



**ΕΠΙΤΡΟΠΗ
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ & ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΠΤΗΣΕΩΝ**

**Πόρισμα Διερεύνησης Ατυχήματος
Αεροσκάφους SX-SKY
στον Κρατικό Αερ/να Ηρακλείου
την 12^η Φεβρουαρίου 2009**

ΑΡ. ΠΟΡΙΣΜΑΤΟΣ 08/2010



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ, ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ



**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

**ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ
ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΠΤΗΣΕΩΝ
(ΕΔΑΑΠ)**



**ΠΟΡΙΣΜΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ
ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ SX-SKY
ΣΤΟΝ ΚΡΑΤΙΚΟ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ**

12^η ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2009

Αρ. 08/2010

ΠΟΡΙΣΜΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

08/2010

**Ατύχημα αεροσκάφους SX-SKY
στον Κρατικό Αερολιμένα Ηρακλείου την 12^η Φεβρουαρίου 2009**

Η Διερεύνηση του ατυχήματος διενεργήθηκε από την Επιτροπή Διερεύνησης Ατυχημάτων και Ασφάλειας Πτήσεων, σύμφωνα με:

- Το ANNEX 13
- Τον Νόμο 2912/2001
- Την Ευρωπαϊκή Οδηγία 94/56

Ο μοναδικός σκοπός της διερεύνησης είναι η πρόληψη παρομοίων συμβάντων στο μέλλον.

Η Επιτροπή Διερεύνησης Ατυχημάτων και Ασφάλειας Πτήσεων

Πρόεδρος

Κυβ/της Α. Τσολάκης

Μέλη

Γ. Κυριακόπουλος

Δικηγόρος, Δ.Ν.

Τρ. Τσιτινίδης

Αεροναυπηγός Μηχανικός

Γραμματέας: Ι. Παπαδόπουλος

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
1 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ	2
1.1 Ιστορικό της Πτήσης	2
1.2 Τραυματισμοί Προσώπων	3
1.3 Ζημιές Αεροσκάφους	4
1.4 Άλλες Ζημιές	7
1.5 Πληροφορίες Πληρώματος	7
1.6 Πληροφορίες Αεροσκάφους	9
1.7 Μετεωρολογικές πληροφορίες	12
1.8 Αεροναυτιλιακά Βοηθήματα	12
1.9 Επικοινωνίες	12
1.10 Πληροφορίες Αεροδρομίου	12
1.11 Καταγραφείς Στοιχείων Πτήσης	13
1.12 Πληροφορίες Συντρίμματων και Πρόσκρουσης	14
1.13 Ιατρικές Πληροφορίες	14
1.14 Πυρκαγιά	14
1.15 Διαδικασίες Επιβίωσης	14
1.16 Δοκιμές και Έρευνες	15
1.17 Οργανωτικές και Διοικητικές Πληροφορίες	15
1.18 Συμπληρωματικές Πληροφορίες	16
1.19 Χρήσιμες ή Αποτελεσματικές Τεχνικές Διερεύνησης	16
2 ΑΝΑΛΥΣΗ	16

3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	19
3.1	ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ	19
3.2	Πιθανά Αίτια	20
4	ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	20
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	21
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	22
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	26

ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΟΜΕΝΟΣ : **SKY EXPRESS**
ΙΔΙΟΚΤΗΤΗΣ : **SKY EXPRESS**
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ : **BRITISH AEROSPACE**
ΤΥΠΟΣ : **JETSTREAM 3100**
ΕΘΝΙΚΟΤΗΤΑ : **ΕΛΛΗΝΙΚΗ**
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΝΗΟΛΟΓΗΣΕΩΣ : **SX-SKY**
ΤΟΠΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ : **ΚΡΑΤΙΚΟΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑΣ**
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ “ΚΑΖΑΖΑΚΗΣ”
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ & ΩΡΑ : **12 Φεβρουαρίου 2009, 17:23 h**
ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Οι χρόνοι είναι τοπικοί
(τοπική ώρα = UTC + 2 h)

Περίληψη

Την 12.02.09, κατά την προσγείωση, α/φ τύπου Jetstream 3100, στον Κρατικό Αερολιμένα Ηρακλείου “Καζαντζάκης” και ενώ αυτό είχε διατρέξει επί του διαδρόμου 80 m περίπου, το δεξιό του κύριο σκέλος προσγείωσης υπεχώρησε, διπλώνοντας προς τα πίσω, η δεξιά του έλικα ήλθε σε επαφή με τον διάδρομο και ύστερα από απόσταση 930 m την οποία διήνυσε με το αριστερό κύριο σκέλος να λειτουργεί κανονικά και το δεξιό που είχε διπλώσει κάτω από την πτέρυγα να σύρεται επί του διαδρόμου, σταμάτησε 4.6 m δεξιά από τον άξονα του διαδρόμου.

Η ΕΔΑΑΠ ενημερώθηκε αυθημερόν και με την ΕΔΑΑΠ/269/12.02.09 απόφαση του Προέδρου αυτής ορίστηκε Ομάδα Διερεύνησης αποτελούμενη από τους Διερευνητές, Ιωάννη Παπαδόπουλο, ως Επικεφαλής και Νίκο Πουλιέζο, ως μέλος.

Σχέδιο του πορίσματος εστάλη στην Αγγλική Επιτροπή Διερεύνησης Ατυχημάτων (UK Air Accident Investigation Branch) για σχολιασμό σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Παραρτήματος 13 της Σύμβασης του Σικάγο.

Τα σχόλια της Αγγλικής Επιτροπής ελήφθησαν υπόψη, στην σύνταξη του πορίσματος.

Εξεδόθη μία σύσταση ασφαλείας.

1 Πραγματικά Γεγονότα

1.1 Ιστορικό της Πτήσης

Η πτήση SEH 102/3 της 12.02.09 ήταν τακτική επιβατική πτήση διαδρομής Ηράκλειο – Ρόδος – Ηράκλειο. Το πλήρωμα που θα εκτελούσε την πτήση παρουσιάστηκε για ανάληψη υπηρεσίας στις 16:00 h.

Το α/φ που θα εκτελούσε την πτήση είχε πραγματοποιήσει με άλλο πλήρωμα την ίδια ημέρα τέσσερεις διαδρομές (Ηράκλειο – Ρόδος – Ηράκλειο και Ηράκλειο – Σάμος – Ηράκλειο) και δεν είχε αναφερθεί κανένα πρόβλημα. Κατά τον προ-πτήσης έλεγχο δεν παρατηρήθηκε τίποτα.

Το α/φ απογειώθηκε (α/γ) από το Ηράκλειο στις 16:55 h και προσγειώθηκε (π/γ) στην Ρόδο στις 17:35 h, χωρίς κανένα πρόβλημα.

Στις 18:30 h α/γ από την Ρόδο για Ηράκλειο έχοντας τριμελές πλήρωμα και 15 επιβάτες. Τον χειρισμό του α/φ (pilot flying) στην εν λόγω διαδρομή είχε ο Κυβερνήτης (K1). Σε απόσταση 30 nm από το Ηράκλειο και σε ύψος 7700 ft κατερχόμενο για τα 3000 ft το πλήρωμα ενημέρωσε τον Έλεγχο Εναερίου Κυκλοφορίας (EEK) ότι έχει το διάδρομο ενόψει και αφού ζήτησε, έλαβε άδεια για προσέγγιση εξ' όψεως.

Το α/φ έχοντας πλήρη διαμόρφωση προσγείωσης από τα 7 nm προσέγγισε το αεροδρόμιο για προσγείωση στον διάδρομο 27. Ο άνεμος που δόθηκε από τον EEK ήταν 18 kt – 25 kt από 210 °.

Πλησιάζοντας στον διάδρομο ο K1 ζήτησε από τον K2 να ελέγξει την γωνία καθόδου με βάση τα APAPIs' του εν χρήσει διαδρόμου. Ο K2 επιβεβαίωσε ότι έχουν σωστή γωνία καθόδου λέγοντας “ένα άσπρο, ένα κόκκινο”. Το α/φ πέρασε το κατώφλι έχοντας ταχύτητα 112 kt και μετά την επίπλευσή του (Flare) επί του διαδρόμου, ο K1 μείωσε την ισχύ στο Flight Idle και ήλθε σε επαφή με τον διάδρομο έχοντας ταχύτητα 86 kt.

Καθώς η ταχύτητα σταδιακά μειωνόταν ο K1 αντιμετώπισε δυσκολία στον έλεγχο του α/φ κατά το διαμήκη άξονά του και παρατηρώντας ότι το α/φ ελάμβανε κάποια δεξιά κλήση ανέφερε στον K2 “έσπασε ο τροχός”. Αμέσως μετά τα πτερύγια της δεξιάς έλικας του α/φ κτύπησαν στον διάδρομο και καθώς το α/φ συνέχιζε την κίνησή

του με τον τροχό του αριστερού σκέλους να περιστρέφεται κανονικά και το δεξί σκέλος που είχε διπλώσει κάτω από την πτέρυγα του α/φ, να σύρεται στο διάδρομο, το πλήρωμα έσβησε του κινητήρες, ειδοποίησε τον ΠΕΑ ότι είχε σπάσει το δεξιό σκέλος και ζήτησε εκκένωση.

Το α/φ σταμάτησε επί του διαδρόμου με το ριναίο τροχό 4,6 m δεξιά του άξονα αυτού και σε απόσταση 930 m από το σημείο της πρώτης επαφής της έλικας με το διάδρομο.

Αμέσως μετά ο Κ1 έδωσε εντολή στο πλήρωμα καμπίνας να ανοίξει την πόρτα για εκκένωση του α/φ και ο Κ2, που παρατήρησε κάποια διαρροή καυσίμου από τον δεξιό κινητήρα, έκλεισε τα ηλεκτρικά και ζήτησε μέσω του ΠΕΑ από τα πυροσβεστικά οχήματα που ήταν καθοδόν να ρίξουν αφρό στην δεξιά πτέρυγα για αποφυγή πιθανής ανάφλεξης.

Οι επιβάτες αποβιβάσθηκαν από την πίσω αριστερή πόρτα χωρίς κανένα πρόβλημα με την βοήθεια του πληρώματος καμπίνας επιβατών, ενώ τα πυροσβεστικά οχήματα κάλυψαν προληπτικά με αφρό την δεξιά πτέρυγα.

Ο αερολιμένας εφαρμόζοντας τις διαδικασίες που αναφέρονται στο σχέδιο μετακίνησης ακινητοποιηθέντος στο διάδρομο α/φ, απομάκρυνε το α/φ και έδωσε σε χρήση τον διάδρομο στις 22:30 h.

Το χρονικό διάστημα που έμεινε κλειστός ο διάδρομος 09/27 δύο πτήσεις που προσέγγιζαν τον αερολιμένα προσγειώθηκαν στον Κρατικό Αερολιμένα Χανίων, και τρεις καθυστέρησαν την αναχώρησή τους.

1.2 Τραυματισμοί Προσώπων

Τραυματισμοί	Πλήρωμα	Επιβάτες/άλλοι
Θανάσιμοι	---	---
Σοβαροί	---	---
Ελαφρείς / Κανείς	-- / 03	-- / 15

1.3 Ζημιές Αεροσκάφους

1.3.1 Δεξιό Κύριο Σκέλος Προσγείωσης (ΚΣΠ):

Ο κύλινδρος που ευρίσκετε στο άνω άκρο του βραχίονα του σκέλους προσγείωσης στα άκρα του οποίου εφαρμόζουν πίροι ανάρτησης είχε θραύση στο εμπρόσθιο τμήμα αυτού στην περιοχή που ευρίσκονται οι οπές των κοχλιωτών συνδετήριων καθώς και στην περιοχή Α. (Φωτ. 1 & 2 και Σχέδιο 1/Παράρτημα Α)

Η αντηρίδα του κυρίου σκέλους προσγείωσης έφερε ζημιές. Ο πλευρικός βραχίονας στήριξης του ΚΣΠ είχε καμφθεί προς τα πίσω προκαλώντας ζημιές στους προσαρμογείς της βάσης του επί της δομής. Ο τροχός είχε διαρραγεί και είχε παραμορφωθεί βαρέως.



Φωτ. 1



Φωτ. 2

1.3.2 Δεξιά Πτέρυγα

1.3.2.1 Ακροπτερύγιο

Το ακροπτερύγιο της πτέρυγας είχε υποστεί ζημιές εκ τριβής (έντονες εκδορές), λόγω της επαφής με την επιφάνεια του διαδρόμου προσγείωσης. Η ζημιά/φθορά αφορά όλο το συγκρότημα του ακροπτερυγίου και ειδικά την κάτω επικάλυψη, την γεννήτρια στροβίλων η οποία αποκολλήθηκε και αποσπάστηκε από την δομή, το εξωτερικό τμήμα του πηδαλίου κλίσης, καθώς και το σφηνοειδές χείλος εκφυγής αυτού. Το αντίβαρο στο εσωτερικό του πηδαλίου κλίσης παρουσίαζε εκδορές στο κάτω μέρος αυτού.

1.3.2.2 Πτερύγια Καμπυλότητας Χείλους Εκφυγής (X.E):

Τα εξωτερικά πτερύγια καμπυλότητας X.E της δεξιάς πτέρυγας, είχαν υποστεί ζημιές -εκδορές εκ τριβής σε ένα μήκος περίπου 18 in και η επικάλυψη αυτών “είχε φαγωθεί”_διαμπερώς. Το αεροδυναμικό κάλυμμα του εξωτερικού κυλίνδρου ενεργείας των πτερυγίων καμπυλότητας έφερε εκτεταμένες φθορές-εκδορές στο οπίσθιο γωνιακό άκρο αυτού. Επιπρόσθετα τα πτερύγια καμπυλότητας της δεξιάς πτέρυγας, είχαν ωθηθεί βίαια προς τα πάνω, πράγμα το οποίο δείχνει ότι το σύστημα κίνησης / καθοδήγησης αυτών είχε υποστεί κάποια ζημιά, αφού τα αντίστοιχα πτερύγια καμπυλότητας της αριστερής πτέρυγας ευρέθησαν στη θέση “full down” (τελείως κάτω). Τα εσωτερικά πτερύγια καμπυλότητας X.E. έφεραν εκτεταμένες παραμορφώσεις στο εξωτερικό τμήμα αυτών, στο τμήμα όπου το δεξί κύριο σκέλος προσγείωσης είχε ωθήσει και διατρήσει τελείως το πτερύγιο, και λόγω της επίδρασης του βάρους του α/φ, το είχε “στραβώσει” προς τα πάνω, παραμορφώνοντας παράλληλα και το αεροδυναμικό κάλυμμα του αγωγού εξαγωγής καυσαερίων. Το κάτω άκρο των πτερυγίων καμπυλότητας και για όλο το μήκος αυτών, έφερε φθορές από την επαφή με το έδαφος και η δομή τους είχε παραμορφωθεί προς τα πίσω. Το κυρίως πτερύγιο καμπυλότητας έφερε σημαντικές στρεβλώσεις σε ένα μήκος περίπου του ενός τρίτου της διαμήκους διάστασής του από το εξωτερικό άκρο, και αυτή η παραμόρφωση είχε προκαλέσει τη μετακίνηση προς τα επάνω του εμπρόσθιου τμήματος αυτού, το οποίο με τη σειρά του είχε προκαλέσει σημαντικές ρυτιδώσεις της δομής στην ίδια θέση. Συνοπτικά, τα πτερύγια καμπυλότητας της δεξιάς πτέρυγας, στην εν λόγω περιοχή, είχαν ωθηθεί βίαια (λόγω της πρόσκρουσης) προς τα επάνω και είχε υποστεί ζημιές το σύστημα κίνησης / καθοδήγησης αυτών. Επιπρόσθετα το χείλος εκφυγής της πτέρυγας, στην εν λόγω περιοχή, είχε “στραβώσει” προς τα πάνω κατά ένα μήκος περίπου 30 in και πλάτος 4 in.. Τέλος, το αεροδυναμικό κάλυμμα του εσωτερικού πτερυγίου καμπυλότητας έφερε βουλιάγματα και στρεβλώσεις προς το εσωτερικό, και επί μέρους στοιχεία του συστήματος μετάδοσης κίνησης / καθοδήγησης αυτού, έφεραν θραύσεις.

