



ΑΠΟ: LIFE SOLUTIONS ΑΕ
25^{ης} ΜΑΡΤΙΟΥ 26
Τ.Κ.15236 ΝΕΑ ΠΕΝΤΕΛΗ
ΤΗΛ.: 210 7660784
ΦΑΞ.: 210 7660878
Email.: info@lifesolutions.gr

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
748
03/10/11

ΠΡΟΣ: ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΑ ΕΝΩΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΩΝ
ΣΥΝΤΗΡΗΤΩΝ & ΕΜΠΟΡΩΝ ΕΙΔΩΝ ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
"Η ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ"
ΠΕΡΣΕΩΣ 32
Τ.Κ. 118 53 Κ. ΠΕΤΡΑΛΩΝΑ
Email.: pyroprostasia@hol.gr

03 Οκτωβρίου 2011

Αξιότιμοι κύριοι:

Σας καταθέτω τεχνική μελέτη του **ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΣΟΒΙΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ** με
ΘΕΜΑ: << Εργαστηριακός Έλεγχος Δειγμάτων Κλειστών Πυροσβεστήρων 2L,
Τύπου F >> (συνολικά 22 σελίδες), προς ενημέρωση του Διοικητικού Συμβουλίου και
παρακαλώ να κοινοποιηθεί στην επόμενη μηνιαία ενημέρωση σε όλα τα μέλη του
συλλόγου μας για πληρέστερη ενημέρωση τους.

Με εκτίμηση
Για την LIFE SOLUTIONS ΑΕ

LIFE SOLUTIONS ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ
ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ
ΕΜΠΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ
25ης ΜΑΡΤΙΟΥ 26 Ν. ΠΕΝΤΕΛΗ Τ.Κ. 152 36
Α.Φ.Μ. 998648921 Δ.Ο.Υ. Φ.Α.Ε.Ε. ΑΘΗΝΩΝ
Α.Ρ.Μ. Α.Α. 5598401ΑΤ/Β/08/206

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΓΚΕΡΛΕΣ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΟΓΝΩΣΙΑΣ
ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 9, ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ
Τηλ: 210-772 2481
e-mail: mmgf@mail.ntua.gr

ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΠΡΟΣ : κα Βασιλική Τσαντζάλου
ΘΕΜΑ : Εργαστηριακός Έλεγχος Δειγμάτων Κλειστρών
Πυροσβεστήρων 2L, Τύπου F

Αντικείμενο της παρούσας Τεχνικής Μελέτης αποτελεί η αναλυτική παρουσίαση των εργαστηριακών δοκιμών, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Μεταλλογνωσίας, της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, του Ε.Μ.Π, σε:

- Δύο δείγματα ακέραιων κλειστρών πυροσβεστήρων 2L, με κωδικούς “Δείγμα 1” και “Δείγμα 3”, οι οποίοι περιείχαν κατασβεστικό υλικό “Wet Chemical” της εταιρείας “KERR” (σύμφωνα με τα αναγραφόμενα).
- Ένα δείγμα θραυσμένου κλειστρου πυροσβεστήρα 2L, με κωδικό “Δείγμα 2”, ο οποίος περιείχε κατασβεστικό υλικό τύπου “BONPET” (σύμφωνα με τα αναγραφόμενα).

Τα προς εξέταση δείγματα προσκομίστηκαν στο Εργαστήριο Μεταλλογνωσίας από την κα-Βασιλική Τσαντζάλου, Μεταλλουργό Μηχανικό.

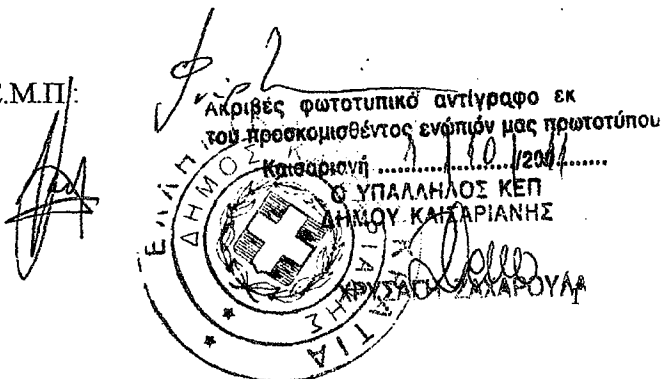
Σκοπός των διενεργηθέντων ελέγχων ήταν η αξιολόγηση με ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης και σημειακή μικροανάλυση τριών δειγμάτων πυροσβεστήρων (κλειστρών). Ειδικότερα πραγματοποιήθηκε:

- Η αξιολόγηση του εξετασθέντων μεταλλικών κλειστρών, αναφορικά με την χημική τους σύσταση και μικροδομή.
- Η αναγνώριση των παρατηρούμενων προϊόντων διάβρωσης στην επιφάνεια των κλειστρών, όσον αφορά την χημική σύστασή τους, αλλά και την ταυτοποίηση των περιεχόμενων φάσεων.
- Η διερεύνηση των αιτιών θραύσης του κλειστρου του “Δείγματος 2”, αλλά και των επιφανειακών εμφανίσεων, τα οποία εντοπίζονται στην επιφάνεια όλων των προσκομισθέντων δειγμάτων.

Σύνταξη

Φούρλαρης Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.:

Τσακιρίδης Πέτρος, Δρ Χημικός Μηχανικός:



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πυρκαγιές, ανάλογα με το υλικό που καίγεται, χωρίζονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

- A:** Στερεών καυσίμων υλικών. Συνήθως οργανικής σύνθεσης (ξύλα, χαρτιά, άχυρα, ελαστικά, μερικά πλαστικά, κ.α.).
- B:** Υγρών καυσίμων υλικών ή στερεών που υγροποιούνται κατά την καύση τους (αιθέρας, οινόπνευμα, βενζίνη, λάδια, λίπη, κερί, κ.α.).
- C:** Αερίων καυσίμων υλικών (π.χ. μεθάνιο, προπάνιο, υδρογόνο, ασετιλίνη, κ.α.).
- D:** Μετάλλων (π.χ. νάτριο, κάλιο, μαγνήσιο, τιτάνιο, κ.α.).

Επισημαίνεται ότι στην βιβλιογραφία αναφέρεται και μια Πέμπτη κατηγορία (**E:** Ηλεκτρικές πυρκαγιές), η οποία είναι ουσιαστικά μία από τις παραπάνω περιπτώσεις, αλλά με την ταυτόχρονη παρουσία ηλεκτρικών συσκευών ή εγκαταστάσεων που βρίσκονται υπό τάση.

Τα τελευταία χρόνια στις παραπάνω κατηγορίες πυρκαγιών περιλαμβάνετε και η κατηγορία F (**F:** Αναφλέξιμα Λίπη και Έλαια), εφόσον εμπλέκονται μαγειρικές συσκευές όπου γίνεται χρήση φυτικών ή ζωικών λιπών και ελαίων.

Τα κυριότερα κατασβεστικά υλικά, τα οποία είναι κατάλληλα για χρήση σε φορητούς πυροσβεστήρες είναι:

- Το νερό
- Η Ξηρή Σκόνη
- Το διοξείδιο του Άνθρακα
- Ο Αφρός
- Υδατικοί Παράγοντες
- Αλογονωμένοι Υδρογονάνθρακες (Halons) – Για ειδικές περιπτώσεις

Όσον αφορά την κατηγορία πυρκαγιών F, σύμφωνα με το πρότυπο NFPA 17-A, τα υδατικά διαλύματα ανθρακικού καλίου, κιτρικού καλίου και οξικού καλίου, χωρίς αυτό να είναι περιοριστικό, αποτελούν τα εγκεκριμένα κατασβεστικά μέσα, τόσο των αυτομάτων συστημάτων κατάσβεσης τοπικής εφαρμογής, όσο και των φορητών πυροσβεστήρων.

Το κατασβεστικό υλικό (διάλυμα άλατος Καλίου) κατά την επαφή με μαγειρικά λίπη δημιουργεί ένα σαπωνοποιημένο στρώμα το οποίο παρεμποδίζει το οξυγόνο να έλθει σε επαφή με την φωτιά, ψύχει την περιοχή και μειώνει σημαντικά τις πιθανότητες ανάφλεξης. Το χαμηλό επίπεδο οξύτητας (pH>9) αποτρέπει την καταστροφή επιφανειών κατασκευασμένων από ανοξείδωτο χάλυβα. Τα δοχεία αποθήκευσης των εν λόγω κατασβεστικών υλικών θα πρέπει να κατασκευασμένα σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα EN και την οδηγία 97/23/EK.

1.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Παραληφθέντων Δειγμάτων Πυροσβεστήρων

Στις αρχές Απριλίου 2011 προσκομίσθηκαν στο Εργαστήριο Μεταλλογνωσίας, της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, του Ε.Μ.Π., τρία δείγματα κλειστρον πυροσβεστήρων (2L), με κωδικούς “Δείγμα 1”, “Δείγμα 2” και “Δείγμα 3”. Σκοπός των διενεργηθέντων ελέγχων ήταν η διερεύνηση των αιτιών θραύσης του κλειστρον του “Δείγματος 2”, αλλά και των επιφανειακών εμφανίσεων, τα οποία εντοπίζονται στην επιφάνεια όλων των προσκομισθέντων δειγμάτων.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των παραληφθέντων δειγμάτων-πυροσβεστήρων δίνονται αναλυτικά στους Πίνακες 1, 2 και 3.

Πίνακας 1: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Πυροσβεστήρα με Κωδ.: “Δείγμα 1”

<i>Έτος Κατασκευής</i>	2010
<i>Εταιρεία Συναρμολόγησης</i>	ΜΟΒΙΑΚ
<i>Κατασκευαστής Κελύφους</i>	ΜΒΚ
<i>Προδιαγραφή Κλειστρον</i>	CE0036
<i>Αριθμός σειράς</i>	JX 5525-2010 (CE0437)
<i>Χωρητικότητα</i>	2L
<i>Πίεση Δοχείου</i>	15 Bar
<i>Μέγιστη Πίεση Λειτουργίας</i>	18 Bar
<i>Πίεση Δοκιμής</i>	26 Bar
<i>Κωδ. Πυροσβεστήρα</i>	ΜΒΚ09 – 020 – Ρ1Α
<i>Αρ. Πιστοποιητικού κατά EN 3</i>	EX-C-267/EN3/B/01/09
<i>Κατασβεστικό Υλικό</i>	Kerr “F” Class Solution

Πίνακας 2: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Πυροσβεστήρα με Κωδ.: “Δείγμα 2”

<i>Έτος Κατασκευής</i>	2010
<i>Εταιρεία Συναρμολόγησης</i>	“ΗΦΑΙΣΤΟΣ”- ΜΠΑΤΖΙΟΣ Α.& Σ. ΟΕ
<i>Κατασκευαστής Κελύφους</i>	ΜΒΚ
<i>Προδιαγραφή Κλειστρον</i>	CE62
<i>Αριθμός σειράς</i>	KX 1202-2010 (CE0437)
<i>Χωρητικότητα</i>	2L
<i>Πίεση Δοχείου</i>	15 Bar
<i>Μέγιστη Πίεση Λειτουργίας</i>	18 Bar
<i>Πίεση Δοκιμής</i>	26 Bar
<i>Κωδ. Πυροσβεστήρα</i>	LS-2LT-BONPET
<i>Αρ. Πιστοποιητικού κατά EN 3-7</i>	EX-C273/EN3/B/01/09
<i>Κατασβεστικό Υλικό</i>	Υγρό Bonpet

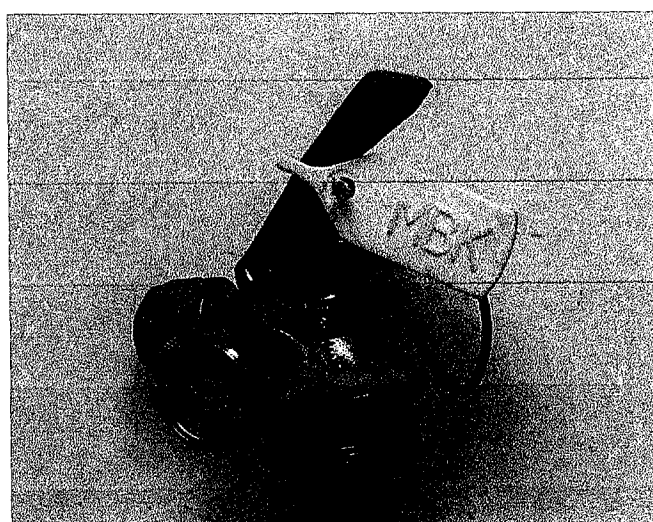
Πίνακας 3: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Πυροσβεστήρα με Κωδ.: “Δείγμα 3”

<i>Έτος Κατασκευής</i>	2010
<i>Εταιρεία Συναρμολόγησης</i>	FORMULA
<i>Κατασκευαστής Κελύφους</i>	MBK
<i>Προδιαγραφή Κλείστρου</i>	CE0036
<i>Αριθμός σειράς</i>	KX 1490-2010 (CE0437)
<i>Χωρητικότητα</i>	2L
<i>Πίεση Δοχείου</i>	15 Bar
<i>Μέγιστη Πίεση Λειτουργίας</i>	17 Bar
<i>Πίεση Δοκιμής</i>	26 Bar
<i>Κωδ. Πυροσβεστήρα</i>	01WC-02-002A-F
<i>Αρ. Πιστοποιητικού κατά EN 3-7</i>	EX-C-3143/EN3/B/01/10
<i>Κατασβεστικό Υλικό</i>	Kerr “F” Class Solution

