



ΖΑΦΕΙΡΗ ΑΣΗΜΙΝΑ
ΑΕΜ : 3988

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟ
ΜΟΥΣΕΙΟ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Μιχάλης Βαβελίδης

Θεσσαλονίκη 2009

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ-ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ
ΑΠΟ ΤΟ ΜΟΥΣΕΙΟ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΖΑΦΕΙΡΗ ΑΣΗΜΙΝΑ

ΑΕΜ : 3988

Επιβλέπων καθηγητής : Μιχάλης Βαβελίδης

Θεσσαλονίκη 2009

ΠΡΟΛΟΓΟΣ -ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Μελέτη και Ταξινόμηση μεταλλικών ορυκτών από το Μουσείο Ορυκτολογίας και Πετρολογίας» εκπονήθηκε στον Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας, της Σχολής Θετικών Επιστημών, του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης.

Σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη και ταξινόμηση μεταλλικών ορυκτών που βρίσκονται στο Μουσείο Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας για την ανάδειξη και μελλοντική τους έκθεση. Από την παρούσα μελέτη προέκυψαν ακόμη νέα στοιχεία σχετικά με την ταυτοποίηση των ορυκτών.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς όλους όσους συνέβαλαν ή με βοήθησαν στην ολοκλήρωση της εργασίας αυτής. Τον Καθηγητή Μιχάλη Βαβελίδη για το ενδιαφέρον και τις συμβουλές σε όλα τα στάδια της εργασίας καθώς και την επίβλεψη της διπλωματικής μου εργασίας.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ Βασίλη Μέλφο για τις υποδείξεις του, την άριστη συνεργασία μας, τη βοήθεια του στην μικροσκοπική μελέτη καθώς και τις υποδείξεις του στη συλλογή της βιβλιογραφίας κατά την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη του Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας και ιδιαίτερα τον κ. Γ. Μιχαηλίδη για την κατασκευή των μεταλλογραφικών παρασκευασμάτων, την κ. Α. Μπουρλίβα για την ακτινογραφική εξέταση (XRD) και την Δρ Λαμπρινή Παπαδοπούλου για τη βοήθειά της στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σαρώσεως (SEM).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	6
3. ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	8
3.1 Κωδικός δείγματος: 2.4.7.1 (AZ 19)	8
3.2 Κωδικός δείγματος: 3.4.3.2 (AZ 26)	11
3.3 Κωδικός δείγματος: 2.12.4.1.1 (AZ43)	14
3.4 Κωδικός δείγματος: 1.1.1.2.1 (AZ 60)	17
3.5 Κωδικός δείγματος: 3.4.3.2.1 (AZ 65)	23
3.6 Κωδικός δείγματος: 3.4.3.2.2 (AZ 69)	26
3.7. Κωδικός δείγματος: 3.4.3.2.3 (AZ 76)	29
3.8. Κωδικός δείγματος: 7.2.2.3.7 (AZ 110)	34
3.8. Κωδικός δείγματος: 7.2.2.3.7 (AZ 110)	35
3.9. Κωδικός δείγματος: 2.8.1.4_1 (AZ 111)	37
3.10. Κωδικός δείγματος: 7.5.1.3.1 (AZ 174)	38
3.11 Κωδικός δείγματος: 2.16.16.1-01 (A186).....	40
4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	42

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το «Μουσείο Ορυκτολογίας-Πετρολογίας» του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης ιδρύθηκε το 1940 και ανήκει στον Τομέα Ορυκτολογίας, Πετρολογίας, Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας. Οι συλλογές του χρονολογούνται από την ίδρυση του Εργαστηρίου Γεωλογίας, Πετρολογίας και Ορυκτολογίας το 1929 της τότε Σχολής Φυσικών και Μαθηματικών Επιστημών.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας επιλέχθηκαν συνολικά 114 δείγματα μεταλλικών ορυκτών από το Μουσείο Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας για την ταυτοποίηση, μελέτη και ταξινόμησή τους. Οι εργασίες αναφέρονται στη μελέτη των μακροσκοπικών και μικροσκοπικών χαρακτηριστικών των ορυκτών, στη φωτογράφιση και την ταξινόμηση τους, σύμφωνα με τους κανόνες της International Mineralogical Association (IMA) καθώς επίσης την καταγραφή, και αποθήκευση όλων των στοιχείων τους σε βάση δεδομένων.

Πιο συγκεκριμένα έγινε:

- λεπτομερής καταγραφή σε βάση δεδομένων όλων των προϋπαρχόντων δεδομένων και αυτών που προέκυψαν στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης για κάθε ορυκτό όπως του κωδικού, ονόματος κατά IMA, ονόματος στη συλλογή, χημικός τύπος, κρυσταλλικό σύστημα, κατηγορία ταξινόμησης κατά DANA, κατηγορία ταξινόμησης κατά STRUNZ, προέλευση, χώρα, δωρεά, τμήμα συλλογής, παλιοί κωδικοί, χρονολογία κτήσης, παραγενέσεις, πέτρωμα ξενιστής, θέση στη συλλογή και μέγεθος.
- καθαρισμός του κάθε δείγματος
- φωτογράφησή του
- ταξινόμηση και τοποθέτηση σε κιβώτια του Μουσείου.

Για την ηλεκτρονική καταγραφή των ορυκτών επιλέχθηκε η Νεότερη Ταξινόμηση κατά DANA (Gaines et al. 1997) που διατίθεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://www.webmineral.com> και έγινε κατάλληλη επεξεργασία και καταγραφή στο πρόγραμμα H/Y Excel. Όλα τα ορυκτά που καταγράφηκαν παρουσιάζονται σε Πίνακα στο Παράρτημα Α.

Για τα ορυκτά που δεν υπήρχαν επαρκή στοιχεία, με σκοπό την ταυτοποίησή τους, επιλέχθηκαν 12 δείγματα και κατασκευάστηκαν στιλπνές τομές για μικροσκοπική μελέτη και για ακτινογραφική εξέταση.

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Αρχικά έγινε μακροσκοπική μελέτη των μεταλλικών ορυκτών που επιλέχθηκαν από την συλλογή του μουσείου καθώς και καταγραφή αυτών. Κάποια από τα δείγματα αυτά επιλέχθηκαν για να εξεταστούν μικροσκοπικά.

Για την μελέτη των δειγμάτων αυτών απαιτείται η κατασκευή ειδικών στιλπνών τομών που έχουν επίπεδη και στιλβωμένη την πάνω επιφάνειά τους. Η διαδικασία κατασκευής των στιλπνών τομών διακρίνεται σε τρία στάδια :

1) Προετοιμασία και εγκιβωτισμός του δείγματος

2) Λείανση της τομής

3) Στίλβωση της τομής

Αρχικά το δείγμα κόβεται σε ικανοποιητικό μέγεθος έτσι ώστε το σχήμα της τομής αν είναι στρόγγυλο να έχει διάμετρο 2,5 εκ. ή αν είναι τετράγωνο να έχει ακμή 2,5 εκ. Αφού τα τεμάχια τοποθετηθούν σε ειδική ρητίνη, με την βοήθεια κατάλληλης πρέσας, θα συμπιεστούν μέσα σε μεταλλικά ή πλαστικά καλούπια. Η διαδικασία αυτή καλείται εγκιβωτισμός.

Μετά την δημιουργία του δείγματος η πάνω επιφάνεια παρουσιάζει ανωμαλίες, που απομακρύνονται με την διαδικασία πολλαπλής λείανσης. Η διεργασία λείανσης των τομών πραγματοποιείται σε διαδοχικά στάδια με τη χρησιμοποίηση λειαντικών υλικών ορισμένης κοκκομετρικής σύστασης για κάθε στάδιο (π.χ. σμύριδα και καρβίδια). Οι τομές τοποθετούνται σε περιστρεφόμενο και διαβρεχόμενο δισκίο λείανσης καλυμμένο με ειδικά πανιά, πάνω στο οποίο πιέζεται με κάποιο βάρος η επιφάνεια της τομής. Μετά από κάθε στάδιο καθαρίζονται οι τομές και απομακρύνονται τα υλικά λειάνσεως.

Ακολουθεί η τελευταία διεργασία που αφορά την στίλβωση της τομής. Χρησιμοποιούνται λειαντικά υλικά 15-6 μm, αδαμανταλοιφές πάνω σε μη χνουδωτά υφάσματα ή χαρτιά που καλύπτουν τον περιστρεφόμενο δίσκο στίλβωσης κάτω από την πίεση βάρους. Η στίλβωση με λειαντικά υλικά 6 μm αποτελεί το πιο σημαντικό στάδιο και γίνεται με μεγάλη προσοχή, αργά, χωρίς μεγάλα βάρη ώστε να απομακρυνθούν οι πολλές χαράξεις αφενός και αφετέρου να μην δημιουργηθεί ανάγλυφο στα σκληρά ορυκτά. Στο

τελευταίο στάδιο στιλβώσεως ($1\ \mu\text{m}$ ή $0,25\ \mu\text{m}$) μπορεί να χρησιμοποιηθεί γαλάκτωμα $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ($1\text{-}0,3\ \mu\text{m}$) ή $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ($0,05\ \mu\text{m}$) πάνω σε χνουδωτό πανί.

Πραγματοποιήθηκε καταγραφή των ορυκτών κάθε δείγματος καθώς και γραφική απεικόνιση της κάθε τομής. Για περιπτώσεις που υπήρχε ενδιαφέρον σε ότι αφορά την ορυκτολογική σύσταση και τα ιστολογικά χαρακτηριστικά έγινε φωτογράφιση.

Για τη μικροσκοπική μελέτη έγινε χρήση μικροσκοπίου ανακλώμενου φωτός, τύπου Leitz Laborlux 11 Pol S στον Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας. Για τον προσδιορισμό της χημικής σύστασης των ορυκτών έγινε χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σαρώσεως (SEM) τύπου JEOL 840A με αναλυτικό σύστημα EDS Link AN10000. Η παρατήρηση στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σαρώσεως έγινε με τη βοήθεια εικόνας οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων (back scattering image). Η διάμετρος της δέσμης ήταν περίπου $1\ \mu\text{m}$ και ο χρόνος μέτρησης 30 sec

Η ακτινογραφική εξέταση έγινε με τη βοήθεια περιθλασίμετρου ακτίνων X (XRD). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα περιθλασίμετρα τύπου Philips του Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Η ακτινοβολία που χρησιμοποιήθηκε για τις ακτίνες X ήταν CuK α με φίλτρο Ni, η ταχύτητα ανίχνευσης (scanning speed) 1° και $0,25^\circ/2\theta/\text{min}$ και ο ρυθμός των μετρήσεων (count rate) $10^3/\text{sec}$. Η μελέτη με τις ακτίνες X έγινε για το εύρος μεταξύ 3° και 36° .

3. ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

3.1 Κωδικός δείγματος: 2.4.7.1 (AZ 19)

Στοιχεία δείγματος

Προέλευση: ΧΙΛΗ

Ορυκτολογική σύσταση

Κύριο ορυκτό: Χαλκοσίνη

Δευτερεύοντα ορυκτά: χαλκοπυρίτης, σιδηροπυρίτης, γκαιτίτης, μαλαχίτης

Ορυκτά σε ίχνη: -



Εικ. 3.1.1. Μακροσκοπική φωτογραφία μεταλλεύματος κυρίως χαλκοσίνη (δείγμα 2.4.7.1 AZ 19). Μήκος φωτογραφίας: 10 cm.

