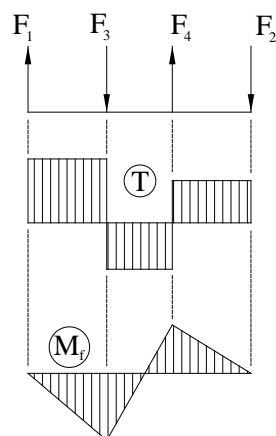
$$F_1 = \frac{M_{N-S}}{t} + \frac{N}{2} \quad \wedge \quad F_2 = \frac{M_{N-S}}{t} - \frac{N}{2}$$

где је усвојено да је нападна тачка ових сила на средини ширине кракова виљушке.

На полуку маказа се ово оптерећење, такође, преноси преко спрега сила F_3 и F_4 за које се могу усвојити да делују на растојању које је једнако две трећине ширине ушке полуге. Интензитети тих сила се могу добити из услова статичке равнотеже тела вијка.



Слика 2.13



Слика 2.14

Статички дијаграми за овај модел оптерећења вијка су принципијелно приказани на Сlici 2.14. При томе, прави облици дијаграма зависе од интензитета хоризонталне силе и геометријских параметара.

Види се да је тело вијка оптерећено на савијање и смицање у хоризонталној равни, тј. око вертикалне осе пресека тела вијка. Највећи момент савијања се јавља у зони деловања сила F_3 и/или F_4 .

Реално су све концентрисане силе троугаоно или трапезно расподељена континуална оптерећења што донекле усложњава анализу, али не мења генералне закључке. За расподељена оптерећења се максимална оптерећења вијка јављају у зонама између елемената у споју.

Како момент M_{N-S} мења свој смер у току једног циклуса оптерећења то се дешава и са силама на вијку, па ће постојати и тзв. наизменично савијање тела вијка, тј. са променама истегнуте и притиснуте зоне.

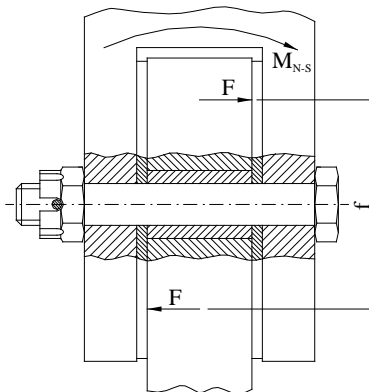
У овом случају део са навојем не трпи никакво оптерећење пошто нема радног оптерећења, а ни притезања.

Према томе, за случај овакве тзв. лабаве везе може доћи до попречног лома тела вијка услед једнократног преоптерећења везе (статички лом) или услед вишеструко поновљеног наизменичног савијања (лом услед замора) или услед комбинације ова два утицаја.

2.4 ОПТЕРЕЋЕЊЕ ВИЈКА КАДА ЈЕ ЗАЗОР МЕЂУ ЕЛЕМЕНТИМА У СПОЈУ ПОНИШТЕН ПОДМЕТАЧИМА

На слици 2.15 је приказана ситуација када је зазор између ушке и виљушке у споју поништен одговарајућим подметачима.

Пошто сада, преко подметача, постоји додир елемената у споју, момент M_{N-S} се са виљушке на ушку преноси преко површинског притиска на бочним површинама елемената у споју што се шематски може приказати спрегом сила F . У том случају спрег сила F оптерећује вијак на истезање и то како његово тело, тако и део са навојем. Међутим, због ексцентричности истежућих сила јавља се и секундарно савијање, посебно у зони главе вијка и зони навртке. Тај ефекат је у стручној литератури (нпр. Е. Ф. Bruhn – *“Analysis and design of Flight Vehicle Structures”*) познат као *“prying action on the bolt”*.



Слика 2.15

Сила N и даље оптерећује тело вијка на смицање.

Без обзира на промену смера хоризонталне силе и њеног одговарајућег момента, вијак је увек оптерећен на истезање. За овакву природу оптерећења критично је језгро навоја због мањег пречника у односу на тело, а и због концентрације напона.

Према томе, за случај овакве тзв. чврсте везе може доћи до попречног лома дела вијка са навојем у зони споја са навртком услед једнократног преоптерећења везе (статички лом) или услед вишеструко поновљеног истежућег оптерећења и секундарног савијања (лом услед замора) или услед комбинације ова два утицаја.

2.5 ОПТЕРЕЋЕЊЕ ВИЈКА КАДА ЈЕ МЕЂУ ЕЛЕМЕНТИМА У СПОЈУ ОСТВАРЕН ПРОПИСАНИ ЗАЗОР

У односу на претходна два случаја, ово је реалан случај с тим што укупни бочни зазор не сме да буде већи од 0.005 – 0.007” (0.127 – 0.178 mm).

Тада се пренос оптерећења у почетку обавља преко вијка све док услед еластичног рада елемената не дође до њиховог контакта и пренос оптерећења се даље врши преко површинског притиска делова у контакту.

Који се део момента M_{N-S} преноси преко вијка, а који део налегањем зависи од крутости појединих елемената. Како је крутост елемената у контакту далеко већа од крутости вијка може се сматрати да ће много већи део оптерећења ићи преко површинског притиска него преко савијања вијка. Оптерећење вијка ће тада представљати комбинацију његових оптерећења описаних у Одељцима 2.3 и 2.4. С обзиром на изнету претпоставку о прерасподели оптерећења на делове у контакту и сам вијак, може се сматрати да ће истезање вијка бити доминантно оптерећење у односу на његово савијање и смицање.