1.3.2.3 Κάτω Επικάλυψη Πτέρυγας

Εσωτερικά στη “φωλιά” του τροχού του δεξιού σκέλους προσγειώσεως, χώρος στον οποίο μετακινήθηκε το σύστημα προσγείωσης, υπήρχαν σημαντικές ζημιές και στρεβλώσεις στην κάτω επιφάνεια/επικάλυψη της πτέρυγας, και ειδικά στην περιοχή που χτυπήθηκε από τον εμπρόσθιο άξονα στήριξης του σκέλους, καθώς αυτός είχε λυγίσει προς τα πίσω εξερχόμενος από τις κύριες βάσεις προσαρμογής του (στήριγμα). Η επικάλυψη σ’ αυτή την περιοχή που παραμορφώθηκε, έφερε μια ρωγμή η οποία κατευθύνεται διαγωνίως προς την γωνία της “φωλιάς” του τροχού. Επιπρόσθετα η μεταλλική επικάλυψη σ’ αυτή την περιοχή είχε στραβώσει και λύγισε προς τα κάτω στο εξωτερικό άκρο του ανοίγματος της φωλιάς του κυρίου σκέλους, όπου τμήμα αυτής σχημάτιζε την βάση της ενισχυτικής δοκίδας που συγκρατεί το σκέλος. Εσωτερικά στην ίδια “φωλιά” του σκέλους προσγείωσης το στήριγμα του οπισθίου στελέχους αυτού (αντηρίδα) είχε χτυπηθεί από το σπασμένο σκέλος. Ζημιές και κτυπήματα έφεραν επίσης τα ενισχυτικά ελάσματα / πλάκες στην οπίσθια διαμήκη δοκό της πτέρυγας. Οι φορείς του στεγανωτικού υλικού γύρω από το οπίσθιο τμήμα της θύρας του σκέλους είχαν παραμορφωθεί προς τα πάνω.

1.3.3 Θύρα Κυρίου Σκέλους Προσγείωσης

Η δεξιά δοκίδα στήριξης της θύρας του ΚΣΠ έφερε σημαντικές παραμορφώσεις στο άνω τμήμα αυτής και ο μηχανισμός άρθρωσής της (γυγκλισμός) έφερε ζημιές κρουστικού τύπου.

1.3.4 Λοβός – Χώρος Αποσκευών

Ο λοβός του χώρου αποσκευών και το οπίσθιο σύστημα αποστράγγισης της περιοχής έφεραν εκτεταμένες φθορές λόγω της πρόσκρουσης αυτών στην επιφάνεια του διαδρόμου προσγείωσης. Από την δομή του λοβού έλειπε μέρος της επικάλυξης και τμήμα του εσωτερικού κυψελοειδούς πυρήνα (honeycomb) για ένα μήκος περί τις 24 in και 10 in πλάτος. Η φθορά λόγω της τριβής με την επιφάνεια του διαδρόμου προσγείωσης είχε “ξηλώσει” τον εσωτερικό κυψελοειδή πυρήνα μέχρι την κάτω επιφάνεια της δομής. Έμπροσθεν αυτής της περιοχής υπήρχε ένα “κτύπημα” στον λοβό του χώρου αποσκευών μήκους περίπου 6 in, με παράλληλο διαμπερές “σκίσιμο”

της επικάλυψης, του κυψελοειδή πυρήνα αλλά και της εσωτερικής επικάλυψης της κατασκευής.

1.3.5 Συγκρότημα Δεξιού Κινητήρα – Έλικας

Η έλικα είχε κτυπήσει το έδαφος με αρκετά μεγάλη δύναμη με αποτέλεσμα να παρουσιάζει εκτεταμένες στρεβλώσεις και στα τέσσερα πτερύγια αυτής. Η βάση της είχε ωθηθεί προς τα πάνω και πίσω, με αποτέλεσμα, η οπίσθια πλάκα του συστήματος να έχει πλήξει το κάλυμμα του κινητήρα. Επίσης τα αντίβαρα των πτερυγίων της έλικας είχαν αποσπασθεί από την πλήμνη.

Ο στρόφαλος του δεξιού κινητήρα αν και δεν έφερε εμφανείς ζημιές δεν είχε την δυνατότητα να περιστραφεί όταν ασκήθηκε δύναμη επ' αυτού.

Το άνω και το κάτω αεροδυναμικό κάλυμμα του κινητήρα έφεραν εκτεταμένες φθορές/ζημιές στα χείλη προσβολής αυτών που είχαν προκληθεί από την προς τα πίσω πίεση της πλάκας του στροφάλου κατά την διάρκεια της κρούσης της έλικας επί του εδάφους.

Η υπόλοιπη επιφάνεια των αεροδυναμικών καλυμμάτων του κινητήρα πάνω από τις κυλιόμενες ράγες των αποσκευών φαίνονταν σε φυσιολογική κατάσταση, αλλά δεν στάθηκε δυνατόν να ελεγχθεί η κάτω επιφάνεια αυτών επειδή το αεροσκάφος ακουμπούσε στην ουσία επ' αυτής.

1.4 Άλλες Ζημιές

Εκτός από τις εκδορές στον διάδρομο από τα κτυπήματα των πτερυγίων της έλικας, δεν παρατηρήθηκαν άλλες ζημιές.

1.5 Πληροφορίες Πληρώματος

1.5.1 Κυβερνήτης

Άνδρας ηλικίας 63 ετών

Πτυχίο	: Χειριστή Εναερίων Γραμμών JAR-FCL ATPL(A) GR-001196 εκδοθέν από την ΥΠΑ
Ικανότητα επί τύπου	: Jetstream 31/32 σε ισχύ μέχρι 23.05.2009 Jetstream 41 σε ισχύ μέχρι 12.01.2010 TRI(A) σε B747-100/300, Jetstream 31/32/41
Ειδικότητα	: IR(A) / MP σε ισχύ μέχρι 12.01.2010
Ολοκληρωμένη Αξιοποίηση πληρώματος (CRM)	: Επαναληπτική Ιούνιος 2008
Πιστοποιητικό Υγείας	: JAR-FCL3, Τάξη 1 σε ισχύ μέχρι 14.08.09 Τάξη 2 σε ισχύ μέχρι 14.02.10 Με τον περιορισμό να φορά φακούς πολλαπλής εστίασης.
Πτητική Εμπειρία	: Συνολική 24.000 h Στον τύπο 570 h
Χρόνος ανάπαυσης	: 24:30 h πριν την παρουσίαση του για ανάληψη υπηρεσίας
Είχε προσληφθεί από την Sky Express το 2006, κατείχε την θέση του Διευθυντή Πτητικής Εκμετάλλευσης και ήταν TPE(A) στον οργανισμό εκπαίδευσης αυτής.	
Στο παρελθόν είχε εργασθεί σε αεροπορική εταιρεία δημοσίων μεταφορών με τα καθήκοντα του K2 και K1 σε α/φ τύπου B747 100-300, A310/300–600, A340	

1.5.2 ΣΥΓΚΥΒΕΡΝΗΤΗΣ

Άνδρας ηλικίας 37 ετών

Πτυχίο	: Χειριστή Δημοσίων Μεταφορών JAR-FCL CPL(A) GR-001264 εκδοθέν από την ΥΠΑ
Ικανότητα επί τύπου	: Jetstream 31/32 σε ισχύ μέχρι 22.02.2009 Jetstream 41 σε ισχύ μέχρι 08.07.2009
Ειδικότητα	: IR(A) σε ισχύ μέχρι 22.02.2010
Ολοκληρωμένη Αξιοποίηση πληρώματος (CRM)	: Επαναληπτική Μάρτιο 2008

Πιστοποιητικό Υγείας : JAR-FCL3, Τάξη 1 σε ισχύ μέχρι 13.03.09
Τάξη 2 σε ισχύ μέχρι 13.03.11

Πτητική Εμπειρία : Συνολική 1.800 h,
Στον τύπο 250 h

Χρόνος ανάπαυσης : 72 h πριν την παρουσίαση του για ανάληψη υπηρεσίας

Είχε προσληφθεί από την Sky Express το Φεβρουάριο 2008.

1.5.3 Αεροσυνοδός

Γυναίκα ηλικίας 26 ετών

Προσλήφθηκε από την εταιρεία την 16.05.07 και έχει 2.000 h προϋπηρεσίας ως αεροσυνοδός.

1.6 Πληροφορίες Αεροσκάφους

1.6.1 Γενικά

Το α/φ είναι, δικινητήριο στροβιλοελικοφόρο, συμπιεζόμενης καμπίνας.

Κατασκευαστής : British Aerospace

Τύπος : Jetstream 3102

Αρ. σειράς κατασκευής : 829

Έτος κατασκευής : 1988

Πιστοποιητικό Μηολόγησης : Εγγεγραμμένο στα μητρώα α/φ Ελληνικού Μηολογίου την 24.06.05

Πιστοποιητικό Επιθεώρησης Αξιοπλοΐας : Σε ισχύ έως 19.06.09

Σύνολο Ωρών Πτήσης σκάφους : 13.222,21 h

Σύνολο Κύκλων : 15.349

Μέγιστη Μάζα Απογείωσης : 15.562 kg

Μέγιστη Μάζα Προσγείωσης : 14.900 kg

Το βάρος του α/φ κατά την στιγμή του συμβάντος ήταν 14.870 kg. Το κέντρο βάρους κατά την προσγείωσης ήταν 26 % MAC και εντός των ορίων.

Το α/φ ήταν εφοδιασμένο με δύο Garrett TPE331-10UGR514HD στροβιλοελικοφόρους κινητήρες ισχύος 127 PW και δύο τετράφυλλους έλικες της Dowty Propellers.

Από τον Ιούνιο του 2005 που εντάχθηκε στο στόλο της εταιρείας είχε 3.532,21 h πτήσης και 5.285 h προσγειώσεις. Την 30.01.09 είχε περάσει έλεγχο 800h και την 04.02.09 έλεγχο 200h.

1.6.2 Σύστημα Προσγείωσης.

Το α/φ είναι εφοδιασμένο με ανασυρόμενο σύστημα προσγείωσης τριών σκελών που εδράζονται στην άτρακτο και ελέγχονται υδραυλικά.

Το σύστημα προσγείωσης και η σχετική δομή είναι σχεδιασμένα για να απορροφούν ενέργεια ισοδύναμη με μέγιστο βαθμό καθόδου 10 fps όταν προσγειώνεται με το μέγιστο σχεδιασμένο βάρος προσγείωσης (δηλ. το μέγιστο βάρος προσγείωσης με την μέγιστη ταχύτητα καθόδου) σύμφωνα με τις απαιτήσεις της EASA, CS 25 – Large Airplanes (παρ. 25.473 – 25.487). Επιπρόσθετα, σύμφωνα με την απαίτηση CS-25.723, τα κύρια σκέλη προσγείωσης είναι σχεδιασμένα να απορροφούν ενέργεια ισοδύναμη με μέγιστο βαθμό καθόδου 12 fps όταν προσγειώνεται με το μέγιστο σχεδιασμένο βάρος προσγείωσης.

1.6.3 Κύριο Σκέλος Προσγείωσης

Ο κύριος βραχίονας του κάθε σκέλους φέρει στο άνω άκρο του κύλινδρο στα άκρα του οποίου προσαρμόζονται πίροι ανάρτησης οι οποίοι στερεώνονται πάνω στον κύλινδρο με κοχλιωτούς συνδετήριους.

Για να επιτευχθεί η σύνδεση του σκέλους με το α/φ, το άλλο άκρο των πείρων εδράζει σε φωλιές που υπάρχουν στην κύρια δομή των πτερύγων. Ο κύλινδρος και οι προσαρτημένοι πίροι ανάρτησης περιστρέφονται κάθε φορά που το σύστημα προσγείωσης κατέρχεται ή ανέρχεται. Σε κάθε π/γ του α/φ ο κύλινδρος φορτίζεται.

Ο κύλινδρος είχε μειωμένο πάχος στην περιοχή “Α”, Σχέδιο 1/Παράρτημα Α, ώστε η ρωγμάτωση λόγω κόπωσης που θεωρείται πιθανόν να προκύψει από την κυκλική φόρτιση να επέλθει στη θέση αυτή.

Λόγω του ότι κατά τον συνηθισμένο έλεγχο μετά από αφαίρεση των σκελών προσγείωσης από α/φ είχαν παρατηρηθεί περιπτώσεις με ρωγμή στην προαναφερόμενη περιοχή “Α”, είχε εκδοθεί από την κατασκευάστρια εταιρεία η Οδηγία Συντήρησης (Service Bulleting (SB)) 32-A-JA851226 για μη-καταστρεπτικό έλεγχο (NDT) και οπτική επιθεώρηση για ίχνη ρωγμών στην περιοχή “Α”. Στη συνέχεια η Αγγλική Πολιτική Αεροπορία εξέδωσε Οδηγία Αξιοπλοΐας (AD G-003-01-86) με την οποία υιοθέτησε το προαναφερόμενο SB.

Σύμφωνα με αυτό:

- (α) Μη-καταστρεπτικός έλεγχος διενεργείται στην πρώτη γενική επισκευή του σκέλους ή εντός τριών μηνών ή 300 π/γ, όποιο συμβεί πρώτο, από την έκδοση του υποχρεωτικού SB, και επαναλαμβάνεται σε ένα χρόνο ή σε κάθε 1200 π/γ, όποιο συμβεί πρώτο,
- (β) Ενδιάμεσες οπτικές επιθεωρήσεις θα διενεργούνται κάθε 300 π/γ ή τρεις μήνες, όποιο συμβεί πρώτο,
- (γ) Μη-καταστρεπτικός έλεγχος θα διενεργείται επίσης κάθε 300 π/γ ή τρεις μήνες, όποιο συμβεί πρώτο, μετά από ‘βαριά’ ή μη-κανονική προσγείωση

Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, η διάρκεια ζωής των κυρίων σκελών είναι 50.000 κύκλοι (προσγειώσεις) και ο χρόνος μεταξύ δύο γενικών επιθεωρήσεων (overhaul) είναι 6 χρόνια ή 10.000 κύκλοι, όποιο συμπληρωθεί πρώτο.