Μακροσκοπική παρατήρηση

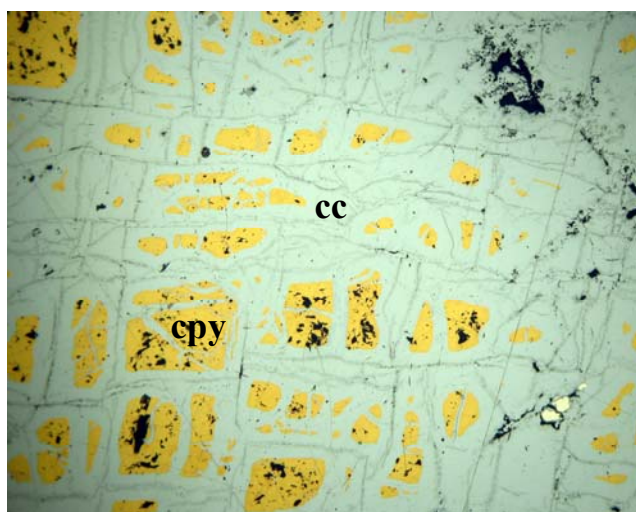
Το δείγμα έχει μήκος 5,5 cm και πλάτος 5 cm (Εικ. 3.1.1). Αποτελείται κυρίως από χαλκοσίνη, ο οποίος προέρχεται από την οξείδωση του χαλκοπυρίτη στη ζώνη εμπλουτισμού. Καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα του και σχηματίζει μαζώδη συσσωματώματα κόκκων μεγέθους που φθάνουν έως 0,5 mm. Επίσης αναγνωρίζονται μαλαχίτης που έχει πράσινο χρώμα και βρίσκεται με τη μορφή βοτρυοειδών συσσωματωμάτων ή μικροσκοπικών βελόνων.

Μικροσκοπική παρατήρηση

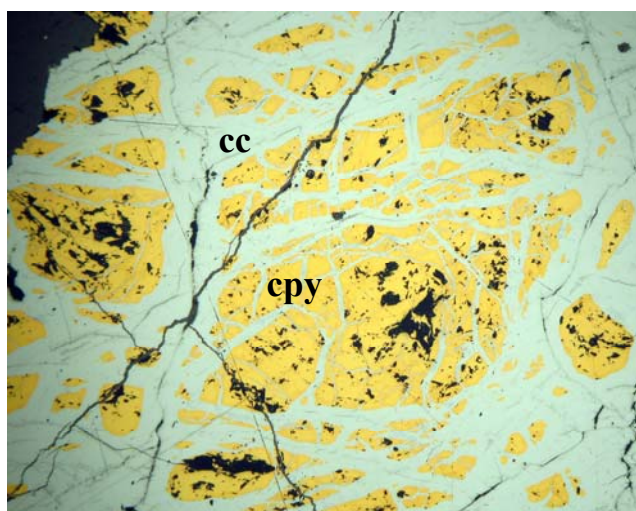
Ο χαλκοσίνης (Εικ. 3.1.2-6) καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του παρασκευάσματος και προέρχεται από την μετατροπή του χαλκοπυρίτη. Σχηματίζεται περιφερειακά των κόκκων του χαλκοπυρίτη καθώς και κατά μήκος των διακλάσεων του (Εικ. 3.1.2-3). Σε πολλές περιπτώσεις ο χαλκοπυρίτης έχει μετατραπεί εξολοκλήρου σε χαλκοσίνη.

Ο χαλκοπυρίτης βρίσκεται υπό μορφή υπολειμματικών κόκκων μέσα στον χαλκοσίνη (Εικ. 3.1.2-3) και η αλλοίωση εμφανίζεται περιφερειακά των κόκκων αλλά και κατά μήκος των σπασιμάτων τους. Η κατακλαστική υφή είναι πολύ έντονη. Το μέγεθος των κόκκων χαλκοπυρίτη κυμαίνεται από 10 μm έως 1 mm.

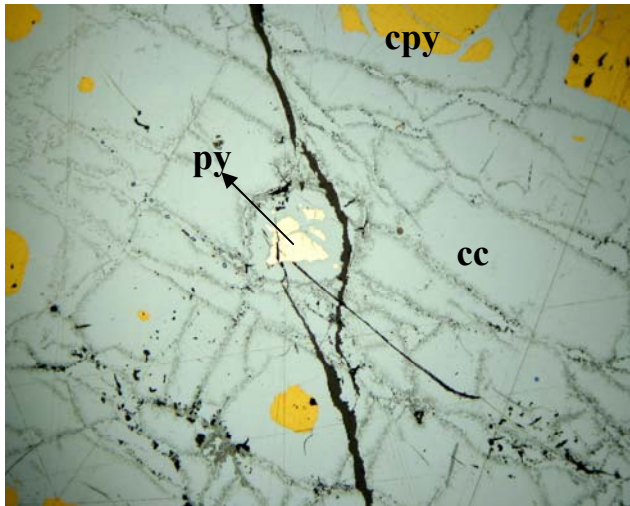
Ο σιδηροπυρίτης βρίσκεται υπό μορφή φλεβιδίων πάχους έως 100 μm ή σπανιότερα με τη μορφή κόκκων μεγέθους έως 120 μm (Εικ. 3.1.3-6). Παρουσιάζει κατακλαστική υφή και αλλοιώνεται σε λειμωνίτη περιφερειακά των κόκκων αλλά και κατά μήκος των σπασιμάτων του.



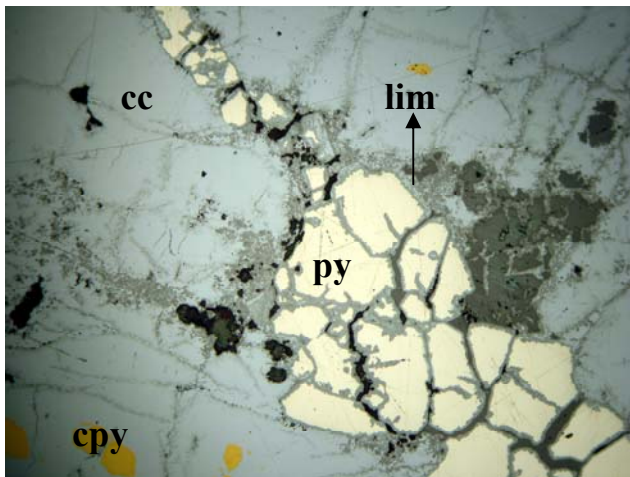
Εικ. 3.1.2. Χαλκοσίνης (cc) από τη μετατροπή του χαλκοπυρίτη (cry) που βρίσκεται υπό μορφή υπολειμμάτων. Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



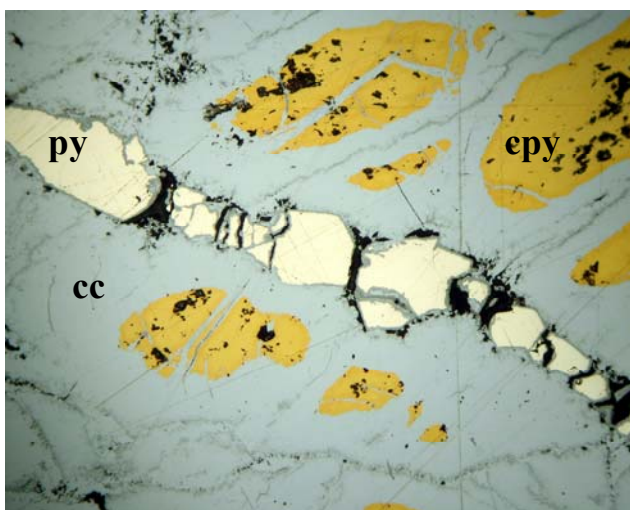
Εικ. 3.1.3. Χαλκοσίνης (cc) από τη μετατροπή του χαλκοπυρίτη (cry) που έχει έντονη κατακλαστική υφή. Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.1.4. Σιδηροπυρίτης (py) που μετατρέπεται σε λειμωνίτη (lim) και χαλκοσίνης (cc) από τη μετατροπή του χαλκοπυρίτη (cry). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.1.5. Σιδηροπυρίτης (py) με έντονη κατκλαστική υφή που μετατρέπεται σε λειμωνίτη (lim) και χαλκοσίνης (cc) από τη μετατροπή του χαλκοπυρίτη (cry). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.1.6. Φλεβίδιο σιδηροπυρίτη (py) και χαλκοσίνης (cc) από τη μετατροπή του χαλκοπυρίτη (cry). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.

3.2 Κωδικός δείγματος: 3.4.3.2 (AZ 26)

Στοιχεία δείγματος

Προέλευση: LA LONDI, VAR, ΓΑΛΛΙΑ

Ορυκτολογική σύσταση

Κύριο ορυκτό: Βουρνονίτης

Δευτερεύοντα ορυκτά: σιδηροπυρίτης, σφαλερίτης, βουλανζερίτης, χαλκοπυρίτης

Ορυκτά σε ίχνη: -



Εικ. 3.2.1. Μακροσκοπική φωτογραφία μεταλλεύματος κυρίως με βουρνονίτη (δείγμα 3.4.3.2 (AZ 26). Μήκος φωτογραφίας: 10 cm.

Μακροσκοπική παρατήρηση

Το δείγμα έχει μήκος 7 cm και πλάτος 3,2 cm (Εικ. 3.2.1) και αποτελείται κυρίως από βουρνονίτη που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα του. Σχηματίζει μαζώδη συσσωματώματα κόκκων μεγέθους που φθάνουν έως 1,5 mm. Έχει μολυβδότεφρο χρώμα και μεταλλική λάμψη.

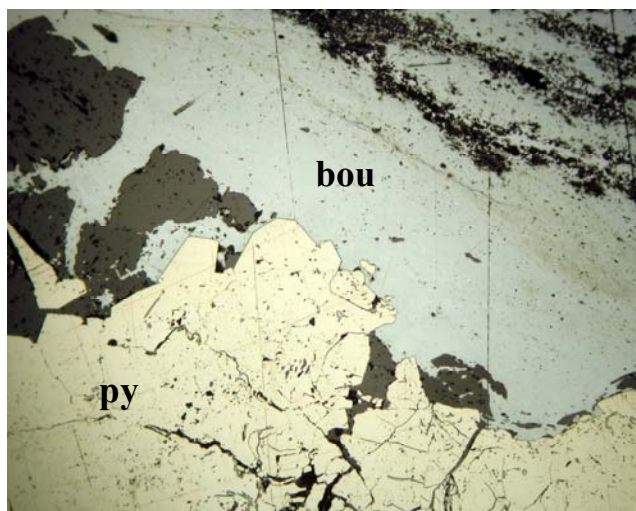
Μικροσκοπική παρατήρηση

Ο βουρνονίτης καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα του παρασκευάσματος και βρίσκεται με την μορφή αλλοτριόμορφων κόκκων (Εικ. 3.2.2-5). Το μέγεθός τους φτάνει έως 1,5 mm. Ξεχωρίζει από την πορώδη μορφή του και την χαρακτηριστική ανισοτροπία με σκοτεινά κυανά και καστανά χρώματα. Βρίσκεται σε σύμφυση με σιδηροπυρίτη, σφαλερίτη και βουλανζερίτη και αναπτύσσεται επιταξικά στον σιδηροπυρίτη (Εικ. 3.2.2-3) και σπανιότερα κατά μήκος των σπασιμάτων του. Πολύ συχνά εντοπίζονται μικροφλεβίδια βουρνονίτη μέσα στο σύνδρομο (Εικ. 3.2.4).