Реализовани склоп доње везе одговара случају описаном у Одељку 2.5. То је ситуација када се зазор између елемената у доњој тачки везе маказа своди на дозвољену меру подметачима (који су нађени на лицу места).

Током једног слетања дешава се следећа ситуација:

- сила N која делује у центру тачка, а управно на осу ноге паралелно равни симетрије, ствара момент M_{N-S} око осе ноге,
- највећи део тог момента се са виљушке носача осовине тачка на полугу маказа преноси преко спрега сила F директним налегањем елемената у споју (Слика 2.15), а много мањи део директним савијањем вијка,
- спрег сила тежи да ексцентрично “отвара” виљушку на носачу осовине тачка што директно оптерећује вијак на истезање,
- уз истезање јавља се и секундарно савијање у зони главе вијка и навртке,
- како се смер силе N најчешће мења током једног слетања, мења се и смер момента M_{N-S} и смер сила F , што изазива промену смера секундарног момента савијања, али истезање увек остаје као примарно оптерећење вијка.

2.6 ПОДАЦИ О НАЛЕТУ, БРОЈУ СЛетаЊА И ОДРЖАВАЊУ

За анализу узрока незгоде су посебно битни подаци о налету авиона, броју слетања и реализованом одржавању.

Увидом у документацију авиона установљени су следећи подаци о налету авиона и броју полетања/слетања:

- укупан часовни налет авиона до 01. 06. 2007. године – нешто више од 4210 часова
- укупан број полетања/слетања до 01. 06. 2007. године – непознат
- укупан часовни налет авиона до 13. 06. 2009. године – нешто више од 4475 часова
- укупан број полетања/слетања од 01. 06. 2007. до 13. 06. 2009. године – 1077

У следећој табели је дат преглед расположивих података о одржавању авиона који се односи на период од 01. 06. 2007. године. За период пре тог датума нема података.

| ДАТУМ ПРЕГЛЕДА | НАЛЕТ (h) | БРОЈ СЛЕТАЊА ОД 1000 ЧАС ПП | ВРСТА ПРЕГЛЕДА | ИЗВРШИЛАЦ |
|----------------|-----------|-----------------------------|---|--|
| 01.06.2007. | 4210,12 | 0 | 1000 часовни повремени преглед, општа оправка мотора и 1000 часовни преглед елисе | „GAS Aviation“- Смедеревска Паланка |
| 06.06.2008. | 4263,12 | 196 | Годишњи преглед у обиму 100 часовног повремениог прегледа | СМСТ 2082, Лисичији Јарак |
| 28.07.2008. | 4310,18 | 401 | 50 часовни повремени преглед | |
| 07.11.2008. | 4365,06 | 629 | 100 часовни повремени преглед | „GAS Aviation“- Смедеревска Паланка |
| 09.05.2009. | 4421 | 866 | 50 часовни повремени преглед | Механичар 2178 |
| 03.06.2009. | 4460,48 | 1025 | Годишњи преглед у обиму 100 часовног повремениог прегледа | „GAS Aviation“- Смедеревска Паланка |

У “Књизи авиона” евидентиран је податак да је 11. 06. 1992. године, када је авион имао 3391 часова налета, због примећеног повећаног зазора на маказама десне ноге “*извршена замена главних завртњева десне ноге на маказама*”. Имајући то у виду може се сматрати да је тада постављен и вијак на доњој вези маказа са носачем осовине точка, тако да је до тренутка незгоде прошло тачно 17 година.

Комисија је анализирао прописане поступке одржавања и реализовано одржавање склопа маказа и њихових везних тачака са склопом ноге и закључила да у “Програму техничког одржавања” за овај авион није прецизно дефинисано на који начин и у ком обиму се врши одржавање склопа маказа. На Слици 2.16 је дат извод из “Програма техничког одржавања” за десну главну ногу у коме се тачке 5.2.1 и 5.2.2, у принципу, односе и на овај склоп. Те активности су исте за прегледе на 100, 500 и 1000 сати налета. Као што се из Програма види, није дефинисано да ли се и до ког нивоа врши растављање одређених подсклопова и на који начин се врши провера на оштећења и прскотине.

Према изјави механичара фирме GAS – AVIATION d.o.o. из Смедеревске Паланке која одржава овај авион, код елемената на везним тачкама склопа маказа је предвиђено одржавање “према стању (on condition)”. На сваких 100 сати налета врши се, без демонтаже, прање склопова везних тачака, визуелни преглед склопова и њихово подмазивање.