Το συγκεκριμένο σκέλος είχε συσσωρεύσει 23.940 κύκλους από κατασκευής και είχε υποστεί γενική επιθεώρηση από πιστοποιημένο κατά EASA Part 145 οργανισμό συντήρησης την 17.09.08. Η τοποθέτηση του σκέλους επί του α/φ, μετά την γενική επιθεώρηση, έγινε στις 27.10.08 σύμφωνα με τις διαδικασίες που περιγράφονται στο κεφάλαιο 32.10.11 του εγχειριδίου συντήρησης του κατασκευαστή, από τον οργανισμό συντήρησης της εταιρείας, ο οποίος είναι πιστοποιημένο κατά EASA Part 145. Από την τοποθέτησή του μέχρι την πτήση του ατυχήματος το σκέλος είχε συγκεντρώσει 148 κύκλους.

Κατά την γενική επιθεώρηση, της 17.09.08, το προαναφερόμενο SB είχε εκτελεσθεί χωρίς ευρήματα.

Από τον οργανισμό συντήρησης της εταιρείας είχε εκτελεσθεί, την 02.01.09, οπτική επιθεώρηση, σύμφωνα με το μέρος Β του SB, χωρίς ευρήματα (εγγραφή στο Technical Log no#5136, και έκδοση κάρτας εργασίας συντήρησης MWO SE/TD/MWO/SKY/S/6113).

1.7 Μετεωρολογικές πληροφορίες

Το METAR που εκδόθηκε στις 17:20 h (15:20 h UTC) ήταν το ακόλουθο :

“LGIR 121520Z 21013G23KT 9999 FE018TCU SCT025 15/16 Q1007”

Την στιγμή της προσγείωσης τα στοιχεία ανέμου που δόθηκαν από τον ΠΕΑ ήταν “από 210°, 18 kt, μέγιστο 25 kt”.

1.8 Αεροναυτιλιακά Βοηθήματα

Δεν έχει εφαρμογή.

1.9 Επικοινωνίες

Δεν έχει εφαρμογή.

1.10 Πληροφορίες Αεροδρομίου

1.10.1 Κρατικός Αερολιμένας Ηρακλείου

Ο Κρατικός Αερολιμένας Ηρακλείου διαθέτει δύο διαδρόμους προσγείωσης τον 09/27 με διαστάσεις 2714 m x 45 m και τον 12/30 με διαστάσεις 1566 m x 50 m.

Την 12.02.09 λόγω έργων που εκτελούντο στο διάδρομο 27, στον οποίο προσγειώθηκε το α/φ, το κατώφλι του είχε μετατοπισθεί 700 m και το διαθέσιμο μήκος προσγείωσης (LDA) ήταν 2014 m.

Το οπτικό βοήθημα ένδειξης ίχνους καθόδου (PAPI) που υπάρχει στο διάδρομο 27 λόγω της μετατόπισης του κατωφλίου του ήταν εκτός ενεργείας και στο μετατοπισμένο κατώφλι είχε τοποθετηθεί APAPI (συστοιχία δύο μονάδων απότομης μετάπτωσης πολλαπλών λαμπτήρων) ρυθμισμένο στις 3° (Αγγελία 0225/09).

1.11 Καταγραφείς Στοιχείων Πτήσης

1.11.1 FDR

Το α/φ ήταν εφοδιασμένο με Καταγραφέα Στοιχείων Πτήσης (Flight Data Recorder (FDR)) της Sunstrand τύπου UFDR (με στοιχεία αρ. καταλόγου : 980-4100-FWUS και αρ. σειράς : 4672) με δυνατότητα καταγραφής περιορισμένου αριθμού παραμέτρων σε μία συνεχή ταινία βρόγχου για χρονικό διάστημα 25-ωρων εφόσον παρέχεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Η αποκωδικοποίηση του FDR έγινε στις εγκαταστάσεις της Αγγλικής Επιτροπής Διερεύνησης Ατυχημάτων (AAIB). Οι παράμετροι που είχαν καταγραφεί ήταν η ώρα, το ύψος πίεσης, η ενδεικνυόμενη ταχύτητα, η κάθετη επιτάχυνση και η διεύθυνση του α/φ.

Από την εξέταση των παραμέτρων προκύπτει ότι το α/φ κατήρχετο με βαθμό καθόδου 500 ft/min και ταχύτητα 100 kt. Κατά την επαφή των τροχών με τον διάδρομο η ταχύτητα του α/φ ήταν 86 kt και η κάθετος επιτάχυνση 1.79 g (0.79 g πάνω από την τιμή αναφοράς βαρύτητας που είναι 1 g).

Το δεξίο σκέλος υπεχώρησε δύο δευτερόλεπτα μετά την επαφή του α/φ με το έδαφος. (Παράρτημα Β – Διάγραμμα (1), Γραφική παράσταση των παραμέτρων της πτήσης του ατυχήματος)

Επειδή η εν λόγω προσγείωση ήταν “απαλή” αποκωδικοποιήθηκαν όλες οι πτήσεις που περιείχε το FDR για να εξετασθεί αν υπήρχαν σε αυτές “βαριές” προσγειώσεις.

Από τις 27 π/γ που περιείχε το FDR, στην 5^η και στην 27^η προσγείωση (προσμετρώντας την τελευταία προσγείωση σαν 1^η και μετρώντας προς τα πίσω) είχε καταγραφεί τιμή καθέτου επιτάχυνσης 2,5 g και 2,8 g αντίστοιχα. (Παράρτημα Β – Διάγραμμα (2) & (3), Γραφική παράσταση των παραμέτρων της 5^{ης} & 27^{ης} π/γ αντίστοιχα)

1.11.2 CVR

Το α/φ ήταν επίσης εφοδιασμένο με έναν Καταγραφέα Συνομιλιών Θαλάμου Διακυβέρνησης (Cockpit Voice Recorder (CVR)), της Fairchild, τύπου A100A (με στοιχεία αρ. καταλόγου : 93-A100-31 και αρ. σειράς : 15798) ο οποίος καταγράφει

τις ομιλίες του πληρώματος διακυβέρνησης και τους ήχους που λαμβάνει το μικρόφωνο στον θάλαμο διακυβέρνησης σε μία συνεχή ταινία βρόγχου 30-λεπτών εφόσον παρέχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Η ποιότητα των καταγραφών ήταν πολύ καλή.

1.12 Πληροφορίες Συντριμμάτων και Πρόσκρουσης

Σε απόσταση 730 m μετά το μετατοπισμένο, λόγω έργων, κατώφλι του διαδρόμου 27 εμφανίζονται στο διάδρομο σημάδια από κτύπημα των πτερύγων της έλικας που απέχουν μεταξύ τους 50 cm. Τα σημάδια από τα κτυπήματα της έλικας συνεχίζονται για 125 m και η μεταξύ τους απόσταση γίνεται σταδιακά 70 cm. Τα σημάδια επανεμφανίζονται μετά από 340 m, συνεχίζονται για 80 m και σταδιακά η μεταξύ τους απόσταση φθάνει το 1,7 m και το δεξιό σκέλος αρχίζει να αφήνει σημάδια τριβής στον διάδρομο. Στη συνέχεια τα σημάδια επανεμφανίζονται ύστερα από 65 m, συνεχίζονται για 80 m και η μεταξύ των διαδοχικών κτυπημάτων της έλικας απόσταση φθάνει τα 2,6 m και σταματούν. Στα επόμενα 240 m υπάρχουν ίχνη τριβής του σκέλους και της ατράκτου στον διάδρομο.

Η συνολική απόσταση που διένυσε το α/φ από το σημείο της αρχικής επαφής του με τον διάδρομο μέχρι το σημείο που σταμάτησε ήταν 1010 m.

1.13 Ιατρικές Πληροφορίες

Δεν έχει εφαρμογή

1.14 Πυρκαγιά

Δεν έχει εφαρμογή

1.15 Διαδικασίες Επιβίωσης

Αν και δεν υπήρχε υποχρέωση στο πλήρωμα του α/φ να περιλαμβάνεται μέλος του πληρώματος θαλάμου επιβατών, διότι η μέγιστη εγκεκριμένη διαμόρφωση θέσεων επιβατών του α/φ δεν ήταν μεγαλύτερη από 19 θέσεις (OPS-1.990), ο

αερομεταφορέας, με γνώμονα την ασφάλεια των επιβατών, είχε θεσπίσει την ύπαρξη ενός μέλους πληρώματος θαλάμου επιβατών σε κάθε πτήση του α/φ.

Μετά την ακινητοποίηση του α/φ η αεροσυνοδός άνοιξε αμέσως την πίσω αριστερή πόρτα και η έξοδος των επιβατών, οι οποίοι μη βλέποντας την δεξιά πλευρά που είχε υποχωρήσει το σκέλος θεώρησαν απλώς ότι είχε διαρραγεί το ελαστικό του δεξιού τροχού, έγινε με τάξη και χωρίς ίχνος πανικού.

Η ύπαρξη αεροσυνοδού είχε θετικά αποτελέσματα διότι χωρίς την παρουσία της, θα έπρεπε ένας εκ του πληρώματος θαλάμου διακυβέρνησης να εγκαταλείψει τον θάλαμο, να διασχίσει το α/φ και να ανοίξει την θύρα εξόδου επιβατών γεγονός που θα επέφερε καθυστέρηση.

1.16 Δοκιμές και Έρευνες

Προκειμένου να διαπιστωθεί πως προήλθε η θραύση του κυλίνδρου του δεξιού κύριου σκέλους και να γίνει εκτίμηση του χρόνου εκδήλωσης αυτής τα τμήματα του κυλίνδρου που υπέστησαν θραύση μεταφέρθηκαν στις εγκαταστάσεις της Αγγλικής Επιτροπής διερεύνησης ατυχημάτων (AAIB) και εν συνεχεία σε κέντρο εξέτασης υλικών του πολεμικού ναυτικού της Αγγλίας “Material Integrity Group (MIG)” που εξειδικεύεται σε εξέταση αστοχίας αεροπορικού υλικού.

Το συμπέρασμα της ανωτέρω εξέτασης (Βλέπε Παράρτημα Γ) ήταν ότι :

“ο κύλινδρος του σκέλους προσγείωσης του α/φους BAE Jetstream 31, SX-SKY, αστόχησε ως αποτέλεσμα όλκιμης υπερφόρτισης. Αυτό είναι πιθανόν να είχε συμβεί ως αποτέλεσμα μιας ‘βαριάς’ προσγείωσης του α/φους.”

1.17 Οργανωτικές και Διοικητικές Πληροφορίες

1.17.1 Αεροπορική Εταιρεία

Η αεροπορική εταιρεία Sky Express S.A. είναι εταιρεία δημοσίων μεταφορών και έχει εν ισχύ πιστοποιητικό αερομεταφορέα με αρ. GR-021 εκδοθέν από την Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας για την μεταφορά επιβατών και εμπορευμάτων.

Ο στόλος της περιελάμβανε 2 Jetstream 31/32 και 2 Jetstream 41.

Η εταιρεία διαθέτει οργανισμό συντήρησης πιστοποιημένο κατά EASA, Part 145 για συντήρηση γραμμής με αρ. EL.145.041, καθώς και πιστοποιητικό έγκρισης οργανισμού διαχείρισης συνεχούς πτητικής αξιοπλοΐας κατά EASA Part M με αρ. EL.MG.002,.

Η συντήρηση βάσης των α/φ της εταιρείας γινόταν από τον οργανισμό συντήρησης Air Support International στην Ιταλία. Η γενική επιθεώρηση του σκέλους έγινε στον οργανισμό APPH Aviation Services Ltd πιστοποιημένο από την Αγγλική Πολιτική Αεροπορία κατά EASA Part 145, με αρ. UK.145.00354.

1.18 Συμπληρωματικές Πληροφορίες

Μετά το ατύχημα αφαιρέθηκε από το α/φ και το αριστερό σκέλος και διεξήχθη μία εξέταση στη φωλιά έδρασης του πύρου με υπερήχους “Eddy Current” για ύπαρξη ρωγμών χωρίς ευρήματα.

Έλεγχος επίσης χωρίς ευρήματα έγινε και στα σκέλη του άλλου α/φ Jetstream 32 της εταιρείας, το οποίο μετά το ατύχημα και μέχρι τον έλεγχο έμεινε στο έδαφος.

1.19 Χρήσιμες ή Αποτελεσματικές Τεχνικές Διερεύνησης

Δεν έχει εφαρμογή

2 Ανάλυση

Η προσγείωση κατά την οποία επήλθε η θραύση του κυλίνδρου του δεξιού κύριου σκέλους προσγείωσης του α/φ ήταν “απαλή” και η καταγραφείσα τιμή της καθέτου επιτάχυνσης, 1,79 g, δεν θα μπορούσε να επιφέρει, από μόνη της, την θραύση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των εργαστηριακών εξετάσεων (Παράρτημα Γ):

- Το υλικό κατασκευής του κυλίνδρου θεωρήθηκε υγιές από μεταλλουργική άποψη και ήταν σύμφωνο με τις προδιαγραφές DTD 5094, κράματος αλουμινίου ψευδαργύρου
- Οι γωνιώδεις σχηματισμοί στις επιφάνειες θραύσης “A2” και “B2” με φορά που “δείχνει προς τα πίσω” (Παράρτημα Γ / Σχήμα 4 & 5) προς την εσωτερική

πλευρά του κυλίνδρου, φανερώνουν ότι η έναρξη θραύσης έλαβε χώρα σε αυτή τη θέση.

Αυτές οι επιφάνειες θραύσης ήταν πιο έντονα διαβρωμένες από τις επιφάνειες θραύσης “A1” και “B1” (Παράρτημα Γ/Σχήμα 3 & 6) επειδή πιθανόν οι ρωγμές αυτών να είχαν σχηματισθεί πριν από τις δύο ρωγμές που προκάλεσαν την θραύση στις επιφάνειες “A1” και “B1”. Ως εκ τούτου στην ακολουθία της αστοχίας η πρώτη ρωγμή σχηματίστηκε στις επιφάνειες θραύσης “A2” και “B2”. Αυτή, η πρώτη ρωγμή, ξεκίνησε και επεκτάθηκε στην περιοχή “Α”, (Παράρτημα Γ/Σχήμα 1), όπως θα ανεμένετο, δοθέντος ότι σε αυτή την περιοχή πραγματοποιείτο ο μη καταστροφικός έλεγχος. Η πρώτη ρωγμή ξεκίνησε από την εσωτερική πλευρά του κυλίνδρου, αυξάνοντας τη φόρτιση στο υλικό του κυλίνδρου που περιβάλλει τους κοχλιωτούς συνδετήριους, που είναι θέσεις συγκέντρωσης τάσεων. Κατόπιν ξεκίνησαν η δεύτερη και τρίτη ρωγμή στην περιοχή της συγκέντρωσης τάσεων και επεκτάθηκαν προς το εσωτερικό του κυλίνδρου για να διαμορφώσουν τις επιφάνειες θραύσης “A1” και “B1”. Αυτό τεκμηριώνεται και από τους γωνιώδεις σχηματισμούς στις επιφάνειες θραύσης “A1” και “B1” με φορά που δείχνει προς τα πίσω, στις περιοχές των κοχλιωτών συνδετηρίων.

Η περιοχή στις επιφάνειες θραύσης “A2” και “B2” με μαύρη εμφάνιση συνάδει με χρώση που επήλθε μετά την αστοχία. Τα αποδεικτικά στοιχεία για την υποστήριξη αυτού είναι η συνεχής φύση των χαρακτηριστικών, όπως οι γωνιώδεις σχηματισμοί πάνω στις επιφάνειες θραύσης.