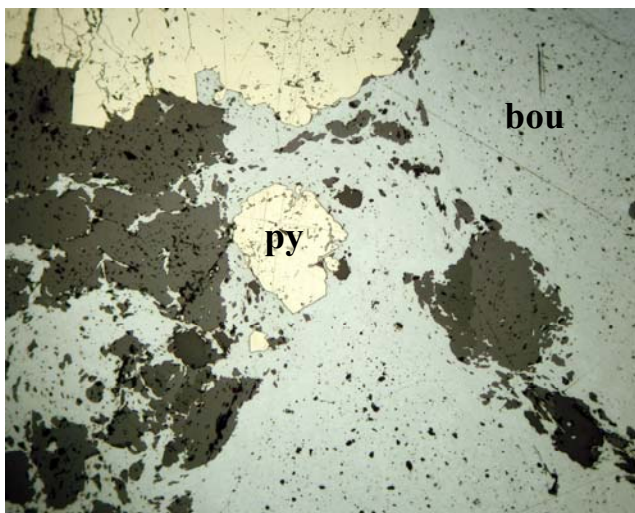
Ο σιδηροπυρίτης εμφανίζεται σε συσσωματώματα από ιδιόμορφους κρυστάλλους (Εικ. 3.2.2-3), με μέγεθος που φτάνει τα 5 mm. Επίσης εντοπίζεται διάσπαρτος και σε ορισμένες περιπτώσεις με υπιδιόμορφους κρυστάλλους. Οι κόκκοι παρουσιάζουν συχνά κατακλαστική υφή και συμφύονται με σφαλερίτη, βουρνονίτη και βουλανζερίτη. Σπανιότερα μικροκυσταλλικός σιδηροπυρίτης (μέγεθος 5 μm έως 15 μm) βρίσκεται υπό μορφή εγκλεισμάτων στο σφαλερίτη.

Ο σφαλερίτης σχηματίζει αλλοτριόμορφους κόκκους μεγέθους έως $> 1 \text{ mm}$ και συμφύεται κυρίως με τον βουρνονίτη (Εικ. 3.2.5). Στο μικροσκόπιο εμφανίζει αδύνατες εσωτερικές ανακλάσεις, συνήθως κόκκινης απόχρωσης. Έχει συχνά επιμηκυσμένη μορφή και αναπτύσσεται στα κενά που δημιουργούνται ανάμεσα στους κόκκους σιδηροπυρίτη. Παρουσιάζει εξιδρωματικό ιστό απόμειξης, με σταγονίδια χαλκοπυρίτη («ασθένεια χαλκοπυρίτη») (Εικ. 3.2.5).

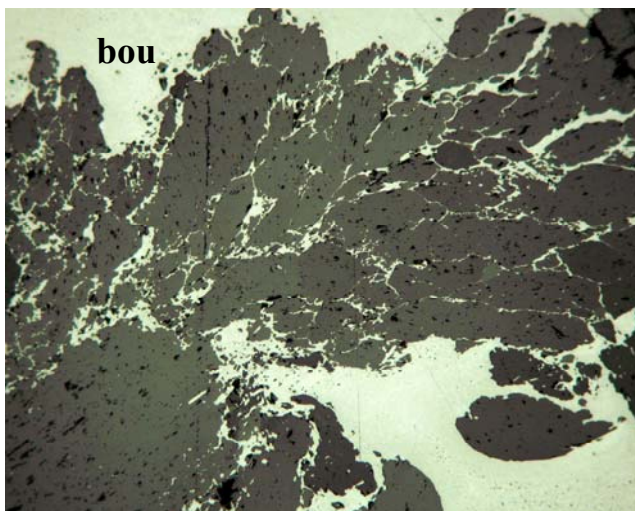
Τέλος ο βουλανζερίτης βρίσκεται σε περιορισμένη ποσότητα μέσα στο παρασκεύασμα με μορφή αλλοτριόμορφων κόκκων και μέγεθος που φτάνει έως το 1 mm. Συμφύεται με τον βουρνονίτη και ξεχωρίζει από την χαρακτηριστική βελονοειδή υφή που παρουσιάζει με πολωτή και αναλυτή. Σπανιότερα εντοπίζονται και μεγάλες βελόνες βουλανζερίτη μέσα στο σύνδρομο χαλαζία, με μέγεθος που φθάνει τα 60 μm .



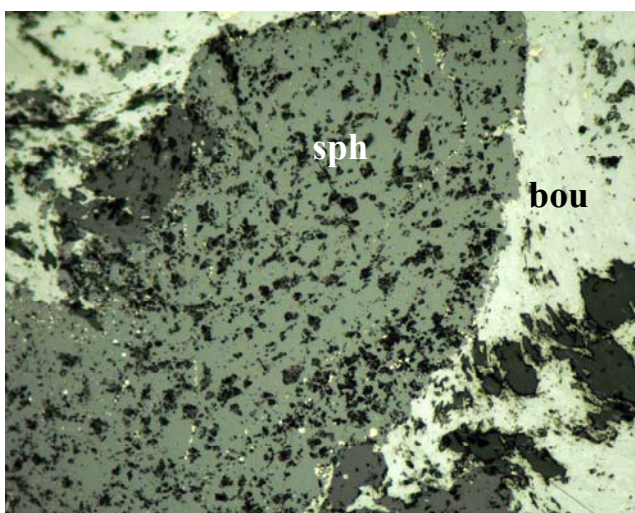
Εικ. 3.2.2. Σιδηροπυρίτης (py) σε σύμφυση με βουρνονίτη (bou). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.2.3. Σιδηροπυρίτης (py) σε σύμφυση με βουρνονίτη (bou). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.2.4. Μικροφλεβίδια βουρνονίτη (bou) μέσα στο σύνδρομο. Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.2.5. Σφαλερίτης (sph) με σταγονίδια χαλκοπυρίτη σε σύμφυση με βουρνονίτη (bou). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.

3.3 Κωδικός δείγματος: 2.12.4.1.1 (AZ43)

Στοιχεία δείγματος

Προέλευση: -

Ορυκτολογική σύσταση

Κύριο ορυκτό: αρσеноπυρίτης, σιδηροπυρίτης

Δευτερεύοντα ορυκτά: -

Ορυκτά σε ίχνη: κοβαλτίνης, βουρνονίτης



Εικ. 3.3.1. Μακροσκοπική φωτογραφία μεταλλεύματος συμπαγούς σιδηροπυρίτη-αρσеноπυρίτη. Δείγμα: 2.12.4.1.1 (AZ43). Μήκος φωτογραφίας: 10 cm.

Μακροσκοπική παρατήρηση

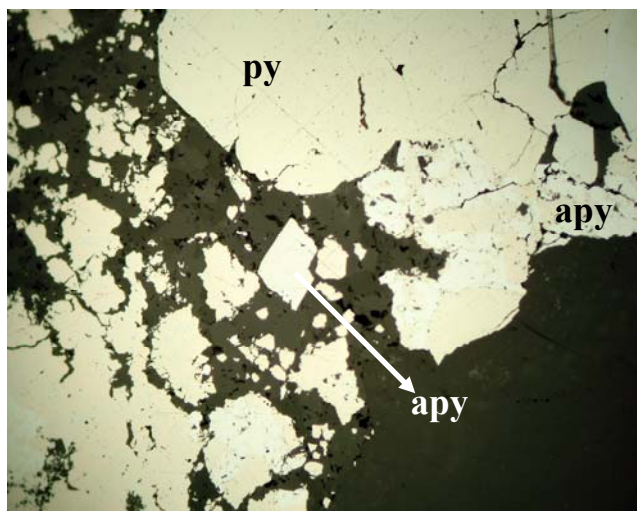
Το δείγμα μεταλλεύματος έχει μήκος 5 cm και πλάτος 4,5 cm (Εικ. 3.3.1). Αποτελείται κυρίως από σιδηροπυρίτη που βρίσκεται σε σύμφυση με τον αρσеноπυρίτη. Ο σιδηροπυρίτης και ο αρσеноπυρίτης σχηματίζουν μαζώδη συσσωματώματα μεγέθους που φθάνουν έως 2 mm και 0,5 mm αντίστοιχα. Το δείγμα έχει μεταλλική λάμψη.

Μικροσκοπική παρατήρηση

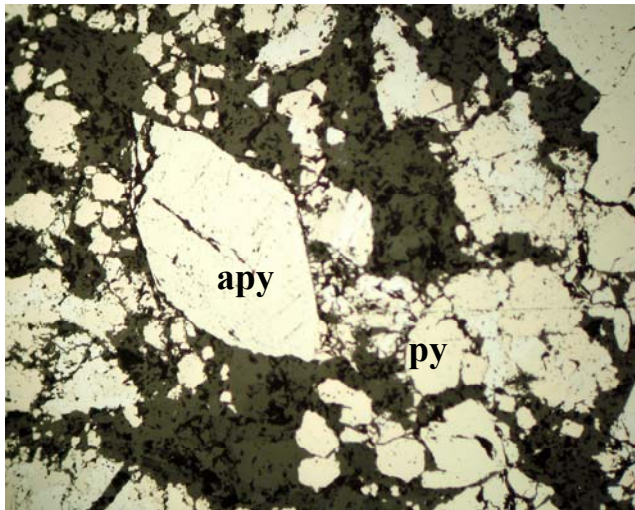
Ο αρσеноπυρίτης καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα του παρασκευάσματος και βρίσκεται σε σύμφυση με το σιδηροπυρίτη τον οποίο φαίνεται ότι αντικαθιστά. Ο αρσеноπυρίτης έχει μια χαρακτηριστική ιδιότητα η οποία καλείται ρομβική ψευδομόρφωση και για το λόγο αυτό εμφανίζεται με τη μορφή ρόμβων (Εικ. 3.3.2-3). Εντοπίζεται κυρίως με διάσπαρτους ιδιόμορφους κρυστάλλους μεγέθους έως 0.5 mm και έχει έντονη κατακλαστική υφή (Εικ. 3.3.2-3.). Σε ορισμένες περιπτώσεις πληρώνει τα κενά από τις κατακλάσεις του σιδηροπυρίτη.

Ο σιδηροπυρίτης εμφανίζεται με μορφή συσσωματωμάτων και ιδιόμορφων κρυστάλλων (Εικ. 3.3.4), με μέγεθος που φτάνει τα 2 mm. Επίσης εντοπίζεται διάσπαρτος και σε ορισμένες περιπτώσεις ως υπιδιόμορφοι κρύσταλλοι. Υπάρχουν επίσης και αλλοτριόμορφοι κόκκοι σιδηροπυρίτη. Ο σιδηροπυρίτης παρουσιάζει συχνά κατακλαστική υφή και συμφύεται με αρσеноπυρίτη, κοβαλτίνη και βουρνονίτη (Εικ. 3.3.2-3.).

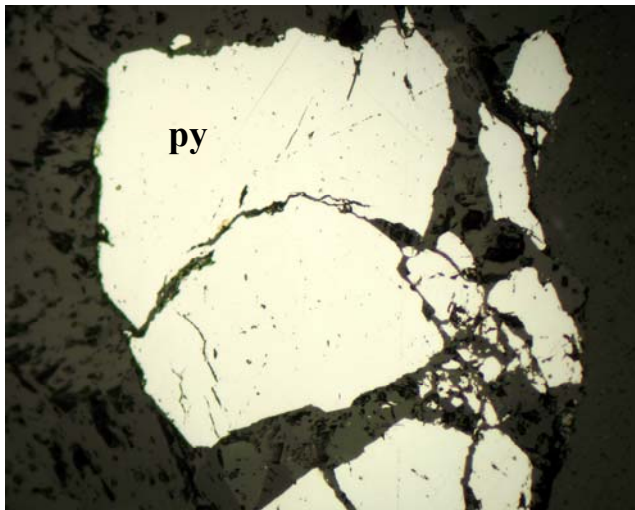
Σε πολύ μικρή ποσότητα εντοπίζονται μικροί κόκκοι κοβαλτίνη διάσπαρτοι μέσα στο σύνδρομο και σε σύμφυση με το σιδηροπυρίτη (Εικ. 3.3.5). Το μέγεθός τους φθάνει τα 100 μm. Περιφερειακά του κοβαλτίνη αναπτύσσεται βουρνονίτης, ο οποίος πληρώνει τα κενά από τις κατακλάσεις του σιδηροπυρίτη (Εικ. 3.3.5).