На сваких 500 сати налета се врши растављање спојева, визуелни преглед елемената и, према потреби, се делови шаљу на испитивања без разарања. Ако се укаже потреба одређени делови се замењују.

| STS AVIACIJA d.o.o Šilerova 54a BEOGRAD tel/fax +381113076321 | | PROGRAM TEHNIČKOG ODRŽAVANJA | | | | PIPER WARRIOR II PA 28-161 YU-DDB | |
|---|---|---|-----|-----|------|---|-----------|
| Sadržaj radova | | časovi naleta | | | | potpis izvršioca (po potrebi napomena) | |
| R. Br. | operacija | 50 | 100 | 500 | 1000 | mehaničar | kontrolor |
| 5.1.10 | Skinuti i rastaviti amortizer noge, rastaviti ga i pregledati sve delove da nisu oštećeni, prekomerno istrošeni ili korodirali. Zameniti sve zaptivke amortizera, delove premazati hidro-uljem, sastaviti i ugraditi amortizer i napuniti ga sa 324 cm ³ hidro-ulja i 6,8 ⁻⁰ _{-0,5} bara (kg/cm ²) vazduhom. | | | X | X | | |
| 5.1.11 | Podmazati ležište okretnog dela noge propisanom mašću pod pritiskom. | | | X | X | | |
| 05.2 DESNA NOGA | | | | | | | |
| 5.2.1 | Pregledati nogu, da nema deformacija, prskotina i korozije. Proveriti pričvršćenje noge za centropplan da nema zazora u spoju i da su navrtke svornjaka pritegnute momentom 9,4 kgm i osigurane. | | X | X | X | | |
| 5.2.2 | Pregledati sklop klackalice sa poluosovinom točka da nije oštećen, da nema prskotine i korozije. Proveriti da u čaurama ležišta nema prekomernog zazora ili zaribavanja. Ležišta podmazati propisanom mašću pod pritiskom. | | X | X | X | | |

Слика 2.15

PIPER CHEROKEE WARRIOR SERVICE MANUAL

TABLE III-I. INSPECTION REPORT (cont.)

| Nature of Inspection | Inspection time (hrs) | | | |
|--|-----------------------|-----|-----|------|
| | 50 | 100 | 500 | 1000 |
| F. LANDING GEAR GROUP (cont.) | | | | |
| 12. Inspect shimmy dampener operation. | | 0 | 0 | 0 |
| 13. Inspect gear forks for damage. | | 0 | 0 | 0 |
| 14. Inspect main gear torque links for cracks. | | 0 | 0 | 0 |
| 15. Inspect oleo struts for fluid leaks and scoring. | | 0 | 0 | 0 |
| 16. Inspect gear struts, attachments, torque links, and bolts for condition and security. (Refer to latest revision of Piper Service Letter No. 842.) | | 0 | 0 | 0 |
| 17. Lubricate per lubrication chart. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18. Inspect all hydraulic lines and attaching parts for security, routing, chafing, deterioration, wear, and correct installation. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19. Remove airplane from jacks. | | 0 | 0 | 0 |

Слика 2.17

Ова процедура унеколико одступа од захтева датих у Paiper Airplane Maintenance Manual (Table III-I) чији је један део приказан на Слици 2.17. Види се да је прописано да се на сваких 100 сати обави:

- преглед да ли постоје оштећења на виљушкама стајног трапа (тачка F.13),
- преглед да ли постоје прскотине на склопу маказа (тачка F.14) и
- преглед стања ноге, спојева, маказа и вијака (тачка F.16).

С друге стране, тачка F.17 предвиђа подмазивање на сваких 50 сати што је у колизији са Figure 2-11 истог документа где се подмазивање склопа главне ноге обавља на сваких 100 сати.

III ЗАКЉУЧЦИ

- До лома вијка у зони навојног споја са навртком је дошло услед поновљених оптерећења која се јављају током слетања и/или у вожњи по тлу, примарно под дејством истежућег оптерећења уз секундарно савијање,
- До коначног ефективног лома вијка је дошло услед једнократног оптерећења при површини пресека која је износила око 10% укупне површине пресека језгра,
- На смањену статичку и динамичку носивост вијка је утицала корозија, временски период (17 година) од последње замене тог вијка и ширење прскотине,
- Квалитет материјала вијка AN5-22 одговара захтевима декларисаним за ову врсту вијака. Прегледом места настанка заморне прслине, није констатовано присуство било каквих грешака у материјалу, па квалитет материјала није утицао на појаву заморног лома вијка.
- Могуће је да је иницијална прскотина на навоју настала после задњег 1000 – часовног прегледа и да се потпуно развила у следећих око 1000 слетања, а у том периоду су вршени само 50 – часовни и 100 – часовни прегледи, при којима није вршена демонтажа склопа маказа и преглед елемената склопа,
- Прскотине на вијцима није могуће уочити без потпуног одвајања склопа маказа од склопа ноге.

IV УЗРОК НЕЗГОДЕ

Узрок незгоде је лом вијка (бр. дела 400 165/AN5-22/) за везу маказа са унутрашњим цилиндром амортизера десне ноге стајног трапа.

Сprovedена фрактографска испитивања вијка су потврдила да је до лома вијка у зони са навојем (извор концентрације напона) дошло услед описаних поновљених оптерећења (примарно истезање и секундарно савијање) која се јављају приликом слетања и/или приликом вожње по тлу.

Полазећи од претпоставке да се вијак највероватније налазио на авиону 17 година и да је на њему било трагова корозије, Комисија сматра да је и то имало утицаја на смањење и статичке и динамичке носивости вијка.

Поновљена оптерећења су иницирала прскотине на неколико места које су се шириле са повећањем броја оптерећења и коначно спојиле у један фронт. У тренутку коначног лома под једнократним оптерећењем површина носећег попречног пресека вијка је износила око 10% укупне површине пресека. Узимајући у обзир све напред речено, то значи да је за коначан лом вијка проузроковала врло мала сила која се јавила током процеса полетања.