Η αστοχία λόγω όλκιμης υπερφόρτισης του κυλίνδρου προσγείωσης είναι πιθανόν να έχει προκύψει από μια ‘βαριά’ προσγείωση του α/φ. Ο διαβρωμένος χαρακτήρας της επιφάνειας θραύσης που ανήκει στην πρώτη ρωγμή που σχηματίστηκε, δείχνει ότι αυτή η αστοχία μπορεί να συνέβη κατά τη διάρκεια ‘βαριάς’ προσγείωσης. Αυτό θα είχε αποδυναμώσει τον κύλινδρο και θα τον είχε καταστήσει ευάλωτο σε αστοχία κατά τη διάρκεια μιας μεταγενέστερης προσγείωσης. Η ‘βαριά’ προσγείωση θα είχε προκαλέσει στον πίρο ανάρτησης και στους συσχετιζόμενους συνδετηρίους, μια προς τα επάνω μεγάλη δύναμη και αυτή με τη σειρά της μία καταπόνηση λόγω κάμψης στο υλικό του κυλίνδρου στην περιοχή “Α”, ξεκινώντας την πρώτη ρωγμή.

Από τις καταγραφές του FDR διαπιστώνεται ότι στις 07.02.09 έλαβε χώρα ‘βαριά’ προσγείωση δεδομένου ότι έχει καταγραφεί κάθετη επιτάχυνση 2,8 g, όπως και κατά την πρώτη πτήση της 12.02.09 (ημέρα του ατυχήματος) που έχει καταγραφεί κάθετη επιτάχυνση 2,5 g. Εκ των προαναφερόμενων π/γ πιθανόν αυτή της 07.02.09 να είναι η π/γ που προκάλεσε την αρχική ρωγμή στην περιοχή Α (επιφάνειες θραύσης «Α2» και «Β2»), και η πρώτη π/γ της 12.02.09 να συνέτεινε στην επέκταση της ρωγμής και στην δημιουργία της δεύτερης και τρίτης ρωγμής στην περιοχή που περιβάλλει τους κοχλιωτούς συνδετηρίους, οι οποίες μετά από τέσσερις π/γ εξελίχθηκαν και επέφεραν τη θραύση του κυλίνδρου του σκέλους προσγείωσης.

Ο οπτικός έλεγχος που είχε γίνει στην περιοχή “Α” των σκελών του κύριου συστήματος προσγείωσης σε εφαρμογή του μέρους Β του SB εκτελέσθηκε στις 02.01.09 (36 μέρες πριν την πρώτη ‘βαριά’ π/γ), έτσι η έναρξη της ρωγμής δεν έγινε αντιληπτή.

Αν είχε αναφερθεί η ‘βαριά’ προσγείωση της 07.02.09, θα είχε εκτελεσθεί ο έλεγχος που προβλέπεται μετά από ‘βαριά’ προσγείωση στο Εγχειρίδιο Συντήρησης του α/φ. Η αναφορά της δεύτερης ‘βαριάς’ προσγείωσης, αυτής της 12.02.09, που επίσης δεν έγινε, θα ανάγκαζε το προσωπικό συντήρησης της εταιρείας να εκτελέσει ξανά τον προαναφερόμενο έλεγχο, και αν τον εκτελούσε την ίδια ημέρα (12.02.09) θα εντόπιζε τη ρωγμή ή τις ρωγμές και θα αποφεύγετο η θραύση που επήλθε μετά από τέσσερις πτήσεις.

Δεδομένου ότι δεν υπάρχει όργανο, η μηχανισμός στο α/φ που να δεικνύει πότε είναι ‘βαριά’ μια προσγείωση, ο χαρακτηρισμός της κάθε προσγείωσης είναι θέμα υποκειμενικό και εναπόκειται στην αίσθηση του πληρώματος θαλάμου διακυβέρνησης του α/φ. Έχοντας τα ανωτέρω υπ όψη τα πληρώματα και τις συνέπειες που θα μπορούσε να έχει μία μη αναφερθείσα ‘βαριά’ προσγείωση, θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικά και ευαισθητοποιημένα σε αυτό το θέμα.

3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

3.1 ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ

- 3.1.1** Το πλήρωμα θαλάμου διακυβέρνησης πληρούσε όλες τις προϋποθέσεις για την εκτέλεση της πτήσης.
- 3.1.2** Το α/φ ήταν πτητικά ικανό.
- 3.1.3** Η διάρκεια ζωής των σκελών προσγείωσης του α/φ είναι 50.000 κύκλοι (προσγειώσεις) και ο χρόνος μεταξύ δύο γενικών επιθεωρήσεων είναι έξι χρόνια ή 10.000 κύκλοι όποιο συμπληρωθεί πρώτο.
- 3.1.4** Το σκέλος που υπέστη θραύση είχε συσσωρεύσει 23.940 κύκλους από κατασκευής και είχε περάσει από γενική επιθεώρηση την 17.09.08. Έκτοτε έως την ημέρα του ατυχήματος είχε συσσωρεύσει 148 κύκλους.
- 3.1.5** Από το κατασκευαστή του α/φ είχε εκδοθεί SB και από την Αγγλική Πολιτική Αεροπορία AD, για ελέγχους και επιθεωρήσεις της περιοχής A των κυλίνδρων των σκελών προσγείωσης.
- 3.1.6** Το εν λόγω AD είχε εκτελεσθεί, χωρίς ευρήματα, κατά την γενική επιθεώρηση του σκέλους που έγινε την 17.09.08 από πιστοποιημένο κατά EASA-PART 145 οργανισμό συντήρησης.
- 3.1.7** Την 02.01.09 εκτελέσθηκε οπτική επιθεώρηση της περιοχής A των κυλίνδρων των σκελών, από τον οργανισμό συντήρησης του εκμεταλλευόμενου το α/φ, σύμφωνα με το B μέρος του SB και πάλι χωρίς ευρήματα.
- 3.1.8** Την 07.02.09 και την πρωία της 12.02.09 είχαν λάβει χώρα “βαριές” προσγειώσεις του α/φ, καθότι είχαν καταγραφεί τιμές κάθετης επιτάχυνσης 2,8 g και 2,5g αντίστοιχα. Αμφότερες οι προσγειώσεις δεν είχαν καταγραφεί στο ημερολόγιο του α/φ ώστε να εκτελεσθεί η επιθεώρηση που προβλέπεται στο εγχειρίδιο συντήρησης του α/φ, μετά από ‘βαριά’ προσγείωση.
- 3.1.9** Σύμφωνα με την εργαστηριακή εξέταση των τμημάτων που υπέστησαν θραύση η πρώτη ρωγμή αναπτύχθηκε στην περιοχή A (επιφάνεια θραύσης A2-B2) προκαλώντας αύξηση στη φόρτιση του υλικού του κυλίνδρου που περιβάλλει τους κοχλιωτούς συνδετήριους και είναι θέσεις συγκέντρωσης τάσεων. Στη συνέχεια αναπτύχθηκαν η δεύτερη και τρίτη ρωγμή στη περιοχή

συγκέντρωσης τάσεων, επεκτάθηκαν στο εσωτερικό του κυλίνδρου και διαμόρφωσαν τις επιφάνειες θραύσης A1 – B1, στην περιοχή που περιβάλλει τους κοχλιωτούς συνδετήριους. Οι ρωγμές και η θραύση προήλθαν από όλκιμη υπερφόρτιση του κυλίνδρου του σκέλους προσγείωσης που πιθανόν να προέκυψε από ‘βαριά’ προσγείωση.

3.2 Πιθανά Αίτια

Αστοχία του κυλίνδρου του σκέλους προσγείωσης, λόγω όλκιμης υπερφόρτισης, προερχόμενης από ‘βαριά’ προσγείωση του α/φ.

4 Συστάσεις Ασφαλείας

- 4.1 2010 – 08** Να γίνει σύσταση στους χειριστές της εταιρείας ότι αν υπάρχει έστω και υποψία ‘βαριάς’, η μη κανονικής προσγείωσης να αναγράφεται στο ημερολόγιο του α/φ ώστε να εκτελούνται οι προβλεπόμενοι έλεγχοι.

Ελληνικό, 06 Οκτωβρίου 2010

Ο ΠΡΟΕΔΡΟΣ

Ακριβός Τσολάκης

Ακριβές Αντίγραφο

Ο Γραμματέας

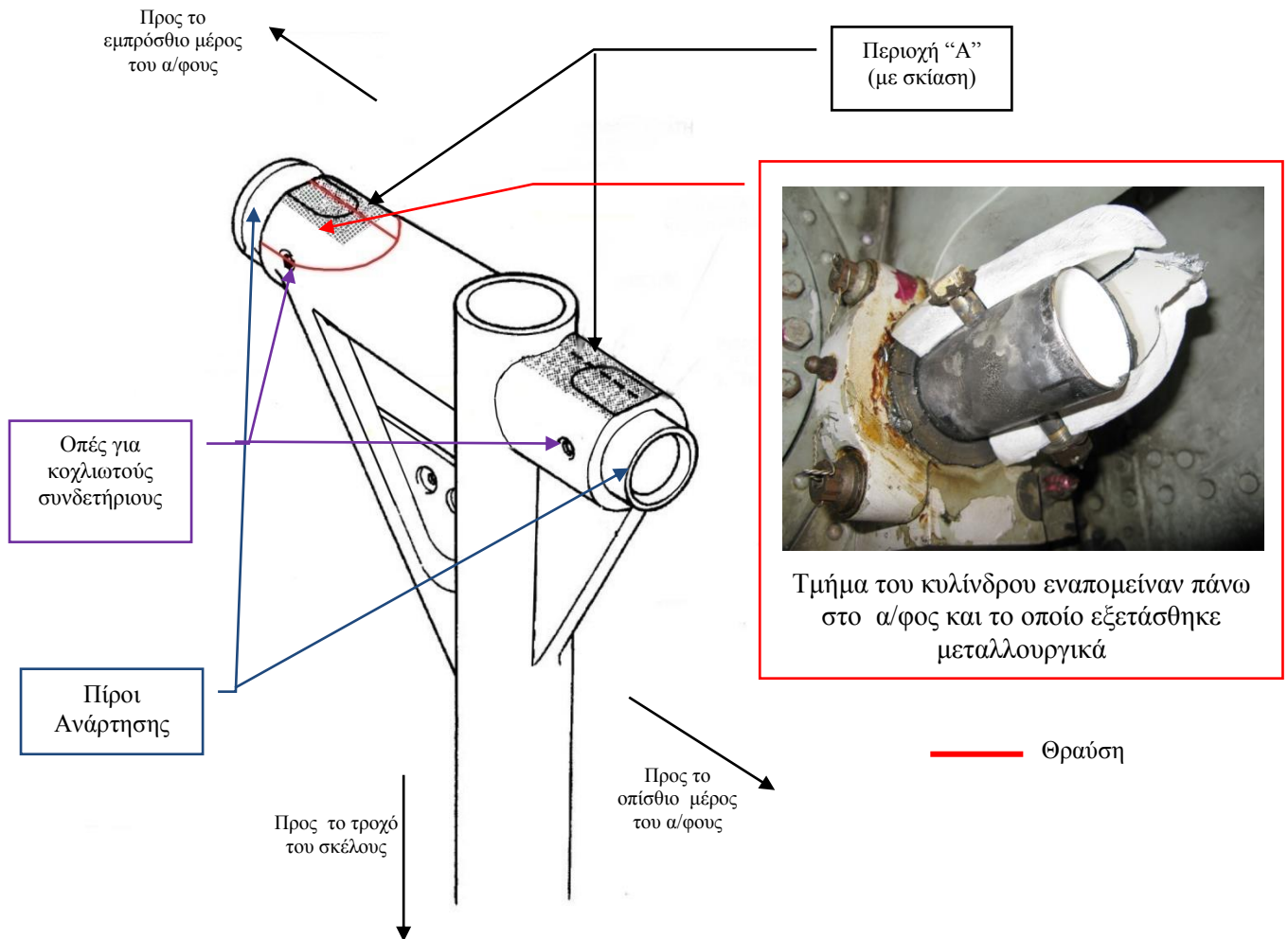
Ι. Παπαδόπουλος

ΤΑ ΜΕΛΗ

Γ. Κυριακόπουλος

Τρ. Τσιτινίδης

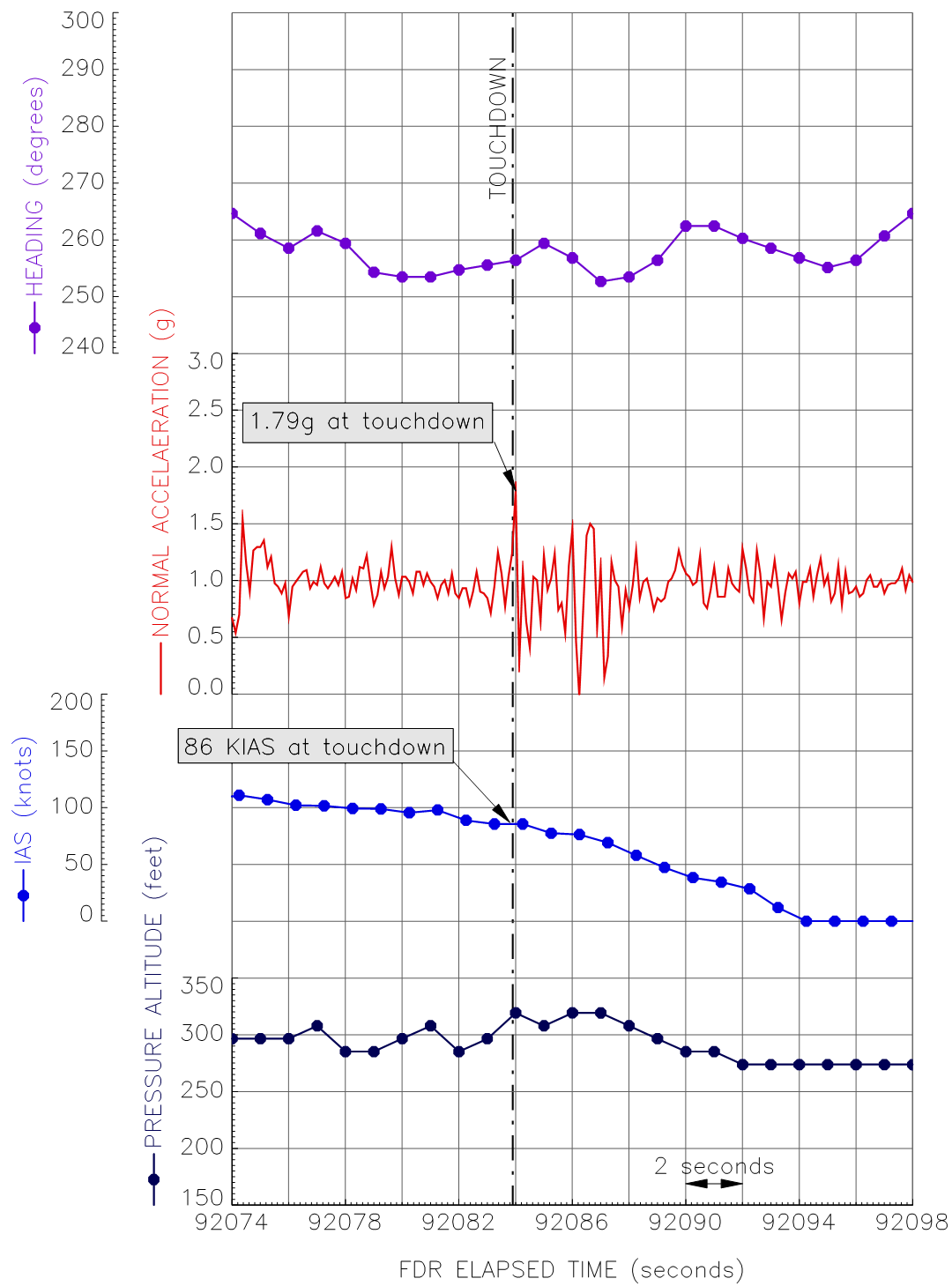
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α