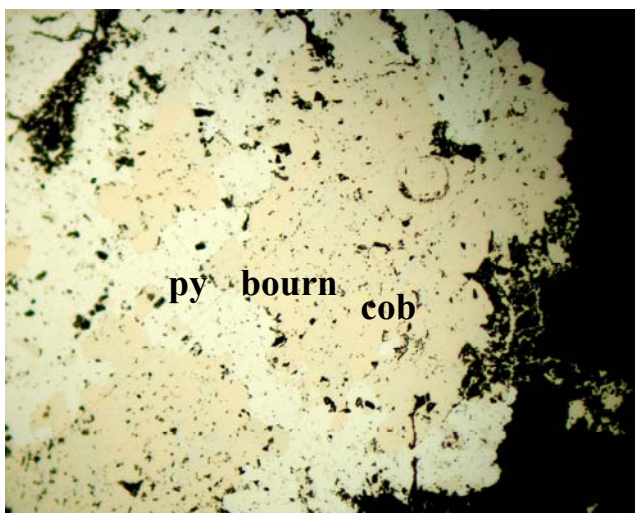
Εικ. 3.3.2. Σιδηροπυρίτης (py) σε σύμφυση με αρσеноπυρίτη (apy) με χαρακτηριστικό ρομβικό σχήμα. Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.3.3. Αρσеноπυρίτης (apy) με χαρακτηριστικό ρομβικό σχήμα σε σύμφυση με σιδηροπυρίτη (py). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.3.4. Αρσеноπυρίτης (apy) με χαρακτηριστικό ρομβικό σχήμα σε σύμφυση με σιδηροπυρίτη (py). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.3.5. Κοβαλτίνης (cob) και βουρνονίτης (bourn) σε σύμφυση με σιδηροπυρίτη (py). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.

3.4 Κωδικός δείγματος: 1.1.1.2.1 (AZ 60)

Στοιχεία δείγματος

Προέλευση: -

Ορυκτολογική σύσταση

Κύριο ορυκτό: Άργυρος, κοβαλτίνη, γκερσντορφίτης

Δευτερεύοντα ορυκτά: -

Ορυκτά σε ίχνη: ακανθίτης



Εικ. 3.4.1. Μακροσκοπική φωτογραφία μεταλλεύματος κοβαλτίνη. Δείγμα: 1.1.1.2.1 (AZ 60). Μήκος φωτογραφίας: 10 cm.

Μακροσκοπική παρατήρηση

Το δείγμα έχει μήκος 5,5 cm και πλάτος 4 cm (Εικ. 3.4.1). Αποτελείται κυρίως από άργυρο, κοβαλτίνη και γκερσντορφίτη, τα οποία μακροσκοπικά έχουν μία δενδριτική ανάπτυξη. Καταλαμβάνουν μεγάλο τμήμα του δείγματος.

Μακροσκοπική παρατήρηση

Ο άργυρος απαντά σε αλλοτριόμορφους κόκκους μέσα στον κοβαλτίνη και το μέγεθός τους κυμαίνεται από 20 μm έως περίπου 2 mm (Εικ. 3.4.2-10). Σπανιότερα εντοπίζεται με τη μορφή μικροφλεβιδίων κατά μήκος των μικροδιακλάσεων του κοβαλτίνη (Εικ. 3.4.4). Οι μικροαναλύσεις έδειξαν ότι ο άργυρος έχει τυπική χημική σύσταση χωρίς την παρουσία ιχνοστοιχείων. Ο χημικός τύπος του αργύρου που αναλύθηκε είναι Ag (Πίν. 3.4.1).

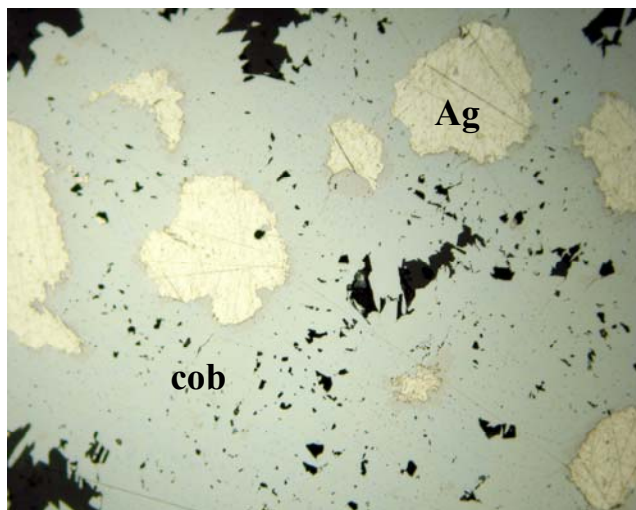
Ο κοβαλτίνης αναπτύσσεται επιταξιακά και περιφερειακά από τον άργυρο τον οποίο και εγκλείει (Εικ. 3.4.4-10). Το σχήμα του είναι αλλοτριόμορφο και συχνά βρίσκεται με την μορφή πρισματικών κρυστάλλων (Εικ. 3.4.3). Σύμφωνα με τις μικροαναλύσεις ο κοβαλτίνης περιέχει εκτός από Co , As και S , κατά μέσο όρο 5.28 wt% Fe και 1.69 wt% Ni . Ο χημικός τύπος του κοβαλτίνης που αναλύθηκε είναι $(\text{Co}_{0.77}\text{Fe}_{0.15}\text{Ni}_{0.05})\text{As}_{0.99}\text{S}_{1.04}$ (Πίν. 3.4.1).

Ο γκερσντορφίτης εμφανίζεται συχνά υπό μορφή εγκλεισμάτων μέσα στον άργυρο, με μέγεθος που φθάνει έως 100 μm (Εικ. 3.4.5). Σε άλλες περιπτώσεις συμφύεται με τον άργυρο σχηματίζοντας ιδιόμορφους ή αποστρογγυλομένους κόκκους (Εικ. 3.4.4). Το μέγεθός τους σε αυτές τις περιπτώσεις κυμαίνεται από 10 μm έως περίπου 200 μm . Σπανιότερα εντοπίζεται γκερσντορφίτης που αναπτύσσεται περιφερειακά των κόκκων του αργύρου (Εικ. 3.4.4, 3.4.8, 3.4.9, 3.4.10). Με βάση τις μικροαναλύσεις ο γκερσντορφίτης περιέχει 17.96 και 16.91 wt% Co καθώς και 1.88 και 2.20 wt% Fe . Λόγω των υψηλών περιεκτικοτήτων σε Co χαρακτηρίζεται ως «κοβαλτιούχος γκερσντορφίτης». Ο χημικός τύπος του γκερσντορφίτη που αναλύθηκε είναι $(\text{Ni}_{0.36}\text{Co}_{0.53}\text{Fe}_{0.06})\text{As}_{1.00}\text{S}_{1.05}$ (Πίν. 3.4.1).

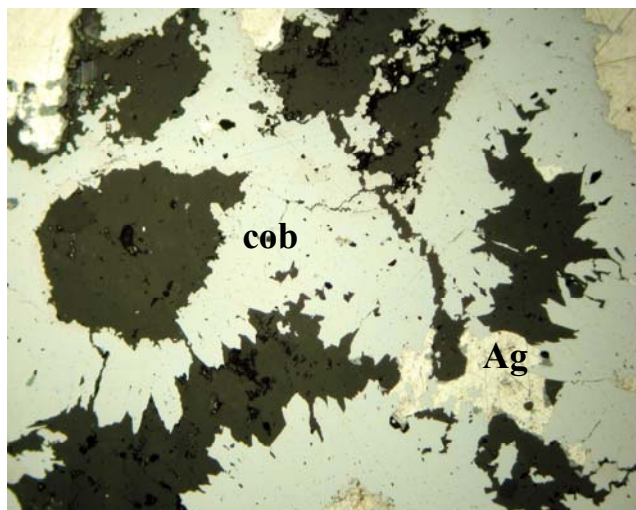
Ο ακανθίτης βρίσκεται σε ίχνη υπό μορφή μικρών κόκκων περιφερειακά του αργύρου σε σύμφυση με γκερσντορφίτη (Εικ. 3.4.7, 3.4.10). Το μέγεθος των κόκκων του ακανθίτη φθάνει έως τα 50 μm . Οι μικροαναλύσεις έδειξαν ότι ο ακανθίτης έχει τυπική χημική σύσταση. Ο χημικός τύπος του ακανθίτη που αναλύθηκε είναι $\text{Ag}_{2.01}\text{S}_{0.99}$ (Πίν. 3.4.1).

Πίνακας 3.4.1. Χημική σύσταση του αυτοφυούς αργύρου, του κοβαλτίνης, του γκερσντορφίτη και του ακανθίτη του δείγματος 1.1.1.2.1.. Η κάθε ανάλυση αποτελεί μέσο όρο 3 μικροαναλύσεων. Bd: κάτω από το όριο ανιχνευσιμότητας, -: δεν αναλύθηκε.

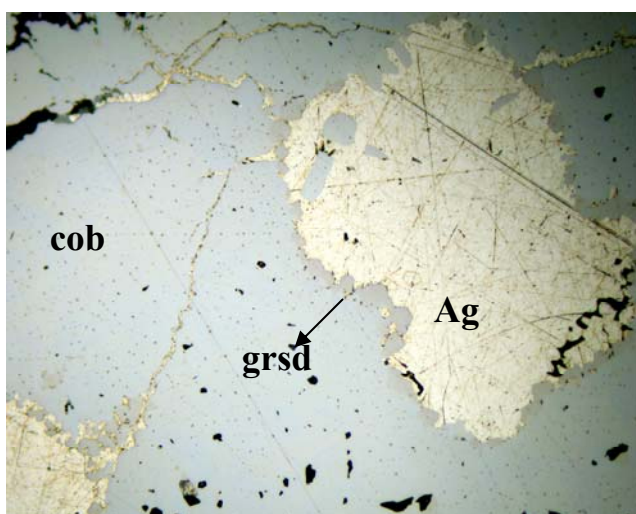
	Αργυρος	Κοβαλτίνης	Γκερσντορφίτης	Γκερσντορφίτης	Ακανθίτης
Ga	Bd	-	-	-	-
Ge	Bd	-	-	-	-
Se	Bd	-	-	-	-
Ag	100.84	Bd	Bd	Bd	87.22
In	Bd	-	-	-	Bd
Bi	Bd	-	-	-	Bd
Fe	-	5.28	1.88	2.20	Bd
Co	-	27.73	20.96	16.91	Bd
Ni	-	1.69	12.32	13.33	Bd
As	-	45.08	45.49	45.84	0.00
S	-	20.36	20.25	20.72	12.83
Σύν	100.84	100.14	100.90	99.00	100.05
Αριθμός ιόντων					
Ga	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Se	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ag	1.00	0.00	0.00	0.00	2.01
In	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.00	0.15	0.05	0.07	0.00
Co	0.00	0.77	0.58	0.48	0.00
Ni	0.00	0.05	0.34	0.38	0.00
As	0.00	0.99	0.99	1.01	0.00
S	0.00	1.04	1.03	1.07	0.99
Σύν	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00