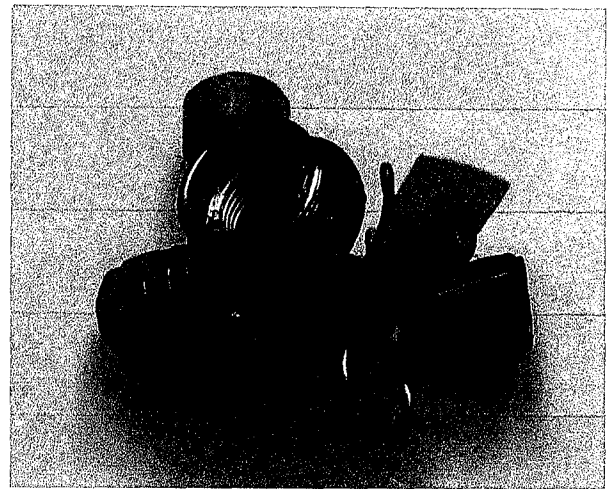
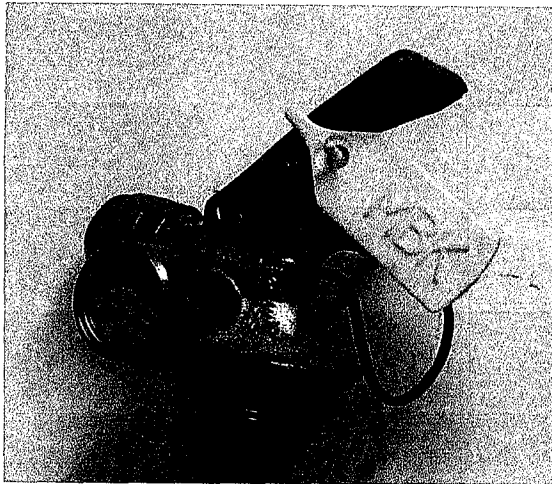
1.2 Μακροσκοπική Εξέταση-Περιγραφή Δειγμάτων Πυροσβεστήρων

1.2.1 “Δείγμα 1”

Από την μακροσκοπική εξέταση του πυροσβεστήρα με Κωδ.: “Δείγμα 1”, της εταιρείας “ΜΟΒΙΑΚ” (σύμφωνα με τα αναγραφόμενα στο κέλυφος), εντοπίστηκαν στο μεγαλύτερο μέρος της εξωτερικής επιφάνειας του κλείστρου (αλλά και εσωτερικά στην επιφάνεια του σπειρώματος) δευτερογενή προϊόντα, όπως φαίνεται και στις φωτογραφίες των Εικόνων 1 και 2.



Εικόνα 1: Πυροσβεστήρας με Κωδ.: “Δείγμα 1” (ΜΟΒΙΑΚ / ΜΒΚ09 - 020 - Ρ1Α)



Εικόνα 2: Επικαθήσεις δευτερογενών προϊόντων στην επιφάνεια του κλείστρου

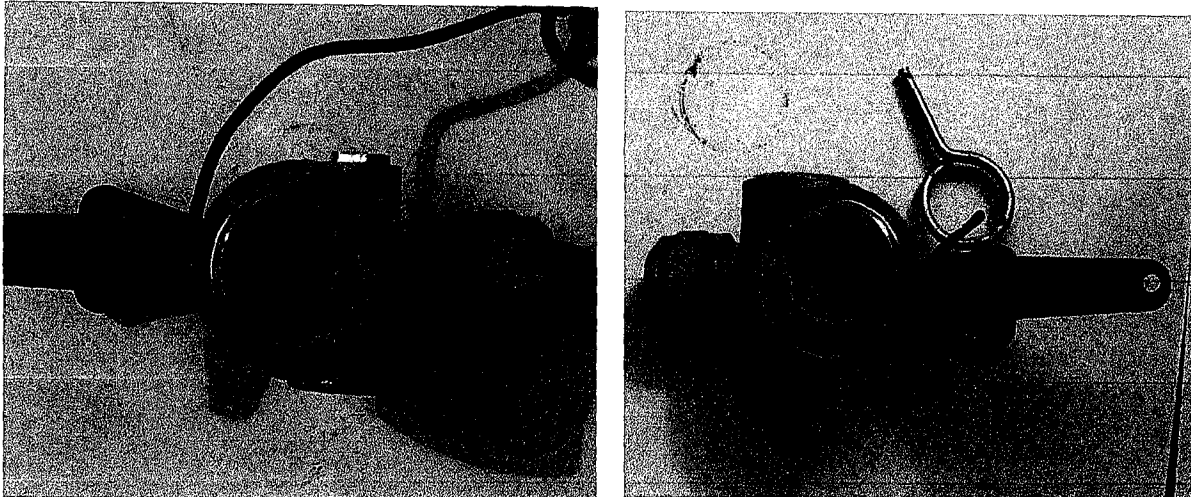
Επισημαίνεται ότι αναφέρθηκε ότι το κλείστρο ήταν ακέραιο, αν και η λειτουργία του ο εν λόγω πυροσβεστήρα διακόπηκε λόγω εμφάνισης των δευτερογενών προϊόντων διάβρωσης, τόσο στο κλείστρο όσο και στο κέλυφος αυτού.

1.2.2 “Δείγμα 2”

Όπως φαίνεται και από τις φωτογραφίες των Εικόνων 3 και 4, το κλείστρο του πυροσβεστήρα με Κωδ.: “Δείγμα 2”, της εταιρείας “ΗΦΑΙΣΤΟΣ”- ΜΠΑΤΖΙΟΣ Α.& Σ. ΟΕ” (σύμφωνα με τα αναγραφόμενα στο κέλυφος), έχει υποστεί θραύση στην περιοχή του σπειρώματος. Το μισό περίπου τμήμα του σπειρώματος παρέμεινε, μετά την αποκόλληση, στο εσωτερικό του κελύφους του πυροσβεστήρα. Η παρουσία των δευτερογενών προϊόντων διάβρωσης στην περίπτωση αυτή είναι εντονότερη, τόσο στην εξωτερική επιφάνεια του κλείστρου, όσο και εσωτερικά στο σπείρωμα, αλλά και στην επιφάνεια θραύσης.



Εικόνα 3: “Δείγμα 2” – “ΗΦΑΙΣΤΟΣ”- ΜΠΑΤΖΙΟΣ Α.& Σ. ΟΕ / LS-2LT-BONPET

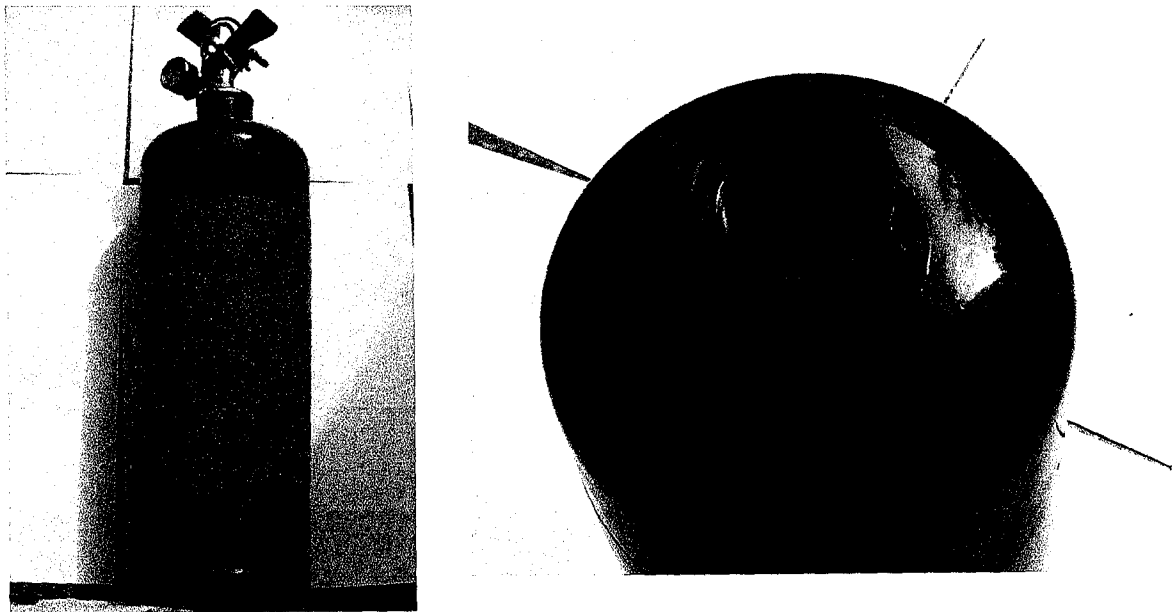


Εικόνα 4: Έντονη παρουσία προϊόντων διάβρωσης στην εσωτερική επιφάνεια του κλείστρου

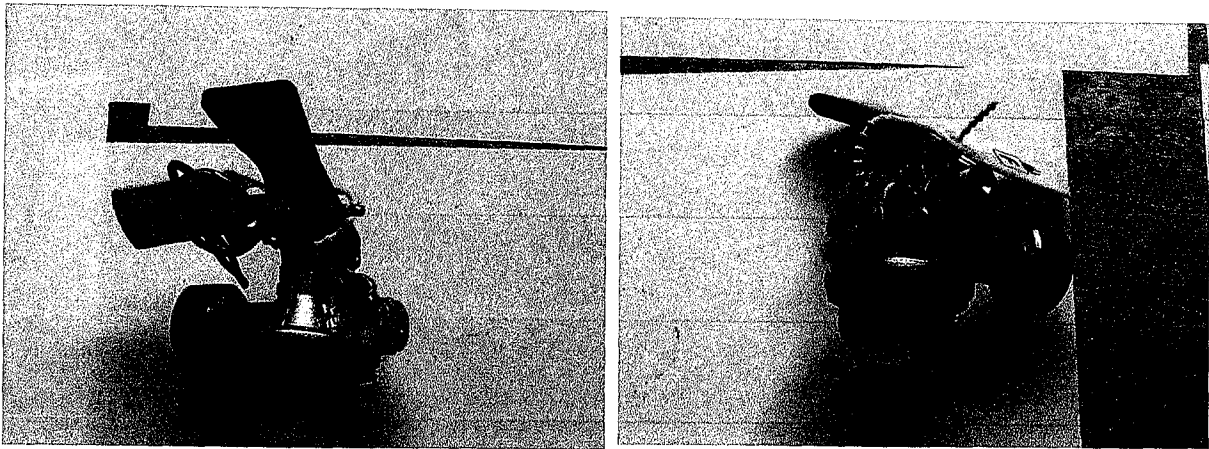
Επισημαίνεται ότι αναφέρθηκε ότι το κλείστρο του εν λόγω πυροσβεστήρα αστόχησε και υπέστη θραύση όταν το δοχείο ήταν υπό πίεση.

1.2.3 “Δείγμα 3”

Σύμφωνα με την μακροσκοπική εξέταση του πυροσβεστήρα με Κωδ.: “Δείγμα 3”, της εταιρείας “FORMULA” (σύμφωνα με τα αναγραφόμενα στο κέλυφος), δεν παρατηρήθηκαν έντονες δευτερογενείς επικαθίσεις στην επιφάνεια του κλείστρου (Φωτογραφίες 5,6).



Εικόνα 5: Πυροσβεστήρας με Κωδ.: “Δείγμα 3” (FORMULA / 01WC-02-002A-F)



Εικόνα 6: Κλείστρο πυροσβεστήρα με Κωδ.: “Δείγμα 3”

Επισημαίνεται ότι και στην περίπτωση του “Δείγματος 3” το κλείστρο ήταν ακέραιο, αν και η λειτουργία του ο εν λόγω πυροσβεστήρα διακόπηκε λόγω απώλειας πίεσης.

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Οι εργαστηριακές δοκιμές, οι οποίες διενεργήθηκαν, ήταν οι εξής :

➤ Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης (SEM)

Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (Scanning Electron Microscope – SEM) χρησιμοποιείται για την παρατήρηση επιφανειών και σε συνδυασμό με τα κατάλληλο σύστημα μικροανάλυσης (EDS), για τη στοιχειακή ανάλυση συγκεκριμένων περιοχών της υπό παρατήρηση εικόνας. Το βάθος πεδίου και η διακριτική ικανότητα-μεγέθυνση του SEM, είναι πολύ μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα μεγέθη του οπτικού-μεταλλογραφικού μικροσκοπίου. Μεγεθύνσεις της τάξης $\times 10000$ - $\times 20000$ είναι εντός των πρακτικών δυνατοτήτων ενός ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης. Το μικροσκόπιο της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη μελέτη, ήταν τύπου Jeol 6380 LV, ενώ ο στοιχειακός ανιχνευτής Oxford INCA Energy Dispersive Spectrometer (EDS).