Комисија није имала податак да је приликом последњег 1000 – часовног прегледа евидентиран било какав недостатак на предметном вијку. Узимајући то у обзир, до настанка иницијалне прскотине је могло да дође у међувремену, а у наредних око 1000 слетања је било могуће да се развије до критичне величине. Развој прскотине, уз раније набројане факторе, је додатно утицао на пад носивости и века вијка.

Комисија сматра да је до појаве иницијалне прскотине дошло далеко пре последњег 100 – часовног прегледа који је извршен само 10 дана пре незгоде (у међувремену је авион имао 15 часова налета и 52 слетања), као и да се она до тада толико проширила да би била изразито уочљива и визуелним прегледом.

Међутим, усвојени обим 100 – часовног прегледа не предвиђа растављање склопа везе маказа, а без тога прскотине није могуће ни уочити.

V БЕЗБЕДНОСНЕ ПРЕПОРУКЕ

Да би се избегло да до незгоде поново дође услед истих и сличних узрока, Комисија предлаже следеће безбедносне препоруке:

05/09-01 ДИРЕКТОРАТ ЦИВИЛНОГ ВАЗДУХОПЛОВСТВА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

Да се у Програму техничког одржавања за авионе типа PIPER PA 28-161 пропише провера стања вијака на везама маказа на сваких 100 часова налета у складу са Piper Airplane Maintenance Manual (Table III-I, тачка F.16), као и да се размотри потреба периодичне замене вијака на везама после одређеног времена коришћења авиона или броја слетања/полетања.

VI ИЗДВОЈЕНА МИШЉЕЊА

Није било издвојених мишљења од стране чланова Комисије.

ПРЕДСЕДНИК:

мр Зоран Б. Петровић, дипл.инж

ЧЛАНОВИ:

мр Владан Величковић, дипл.инж.

Иво Блацић, дипл.инж.

ПРИЛОГ 1
АНАЛИЗА ЛОМА ВИЈКА

1. УВОД

Циљ испитивања био је да се утврди тип и место настанка лома, као и фактори који су утицали на лом вијка AN5-22 са авиона PA-28-161 регистарске ознаке YU-DDB. Такође је било потребно оценити квалитет материјала вијка и његов допринос лому вијка.

2. МАКРОФРАКТОГРАФСКИ ПРЕГЛЕД

Макрофрактографски преглед склопа обављен је у хангару на аеродрому „Лисичији Јарак“, а самог вијка у лабораторији.

2.1. Преглед на лицу места

Вијак AN5-22, код кога је дошло до лома био је уграђен у доњој вези маказа са склопом десне главне ноге. Изглед склопа и места где се налази вијак приказан је на сл. 1.а и б. На сл. 1.а приказан је вијак са супротне, леве главне ноге са свим елементима склопа. Сам поломљени вијак без свих елемената склопа приказан је на сл. 1б.



а)



б)

Сл. 1. Изглед склопа са вијком а) стајни трап левог точка б) стајни трап десног точка са поломљеним вијком

2.2. Преглед у лабораторији

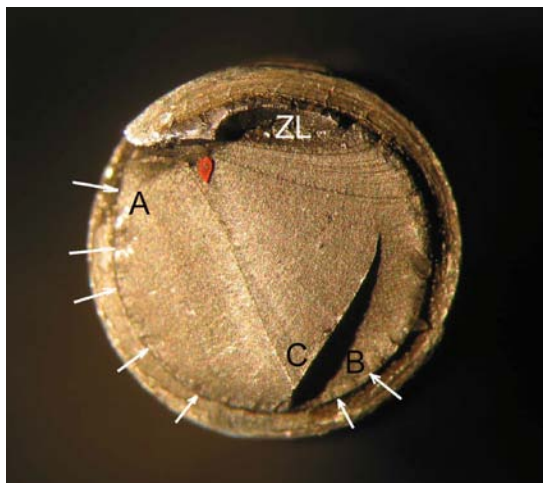
Изглед полумљеног вијка приказан је на сл. 2.а. Видљиво је, да је до лома вијка дошло у подручју навоја. Сам макрофрактографски преглед обављен је на вијку без икаквог прања или накнадног механичког чишћења.

Преломна површина вијка приказана је на сл. 2.б. Заморни лом је прво настао на месту А сл. 2.б. Заморни карактер лома потврђује присуство линија одмора на површини лома маста А сл. 2.ц. Поред настанка заморних прслина на овом примарном месту, оне су настале и на многим другим местима означеним белим стрелицама на сл. 2.б и повезивале су се са већ створеном прслином. Заморне прслине настале су на површини навоја вијка. Оне су створиле један од облика тзв. „зупчастог изгледа лома”, типичаног за случај када заморна прслина настаје у подручју концентрације напона. Касније у односу на место А, и на месту В дошло је до повезивања заморних прслина у један фронт сл. 2.д. Већа дужина заморне прслине настале на месту А у односу на заморну прслину насталу на месту В у тренутку њиховог приближавања (место С), показује да је заморна прслина настала на месту А била прва. По приближавању заморних прслина насталих на местима А и В дошло је до настанка и прслине на месту С. Даљњи раст заморне прслине је текао обједињавањем заморних прслина насталих на местима А, В и С у један фронт. Заморна прслина се кретала до подручја завршетка лома (ZL) у ком је дошло до лома под једнократним оптерећењем. **Површина завршетка лома износи приближно 10% од укупне површине лома, што показује да је делујући номинални напон био веома мали.**