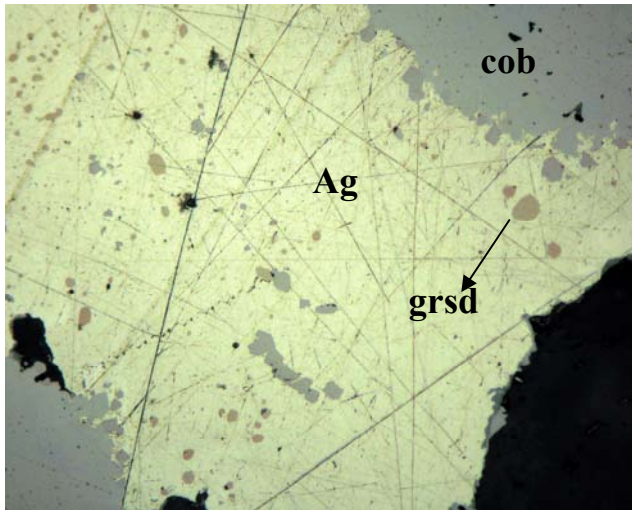
Εικ. 3.4.2. Άργυρος (Ag) σε σύμφυση με κοβαλτίνη (cob). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



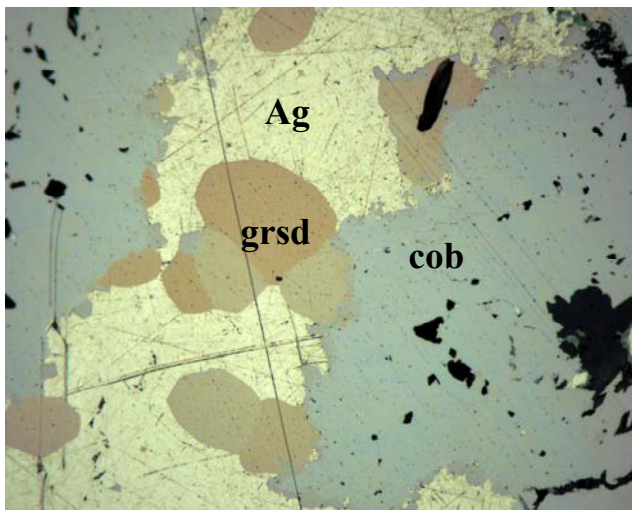
Εικ. 3.4.3. Άργυρος (Ag) σε σύμφυση με κοβαλτίνη (cob). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



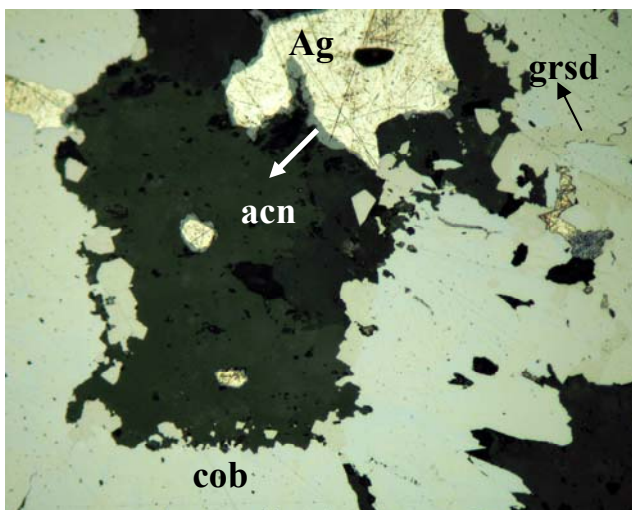
Εικ. 3.4.4. Άργυρος (Ag) σε σύμφυση με κοβαλτίνη (cob) και μικροφλεβίδια αργύρου σε κοβαλτίνη. Γκερσντορφίτης (grsd) περιφερειακά του αργύρου. Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 25 mm.



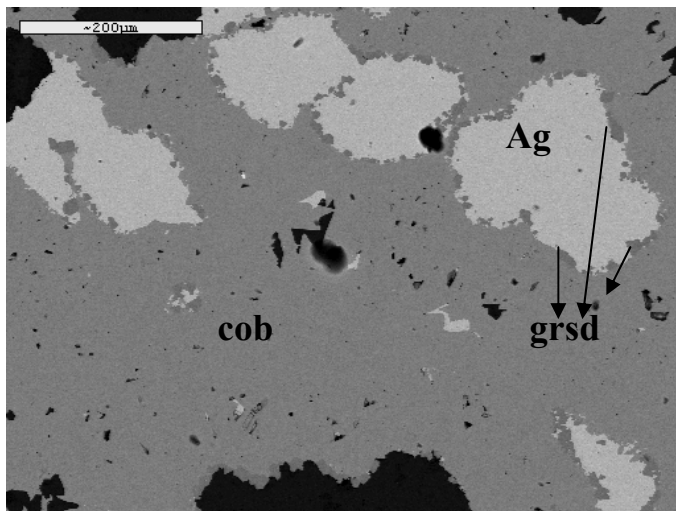
Εικ. 3.4.5. Άργυρος (Ag) σε σύμφυση με κοβαλτίνη (cob). Εγκλείσματα γκερσντορφίτη (grsd) μέσα στον άργυρο. Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 25 mm.



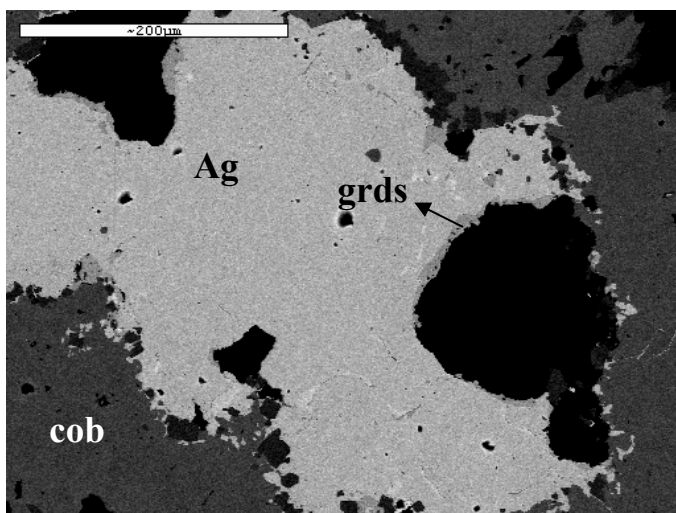
Εικ. 3.4.6. Άργυρος (Ag) σε σύμφυση με κοβαλτίνης (cob) και γκερσντορφίτη (grsd). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



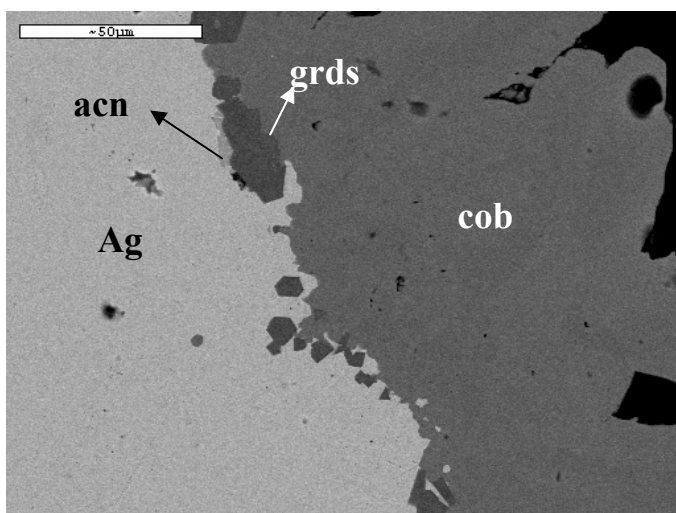
Εικ. 3.4.7. Άργυρος (Ag) σε σύμφυση με κοβαλτίνης (cob) και γκερσντορφίτη (grsd). Ακανθίτης (acn) που αναπτύσσεται περιφερειακά του αργύρου. Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.4.8. Άργυρος (Ag) σε σύμφυση με κοβαλτίνη (cob) και γκερσντορφίτη (grsd). Στιλπνή τομή, SEM, εικόνα οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων.



Εικ. 3.4.9. Άργυρος (Ag) σε σύμφυση με κοβαλτίνη (cob) και γκερσντορφίτη (grsd). Στιλπνή τομή, SEM, εικόνα οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων.



Εικ. 3.4.10. Άργυρος (Ag) σε σύμφυση με κοβαλτίνη (cob) ακανθίτη (acn) και γκερσντορφίτη (grsd). Στιλπνή τομή, SEM, εικόνα οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων.

3.5 Κωδικός δείγματος: 3.4.3.2.1 (AZ 65)

Στοιχεία δείγματος

Προέλευση: -

Ορυκτολογική σύσταση

Κύριο ορυκτό: Βουρνονίτης

Δευτερεύοντα ορυκτά: σιδηροπυρίτης

Ορυκτά σε ίχνη: γαληνίτης



Εικ. 3.5.1. Μακροσκοπική φωτογραφία μεταλλεύματος βουρνονίτη. Δείγμα: 3.4.3.2.1 (AZ 65). Μήκος φωτογραφίας: 10 cm.

Μακροσκοπική παρατήρηση

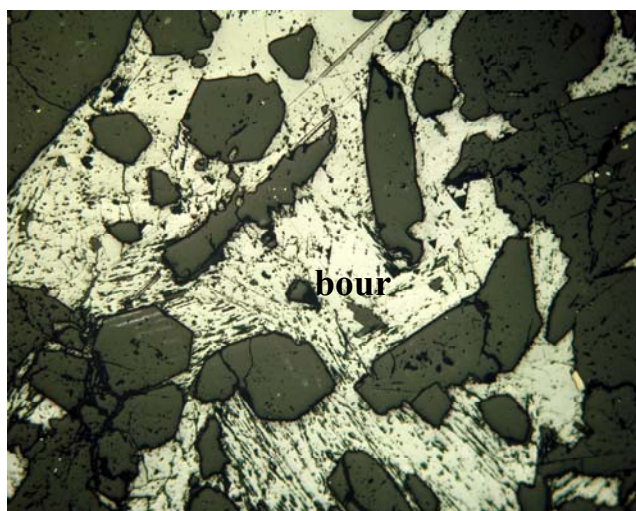
Από την μακροσκοπική εξέταση συμπεραίνουμε ότι το δείγμα αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από βουρνονίτη. Σχηματίζει μαζώδη συσσωματώματα κόκκων μεγέθους που φθάνουν έως 0,5 mm. Έχει μολυβδότεφρο χρώμα και μεταλλική λάμψη. Το δείγμα έχει μήκος 6,5 cm και πλάτος 3 cm (Εικ. 3.5.1).

Μικροσκοπική παρατήρηση

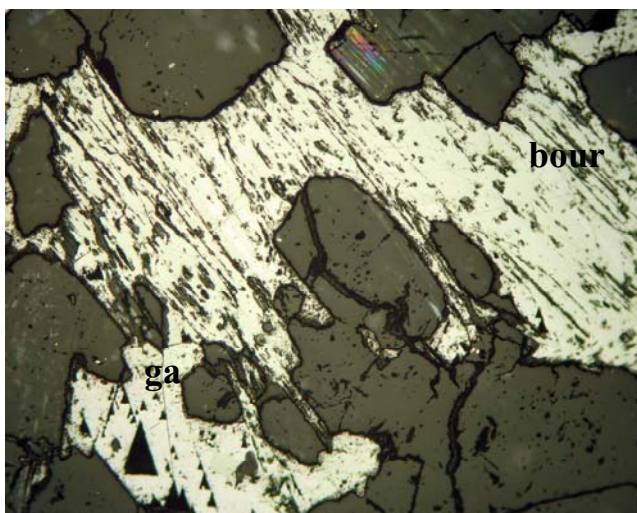
Ο βουρνονίτης καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα του δείγματος και εμφανίζεται με μορφή διάσπαρτων συμπαγών κόκκων ή συσσωματωμάτων μεγέθους έως 0.5 mm (Εικ. 3.5.2-5). Συχνά συμφύεται με σιδηροπυρίτη (Εικ. 3.5.4-5) και γαληνίτη (Εικ. 3.5.3), αλλά και ιδιόμορφους κρυστάλλους χαλαζία που αποτελούν το σύνδρομο ορυκτό. Ο βουρνονίτης αναπτύσσεται γύρω από το σιδηροπυρίτη (Εικ. 3.5.4) και σε ορισμένες περιπτώσεις διεισδύει σ' αυτόν με τη μορφή μικροφλεβιδίων. Το σχήμα των κόκκων του βουρνονίτη είναι ανώμαλο. Ο βουρνονίτης εμφανίζει χαρακτηριστικές πολυδυμίες "παρκέ".