➤ Περίθλαση Ακτίνων X (XRD)

Η περίθλαση ακτίνων X (X-ray Diffraction) χρησιμοποιείται ως μέθοδος ανίχνευσης της κρυσταλλικής δομής στερεών υλικών, όπως επίσης και για την ταυτοποίηση των κρυσταλλικών φάσεων, στις οποίες κατανέμονται τα στοιχεία που απαρτίζουν το υλικό. Η μέθοδος ανάλυσης με περίθλαση ακτίνων X βασίζεται στην περίθλαση μονοχρωματικής ακτινοβολίας ακτίνων X, γνωστού μήκους κύματος λ , επάνω στα επίπεδα του κρυσταλλικού πλέγματος του εξεταζόμενου υλικού. Το περιθλασίμετρο ακτίνων X της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη μελέτη, είναι τύπου Bruker D8-Focus (με λυχνία Cu ακτινοβολίας K_{α} μήκους κύματος 1.5405 \AA)

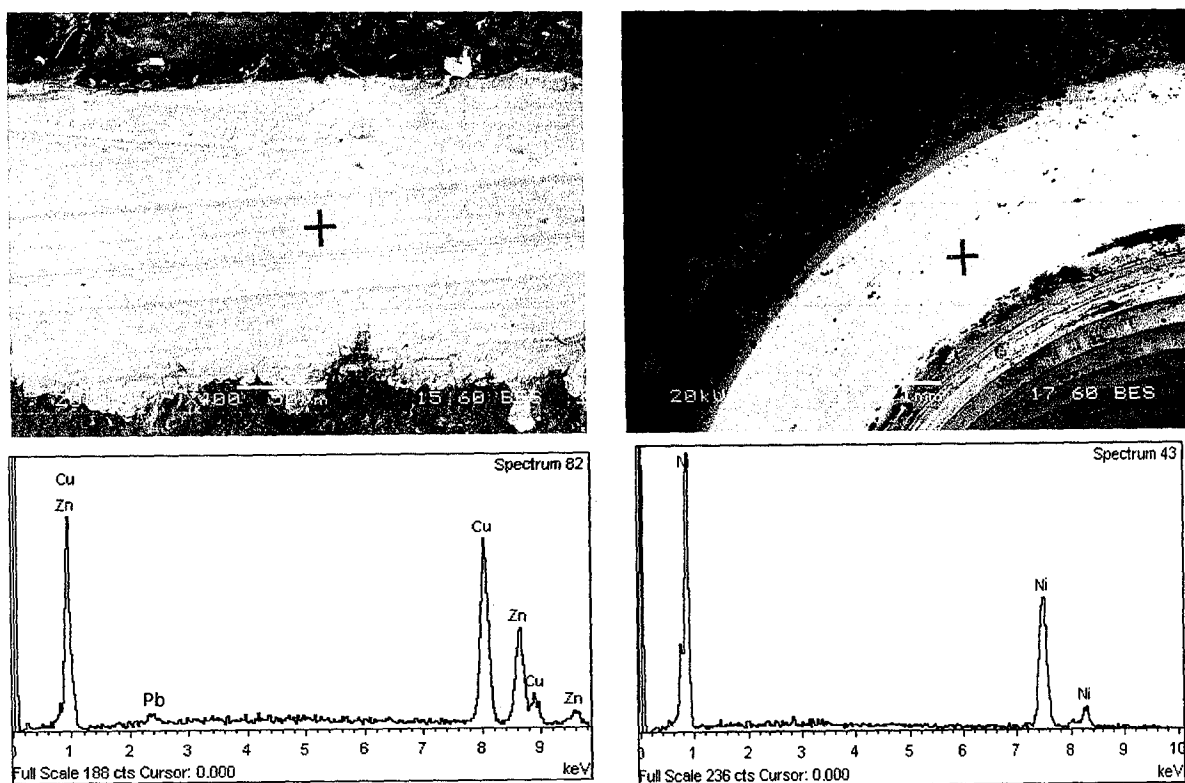
Σε όλες τις περιπτώσεις των δειγμάτων πυροσβεστήρων εξετάστηκαν τα κλείστρα χωρίς περαιτέρω επεξεργασία. Βασικοί στόχοι της μικροσκοπικής εξέτασης ήταν η ανίχνευση και η ταυτοποίηση των προϊόντων διάβρωσης, αλλά και ο εντοπισμός τυχόν ατελειών (λόγω διάβρωσης), τόσο στην επιφάνεια των υπό εξέταση κλείστρων όσο και εσωτερικά στο σπείρωμα αυτών. Ειδικότερα, στην περίπτωση του “Δείγματος 2” εξετάστηκε επισταμένα και η περιοχή της θραύσης (τύπος διάβρωσης / τύπος θραύσης).

Επίσης, στην περίπτωση του “Δείγματος 2”, μετά την εξέταση στο Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης, τα προϊόντα διάβρωσης απομακρύνθηκαν με απόξεση, τόσο από την επιφάνεια του κλείστρου, όσο και εσωτερικά από το σπείρωμα αυτού, με στόχο την ταυτοποίηση της ορυκτολογική τους σύνθεσης, με εφαρμογή της μεθόδου της Περίθλασης Ακτίνων “X” (XRD).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.2.1 “Δείγμα 1”

Από τα αποτελέσματα της εξέτασης στο Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης προέκυψε ότι πρόκειται για ορειχάλκινο επινικελωμένο κλείστρο. Σύμφωνα με τις στοιχειακές αναλύσεις το κράμα περιέχει χαλκό (Cu) σε περιεκτικότητα περίπου 56-57%, ψευδάργυρο (Zn) σε ποσοστό 39-40%, ενώ η περιεκτικότητα του μολύβδου (Pb) ήταν της τάξης του 2.5% (Εικόνα 7).

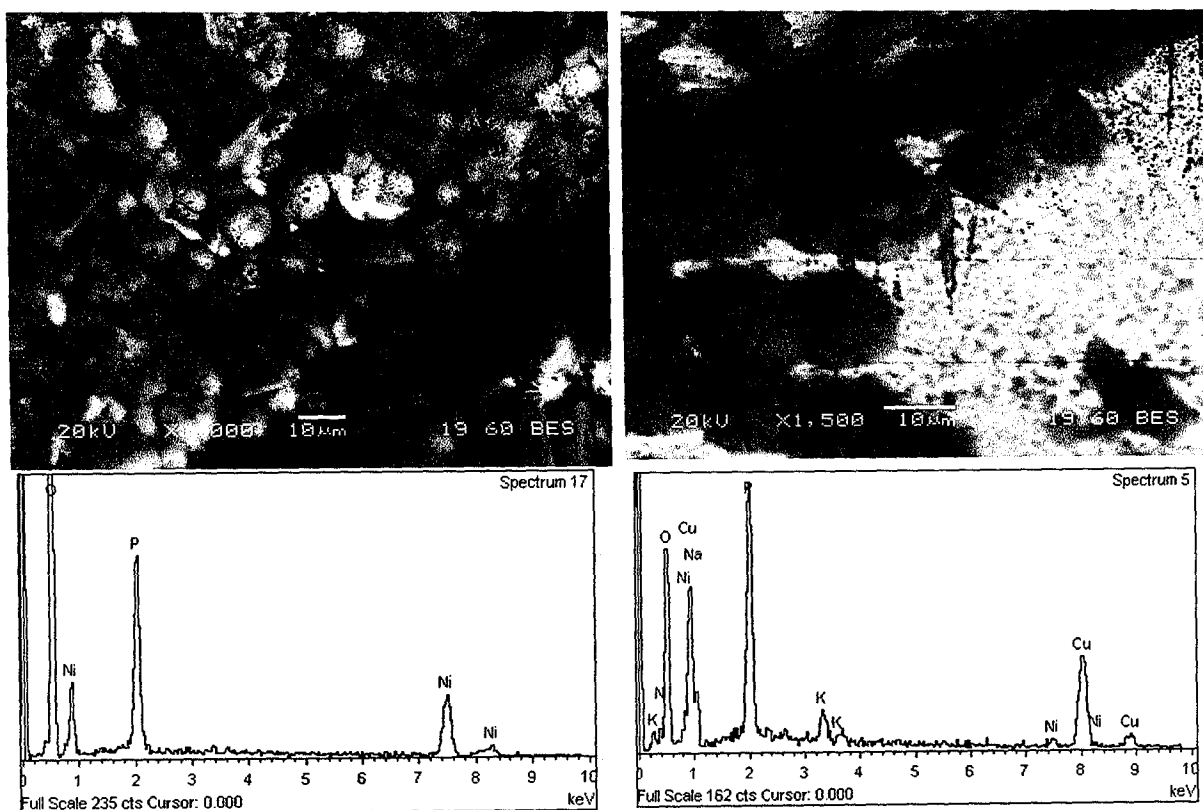


Εικόνα 7: Μικρογραφίες SEM ορειχάλκινου επινικελωμένου κλείστρου “Δείγματος 1”

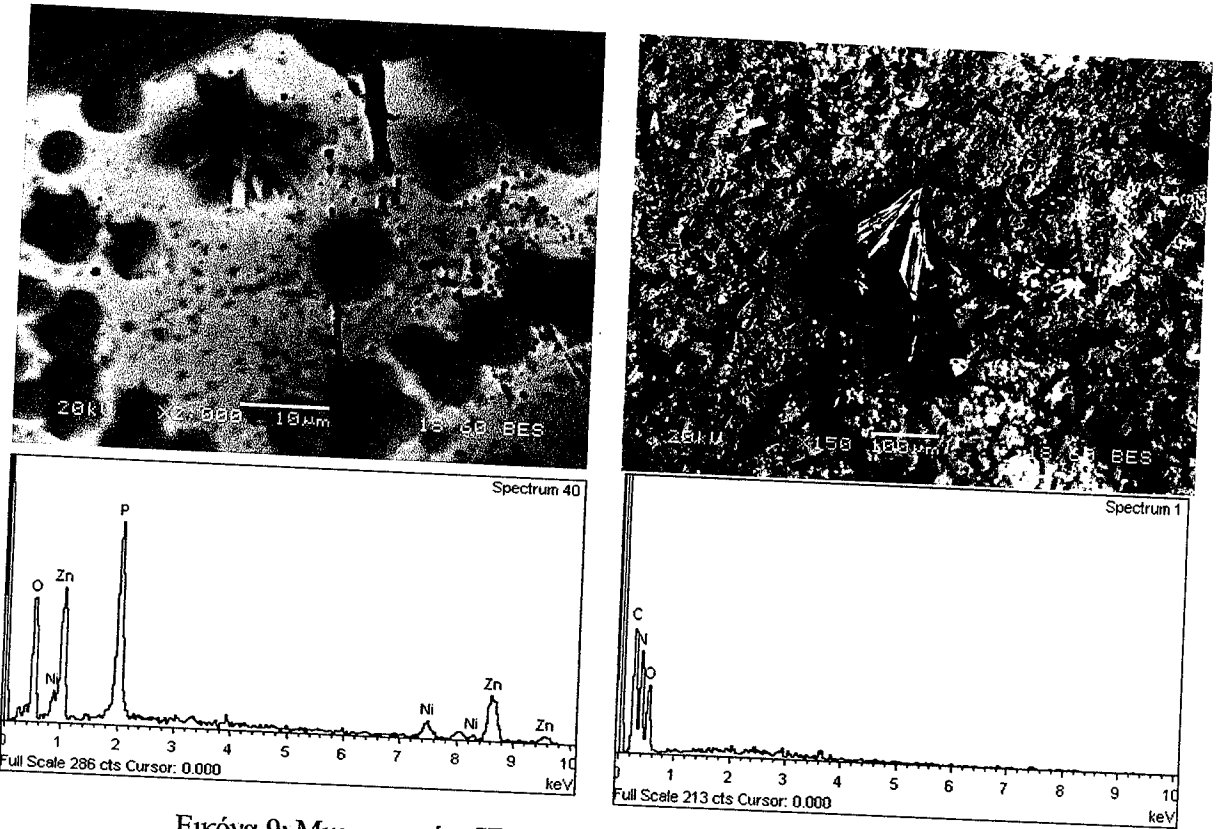
Σε όλες τις περιπτώσεις ανιχνεύτηκαν επιφανειακά προϊόντα διάβρωσης νικελίου, χαλκού και ψευδαργύρου (Εικόνες 8,9). Τα προϊόντα διάβρωσης του νικελίου (κυρίως φωσφορικά) προέρχονται από την διάβρωση της επικάλυψης νικελίου, η οποία λαμβάνει χώρα κυρίως με βελονισμούς (pitting corrosion), γεγονός το οποίο υποδεικνύει όξινες διαβρωτικές συνθήκες. Η παρουσία των φωσφορικών ιόντων θα πρέπει να αποδοθεί στην σύνθεση του κατασβεστικού υλικού. Τα προϊόντα διάβρωσης του χαλκού είναι, επίσης, κυρίως φωσφορικά, ενώ ανιχνεύεται σε μικρότερο ποσοστό η παρουσία καλίου, χλωρίου, αζώτου και θείου.

Αντίστοιχα, εντοπίζονται σε μικρότερο βαθμό και φωσφορικά προϊόντα διάβρωσης του ψευδαργύρου (αντίστοιχης σύστασης). Επισημαίνεται η παρουσία μεικτών προϊόντων διάβρωσης Νικελίου-Χαλκού, Νικελίου-Ψευδαργύρου και Χαλκού-Ψευδαργύρου παραπλήσιας σύστασης και μορφολογίας. Θα πρέπει επίσης να τονιστεί η παρουσία οργανικών αζωτούχων ενώσεων, η οποία θα πρέπει να αποδοθεί στην σύνθεση του χρησιμοποιούμενου κατασβεστικού υγρού.