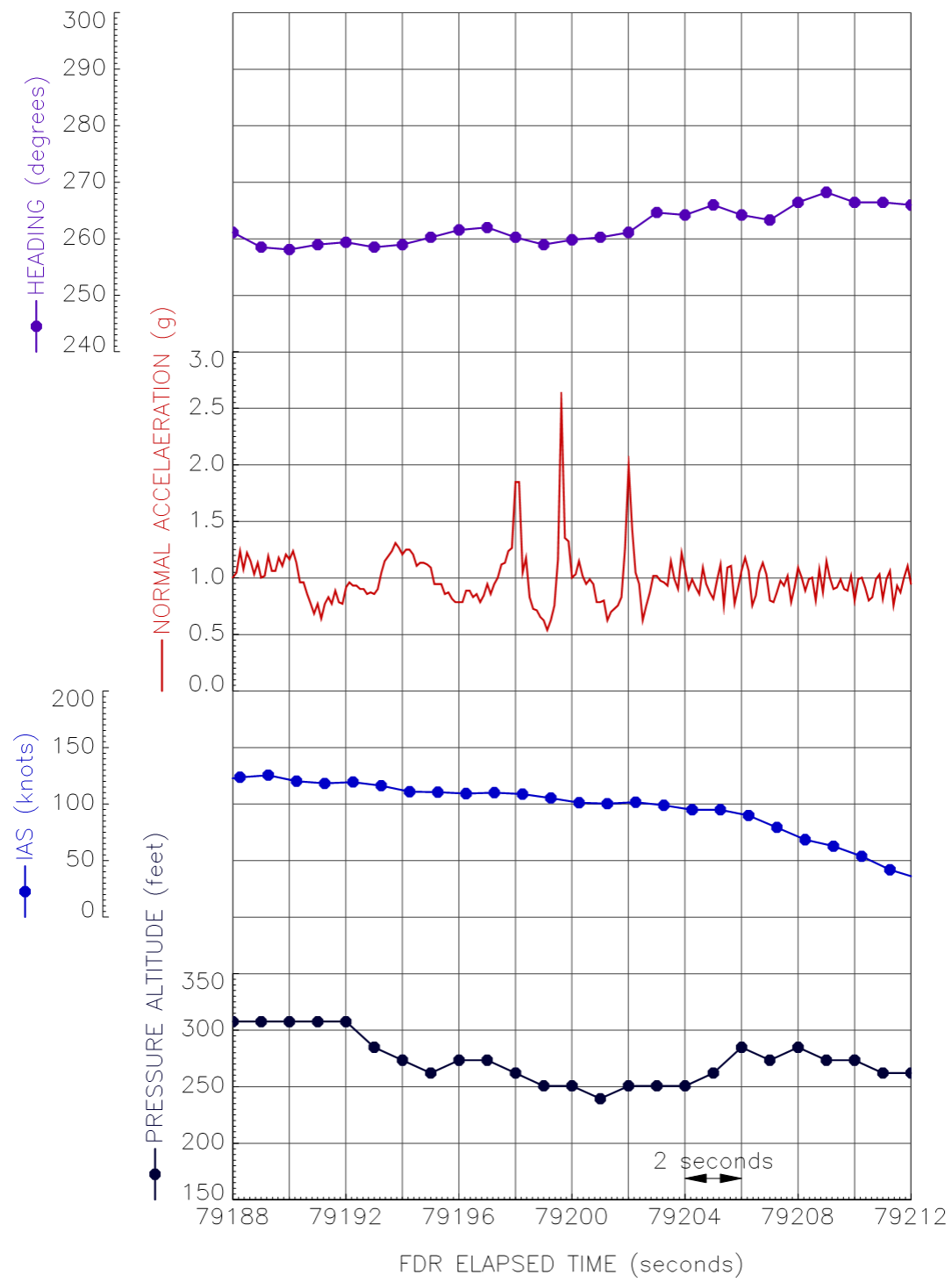
Σχέδιο 1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

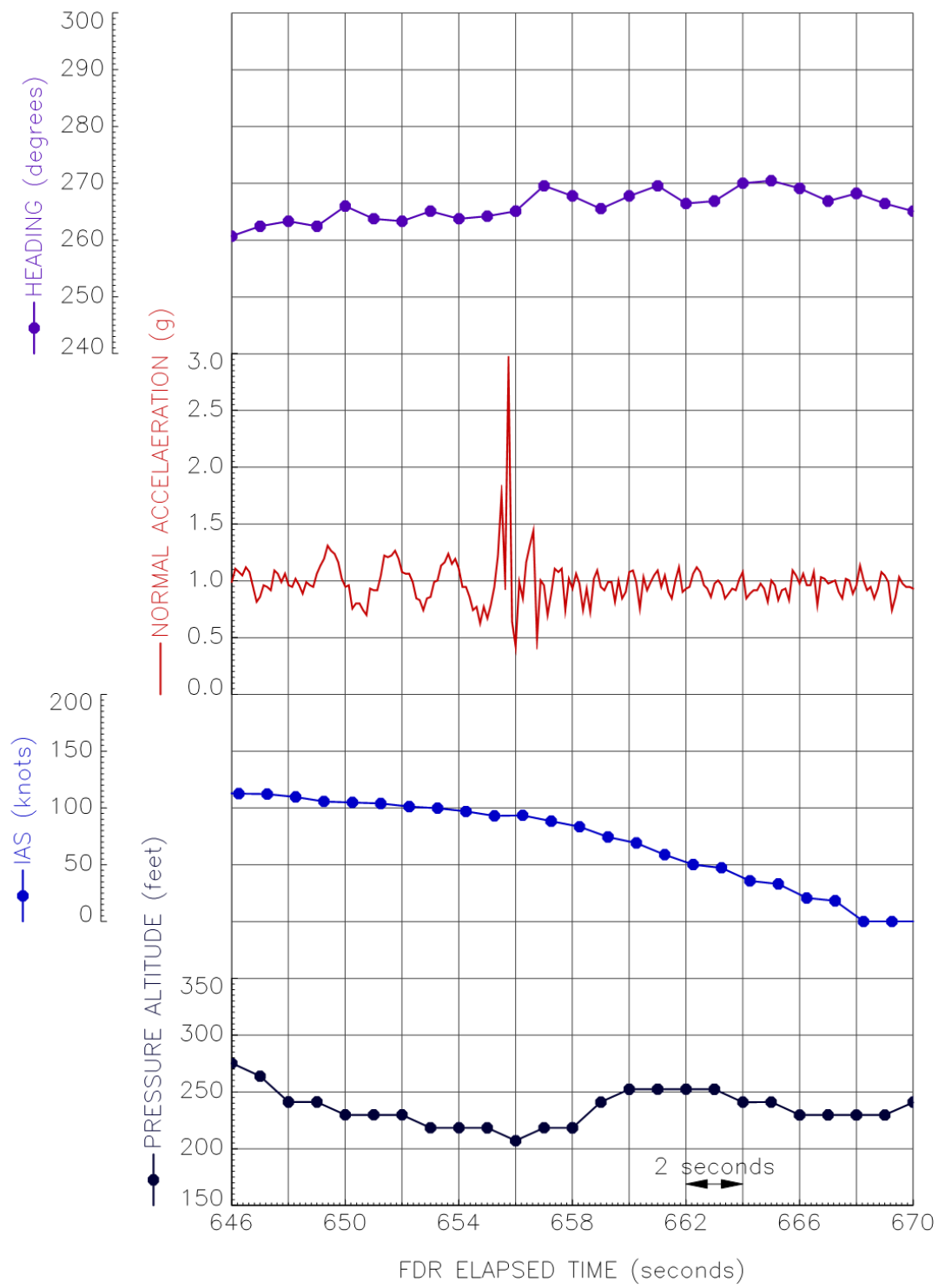
Γραφήματα παραμέτρων καταγραφέα δεδομένων πτήσης



Διάγραμμα 1



Διάγραμμα 2



Διάγραμμα 3

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Μεταλλουργική Έκθεση από

UK Royal Navy, Navy Command

Fleet FS (Air) Materials Integrity Group (MIG)

Ομάδα Εξέτασης Υλικών
Τεχνική Έκθεση MIG08.371
Φάκελος: FFSA/9000/800/03/100057 / 18007,1 MIG
Διερεύνηση της αστοχίας του σκέλους προσγείωσης του α/φους BAE
JETSTREAM 31 SX-SKY

1. Παραπομπές
2. Εισαγωγή
3. Λεπτομέρειες του κυλίνδρου του συστήματος προσγείωσης
4. Εργαστηριακή Εξέταση
 - 4.1 Οπτική Παρατήρηση
 - 4.2 Εξέταση με την χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης
 - 4.3 Οπτική μικροσκοπία
5. Σχόλια
6. Συμπεράσματα
7. Διανομή
8. Φωτογραφίες

1. Παραπομπές

- A. Αίτημα Έργου: Συνάντηση Raistrick, Pitt, Symonds (MIG), Jarvis (AAIB), Rouliezos (ΕΔΑΑΠ) ημερομηνία 4 Μαρτίου 2009
- B. Ηλεκτρονική αλληλογραφία από Jarvis (AAIB) στην Symonds (MIG) με ημερομηνία 20 Φεβρουαρίου 2009
- Γ. AP Precision Hydraulics Ltd, Εγχειρίδιο Γενικής Επισκευής, Κεφάλαιο 32-10-1, Ιούλιος 2008, σελίδες 501-506

2. Εισαγωγή

- 2.1 Από την Ομάδα Εξέτασης Υλικών (MIG) της Αεροπορικής Υποστήριξης του Στόλου ζητήθηκε με το (Α) σχετικό να εξετάσει την αστοχία του σκέλους προσγείωσης του α/φους BAE JETSTREAM 31 SX-SKY. Εννοείται (Reference A και B Αναφοράς), ότι το αριστερό κύριο σύστημα προσγείωσης κατέρρευσε κατά τη διάρκεια της προσγείωσης στο Ηράκλειο, Ελλάδα. Η MIG ενημερώθηκε (Παραπομπή Α) ότι το σύστημα προσγείωσης είχε ολοκληρώσει 23940 κύκλων και είχε υποβληθεί σε τακτικούς ελέγχους, Μη Καταστροφικές Δοκιμές (ΜΚΔ) (Παραπομπές Γ) στην περιοχή της αστοχίας χωρίς ευρήματα.

3. Λεπτομέρειες του κυλίνδρου του συστήματος προσγείωσης

- 3.1 Ο κύλινδρος του συστήματος προσγείωσης ήταν προσαρμοσμένος σε δύο χαλύβδινους πύρους ανάρτησης μέσω ενός ζεύγους κοχλιωτών συνδετηρίων, Εικόνα 1. Ο κύλινδρος και οι προσαρτημένοι πύροι ανάρτησης περιστρέφονταν δεξιόστροφα, στρεφόμενοι προς το εσωτερικό κάθε φορά που το σύστημα προσγείωσης κατέρχονταν. Συνεπώς ο κύλινδρος φορτιζόταν από το συνδετήριο κάθε φορά που το αεροσκάφος προσγειωνόταν, Εικόνα 2. Ο κύλινδρος πρέπει να παρουσίαζε καμπτική καταπόνηση στην περιοχή “Α”, Εικόνα 1, και θλιπτική καταπόνηση στις οπές των συνδετηρίων. Ο κύλινδρος είχε μειωμένο πάχος στην περιοχή “Α”, Εικόνα 1, ώστε η ρωγμάτωση λόγω κόπωσης που θεωρείται πιθανόν να προκύψει από την κυκλική φόρτιση να επέλθει στη θέση αυτή. Ο κύλινδρος ελεγχόταν τακτικά με μη καταστροφικούς ελέγχους στην περιοχή “Α”, Εικόνα 1, προκειμένου να ανιχνευθούν οι ρωγματώσεις λόγω κόπωσης (Αναφορά C).

4. Εργαστηριακή Εξέταση

4.1 Οπτική παρατήρηση

- 4.1.1 Δύο αποκομμένα τμήματα του κυλίνδρου προσγείωσης παρελήφθησαν από την MIG (Αναφορά A) που στην συνέχεια καλούνται τμήμα A και B. Το τμήμα «Α» ήταν ακόμη συνδεδεμένο με τον πύρο ανάρτησης, Εικόνα 3 και Εικόνα 4, ενώ το τμήμα «Β» ήταν ελεύθερο, εικόνες 5 και 6. Υπήρχαν δύο κύριες επιφάνειες θραύσης στο τμήμα «Α» οριζόμενες ως «Α1» και «Α2», στην Εικόνα 3 και Εικόνα 4, αντιστοίχως, και ομοίως στο τμήμα «Β» οριζόμενες ως «Β1» και «Β2», Εικόνα 5 και 6 αντίστοιχα. Όλες οι επιφάνειες θραύσης υποβλήθηκαν σε μακροσκοπική εξέταση με διοφθάλμιο (στερεοσκοπικό) μικροσκόπιο.
- 4.1.2 Η επιφάνεια θραύσης «Α1», παρουσίαζε τραχύτητα και θαμπή εμφάνιση σε απόχρωση ανοιχτού γκρι με παρουσία γωνιωδών και ποταμοειδών σχηματισμών, με φορά που υποδεικνύει προς τα πίσω την οπή όπου οι κοχλιωτοί σύνδεσμοι είχαν προσαρμοσθεί, Εικόνα 3, Εικόνα 7 και Εικόνα 8.

Η ελαφρά γκρίζα απόχρωση ήταν σύμφωνη με απουσία εκτεταμένης διάβρωσης μετά την αστοχία.

4.1.3 Η επιφάνεια θραύσης «Α2» παρουσίαζε επίσης τραχύτητα και θαμπή όψη σε απόχρωση σκούρου γκρι, με εξαίρεση μια περιοχή που είχε εμφάνιση μαύρη και η οποία ήταν δίπλα στον πύρο ανάρτησης, Εικόνα 4, Εικόνα 9 και Εικόνα 10. Το υπόλοιπο της επιφάνειας είχε απόχρωση σκούρου γκρι που συνάδει με την παρουσία διάβρωσης που έλαβε χώρα μετά την αστοχία. Οι γωνιώδεις σχηματισμοί ήταν και πάλι παρόντες με φορά που υποδεικνύει πίσω προς την εσωτερική πλευρά του κυλίνδρου, Εικόνα 1 και Εικόνα 9.