Ο σιδηροπυρίτης βρίσκεται υπό μορφή διάσπαρτων κόκκων, μέσα στο βουρνονίτη, με μέγεθος έως 200 μm (Εικ. 3.5.4-5). Οι κόκκοι αυτοί συνήθως έχουν ανώμαλο σχήμα και σπανιότερα εντοπίζονται υπό μορφή ιδιόμορφων κρυστάλλων (Εικ. 3.5.5). Ο σιδηροπυρίτης παρουσιάζει κατακλαστική υφή λόγω της τεκτονικής παραμόρφωσης. Συχνά εμφανίζονται με τη μορφή φλεβιδίων μέσα στο σύνδρομο ορυκτό.

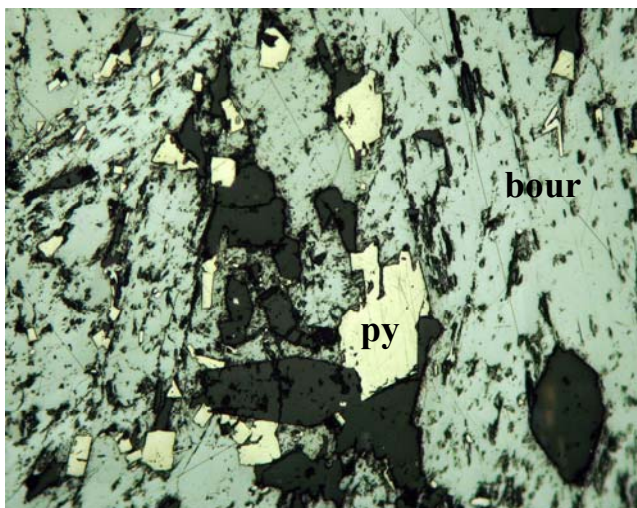
Ο γαληνίτης βρίσκεται σε ίχνη και εμφανίζεται με διάσπαρτους συμπαγείς κόκκους μεγέθους έως 100 μm (Εικ. 3.5.3). Συμφύεται με βουρνονίτη και το σχήμα του είναι ανώμαλο.



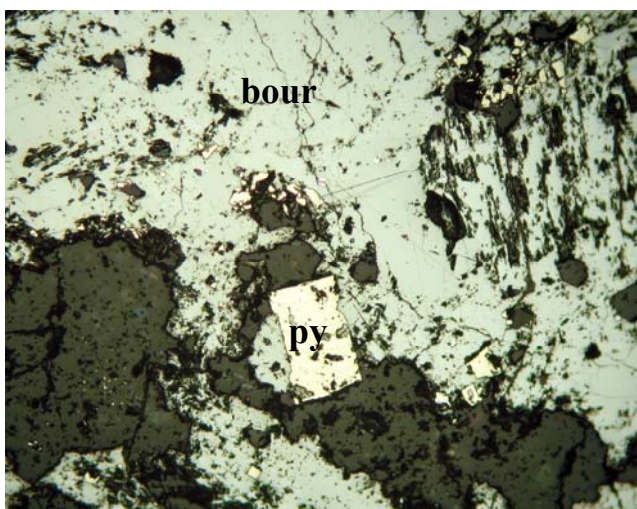
Εικ. 3.5.2. Κόκκοι βουρνονίτη (bour). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.5.3. Κόκκοι βουρνονίτη (bour) σε σύμφυση με γαληνίτη (ga). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.5.4. Βουρνονίτης (bour) σε σύμφυση με σιδηροπυρίτη (py). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.5.5. Βουρνονίτης (bour) σε σύμφυση με ιδιόμορφο σιδηροπυρίτη (py). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.

3.6 Κωδικός δείγματος: 3.4.3.2.2 (AZ 69)

Στοιχεία δείγματος

Προέλευση: -

Ορυκτολογική σύσταση

Κύριο ορυκτό: Βουρνονίτης

Δευτερεύοντα ορυκτά: σφαλερίτης

Ορυκτά σε ίχνη: -



Εικ. 3.6.1. Μακροσκοπική φωτογραφία του μεταλλεύματος βουρνονίτη. Δείγμα: 3.4.3.2 (AZ 69). Μήκος φωτογραφίας: 10 cm.

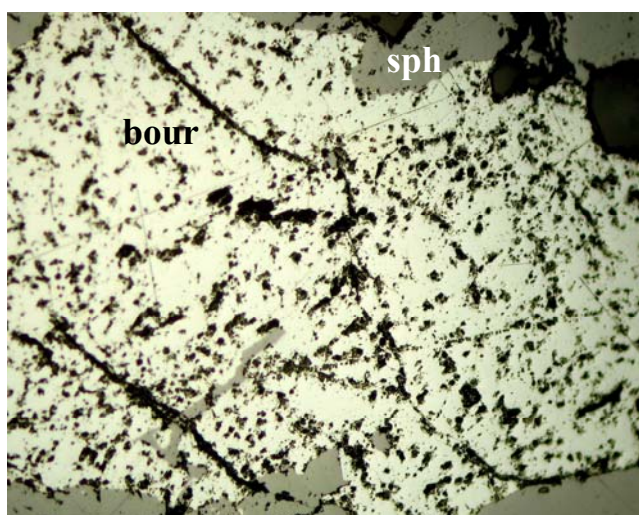
Μακροσκοπική παρατήρηση

Από την μακροσκοπική εξέταση συμπεραίνουμε ότι το δείγμα αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από βουρνονίτη. Σχηματίζει μαζώδη συσσωματώματα κόκκων μεγέθους που φθάνουν έως 2-3 mm. Έχει μολυβδότεφρο χρώμα και μεταλλική λάμψη. Το δείγμα έχει μήκος 8 cm και πλάτος 4 cm (Εικ. 3.6.1).

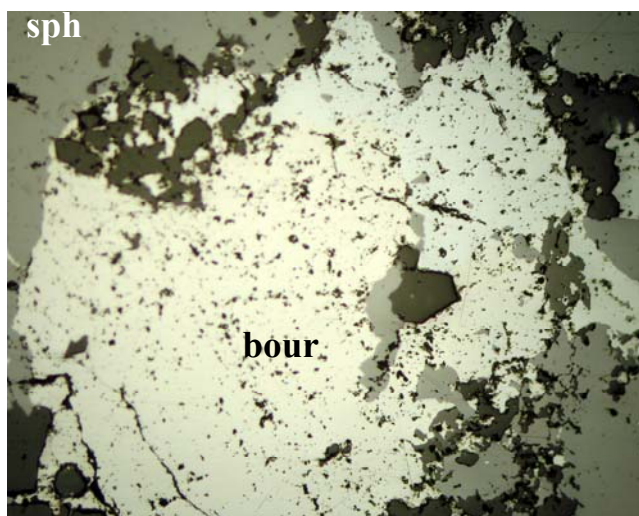
Μικροσκοπική παρατήρηση

Ο βουρνονίτης καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα του δείγματος και εμφανίζεται υπό μορφή διάσπαρτων συμπαγών κόκκων ή συσσωματωμάτων κόκκων μεγέθους έως 2-3 mm (Εικ. 3.6.2-4). Συμφύεται με σφαλερίτη (Εικ. 3.6.2-6) και σε ορισμένες περιπτώσεις διεισδύει σ' αυτόν με τη μορφή μικροφλεβιδίων (Εικ. 3.6.2-6). Το σχήμα των κόκκων του βουρνονίτη είναι ανώμαλο. Συχνά παρουσιάζει πορώδη επιφάνεια.

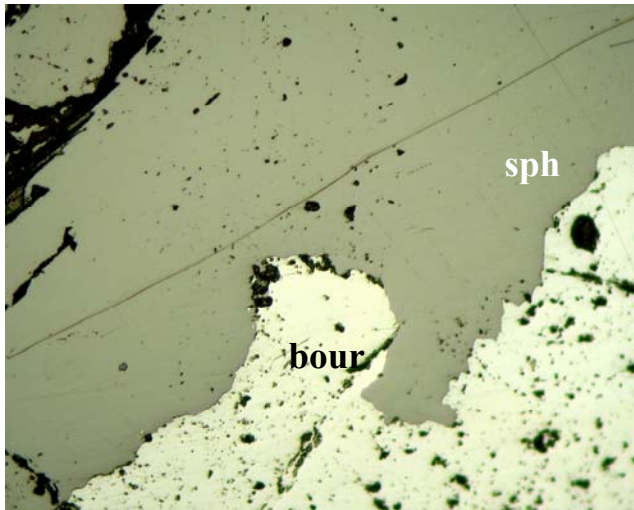
Ο σφαλερίτης εγκλείεται στο βουρνονίτη και βρίσκεται κυρίως με τη μορφή κόκκων ή υπό μορφή μικροφλεβιδίων, κατά μήκος των σπασιμάτων του βουρνονίτη. Διακρίνεται στο δείγμα λόγω των εσωτερικών ανακλάσεων που παρουσιάζει στο μικροσκόπιο. Σπανιότερα εντοπίζεται σε διάσπαρτους κόκκους μεγέθους έως 5 mm, που έχουν ανώμαλο σχήμα. Το μέγεθός τους φτάνει έως 0,5cm. Ο σφαλερίτης παρουσιάζει επίσης έντονη κατακλαστική υφή.



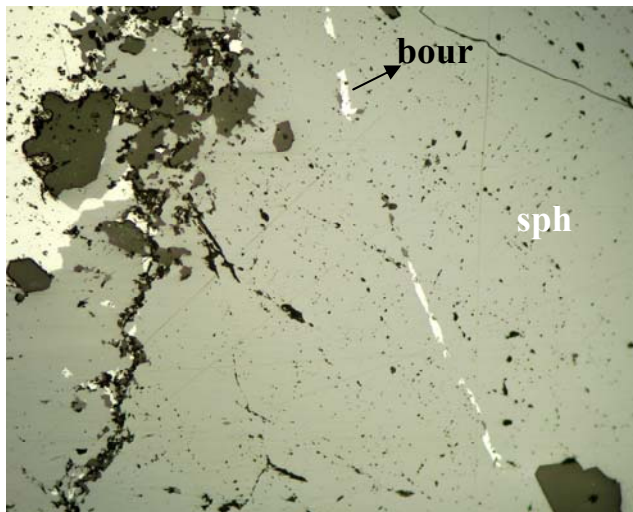
Εικ. 3.6.2. Βουρνονίτης (bour) σε σύμφυση με σφαλερίτη (sph). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



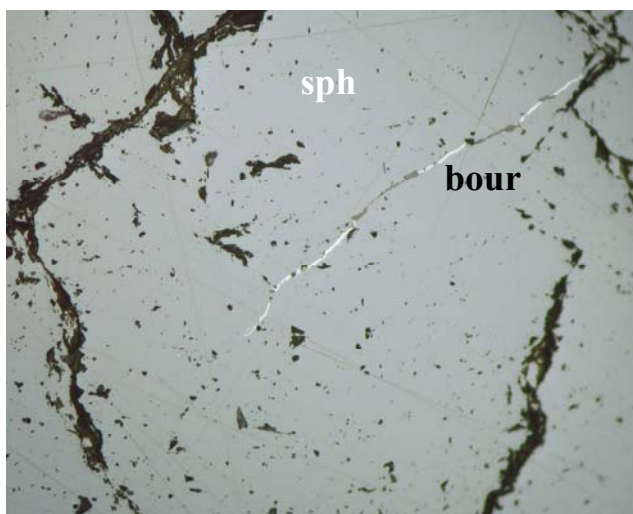
Εικ. 3.6.3. Βουρνονίτης (bour) σε σύμφυση με σφαλερίτη (sph). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.6.4. Βουρνονίτης (bour) σε σύμφυση με σφαλερίτη (sph). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.6.5. Βουρνονίτης (bour) που διεισδύει σε σφαλερίτη (sph) υπό μορφή φλεβιδίου. Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.6.6. Βουρνονίτης (bour) που διεισδύει σε σφαλερίτη (sph) υπό μορφή φλεβιδίου. Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.