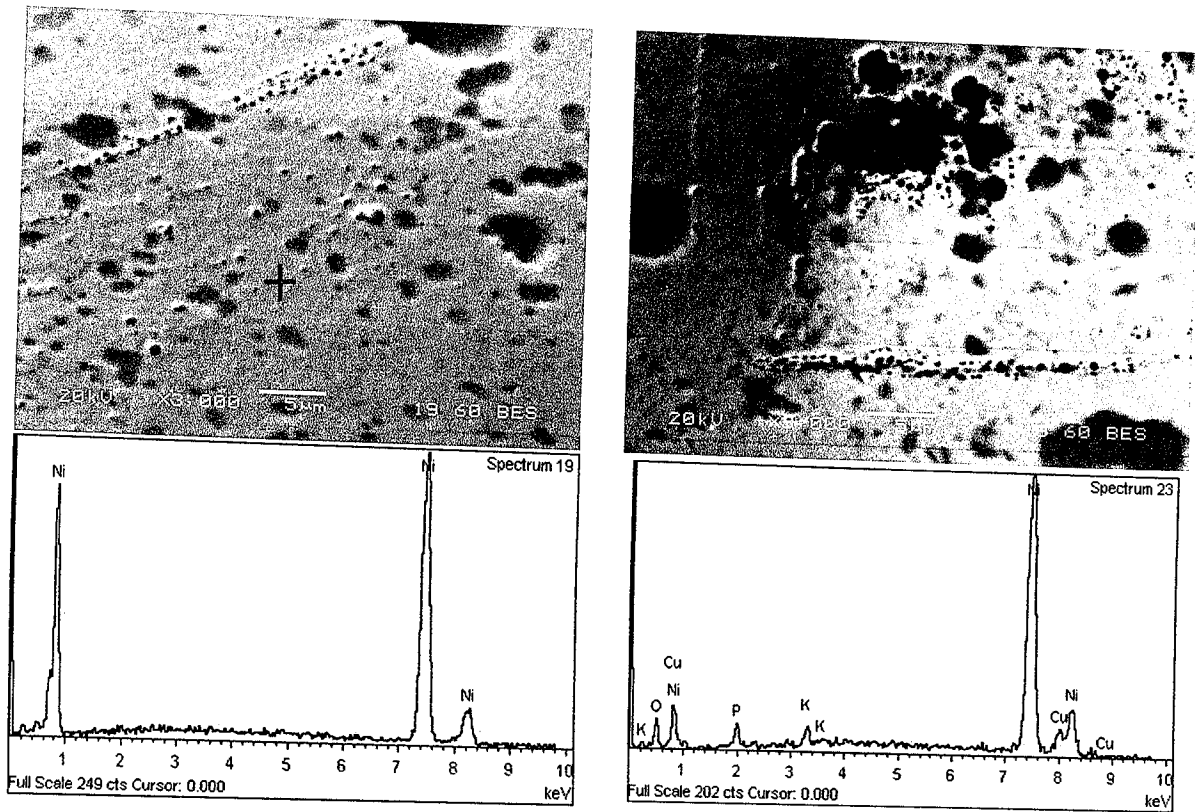
Στις Μικρογραφίες των Εικόνων 10 και 11, παρατηρείται έντονη διάβρωση με βελονισμούς της επιφανειακής επικάλυψης του νικελίου, η οποία θα πρέπει να αποδοθεί σε όξινο διαβρωτικό περιβάλλον που πιθανόν δημιουργείται από το κατασβεστικό υγρό. Οι όξινες συνθήκες είναι δυνατόν να δημιουργηθούν από τις επικαθήσεις του κατασβεστικού υλικού, οι οποίες υπό την επίδραση του ατμοσφαιρικού αέρα (και απουσία του μητρικού αλκαλικού διαλύματος) οξειδώνονται μερικώς.



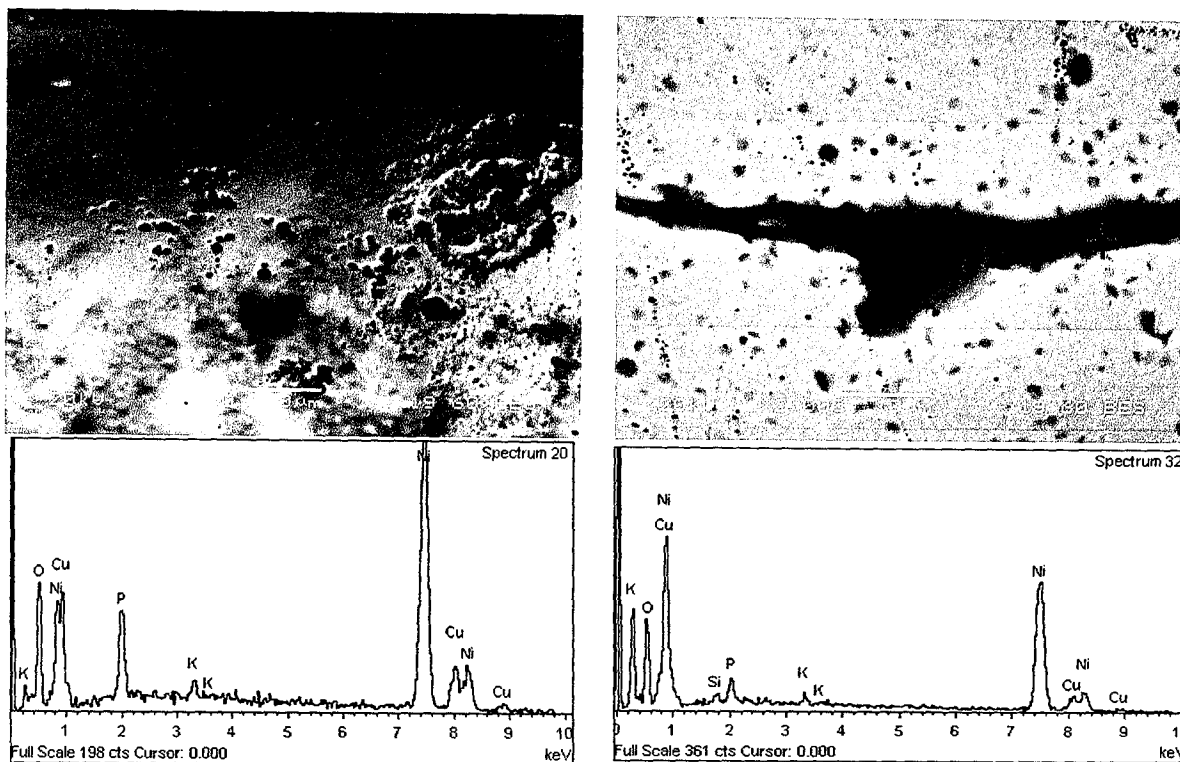
Εικόνα 8: Μικρογραφίες SEM προϊόντων διάβρωσης στην επιφάνεια του κλείστρου “Δείγματος 1”



Εικόνα 9: Μικρογραφίες SEM προϊόντων διάβρωσης και επικαθήσεων



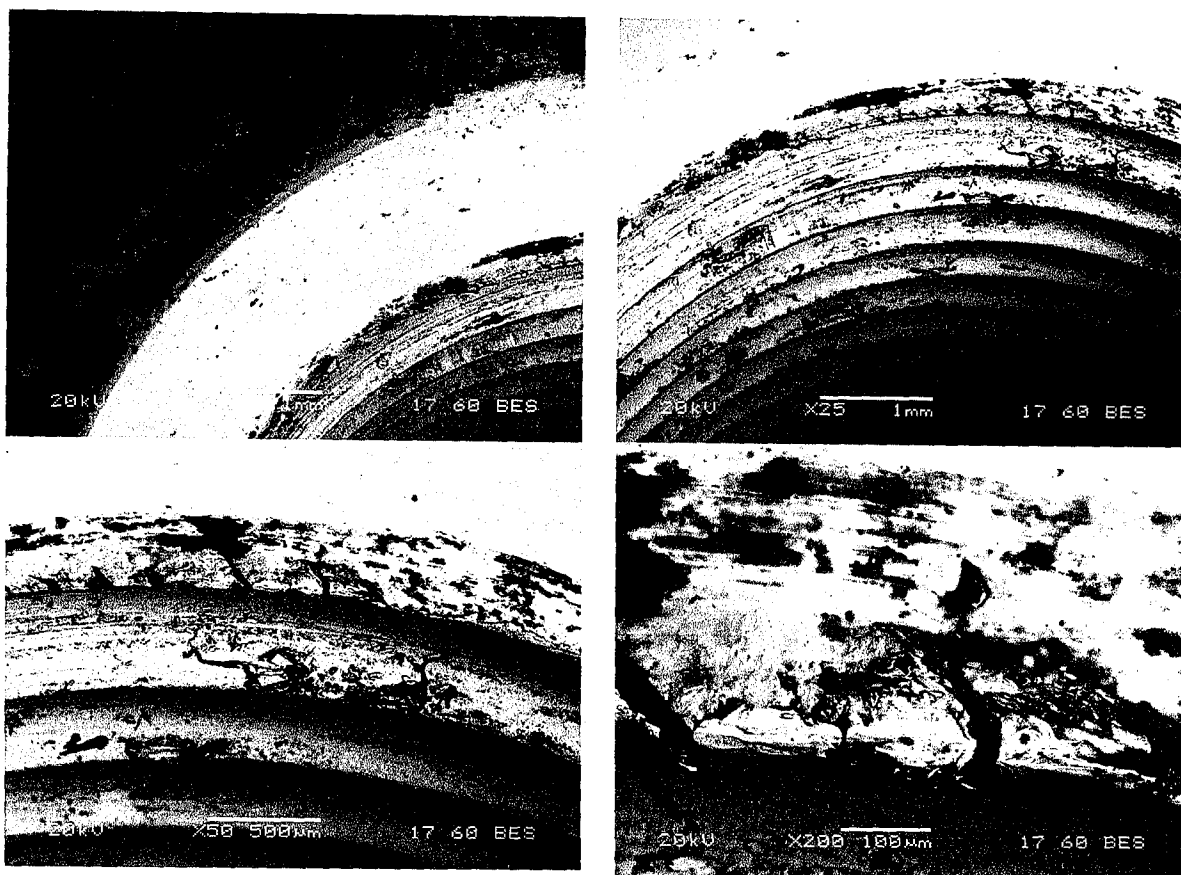
Εικόνα 10: Έντονη διάβρωση με βελονισμούς



Εικόνα 11: Έντονη διάβρωση με βελονισμούς - Ανίχνευση προϊόντων διάβρωσης σε ρωγμάτωση

Η διάβρωση φαίνεται να εισχωρεί σε μεγαλύτερο βάθος, με συνέπεια την περαιτέρω διάβρωση του ορειχάλκινου υποστρώματος, επίσης μέσω του μηχανισμού των βελονισμών. Ο μηχανισμός διάβρωσης του ορείχαλκου οφείλεται αρχικά στην μερική αποψευδαργύρωση του κράματος σε διάφορα διαβρωτικά περιβάλλοντα, τα οποία είτε είναι όξινα, είτε περιέχουν αμμωνία ή αμίνες. Επισημαίνεται ότι στην επιφάνεια του κλείστρου ανιχνεύτηκαν αζωτούχες οργανικές ενώσεις, ενώ εντοπίστηκαν και προϊόντα διάβρωσης τα οποία περιείχαν στην δομή τους άζωτο. Η αποψευδαργύρωση ξεκινά από την επιφάνεια του κράματος, δημιουργώντας μία πορώδη δομή χαλκού ή οξειδίου του χαλκού. Η εξέλιξη της παραπάνω διαδικασίας είναι δυνατόν να οδηγήσει σε υποβάθμιση των μηχανικών χαρακτηριστικών του υλικού.

Στην Εικόνα 12 παρατίθενται οι μικρογραφίες από το εσωτερικό του σπειρώματος του κλείστρου. Ανιχνεύονται σε μεγάλο βαθμό δευτερογενή προϊόντα διάβρωσης παραπλήσιας φύσης και μορφολογίας, με τα αντίστοιχα που ανιχνεύτηκαν στην επιφάνεια του κλείστρου (Φωσφορικά παραπροϊόντα νικελίου, χαλκού και ψευδαργύρου με προσμίξεις, καλίου, χλωρίου, θείου, και αζώτου). Θα πρέπει να επισημανθούν οι ρωγματώσεις στην εσωτερική επιφάνεια του σπειρώματος, οι οποίες σε ορισμένες περιπτώσεις οδήγησαν στην μερική αποκόλληση μέρους του μεταλλικού τμήματος.