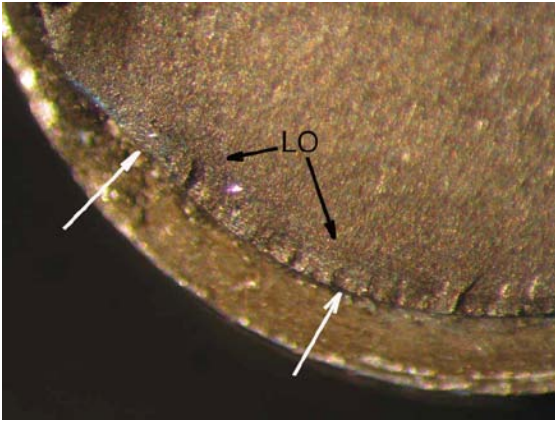
Питинг, односно тачкаста корозија присутна је на стаблу вијка сл. 2.е. Присуство тачкасте корозије у подручју навоја вијка није се могло уочити, због присуства остатака средства за подмазивање сл. 2.ф.



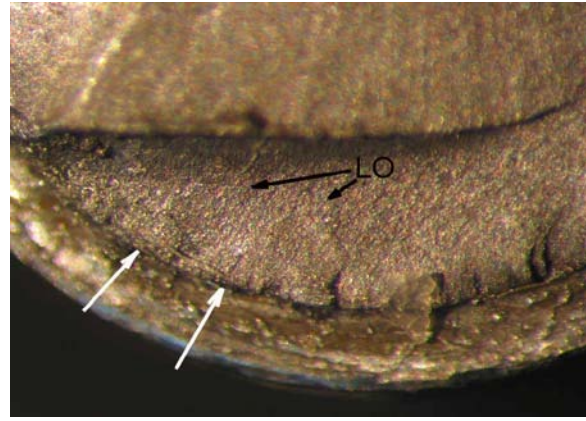
а)



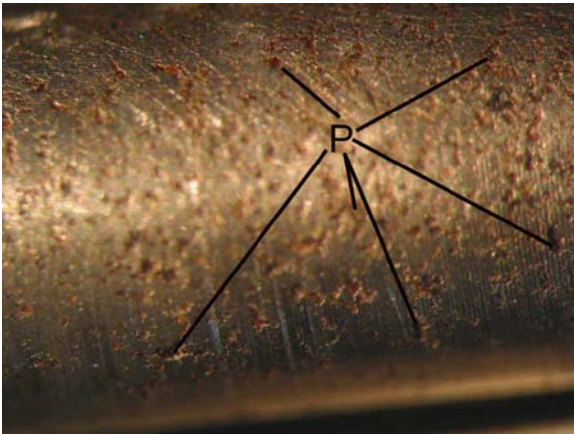
б)



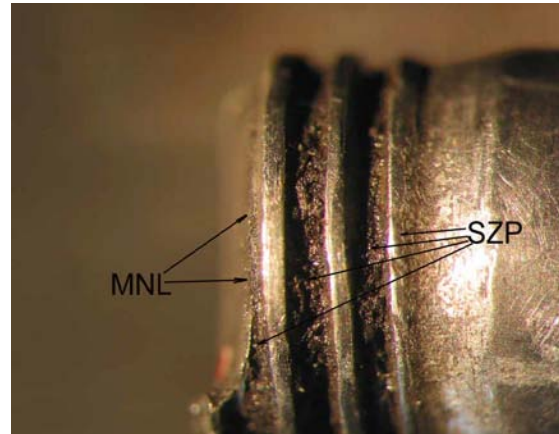
ц)



д)



е)



ф)

Сл. 2. Макроскопски изглед поломљеног вијка: а) општи изглед поломљеног вијка; б) изглед преломне површине поломљеног вијка; ц) изглед места А где је дошло до првог настанка заморне прслине; д) изглед места В где је дошло до настанка заморне прслине другог по реду; е) изглед стабла вијка са присутном питинг (тачкастом) корозијом; ф) бочна површина вијка у подручју настанка заморне прслине. Значење ознака на сликама:

беле стрелице-део места настанка заморног лома

А - временски прво место где је дошло до настанка заморне прслине

В - временски друго место где је дошло до настанка заморне прслине

С - временски треће место где је дошло до настанка заморне прслине

Z L- место завршетка лома

LO - линије одмора

P - део места са изразитијом питинг корозијом

MNL- место настанка лома

SZP - остаци средства за подмазивање

3. МИКРОФРАКТОГРАФСКИ ПРЕГЛЕД

Узорак за микрофрактографски преглед одсечен је од поломљеног вијка. Дужина узорка била је 10 мм. Уклањање средства за подмазивање заосталог у навоју урађено је прањем у алкохолу и ацетону. Средство за подмазивање није се могло у потпуности уклонити. Јача средства за одмашћивање, нпр. трихлоретилен, нису се смела користити јер садрже хлор, који може бити један од утицајних фактора за појаву лома. Микрофрактографски преглед урађен је на скенинг електронском микроскопу (SEM) са енергетско дисперзивним анализатором (EDS), који је коришћен за хемијску анализу честица присутних на површини лома.