3.7. Κωδικός δείγματος: 3.4.3.2.3 (AZ 76)

Στοιχεία δείγματος

Προέλευση: Ολυμπιάδα Χαλκιδικής

Ορυκτολογική σύσταση

Κύριο ορυκτό: Βουλανζερίτης

Δευτερεύοντα ορυκτά: αρσеноπυρίτης, σιδηροπυρίτης, σφαλερίτης, γραφίτης, χαλκοπυρίτης

Ορυκτά σε ίχνη: γαληνίτης



Εικ. 3.7.1. Μακροσκοπική φωτογραφία μεταλλεύματος βουλανζερίτη. Δείγμα: 3.4.3.2.3 (AZ 76). Μήκος φωτογραφίας: 10 cm.

Μακροσκοπική παρατήρηση

Το δείγμα έχει μήκος 6,5 cm και πλάτος 4,5 cm (Εικ. 3.7.1). Αποτελείται κυρίως από βουλανζερίτη, ο οποίος βρίσκεται υπό μορφή βελονοειδών κρυστάλλων. Καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα του δείγματος. Σε μικρότερο ποσοστό διακρίνονται ο σιδηροπυρίτης και ο σφαλερίτης μέσα στο χαλαζία

Μικροσκοπική παρατήρηση

Τα μεταλλικά ορυκτά του δείγματος είναι βουλανζερίτης, σιδηροπυρίτης, αρσеноπυρίτης, σφαλερίτης, χαλκοπυρίτης και γραφίτης (Εικ. 4.7.2-10).

Ο βουλανζερίτης καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα του δείγματος και εμφανίζεται υπό μορφή διάσπαρτων κόκκων ή συσσωματωμάτων κόκκων μεγέθους από 50 έως 600 μm (Εικ. 3.7.2-6). Ο βουλανζερίτης συμφύεται με σιδηροπυρίτη, αρσеноπυρίτη και σφαλερίτη (Εικ. 3.7.2-5) και σε ορισμένες περιπτώσεις βρίσκεται υπό μορφή εγκλεισμάτων στο σιδηροπυρίτη (Εικ. 3.7.3). Οι κόκκοι του βουλανζερίτη έχουν σχήμα ανώμαλο και συχνά σχηματίζουν ευμεγέθεις βελόνες (Εικ. 3.7.6). Ο βουλανζερίτης παρουσιάζει πορώδη επιφάνεια. Οι μικροαναλύσεις έδειξαν ότι έχει τυπική χημική σύσταση. Στην περίπτωση αυτή ο χημικός τύπος του βουλανζερίτη που αναλύθηκε είναι $\text{Pb}_{4.94}\text{Sb}_{4.10}\text{S}_{10.96}$ (Πίν. 3.4.2). Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις ο βουλανζερίτης περιέχει εκτός από Pb, Sb και S, κατά μέσο όρο 2.21. wt% Fe. Ο χημικός τύπος του στην περίπτωση αυτή είναι $\text{Pb}_{55}\text{Fe}_{0.71}\text{Sb}_{3.78}\text{S}_{10.96}$ (Πίν. 3.4.2).

Ο σιδηροπυρίτης βρίσκεται υπό μορφή διάσπαρτων κόκκων, με μέγεθος έως 500 μm (Εικ. 3.7.2-4) και συμφύεται με αρσеноπυρίτη (Εικ. 3.7.7). Ο σιδηροπυρίτης βρίσκεται υπό μορφή ιδιόμορφων κρυστάλλων μεγέθους έως 500 μm (Εικ. 3.7.2). Παρουσιάζει κατακλαστική υφή λόγω τεκτονικής παραμόρφωσης. Προηγείται του σχηματισμού του βουλανζερίτη.

Ο σφαλερίτης βρίσκεται σε σύμφυση με βουλανζερίτη (Εικ. 3.7.4). Συχνά πληρώνει τα κενά ανάμεσα στο σιδηροπυρίτη και τον αρσеноπυρίτη. Βρίσκεται υπό μορφή αλλοτριόμορφων κόκκων και το μέγεθός τους φθάνει έως 200 μm . Παρουσιάζει εξιδρωματικό ιστό απόμειξης με σταγονίδια χαλκοπυρίτη («ασθένεια χαλκοπυρίτη»), κάτι που δείχνει ότι το μέταλλευμα είναι υδροθερμικού τύπου (Εικ. 3.7.4).

Ο αρσеноπυρίτης έχει μια χαρακτηριστική ιδιότητα η οποία καλείται ρομβική ψευδομόρφωση και για το λόγο αυτό εμφανίζεται με τη μορφή ρόμβων (Εικ. 3.7.5,7,8). Εντοπίζεται κυρίως υπό μορφή διάσπαρτων ιδιόμορφων κρυστάλλων μεγέθους έως 200 μm . Επίσης βρίσκεται υπό μορφή εγκλεισμάτων στον βουλανζερίτη και συμφύεται με σιδηροπυρίτη. Ο αρσеноπυρίτης παρουσιάζει κατακλαστική υφή. Οι μικροαναλύσεις έδειξαν ότι έχει τυπική χημική σύσταση. Ο χημικός τύπος του αρσеноπυρίτη που αναλύθηκε είναι $\text{Fe}_{0.97}\text{As}_{0.94}\text{S}_{1.10}$ (Πίν. 3.4.2).

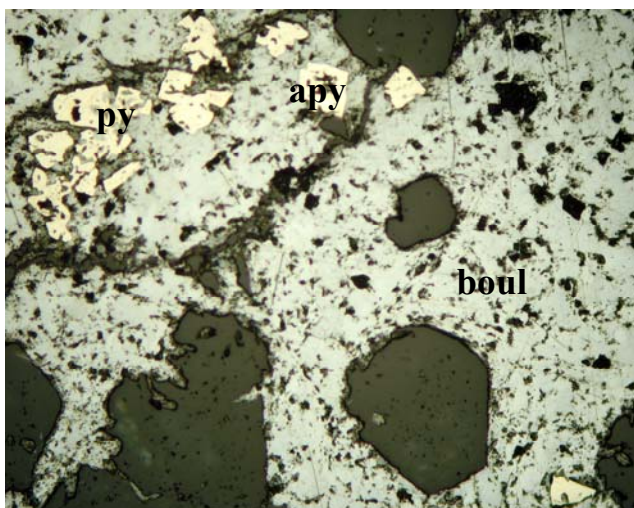
Ο γραφίτης απαντά με τη μορφή κεκαμμένων φύλλων (Εικ. 3.7.9-10). Βρίσκεται σε σύμφυση με σιδηροπυρίτη και αρσеноπυρίτη.

Ο χαλκοπυρίτης βρίσκεται μόνο με τη μορφή εξιδρωματικού ιστού απόμειξης σε σταγονίδια, μέσα στο σφαλερίτη (Εικ. 3.7.4).

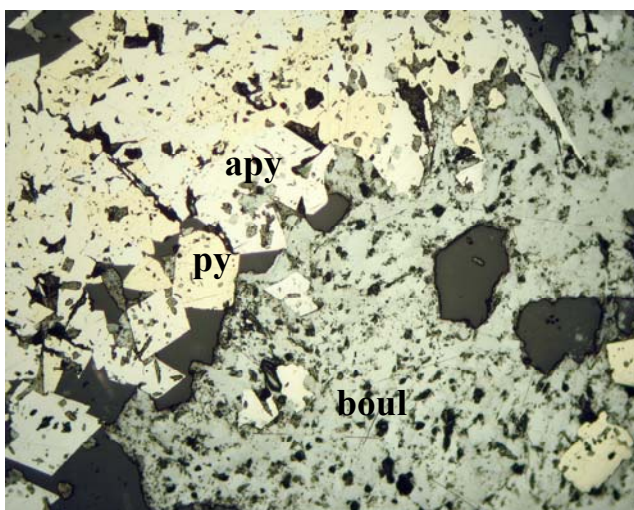
Ο γαληνίτης εντοπίζεται μόνο σε ίχνη και πληρώνει τα κενά ανάμεσα στο σιδηροπυρίτη και τον αρσενοπυρίτη (Εικ. 3.7.6). Βρίσκεται υπό μορφή αλλοτριόμορφων κόκκων και το μέγεθός τους φθάνει έως 20 μm . Σύμφωνα με τις μικροαναλύσεις ο γαληνίτης εκτός από Pb και S, περιέχει κατά μέσο όρο 4.20 wt% Sb. Ο χημικός τύπος του γαληνίτη που αναλύθηκε είναι $\text{Pb}_{0.89}\text{Sb}_{0.08}\text{S}_{1.03}$ (Πίν. 3.4.1).

Πίνακας 3.4.2. Χημική σύσταση των ορυκτών του δείγματος 3.4.3.2.3 με βάση τις μικροαναλύσεις. Η κάθε ανάλυση αποτελεί μέσο όρο 3 μικροαναλύσεων. Bd: κάτω από το όριο ανιχνευσιμότητας, -: δεν αναλύθηκε.

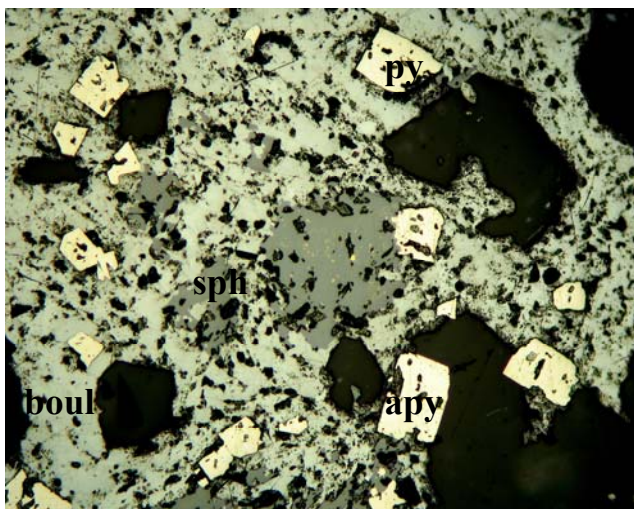
	Βουλανξερίτης	Βουλανξερίτης	Αρσενοπυρίτης	Γαληνίτης
Ag	bd	bd	bd	bd
Pb	54.40	52.30	0.00	81.04
Sb	26.57	25.56	0.00	4.20
Fe	bd	2.21	34.08	-
Co	-	-	bd	-
Ni	-	-	bd	-
As	-	-	44.42	-
S	18.69	19.51	22.20	14.56
Σύν	99.66	99.58	100.70	99.80
Αριθμός ιόντων				
Ag	0.00	0.00	0.00	0.00
Pb	4.94	4.55	0.00	0.89
Sb	4.10	3.78	0.00	0.08
Fe	0.00	0.71	0.97	0.00
Co	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00
As	0.00	0.00	0.94	0.00
S	10.96	10.96	1.10	1.03
Σύν	20.00	20.00	3.00	2.00



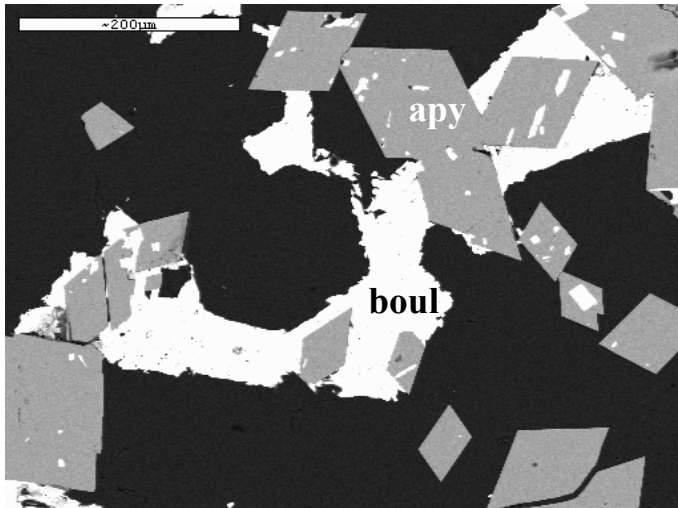
Εικ. 3.7.2. Βουλανζερίτης (boul) σε σύμφυση με σιδηροπυρίτη (py) και αρσеноπυρίτη (apy). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0,50 mm.