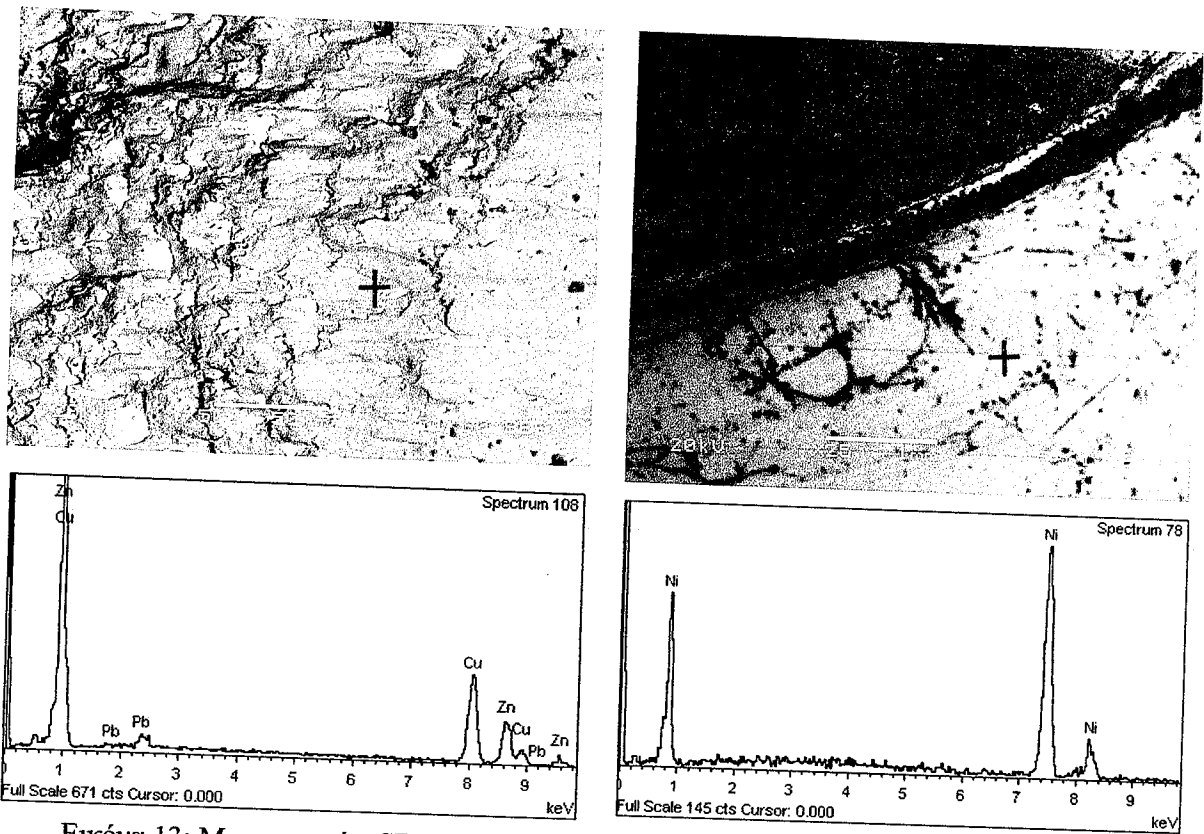


Εικόνα 12: Μικρογραφίες SEM - Σπειρώμα κλειστού “Δείγματος 1”. Έντονη διάβρωση με βελονισμούς. Ανίχνευση προϊόντων διάβρωσης σε ραγμάτωση. Αποκόλληση μέρους του σπειρώματος

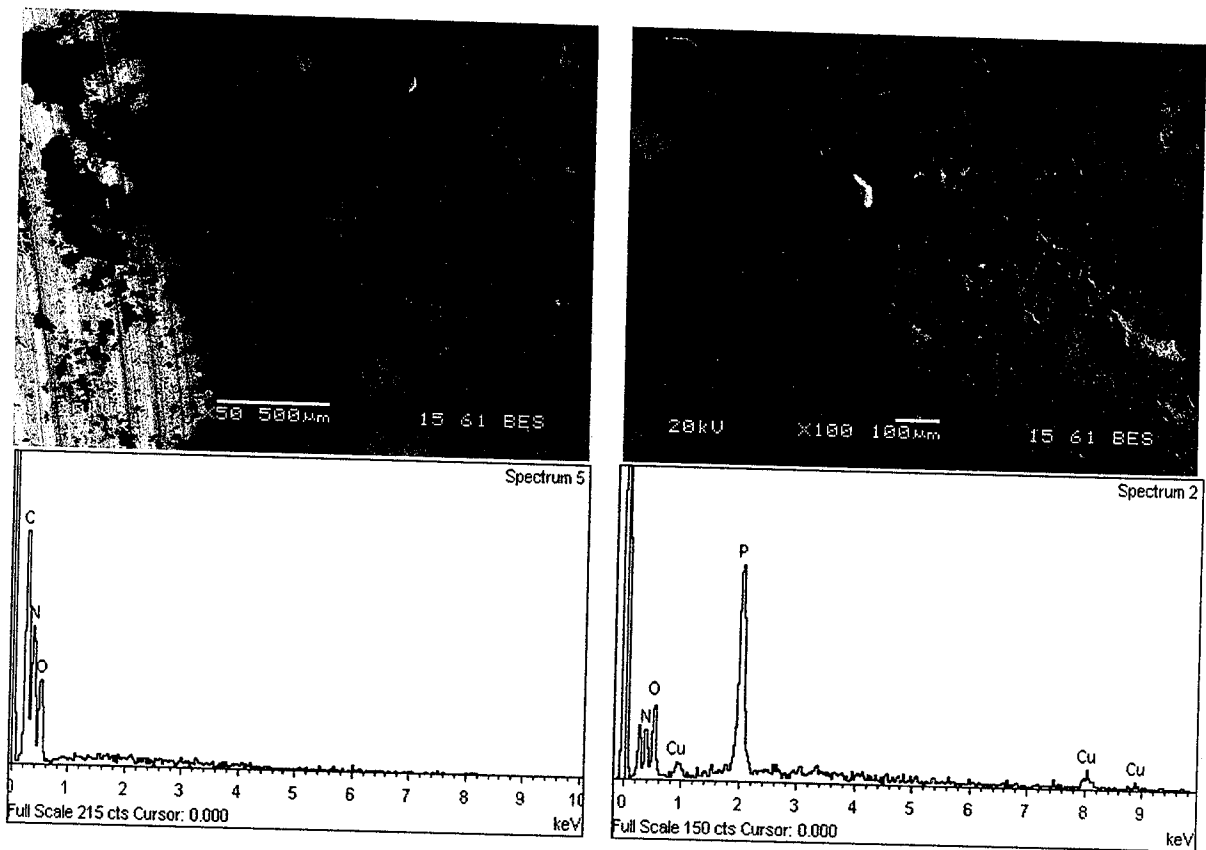
3.2.2 “Δείγμα 2”

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της εξέτασης στο Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης προέκυψε ότι πρόκειται επίσης για ορειχάλκινο κλειστό με επικάλυψη νικελίου. Από τις στοιχειακές αναλύσεις προκύπτει ότι το κράμα περιέχει χαλκό (Cu) σε περιεκτικότητα περίπου 57-58%, ψευδάργυρο (Zn) σε ποσοστό 39-40%, ενώ η περιεκτικότητα του μολύβδου (Pb) ήταν της τάξης του 2% (Εικόνα 13).

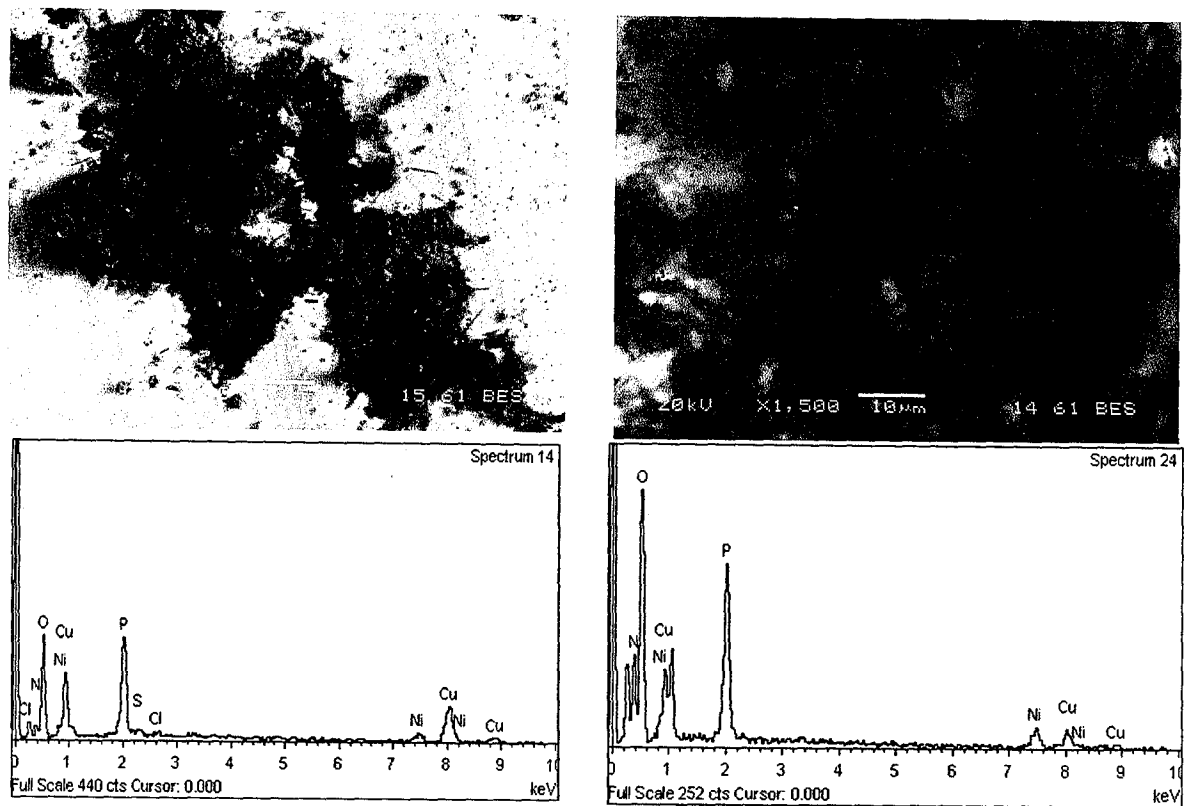
Στις μικρογραφίες της Εικόνας 14 παρατηρούνται έντονες επικαθήσεις στην επιφάνεια του κλειστού, οι οποίες θα πρέπει να αποδοθούν στην σύσταση του κατασβεστικού υγρού. Επισημαίνεται η παρουσία οργανικών αζωτούχων ενώσεων όπως επίσης και φωσφορικών παραγώγων. Όπως και στην περίπτωση του “Δείγματος 1”, ανιχνεύτηκαν προϊόντα διάβρωσης νικελίου, χαλκού και ψευδαργύρου. Τα προϊόντα διάβρωσης του χαλκού ανιχνεύονται σε μεγαλύτερο βαθμό, και είναι κυρίως φωσφορικά, ενώ ανιχνεύεται σε μικρότερο ποσοστό η παρουσία καλίου, χλωρίου, αζώτου και θείου (Εικόνα 15). Τα προϊόντα διάβρωσης νικελίου, όπως φαίνεται και στις μικρογραφίες της Εικόνας 16, είναι κυρίως φωσφορικής φύσεως. Παρατηρούνται βελονοειδείς κρύσταλλοι, οι οποίοι σχηματίζονται στην επιφάνεια της επικάλυψης και οι οποίοι φαίνεται να ενεργοποιούν την διάβρωση με βελονισμούς.



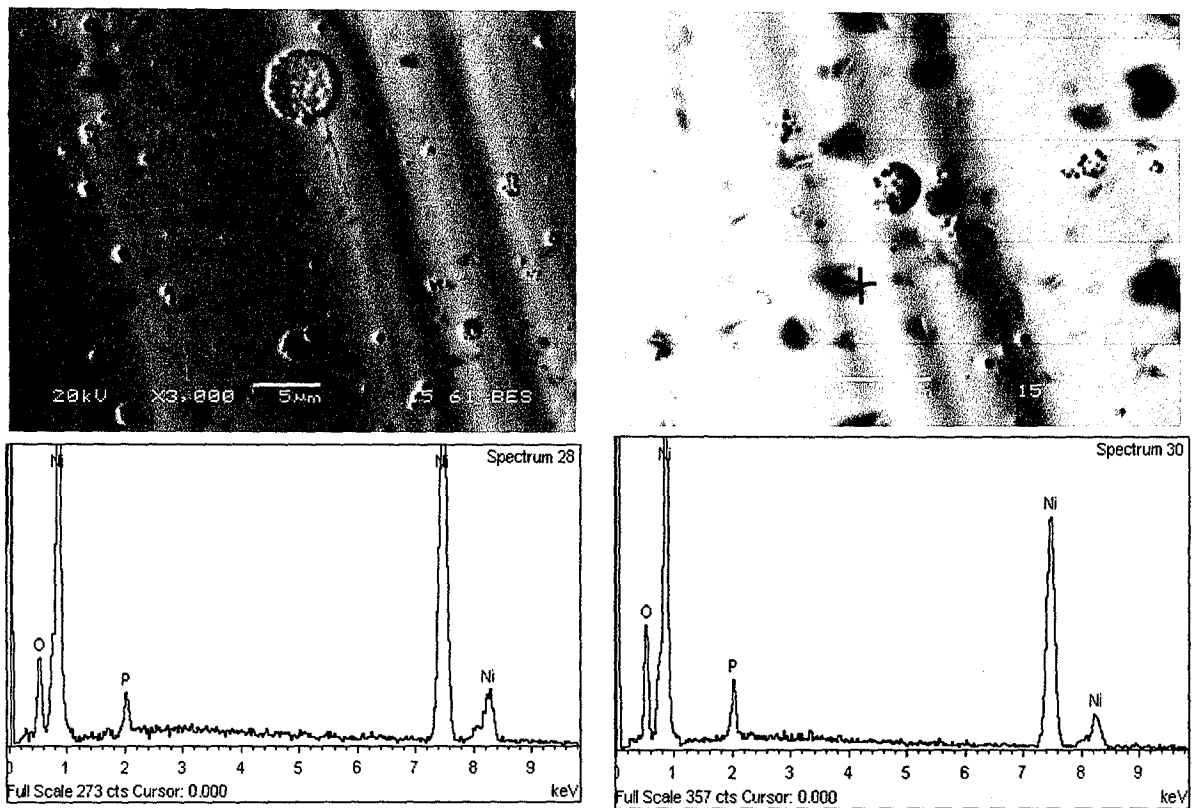
Εικόνα 13: Μικρογραφίες SEM ορειχάλκινου επικελαωμένου κλειστρου “Δείγματος 2”



Εικόνα 14: Επικαθήσεις προερχόμενες από το κατασβεστικό υλικό στην επιφάνεια του κλειστρου