4.1.4 Η επιφάνεια θραύσης “B2” θηλύκωνε με την “Α2” και, όπως είναι αναμενόμενο, είχε παρόμοια θραυστογραφικά χαρακτηριστικά με εκείνα που διαπιστώθηκαν σε αυτήν, Εικόνα 11.

4.1.5 Η επιφάνεια θραύσης “B1” ήταν παρόμοια σε εμφάνιση με την «Α1», ήταν τραχιά και είχε εμφάνιση θαμπή σε απόχρωση ανοιχτού γκρι με παρουσία γωνιωδών και ποταμοειδών σχηματισμών με φορά που υποδεικνύει προς τα πίσω την οπή όπου ήσαν προσαρμοσμένοι οι κοχλιωτοί σύνδεσμοι, Εικόνα 12 και Εικόνα 13.

4.1.6 Οι γωνιώδεις σχηματισμοί υπήρχαν και στις επιφάνειες θραύσης «Α2» και «B2», που θηλύκωναν μαζί και όταν εξετάστηκαν λεπτομερέστερα αποκάλυψαν ότι οι σχηματισμοί διέσχιζαν την περιοχή που ήταν μαύρη, Εικόνα 14.

4.2 Εξέταση με τη χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης

4.2.1 Η επιφάνεια θραύσης «B2», εξετάστηκε με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM), προκειμένου ενδεχομένως να αποκαλυφθούν ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά στην εσωτερική άκρη της επιφάνειας και στην περιοχή του μαύρου χρωματισμού. Αποκαλύφθηκαν χαρακτηριστικά τα οποία συνάδουν με την επιφάνεια θραύσης να έχει υποστεί διάβρωση και να έχει επικαλυφθεί με λιπαντικά προϊόντα στην εσωτερική πλευρά, Εικόνα 15.

4.2.2 Ωστόσο, εντός της περιοχής του μαύρου χρωματισμού και των περιοχών απόχρωσης σκούρου γκρι, αποκαλύφθηκαν χαρακτηριστικά τα οποία

συνάδουν με την παρουσία όλκιμου τύπου συνένωσης μικροσπών και διάβρωσης, Εικόνα 16 και Εικόνα 17. Θεωρείται ότι η διάβρωση επήλθε μετά την αστοχία. Υπήρξε έλλειψη χαρακτηριστικών που σχετίζονται είτε με κόπωση, είτε με εργοδιάβρωση.

4.3 Οπτική μικροσκοπία

4.3.1 Μια μικροτομή έγινε στο εσωτερικό άκρο της επιφάνειας θραύσης «B1» στη θέση στην οποία οι γωνιώδεις σχηματισμοί «έδειχναν προς τα πίσω». Η οπτική μικροσκοπία αποκάλυψε την απουσία των χαρακτηριστικών που σχετίζονται με εγκλείσματα και βελονισμούς στις περιοχές που γειτνιάζουν με την επιφάνεια θραύσης. Ένα μικρό ποσοστό τοπικής περικρυσταλλικής διάβρωσης που παρατηρήθηκε συνάδει με ηλεκτρολυτική διείσδυση και προσβολή μετά την αστοχία.

4.3.2 Η μικροδομή ήταν η αναμενόμενη όπως ενός θερμά κατεργασμένου κράματος αλουμινίου, αποτελούμενη από ευθυγραμμισμένους ισοαξονικούς κόκκους και με ένα μικρό ποσό ενδομεταλλικών ενώσεων.

4.4 Μεταλλουργική επιβεβαίωση

4.4.1 Η μικροτομή έγινε ώστε να πραγματοποιηθεί η μεταλλουργική επαλήθευση. Η στοιχειακή σύνθεση προσδιορίστηκε με SEM και ανάλυση με ημιποσοτική μικροανάλυση διασποράς ενέργειας ακτίνων X, EDX (Energy Dispersive X-ray analysis). Η στοιχειακή σύνθεση του υλικού του κυλίνδρου ήταν σύμφωνη με DTD 5094, το κράμα αλουμινίου/ψευδαργύρου που προδιαγράφεται στο σχέδιο του εξαρτήματος.

4.4.2 Δεν ήταν πρακτικά δυνατόν να μετρηθούν οι μηχανικές ιδιότητες με δοκιμή εφελκυσμού. Η σκληρότητα του υλικού του κυλίνδρου ήταν μια μέση τιμή 166 HV30, αυτό θεωρείται κατά προσέγγιση η αντοχή εφελκυσμού σε MPa υλικών που υπερβαίνουν τα 480 MPa όπως καθορίζεται για κράμα DTD 5094.

5. Συζήτηση

5.1. Ο κύλινδρος του συστήματος προσγείωσης του α/φους BAE Jetstream 31, SX-SKY, αστόχησε εξαιτίας όλκιμης υπερφόρτισης. Προς υποστήριξη αυτού, οι

επιφάνειες θραύσης είχαν εμφάνιση τραχιά με παρουσία γωνιωδών και ποταμοειδών σχηματισμών και χαρακτηριστικών που συνάδουν με την παρουσία όλκιμου τύπου συνένωσης μικροοπών (MVC). Δεν ανευρέθηκαν στοιχεία για οποιαδήποτε άλλο μηχανισμό αστοχίας.

- 5.2. Οι γωνιώδεις σχηματισμοί στις επιφάνειες θραύσης “A2” και “B2” με φορά που «δείχνει προς τα πίσω» προς την εσωτερική πλευρά του κυλίνδρου, φανερώνουν ότι η έναρξη θραύσης έλαβε χώρα σε αυτή τη θέση. Αυτές οι επιφάνειες θραύσης ήταν πιο έντονα διαβρωμένες από τις «A1» και «B1» επειδή πιθανό να είχαν σχηματισθεί πριν από τις δύο ρωγμές που προκάλεσαν τις «A1» και «B1». Ως εκ τούτου στην ακολουθία της αστοχίας η πρώτη ρωγμή σχηματίστηκε στις επιφάνειες θραύσης «A2» και «B2». Αυτή, η πρώτη ρωγμή, ξεκίνησε και επεκτάθηκε στην περιοχή «Α», Εικόνα 1, όπως θα ανεμένετο, δοθέντος ότι σε αυτή την περιοχή πραγματοποιείται ο μη καταστροφικός έλεγχος. Η πρώτη ρωγμή ξεκίνησε από την εσωτερική πλευρά του κυλίνδρου, αυξάνοντας τη φόρτιση στο υλικό του κυλίνδρου που περιβάλλει τους κοχλιωτούς συνδετήριους, που είναι θέσεις συγκέντρωσης τάσεων. Κατόπιν ξεκίνησαν η δεύτερη και τρίτη ρωγμή στην περιοχή της συγκέντρωσης τάσεων και επεκτάθηκαν προς το εσωτερικό του κυλίνδρου για να διαμορφώσουν τις επιφάνειες θραύσης “A1” και “B1”. Αυτό τεκμηριώνεται και από τους γωνιώδεις σχηματισμούς στις επιφάνειες θραύσης “A1” και “B1” με φορά που δείχνει προς τα πίσω, στις περιοχές των κοχλιωτών συνδετηρίων.
- 5.3. Η περιοχή στις επιφάνειες θραύσης «A2» και «B2» με μαύρη εμφάνιση συνάδει με χρώση που επήλθε μετά την αστοχία. Τα αποδεικτικά στοιχεία για την υποστήριξη αυτού είναι η συνεχής φύση των χαρακτηριστικών, όπως οι γωνιώδεις σχηματισμοί πάνω στις επιφάνειες θραύσης.
- 5.4. Η αστοχία λόγω όλκιμης υπερφόρτισης του κυλίνδρου προσγείωσης είναι πιθανόν να έχει προκύψει από μια ‘βαριά’ προσγείωση του α/φους. Ο διαβρωμένος χαρακτήρας της επιφάνειας θραύσης που ανήκει στην πρώτη ρωγμή που σχηματίστηκε, δείχνει ότι αυτή η αστοχία μπορεί να συνέβη κατά τη διάρκεια της ‘βαριάς’ προσγείωσης. Αυτό θα είχε αποδυναμώσει τον κύλινδρο και θα τον είχε καταστήσει ευάλωτο σε αστοχία κατά τη διάρκεια

μιας μεταγενέστερης προσγείωσης. Η ‘βαριά’ προσγείωση θα είχε προκαλέσει στον πίρο ανάρτησης και στους συσχετιζόμενους συνδετηρίους μια προς τα επάνω μεγάλη δύναμη και με τη σειρά της μία καταπόνηση λόγω κάμψης στο υλικό του κυλίνδρου στην περιοχή «Α», ξεκινώντας την πρώτη ρωγμή.

- 5.5. Το υλικό κατασκευής του κυλίνδρου θεωρήθηκε υγιές από μεταλλουργική άποψη και ήταν σύμφωνο με τις προδιαγραφές DTD 5094, κράματος αλουμινίου ψευδαργύρου.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- 6.1. Διαπιστώθηκε ότι ο κύλινδρος προσγείωσης του α/φους BAE Jetstream 31, SX-SKY, αστόχησε ως αποτέλεσμα όλκιμης υπερφόρτισης. Αυτό είναι πιθανόν να είχε συμβεί ως αποτέλεσμα μιας ‘βαριάς’ προσγείωσης του α/φους.

7. Διανομή

AAIB – Mr. M. Jarvis, Senior inspector of accidents

MIG

8. Φωτογραφίες

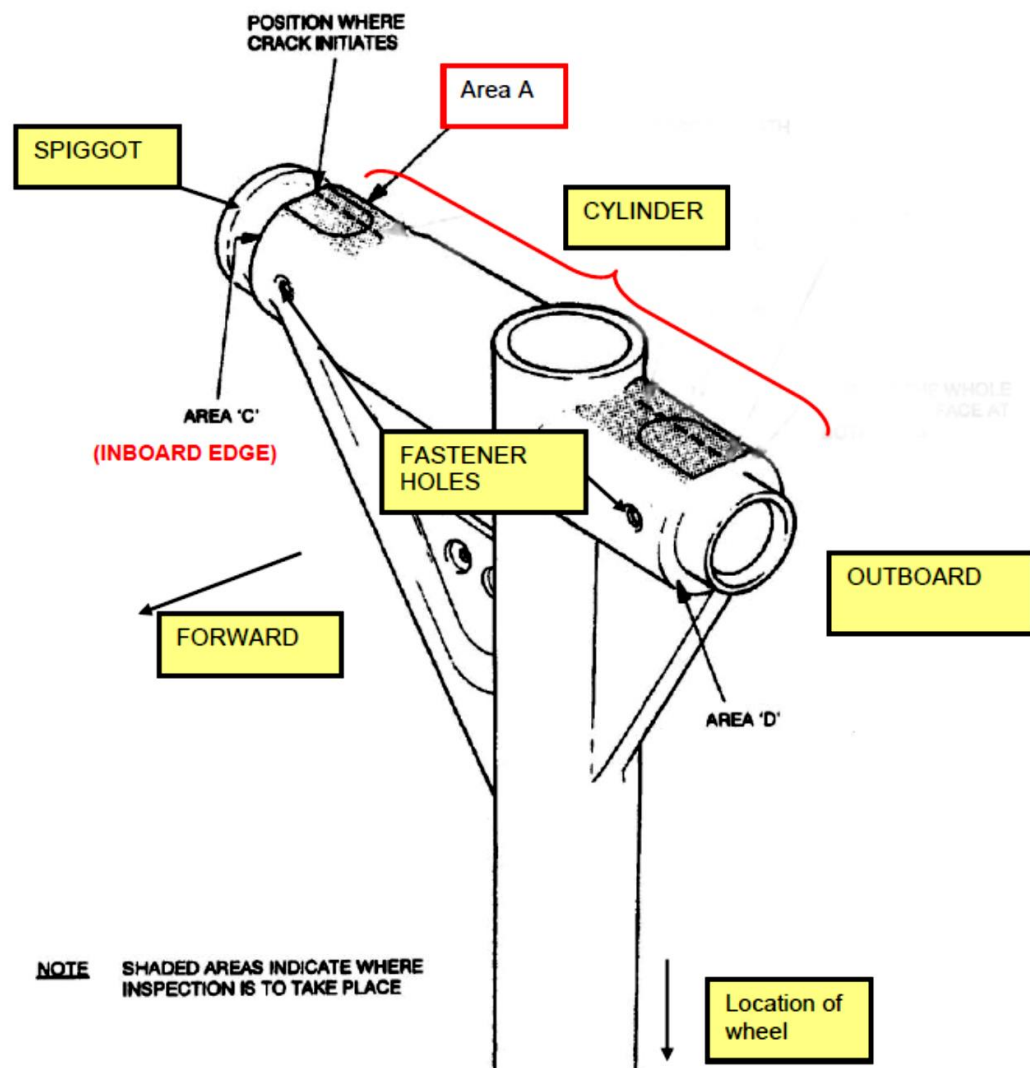


Figure 1: Showing the undercarriage cylinder (Reference C).

NTS

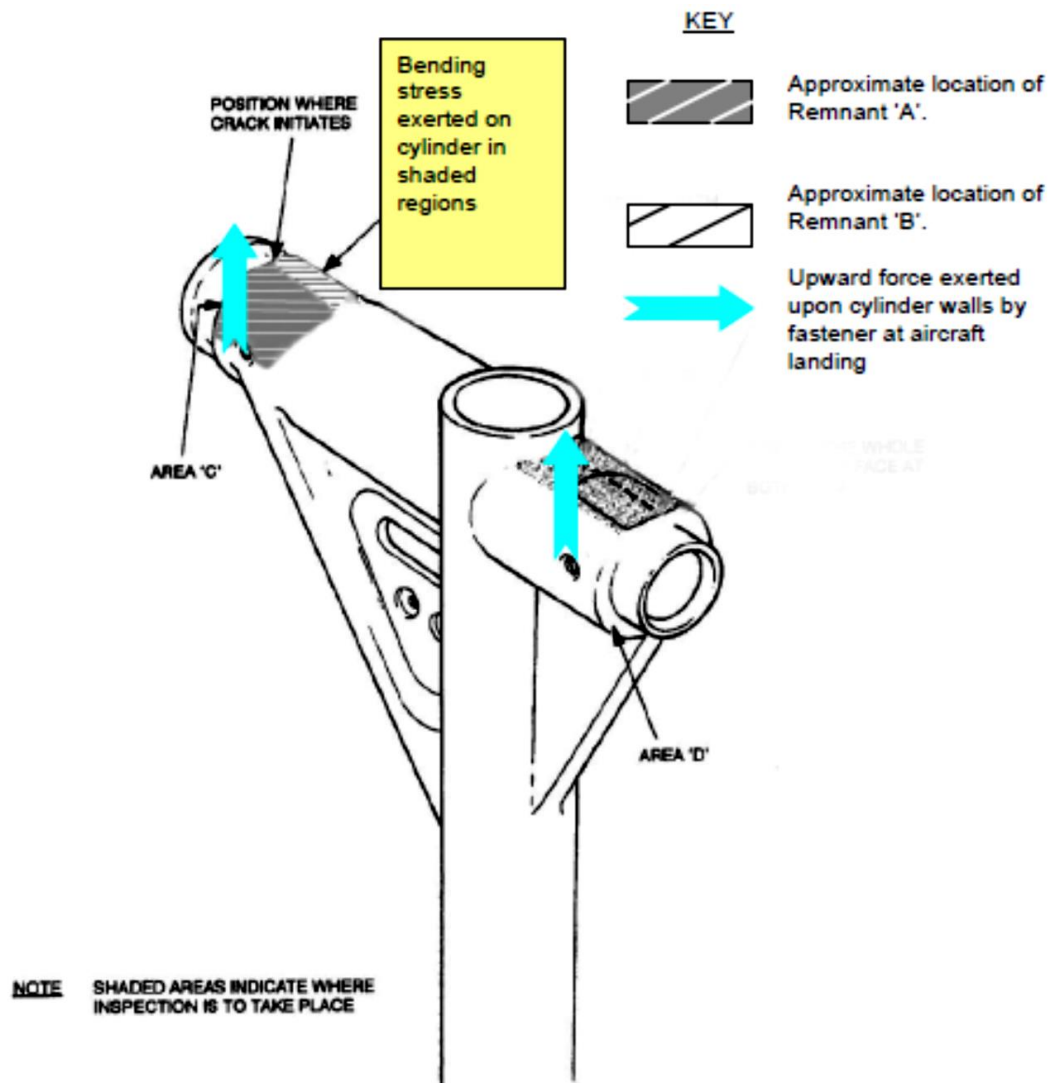


Figure 2: Showing the: undercarriage cylinder; location of Remnants 'A' and 'B'; the loading imposed on aircraft landing.