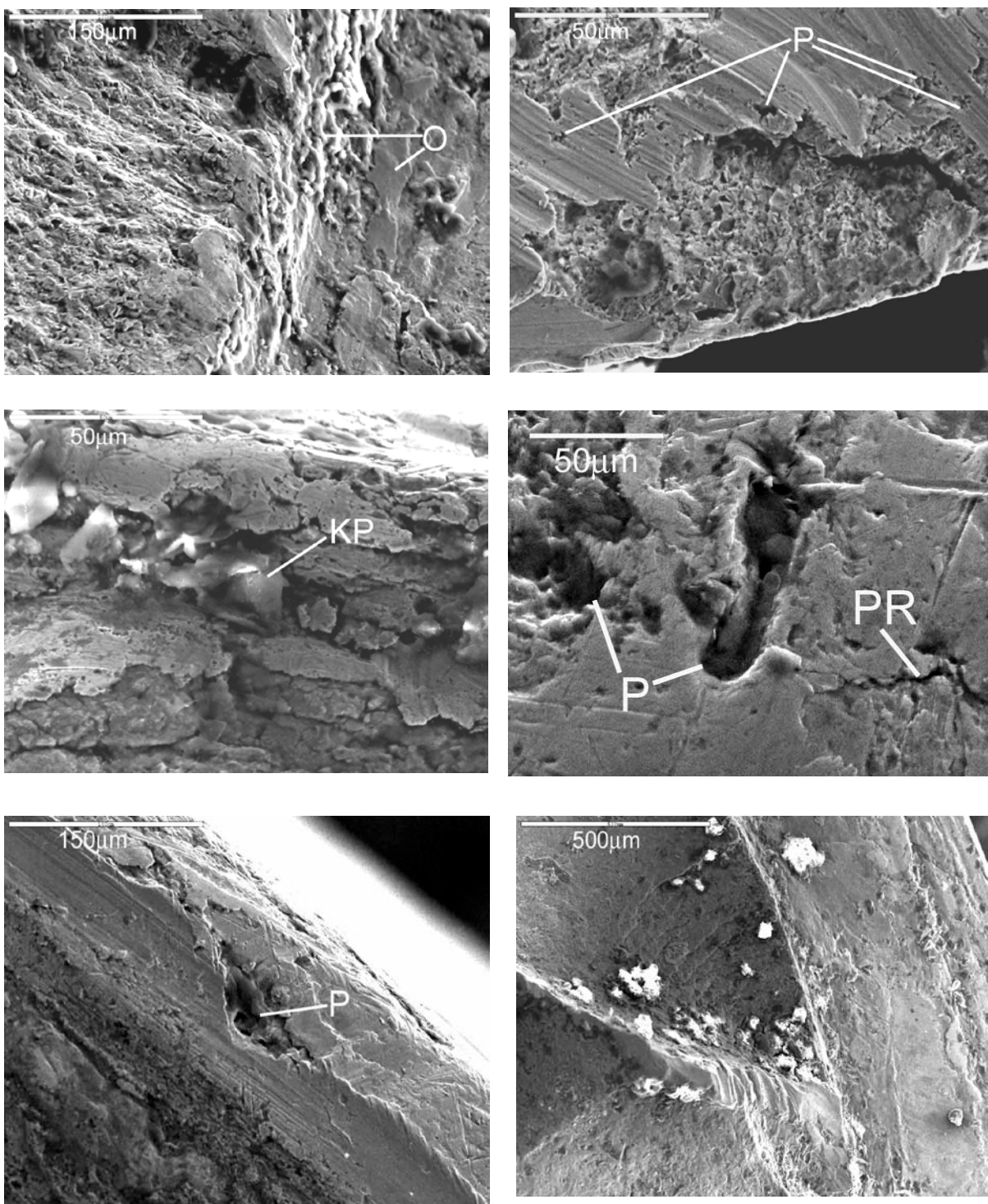
На сл. 3.а приказано је место настанка заморне прслине са места А са сл. 2.а. На површини навоја присутни су остаци средства за подмазивање и евентуалних корозионих продуката (О), што је отежавало анализу. Мало даље, око 1 мм од места са слике 3.а, уочено је место приказано на сл. 3.б. На површини навоја са видљивим траговима машинске обраде уочено је присуство питинг корозије (Р). На површини навоја, испод места настанка заморне прслине А, уочено је присуство израженијих јамица питинга са присутним корозионим продуктима (КР) у њој сл. 3.ц.. Урађена је хемијска анализа корозионих продуката (КР) са EDS анализатором и добијен је хемијски састав дат у табели 1.

Поред места А, питинг корозија на површини навоја различите величине била је присутна и на другим местима сл. 3.д и е. На месту В такође, као код места А, биле су присутни остаци средства за подмазивање, што је отежало анализу места настанка заморне прслине. Изглед места настанка прслине са места С приказан је на сл. 3.ф. На том месту и на самој површини лома били су присутни корозиони продукти.