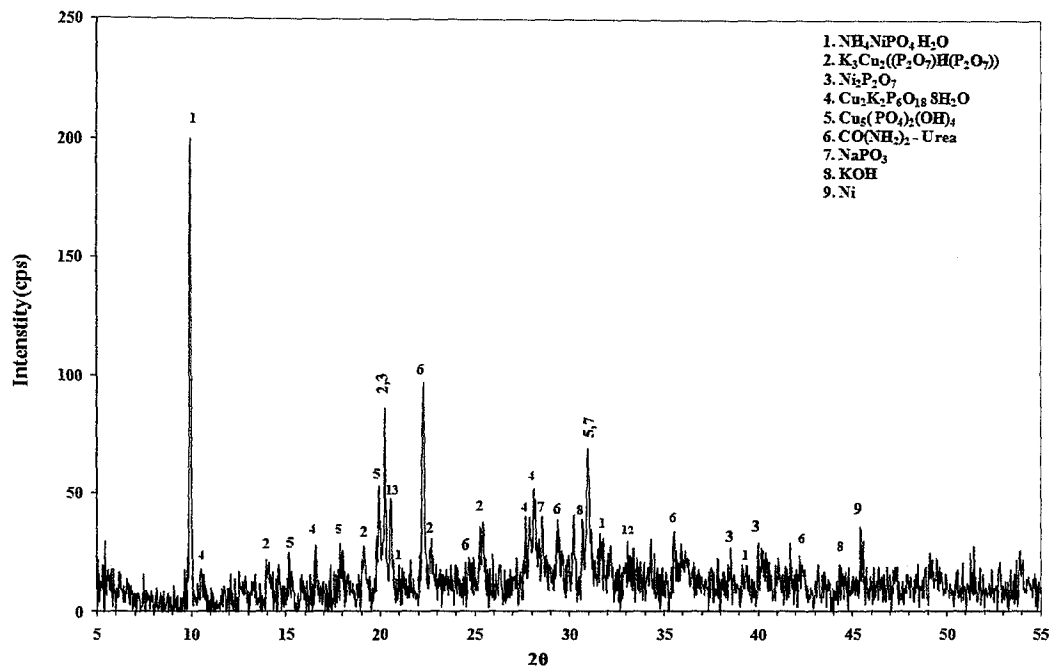


Εικόνα 15: Έντονη παρουσία προϊόντων διάβρωσης στην επιφάνεια του κλειστρού



Εικόνα 16: Προϊόντα διάβρωσης νικελίου σε προσβεβλημένη επικαλυμμένη επιφάνεια

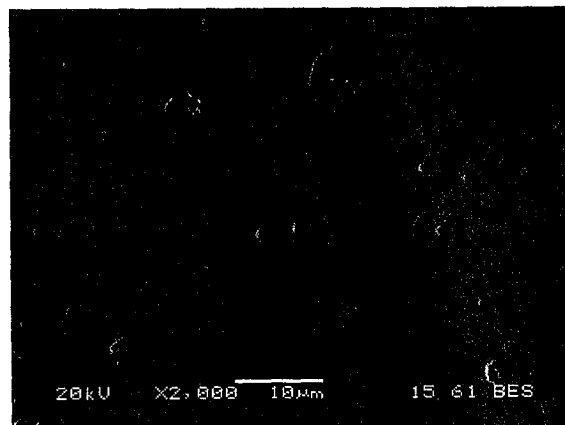
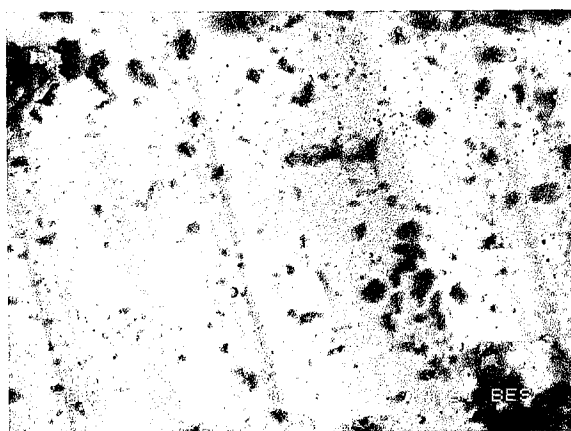
Τα παραπάνω αποτελέσματα επιβεβαιώθηκαν και μέσω περίθλασης ακτίνων X (XRD). Τα προϊόντα διάβρωσης απομακρύνθηκαν από την επιφάνεια του κλειστρου με απόξεση, με στόχο την ταυτοποίηση των περιεχόμενων φάσεων (Σχήμα 1).



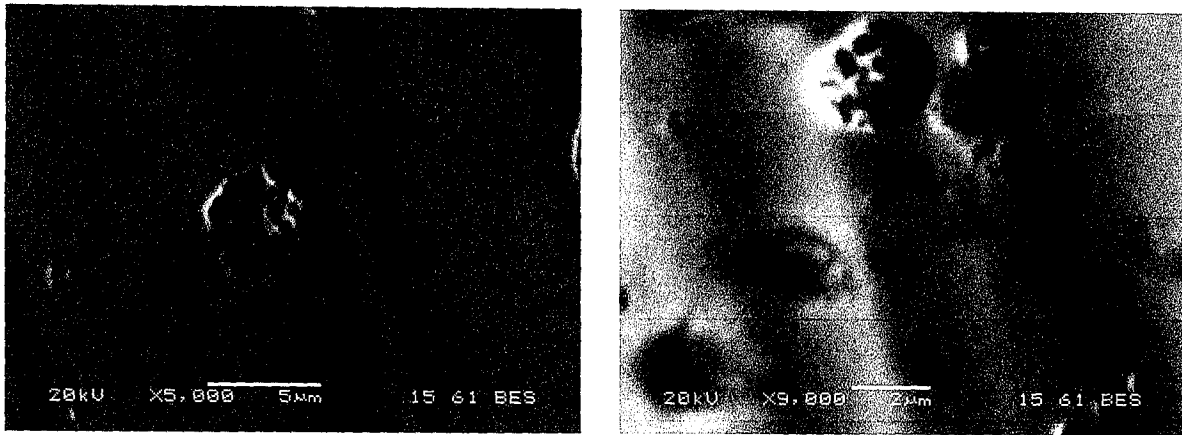
Σχήμα 1: Περίθλαση ακτίνων X προϊόντων διάβρωσης κλειστρου “Δείγματος 2”

Από τα αποτελέσματα επιβεβαιώθηκε ότι οι κύριες φάσεις των προϊόντων διάβρωσης είναι ένυδρες φωσφορικές ενώσεις του χαλκού και του νικελίου. Δεν ταυτοποιήθηκαν προϊόντα διάβρωσης ψευδαργύρου προφανώς λόγω χαμηλού ποσοστού των εν λόγω ενώσεων στο υπό εξέταση δείγμα. Η παρουσία νικελίου θα πρέπει να αποδοθεί στην μερική απόξεση της υγιούς επικάλυψης κατά την διαδικασία συλλογής του δείγματος από την επιφάνεια του κλειστρου.

Σύμφωνα με τις μικρογραφίες των Εικόνων 17 και 18, παρατηρείται έντονη διάβρωση με βελονισμούς της επιφανειακής επικάλυψης του νικελίου, η οποία αποδίδεται, όπως και στην περίπτωση του “Δείγματος 1”, στο διαβρωτικό περιβάλλον που πιθανόν δημιουργείται από τις επικαθήσεις του κατασβεστικού υγρού.



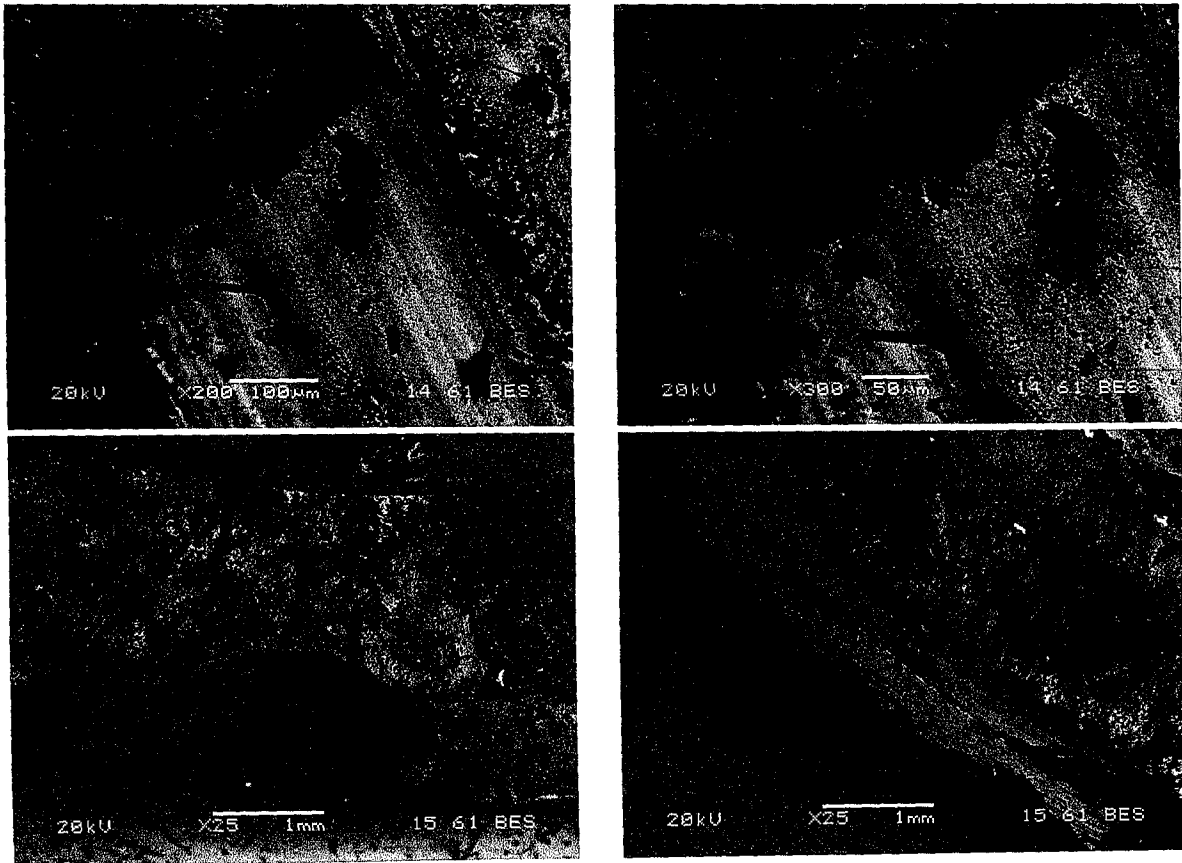
Εικόνα 17: Διάβρωση επικάλυψης νικελίου με βελονισμούς.



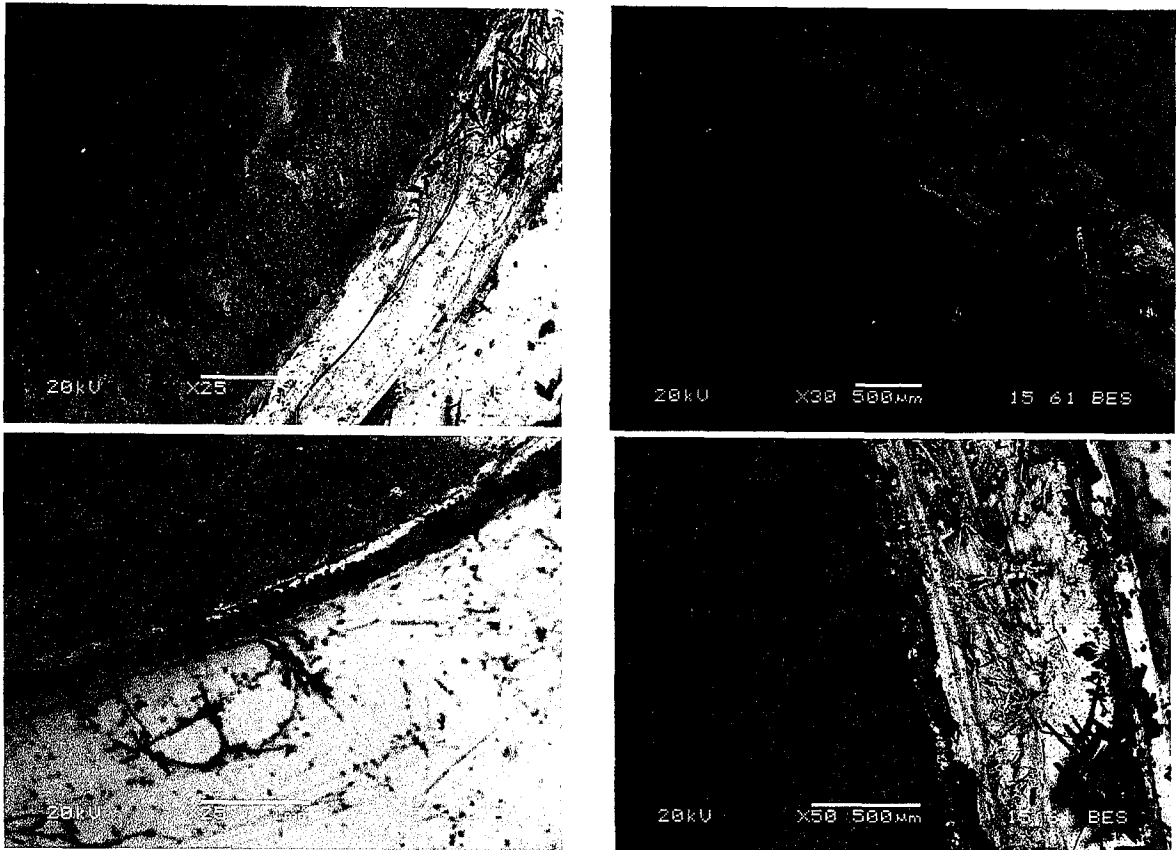
Εικόνα 18: Βελονοειδείς σχηματισμοί μέσα σε κοιλότητα στην επιφάνεια του κλείστρου

Η διάβρωση φαίνεται να εισχωρεί στο ορειχάλκινο υπόστρωμα, με συνέπεια την περεταίρω προσβολή του υποστρώματος. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται από την ύπαρξη προϊόντων διάβρωσης χαλκού και ψευδαργύρου.