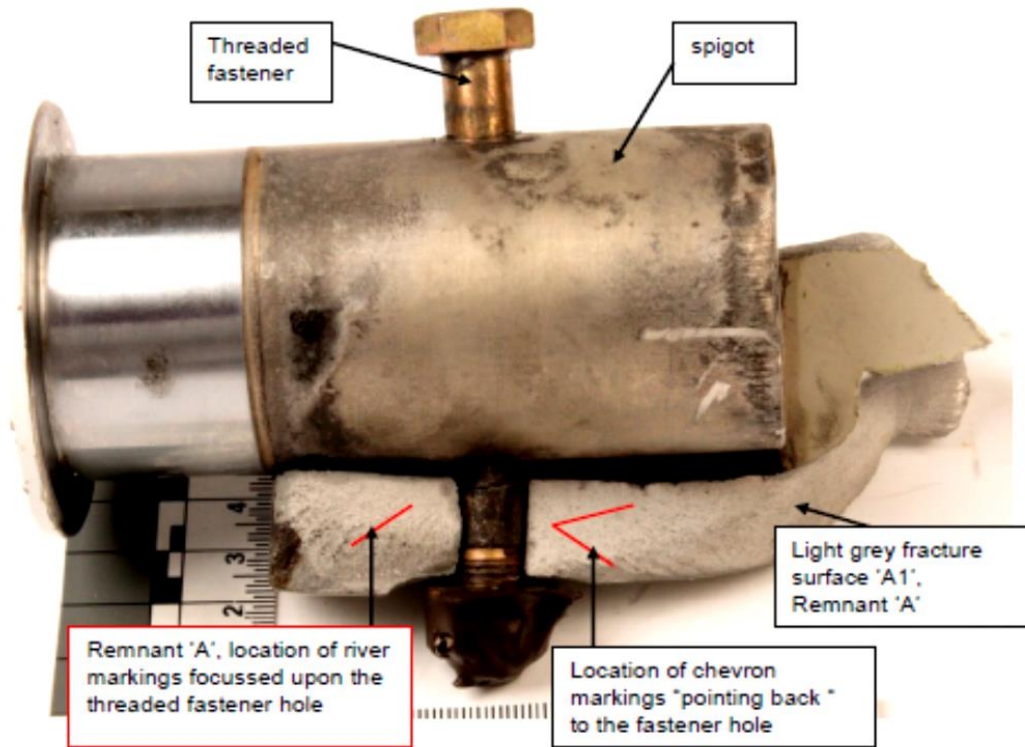


Figure 3: Showing the as received spigot and remnant 'A' of the undercarriage cylinder.

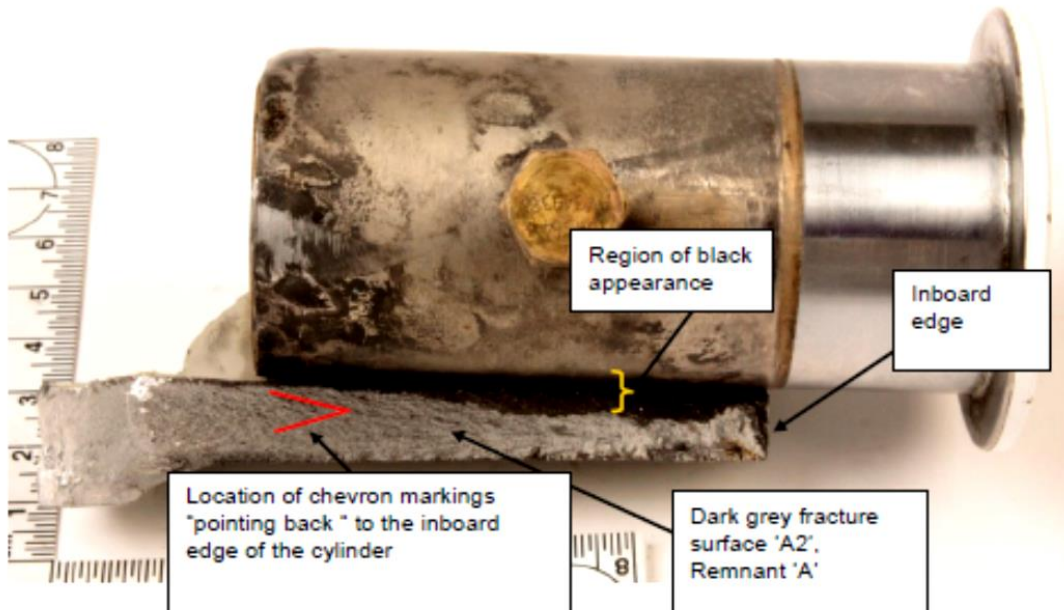


Figure 4: Showing the as received spigot and remnant 'A' of the undercarriage cylinder.

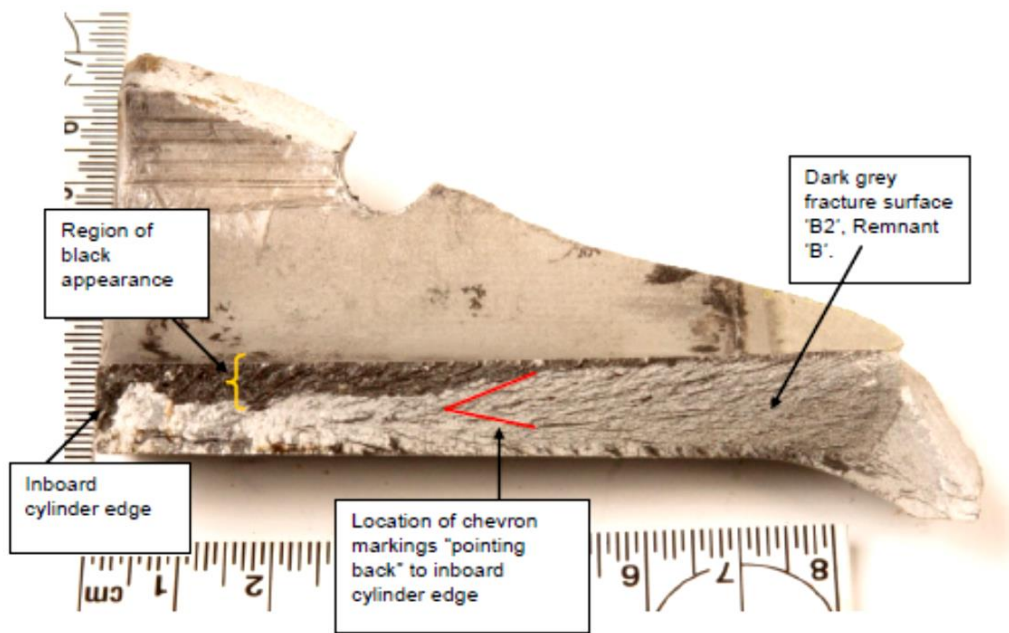


Figure 5: Showing the as received remnant 'B' of the undercarriage cylinder and fracture surface 'B2'.

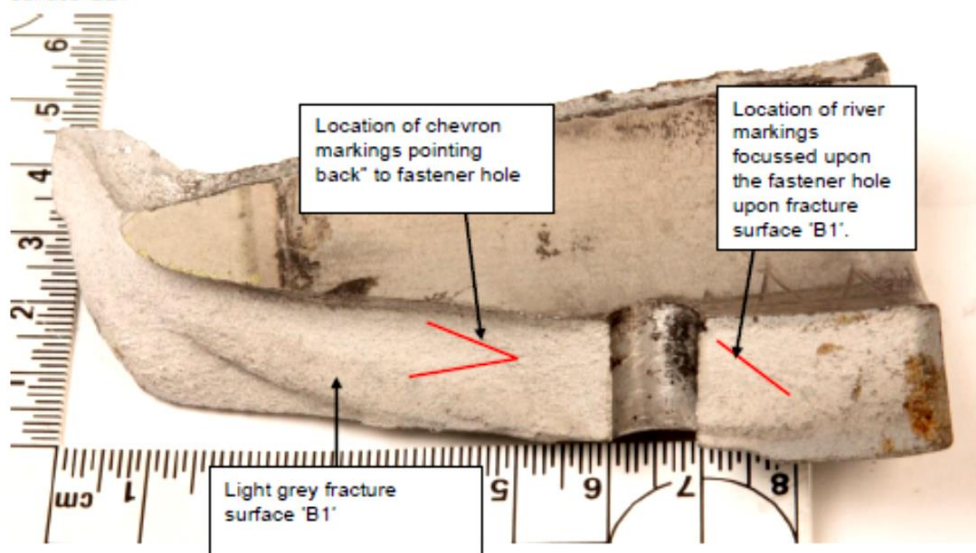


Figure 6: Showing the as received remnant 'B' of the undercarriage cylinder and fracture surface 'B1'.

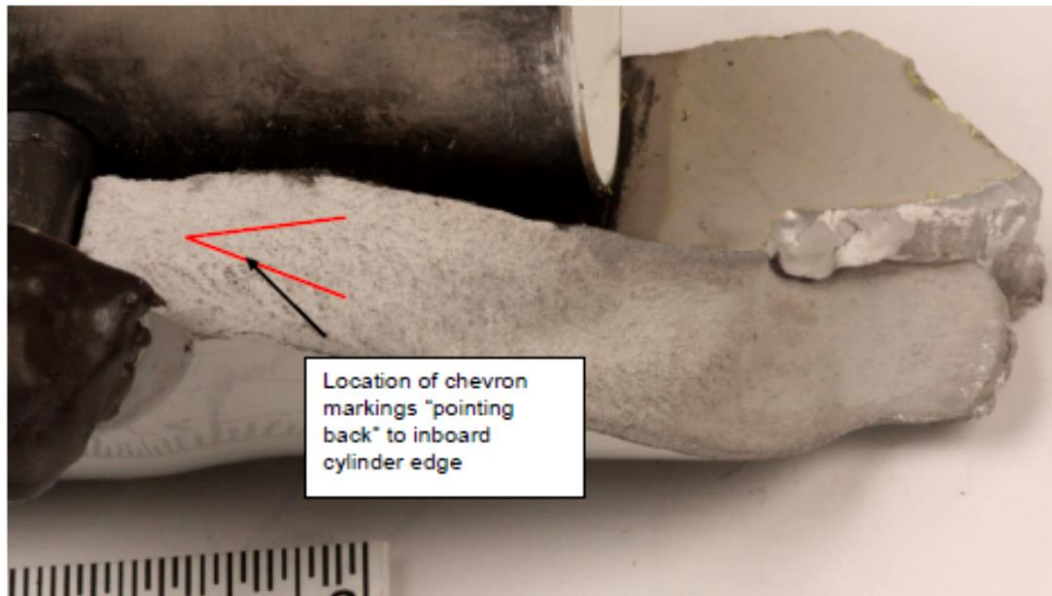


Figure 7: Showing fracture surface 'A1' in detail.

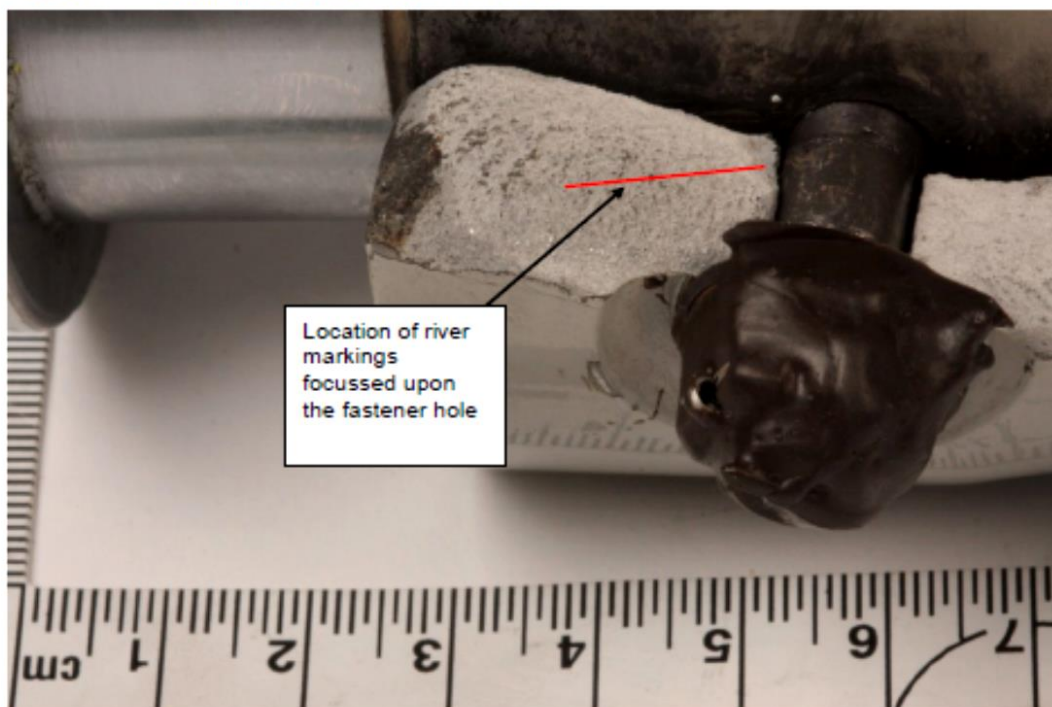


Figure 8: Showing the details of fracture surface 'A1'.



Figure 9: Showing the detail of fracture surface 'A2'.



Figure 10: Showing the detail of fracture surface 'A2'.