Табела 1. Хемијски састав корозионих продуката, EDC анализа

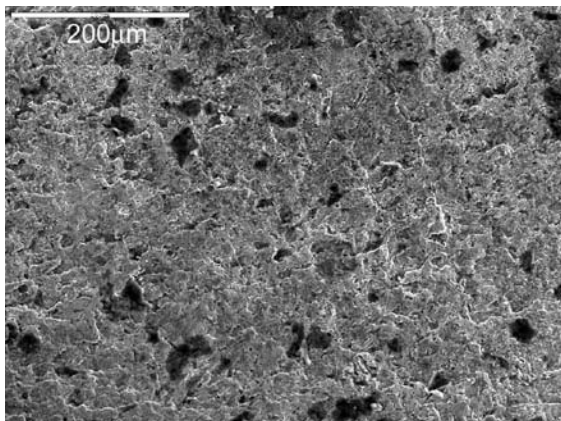
| Елемент | Тежински удео [%] | Атомски удео [%] |
|---------|-------------------|------------------|
| Al | 12.58 | 22.4 |
| Cl | 4.44 | 6.03 |
| Fe | 82.98 | 71.53 |

У корозионим продуктима, према резултатима из табеле 1., присутан је хлор. То показује да је у настанку питинг корозије улогу имао хлорни јон, који поспешује настанак питинг корозије.

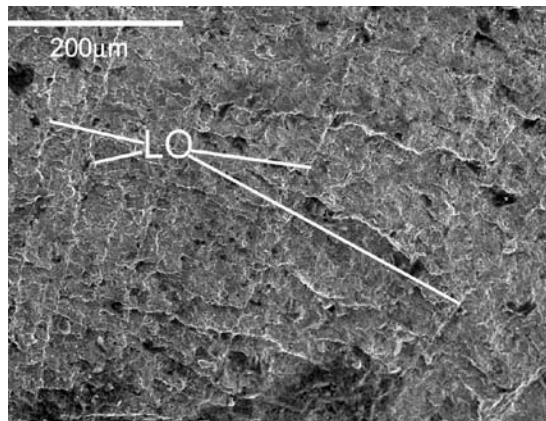


Сл. 3. Микроскопски изглед места настанка заморне прслине а) место настанка прслине А са остатцима средства за подмазивање (О); б) питинг јамице (Р) на површини навоја код места А ц) корозиони производи (КР) на површини навоја код места А; д) питинг јамице (Р) са прслином близу места (В); е) већа питинг јамица (Р) близу места (В); ф) место настанка заморне прслине С.

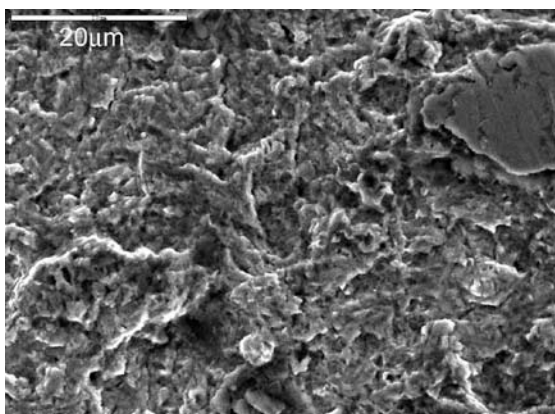
Различита места простирања заморне прслине приказана су на сл. 4. Линије одмора са места А сл. 4.а су мање видљиве у односу на линије одмора на месту обједињавања заморних прслина из подручја В и С у један фронт сл. 4.б. Простирање заморне прслине на местима А, В и С одвијало се без јасно уочљивих заморних бразди (стрија), што је карактеристично за мартензитне и беинитне микроструктуре челика.



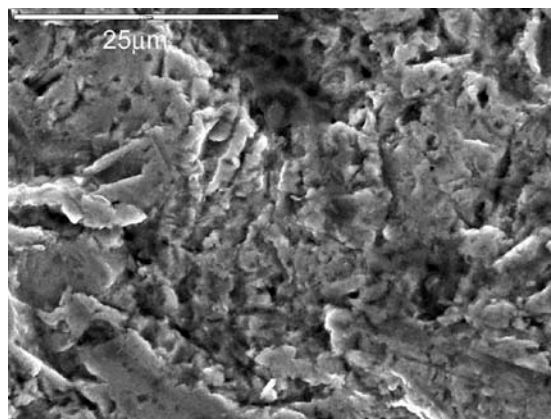
а)



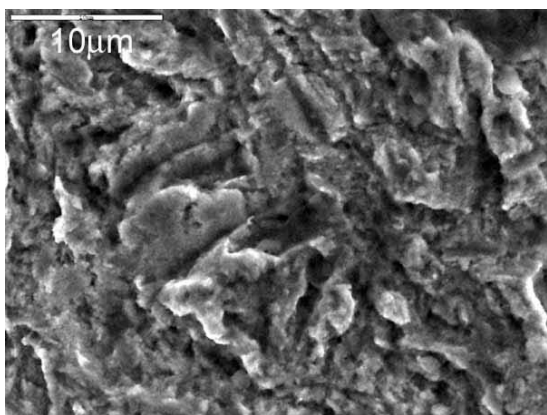
б)



ц)



д)