Στις μικρογραφίες των Εικόνων 19 και 20 φαίνεται η περιοχή της θραύσης του κλείστρου. Η θραύση είναι η ψαθυρή, χωρίς ίχνη πλαστική παραμόρφωση (μεγάλη ταχύτητα προώθησης των ρηγματώσεων μέσα στο υλικό).



Εικόνα 19: Περιοχή θραύσης σπειρώματος κλείστρου “Δείγματος 2”



Εικόνα 20: Προϊόντα διάβρωσης στη θραυσίγενή περιοχή

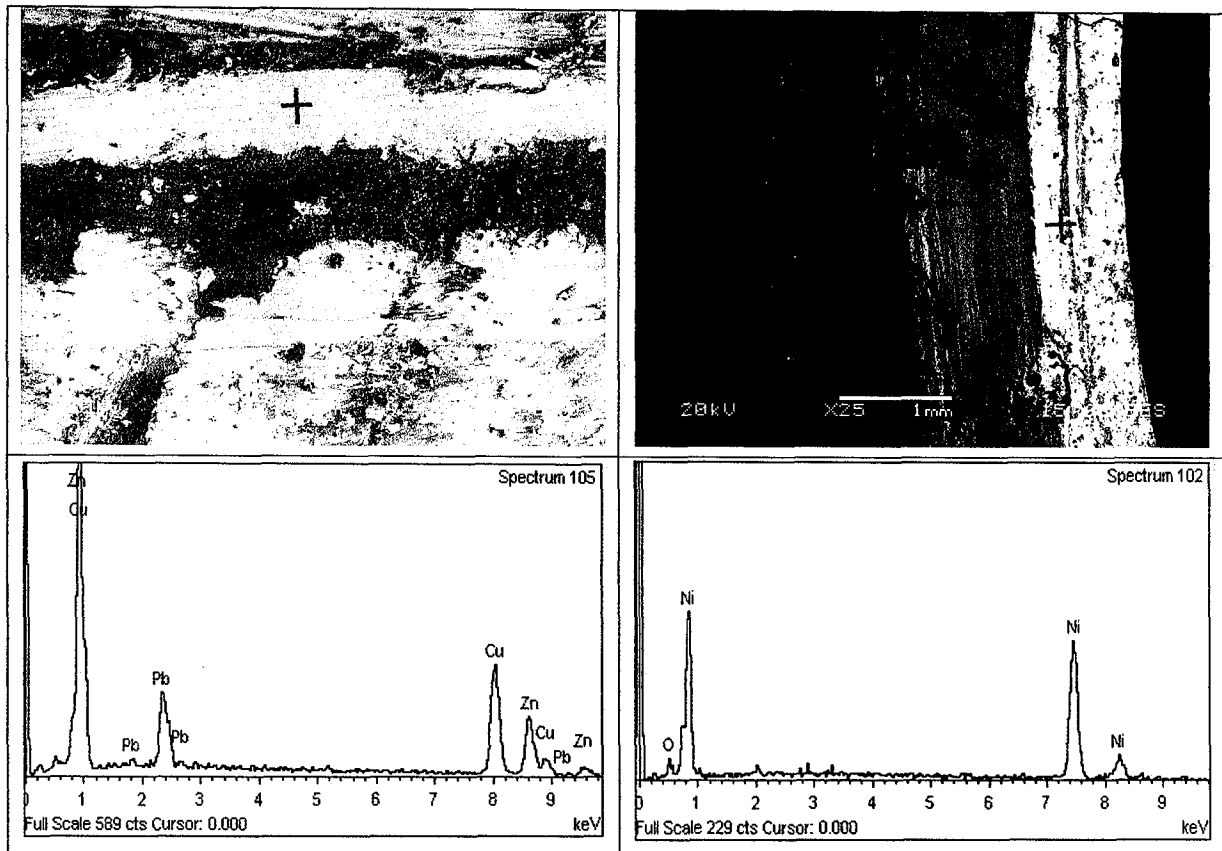
Η αστοχία του κλείστρου λόγω θραύσης θα πρέπει να αποδοθεί σε ρωγματώσεις (cracks), οι οποίες δημιουργούνται λόγω διάβρωσης σε συνδυασμό με την μηχανική καταπόνηση (stress corrosion cracking) που ασκείται στο κλείστρο λόγω πίεσης. Το χαρακτηριστικό της εν λόγω θραύσης είναι ότι τα φορτία βρίσκονται κάτω από το όριο αντοχής του μετάλλου και η εφαρμογή τους δεν θα προκαλούσε θραύση υπό κανονικές συνθήκες.

Κατά την διάβρωση με μηχανική καταπόνηση αναπτύσσονται ρωγμές, οι οποίες είναι κατά κανόνα περικρυσταλλικές και συνδέονται. Οι δημιουργούμενες ρωγματώσεις, όταν το υλικό αστόχησε, φαίνεται να προωθούνται ακαριαία με συνέπεια το υλικό να θραύεται ψαθυρά. Ο συγκεκριμένος τύπος θραύσης διακρίνεται από σημαντικό βαθμό επικινδυνότητας διότι πραγματοποιείται ακαριαία, χωρίς να δίνει προηγουμένως κάποια προειδοποιητική ένδειξη.

Η διάβρωση με μηχανική καταπόνηση στην περίπτωση του ορείχαλκου συνδέεται με την αποκρυστάτωση, η οποία λαμβάνει χώρα λόγω εκλεκτικής διαλυτοποίησης του ψευδαργύρου. Η αποψευδαργύρωση ξεκινά από την επιφάνεια του κράματος, δημιουργώντας μία πορώδη δομή χαλκού ή οξειδίου του χαλκού. Η εξέλιξη της παραπάνω διαδικασίας είναι δυνατόν να οδηγήσει σε υποβάθμιση των μηχανικών χαρακτηριστικών του υλικού. Υπό το καθεστώς μηχανικής καταπόνησης, οι δημιουργούμενες ατέλειες απλώνονται σε όλη την επιφάνεια του κράματος με αποτέλεσμα την δημιουργία ρωγμών και την τελική αστοχία του υλικού

3.2.3 “Δείγμα 3”

Και στην περίπτωση του “Δείγματος 3” προέκυψε ότι το υλικό κατασκευής του κλείστρου ήταν κράμα ορείχαλκου, στην επιφάνεια του οποίου είχε αποτεθεί επικάλυψη νικελίου. Σύμφωνα με τις στοιχειακές αναλύσεις το κράμα περιέχει χαλκό (Cu) σε περιεκτικότητα περίπου 55-57%, ψευδάργυρο (Zn) σε ποσοστό 39-40%, ενώ η περιεκτικότητα του μολύβδου (Pb) ήταν της τάξης του 3% (Εικόνα 21)



Εικόνα 21: Μικρογραφίες SEM ορείχαλκινου επινικελωμένου κλείστρου “Δείγματος 3”

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το κλείστρο ήταν ακέραιο, ενώ από τον μακροσκοπικό έλεγχο δεν παρατηρήθηκαν έντονες δευτερογενείς επικαθήσεις στην επιφάνειά του. Επισημαίνεται ότι αναφέρθηκε ότι η λειτουργία του ο εν λόγω πυροσβεστήρα διακόπηκε λόγω απόλειας πίεσης.

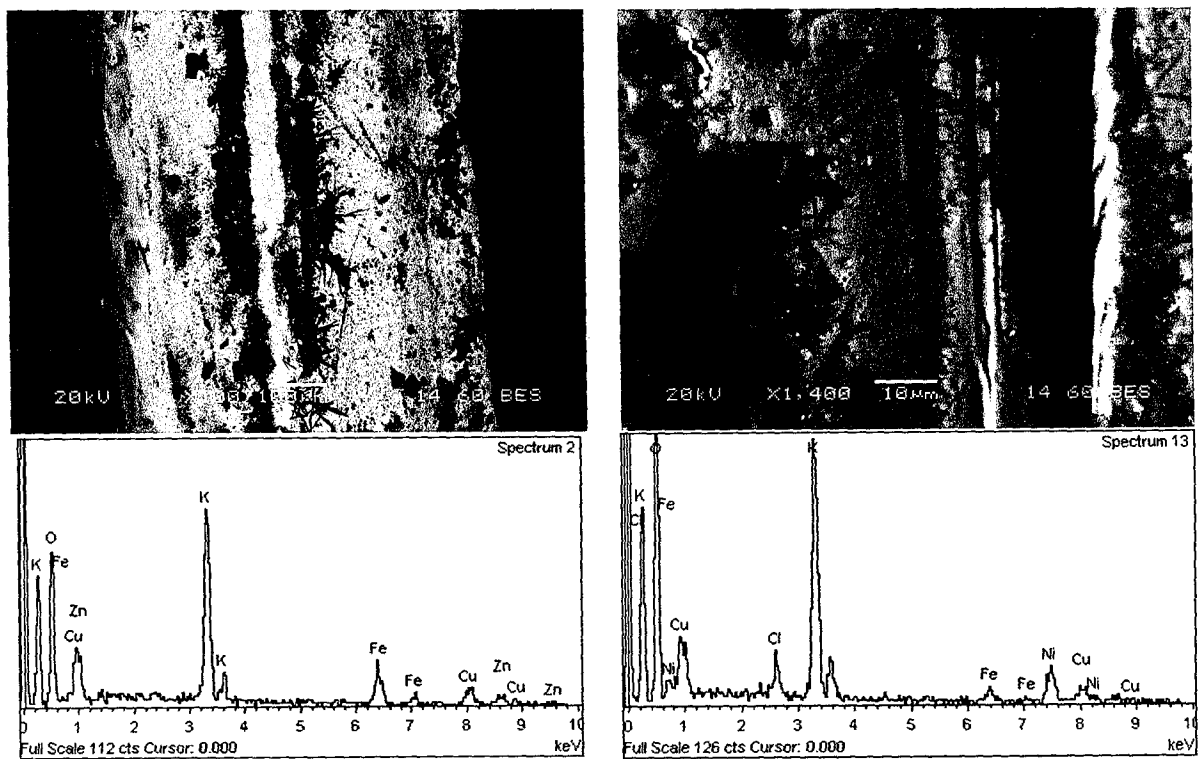
Από την μικροσκοπική εξέταση στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης ανιχνεύθηκαν προϊόντα διάβρωσης νικελίου, χαλκού και ψευδαργύρου (Εικόνες 22, 23). Όλες οι αναλύσεις τα προϊόντων διάβρωσης, όπως επίσης και οι επικαθήσεις του κατασβεστικού υλικού, συνοδεύονταν από την έντονη παρουσία καλίου (K). Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι η πρόκειται για οξειδία και υδροξειδία (σε ορισμένες περιπτώσεις μεικτά) των νικελίου, χαλκού και ψευδαργύρου. Επισημαίνεται επίσης η παρουσία προϊόντων διάβρωσης σιδήρου (οξειδία ή υδροξειδία), στην

επιφάνεια του σπειρώματος του κλείστρου, τα οποία κατά πάσα πιθανότητα προέρχονται από το χαλύβδινο κέλυφος του πυροσβεστήρα.