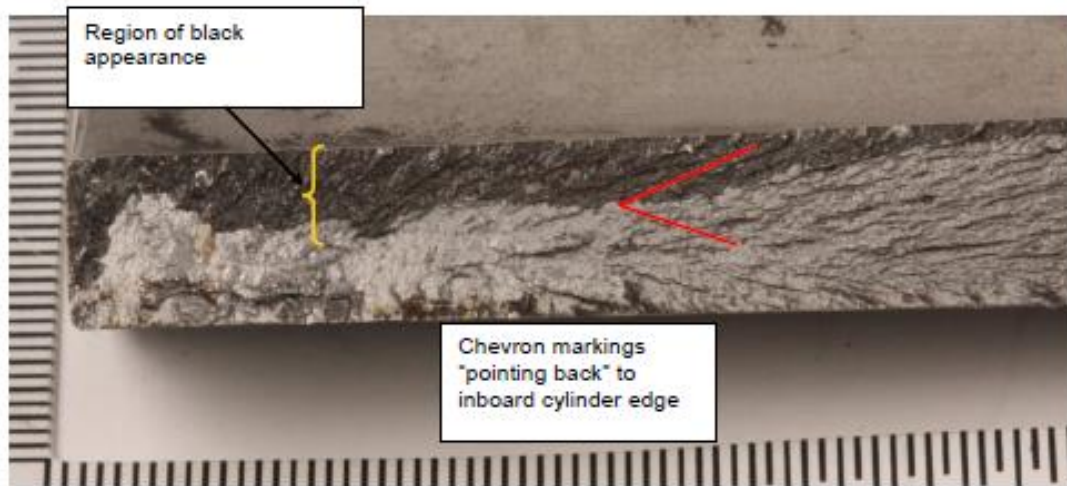


Figure 11: Showing the detail of fracture surface 'B2'.

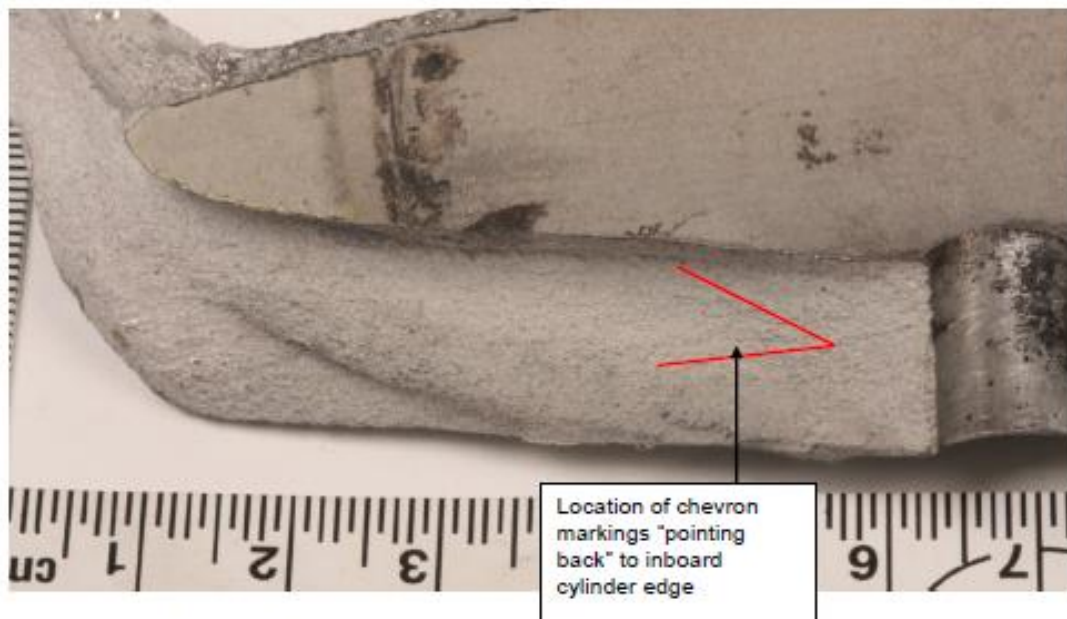


Figure 12: Showing the detail of fracture surface 'B1'.

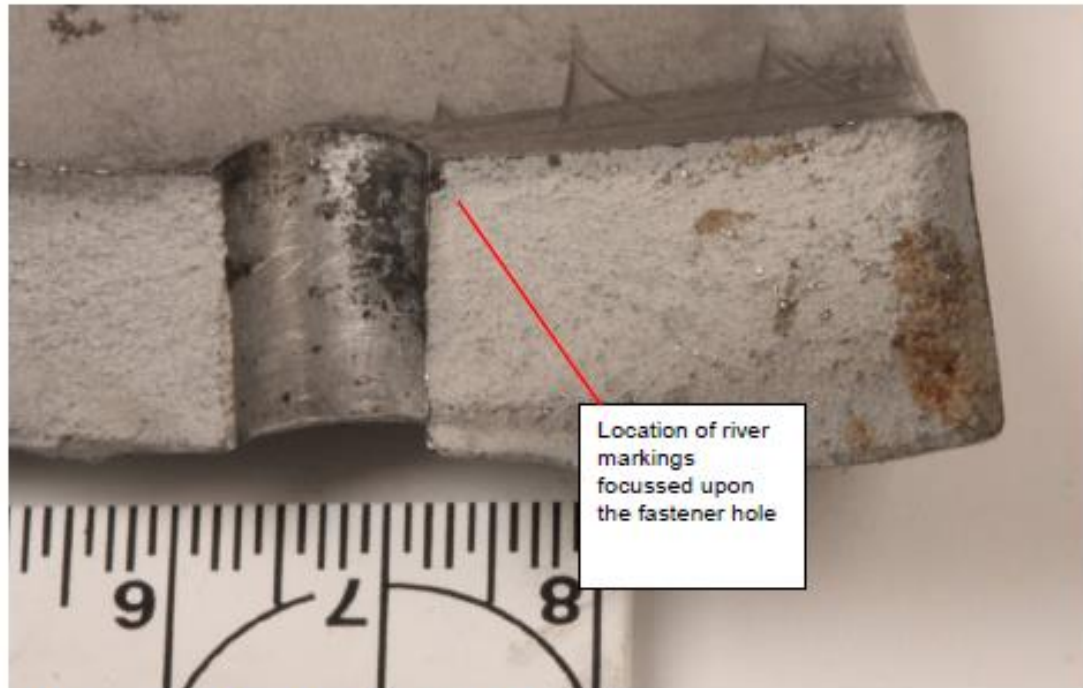


Figure 13: Showing the detail of fracture surface 'B1'.

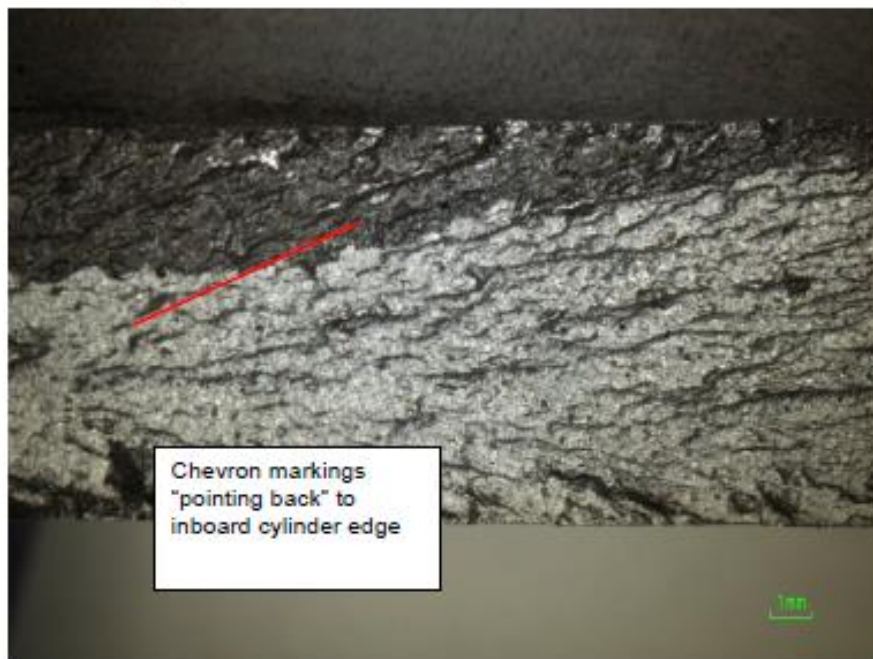


Figure 14: Showing the markings present upon fracture surface 'B2'.

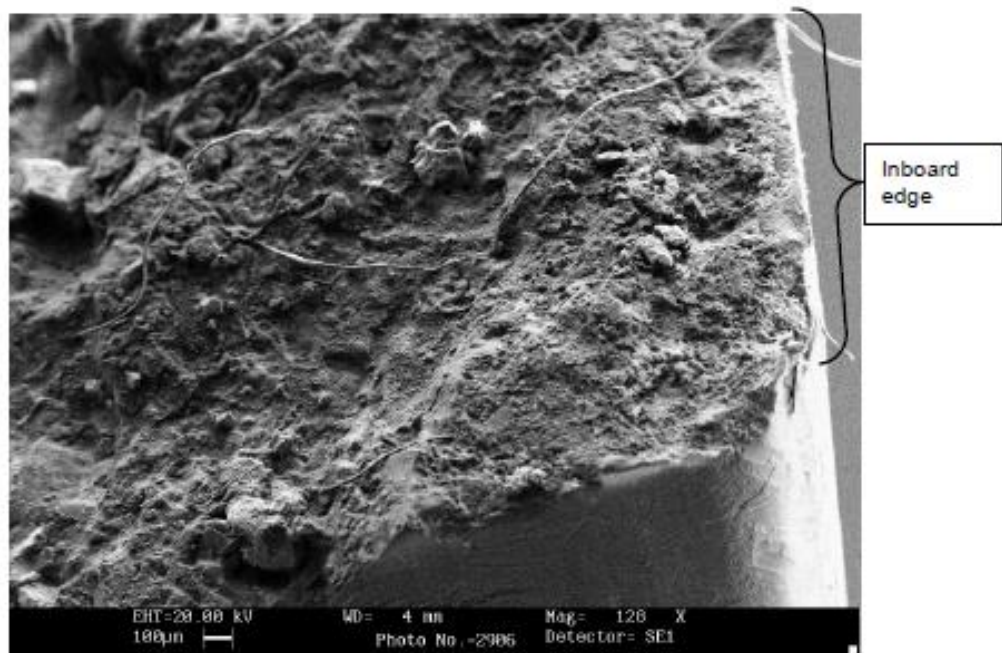


Figure 15: Scanning electron micrograph showing the smeared and corroded condition of the initiation site of the failure at the inboard edge of fracture surface 'B2'.

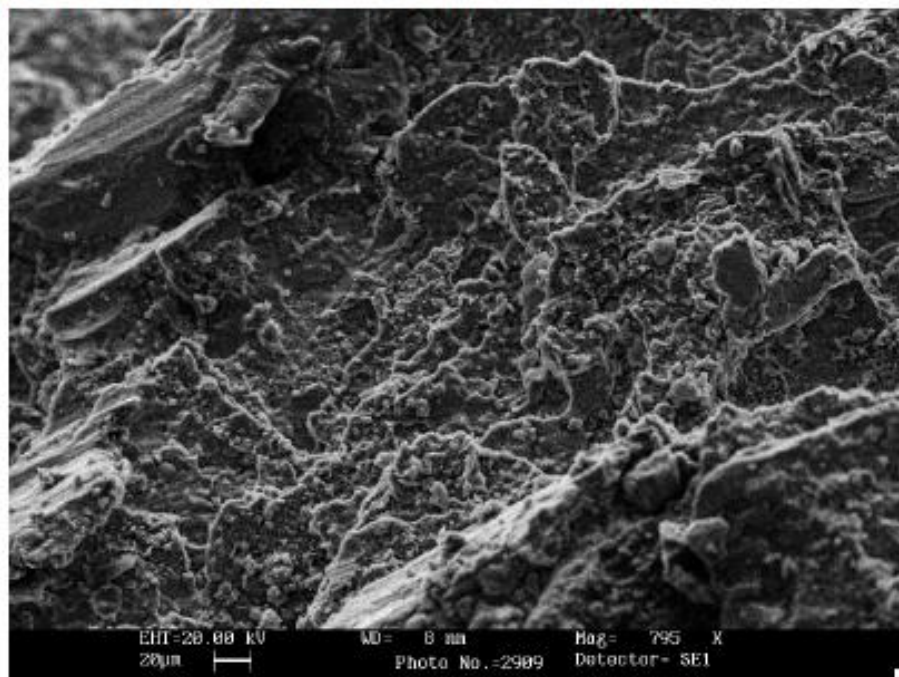


Figure 16: Scanning electron micrograph showing the features present upon the fracture surface consistent with post failure corrosion.

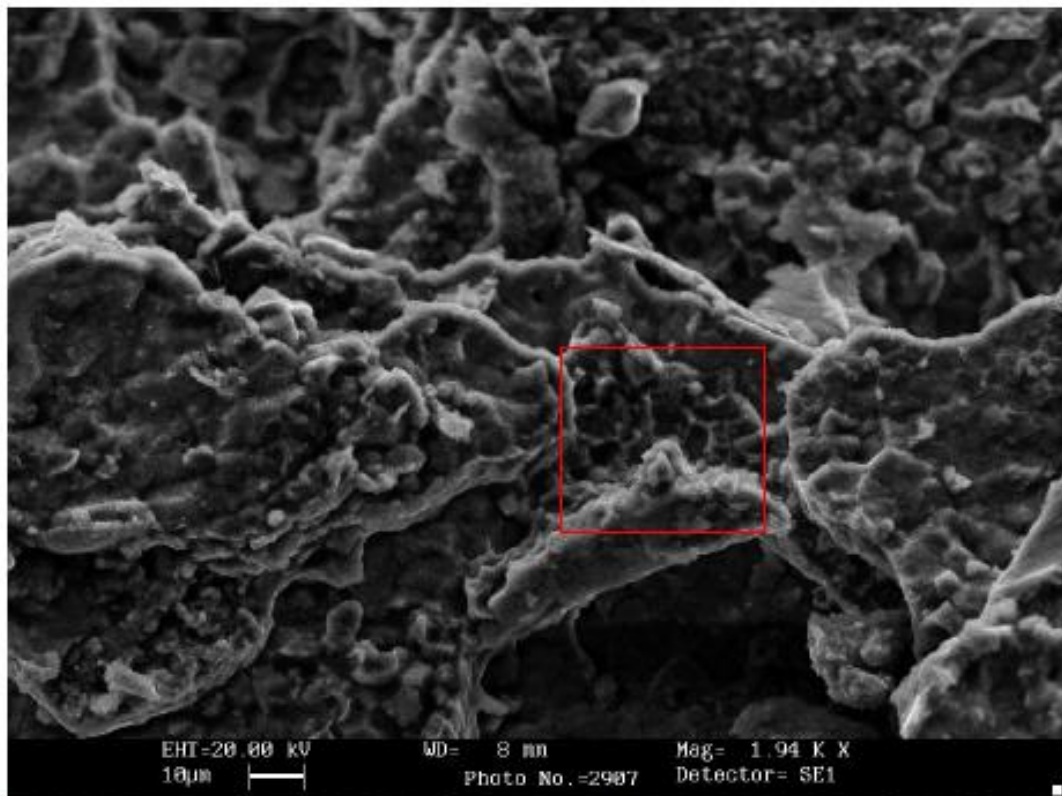


Figure 17: Scanning electron micrograph showing the features present upon the fracture surface consistent with ductile microvoid coalescence. Examples are shown within the red box.