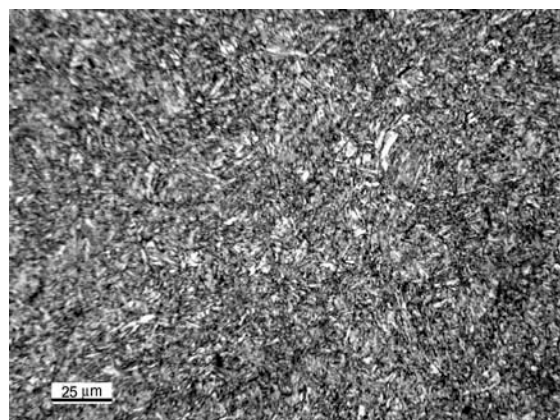
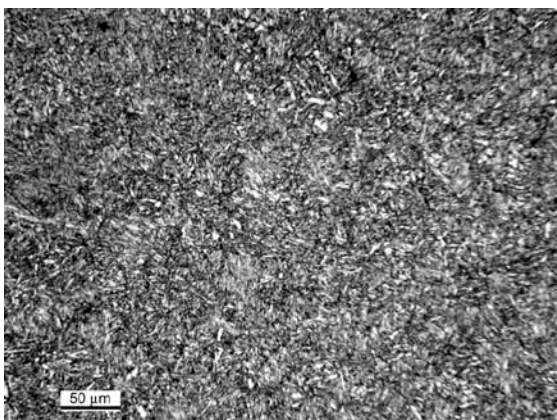
Сл. 4. Изгледи простирања заморне прслине

а) слабије изражене линије одмора (LO) на месту А; б) израженије линије одмора на месту обједињавања фронтава заморне прслине са места В и С; ц) микромеханизам заморног лома на месту А; д) микромеханизам заморног лома на месту В, е) микромеханизам заморног лома на месту

е)

4. МИКРОСТРУКТУРА

Микроструктура вијка је испитана на металографском узорку урађеном у уздужном правцу. Металографски узорак је узет од главе вијка. Испитивање је урађено на светлосном (оптичком) микроскопу. Снимци микроструктуре при два повећања су приказани на сл. 5. Микроструктура вијка је побољшана, мартензитно-беинитна, што показује да је термичка обрада вијка урађена. Она одговара челицима који се користе за израду вијака и спадају у групу челика за побољшање. Према каталогу једног од произвођача „WBParts“ то су челици AISI 4037, 4130, 8630, 8735, 8740 и 4140. На основу микроструктуре није могуће утврдити, који је од челика употребљен за израду вијка. Сама микроструктура вијка је по целом пресеку хомогена. Садржај неметалних укључака одговарао је оцени А1,5 (сулфиди) и D2 (оксиди) према ЈК-скали, што показује, да је за израду вијка употребљен челик одговарајућег квалитета сходно намени.



Сл. 5. Микроструктура материјала вијка: отпуштена, мартензитно-беинитна; а) снимљено при повећању 250х; б) снимљено при повећању 500х.

5. ТВРДОЋА

Тврдоћа је мерена на површини металографског узорка по методи Vickers EN ISO 6507-1 (2005. год.). Примењено је оптерећење 30 N. Добијене су следеће вредности за тврдоћу HV 30: 290, 293, 294 и 296. Добијена тврдоћа по Vickers одговара тврдоћи по Rockwellu ~ 29 HRC, што задовољава захтеве за квалитет вијка од 26 до 32 HRC, који су узети из каталога фирме „WBParts“.

6. АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

Лом вијка настао је у подручју навоја. Прегледом преломних површина констатовано је присуство линија одмора, које указују на заморни карактер лома. Лом је инициран на више места, од којих су два доминантна означена са А и В на сл. 2.б. Положај места А и В је скоро под 180°, што указује да је и савијање вијка имало улогу у настанку заморне прслине, поред затезања насталог услед притезања вијка.

Заморни лом је вероватно инициран присутном питинг корозијом на површини навоја. Корозиони продукти у питинг јамицама садржавали су хлор, који поспешује питинг корозију. Мала величина завршног лома око 10% површне показује да је нето напон при коме је дошло до заморног лома био мали, око 10% од затезне чврстоће, која је на основу тврдоће износила 950 МПа. За дати ниво чврстоће од 950 МПа., трајна заморна чврстоћа при затезању у присуству хлорног јона износи око 23% од затезне чврстоће. Ниво затезних напона од око 23% од затезне чврстоће, при нивоу нето напона око 10% од затезне чврстоће, може се достићи на површини навоја услед концентрације напона у навоју вијка.

Квалитет материјала вијка AN5-22 одговара захтевима декларисаним од стране фирме „WBParts“.Прегледом места настанка заморне прслине, није констатовано присуство било каквих грешака у материјалу, па квалитет материјала није утицао на појаву заморног лома вијка.

Квалитет заштитне превлаке није испитиван јер је била прилично оштећена. Локална механичка оштећења заштитне превлаке, која могу настати приликом уградње или експлоатације, могу утицати на појаву питинг корозије и појаву заморног лома иницираног на питинг јамицама.

7. ЗАКЉУЧАК

1. До лома вијка дошло је највероватније услед корозионо-механичког оштећења, замора иницираног на питинг корозији.
2. Квалитет материјала одговара квалитету, који се користи за ову врсту вијака и није утицао на појаву заморног лома иницираног на питинг корозији.