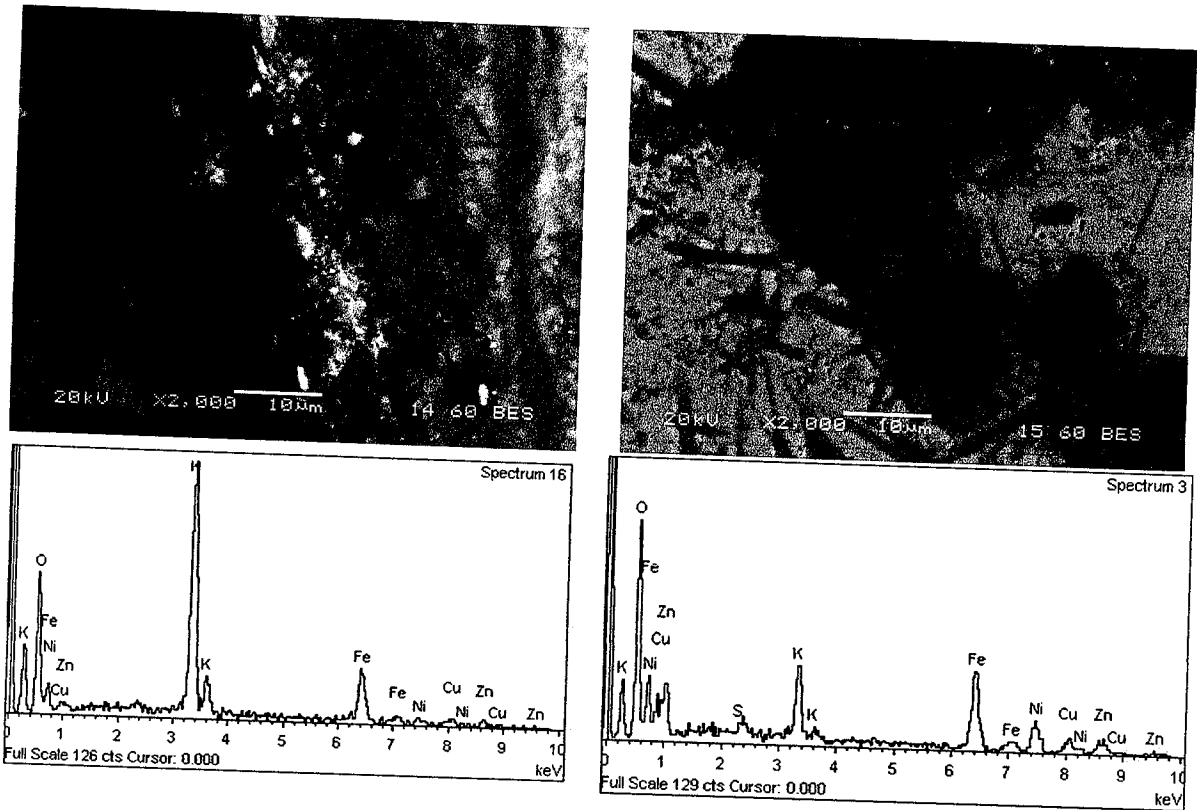
Η έντονη παρουσία Καλίου στις στοιχειακές αναλύσεις, αλλά και η απουσία φωσφορικών ενώσεων (όπως στις περιπτώσεις των Δειγμάτων “1” και “2”) υποδεικνύει ότι ο τύπος του κατασβεστικού υλικού στην περίπτωση του “Δείγματος 3” ήταν κάποιο αλκαλικό άλας του καλίου (κιτρικό, οξικό, γαλακτικό, ανθρακικό ή μίγμα αυτών). Το κάλιο υποβοηθά στην άμεση κατάσβεση της φλόγας, οι κιτρικές, οξικές ή ανθρακικές ρίζες υποβοηθούν στην σαπωνοποίηση του καιγόμενου λαδιού/λίπους.

Όπως φαίνεται από τις μικρογραφίες των Εικόνων 24 και 25, παρατηρείται διάβρωση με βελονισμούς, κυρίως της επιφανειακής επικάλυψης του νικελίου, η οποία σε σχέση με τις περιπτώσεις των Δειγμάτων “1” και “2” είναι λιγότερο έντονη και σε μικρότερη έκταση. Η διάβρωση της επιφανειακής επικάλυψης συνοδεύεται πάντα από την παρουσία προϊόντων διάβρωσης, των οποίων η σύσταση είναι μεικτή. Περιέχονται δηλαδή, εκτός από παραπροϊόντα νικελίου, και ενώσεις χαλκού και ψευδαργύρου, γεγονός το οποίο υποδεικνύει και την μερική διάβρωση του ορειχάλκινου υποστρώματος.

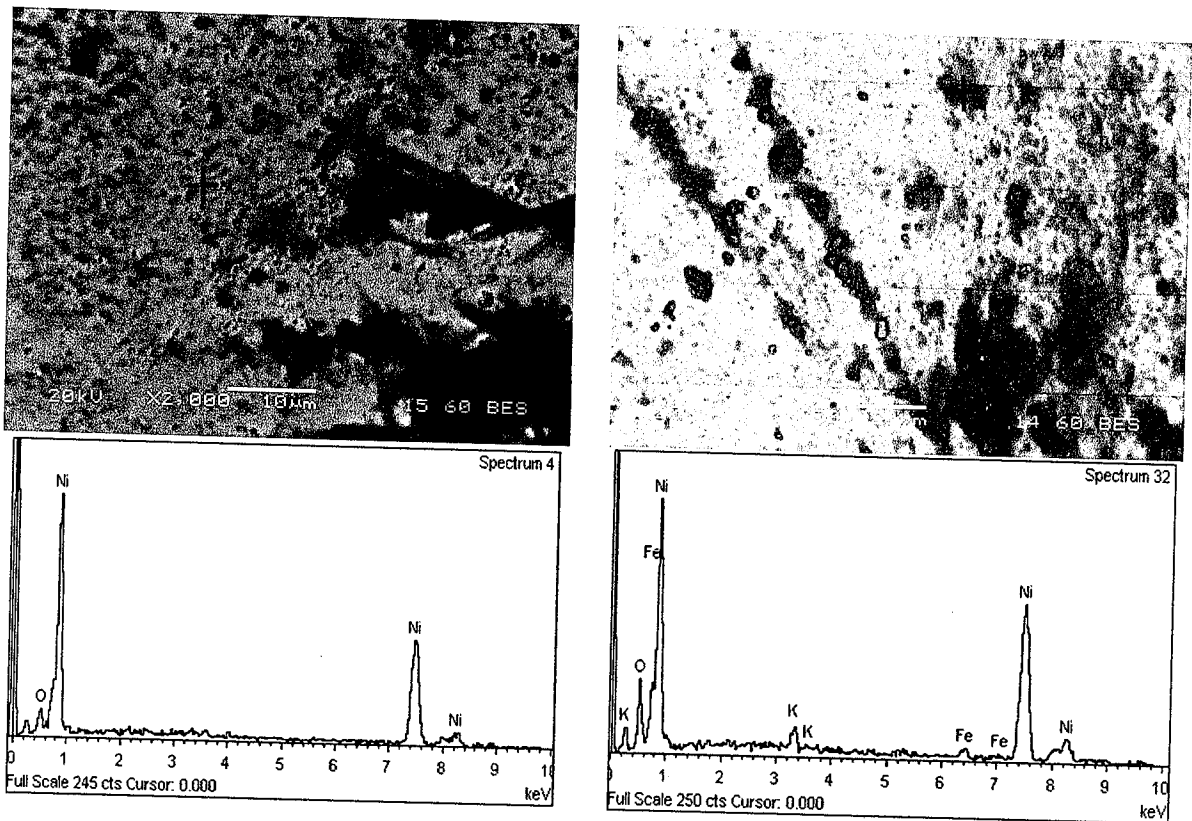
Θα πρέπει να επισημανθεί ότι στην περίπτωση του “Δείγματος 3” δεν ανιχνεύτηκαν αζωτούχες ενώσεις, όπως στις προηγούμενες δύο περιπτώσεις πυροσβεστήρων.



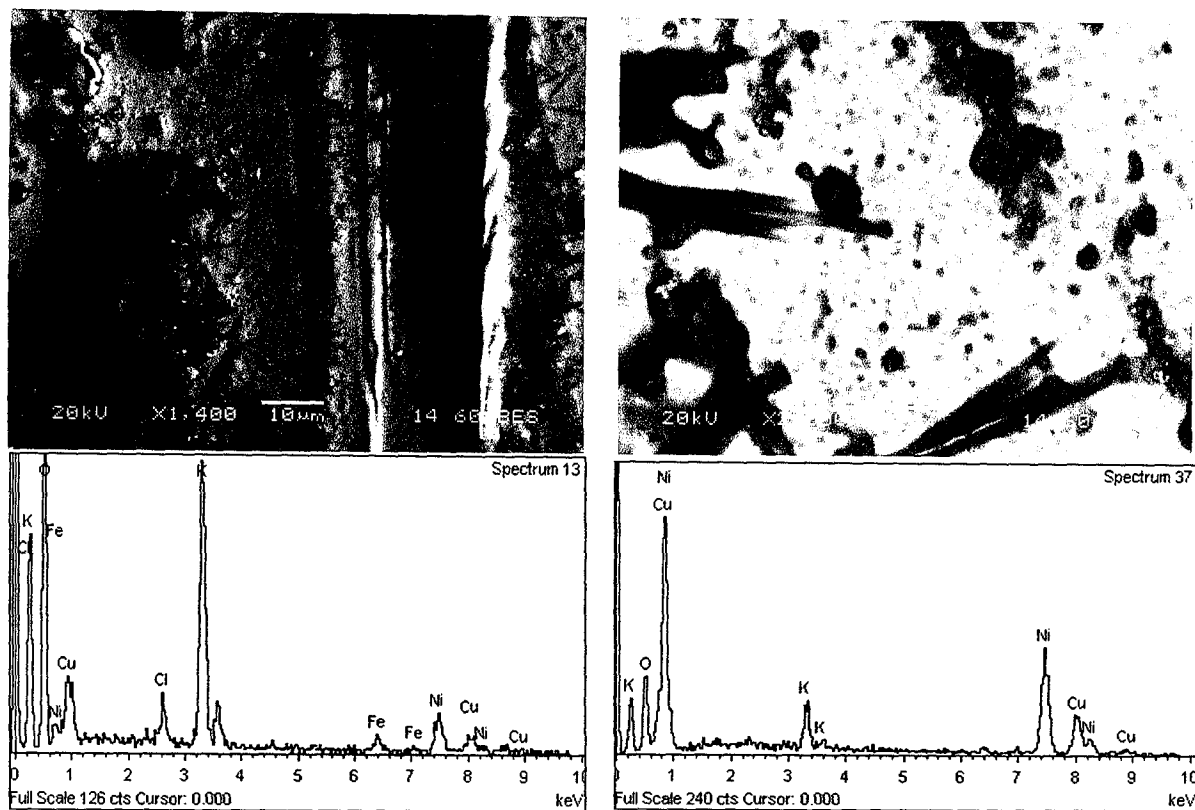
Εικόνα 22: Προϊόντα διάβρωσης και επικαθήσεις στην επιφάνεια του κλείστρου



Εικόνα 23: Προϊόντων διάβρωσης και επικαθήσεις



Εικόνα 24: Έναρξη διάβρωση με βελονισμούς στην επικάλυψη νικελίου



Εικόνα 25: Διάβρωση με βελονισμούς - Ανίχνευση προϊόντων διάβρωσης

4. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών στα εξετασθέντα τρία δείγματα κλειστρων πυροσβεστήρων προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Σε όλες τις περιπτώσεις εντοπίστηκαν προϊόντα διάβρωσης, αλλά και επικαθήσεις προερχόμενες από το κατασβεστικό υγρό, στην επιφάνεια των κλειστρων
- Στις περιπτώσεις των Δειγμάτων “1” και “2”, ανιχνεύτηκαν προϊόντα διάβρωσης νικελίου, χαλκού και ψευδαργύρου. Και στις δύο περιπτώσεις τα ανιχνευόμενα προϊόντα είναι κυρίως φωσφορικά, ενώ ανιχνεύτηκε σε μικρότερο ποσοστό η παρουσία ενώσεων καλίου, χλωρίου, αζώτου και θείου. Θα πρέπει να επισημανθεί και η παρουσία οργανικών αζωτούχων ενώσεων, όπως επίσης και φωσφορικών παραγώγων στις επικαθήσεις του κατασβεστικού υγρού.
- Στην περίπτωση του “Δείγματος 3” ανιχνεύτηκαν επίσης προϊόντα διάβρωσης νικελίου, χαλκού και ψευδαργύρου, η σύσταση των οποίων συνοδεύονταν από υψηλά ποσοστά καλίου με ταυτόχρονη απουσία φωσφόρου. Επισημαίνεται η παρουσία προϊόντων διάβρωσης ενώσεων σιδήρου στην επιφάνεια του σπειρώματος του κλειστρου, τα οποία θα πρέπει να αποδοθούν στην μερική διάβρωση του χαλύβδινου κελύφους του πυροσβεστήρα.

- Σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρήθηκε διάβρωση με βελονισμούς (εντονότερα στα Δείγματα “1” και “2”) της επιφανειακής επικάλυψης του νικελίου, η οποία αποδόθηκε στο όξινο διαβρωτικό περιβάλλον που δημιουργείται από τις επικαθήσεις του κατασβεστικού υγρού, υπό την επίδραση του ατμοσφαιρικού αέρα.
- Σε όλες τις περιπτώσεις (εντονότερα στα Δείγματα “1” και “2”), η διάβρωση εισχώρησε σε μεγαλύτερο βάθος, με συνέπεια και την διάβρωση του ορειχάλκινου υποστρώματος, επίσης μέσω του μηχανισμού των βελονισμών, γεγονός το οποίο επιβεβαιώθηκε και από την παρουσία προϊόντων διάβρωσης χαλκού και ψευδαργύρου. Ο μηχανισμός διάβρωσης του ορείχαλκου αποδόθηκε στην μερική αποψευδαργύρωση του κράματος, η οποία πραγματοποιείται είτε σε όξινα περιβάλλοντα, είτε σε περιβάλλοντα τα οποία περιέχουν αμμωνία ή αμίνες.
- Η αστοχία-θραύση του κλείστρου του “Δείγματος 2” αποδόθηκε σε ρωγματώσεις, οι οποίες δημιουργήθηκαν λόγω διάβρωσης σε συνδυασμό με την μηχανική καταπόνηση που ασκούνταν στο κλείστρο λόγω πίεσης (stress corrosion cracking). Οι δημιουργούμενες ρωγματώσεις, όταν το υλικό αστόχησε φαίνεται να προωθήθηκαν ακαριαία με συνέπεια το υλικό να θραυτεί ψαθυρά.
- Η διάβρωση, εσωτερικά του κλείστρου του “ Δείγματος 2”, αποδόθηκε στην διαδικασία αποψευδαργύρωσης του ορειχάλκινου υποστρώματος. Λόγω του ότι η θραύση πραγματοποιήθηκε εσωτερικά στο σπείρωμα του κλείστρου (απουσία ατμοσφαιρικού αέρα), η έναρξη της διάβρωσης θα πρέπει να αποδοθεί στην παρουσία αμμωνίας ή αμινών στο κατασβεστικό υλικό.