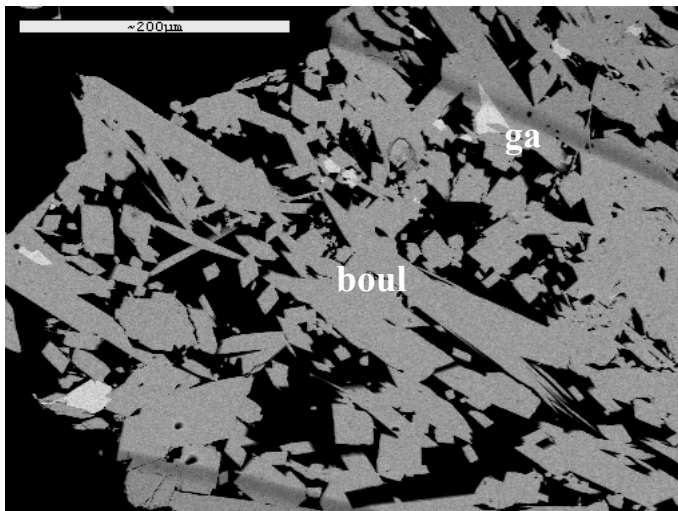
Εικ. 3.7.3. Βουλανζερίτης (boul) σε σύμφυση με σιδηροπυρίτη (py) και αρσеноπυρίτη (apy). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0,50 mm.



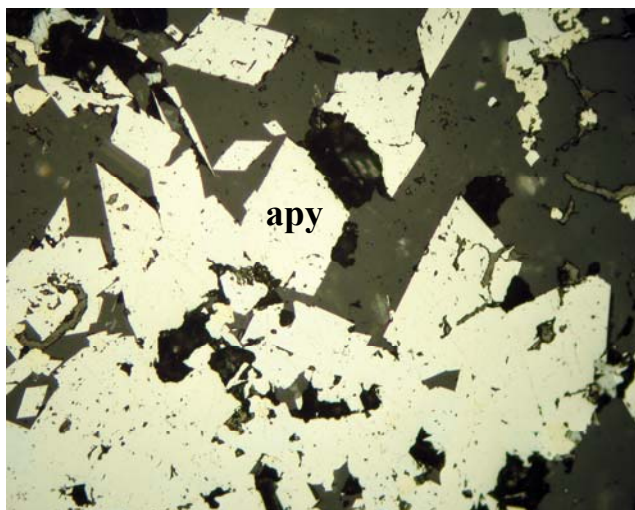
Εικ. 3.7.4. Βουλανζερίτης (boul) σε σύμφυση με σφαλερίτη (sph), σιδηροπυρίτη (py) και αρσеноπυρίτη (apy). Ο σφαλερίτης με σταγονίδια χαλκοπυρίτη (cpy). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0,50 mm.



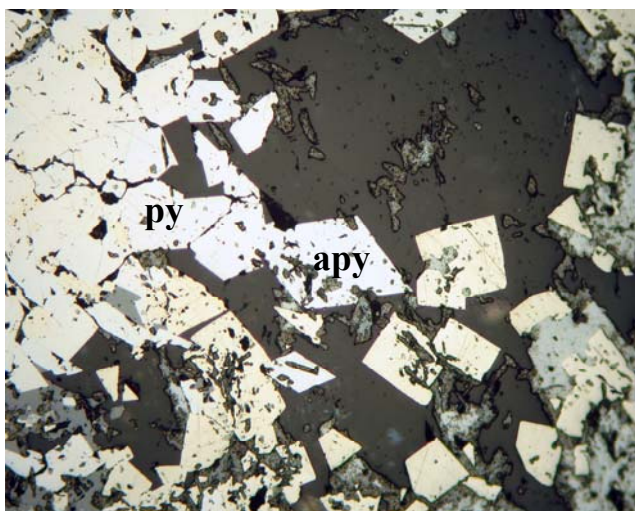
Εικ. 3.7.5. Βουλανζερίτης (boul) σε σύμφυση με αρσеноπυρίτη (apy). Στιλπνή τομή, SEM, εικόνα οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων.



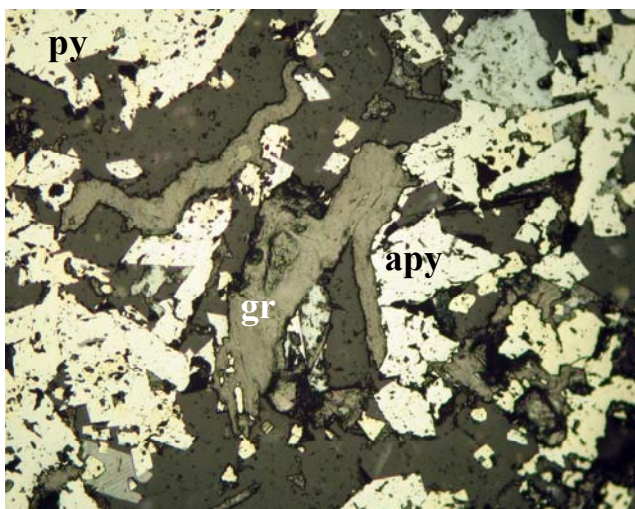
Εικ. 3.7.6. Βουλανζερίτης (boul) με βελονοειδή μορφή σε σύμφυση με γαληνίτη (ga). Στιλπνή τομή, SEM, εικόνα οπισθοανακλώμενων ηλεκτρονίων.



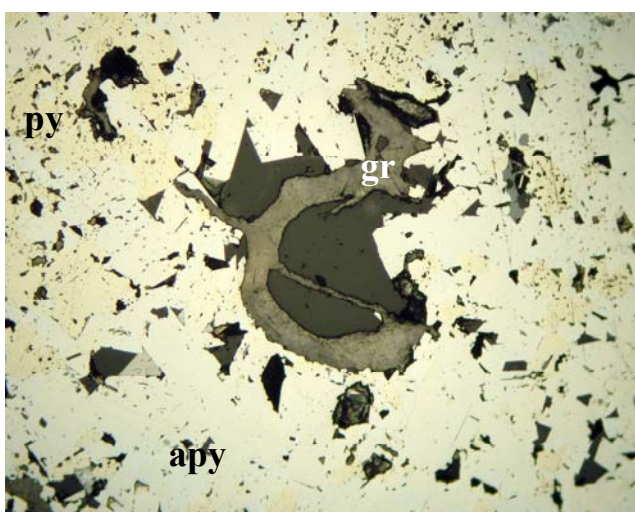
Εικ. 3.7.7. Αρσеноπυρίτης (apy) σε ιδιόμορφους κρυστάλλους. Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0,25 mm.



Εικ. 3.7.8. Αρσеноπυρίτης (apy) σε σύμφυση με σιδηροπυρίτη (py) και βυρλανζεριτή (boul). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.7.9. Γραφίτης (gr) υπό μορφή φυλλαρίων σε σύμφυση με σιδηροπυρίτη (py) και αρσеноπυρίτη (apy). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0,25 mm.



Εικ. 3.7.10. Γραφίτης (gr) υπό μορφή φυλλαρίων σε σύμφυση με σιδηροπυρίτη (py) και αρσеноπυρίτη (apy). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.

3.8. Κωδικός δείγματος: 7.2.2.3.7 (AZ 110)

Στοιχεία δείγματος

Προέλευση: -

Ορυκτολογική σύσταση

Κύριο ορυκτό: Μαγνητίτης

Δευτερεύοντα ορυκτά: -

Ορυκτά σε ίχνη: -



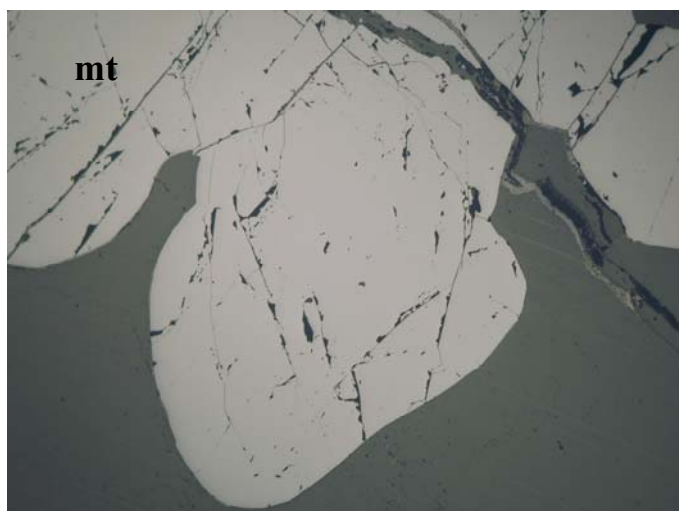
Εικ. 3.8.1. Μακροσκοπική φωτογραφία μεταλλεύματος μαγνητίτη. Δείγμα: 7.2.2.3.7 (AZ 110). Μήκος φωτογραφίας: 10 cm.

Μακροσκοπική παρατήρηση

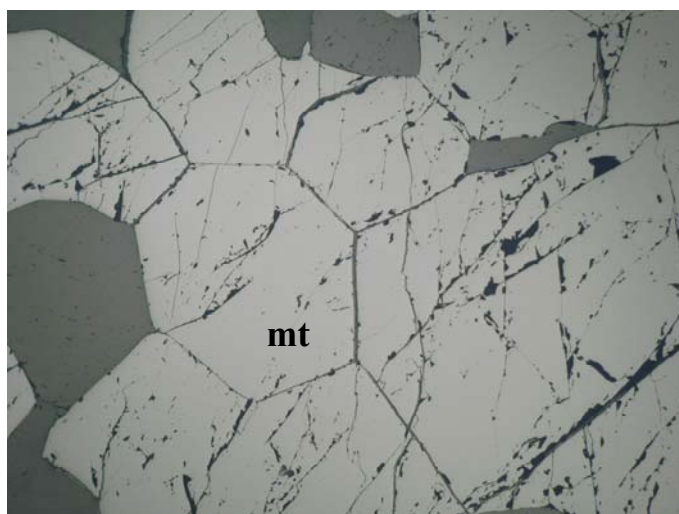
Το δείγμα έχει μήκος 7,5 cm και πλάτος 5,5 cm (Εικ. 3.8.1). Αποτελείται αποκλειστικά από μαγνητίτη που σχηματίζει ιδιόμορφους κρυστάλλους πολλές φορές υπό μορφή συσσωματωμάτων μεγέθους που φθάνουν έως μεγέθους έως 1,5 mm.

Μικροσκοπική παρατήρηση

Το παρασκεύασμα αποτελείται αποκλειστικά από μαγνητίτη. Ο μαγνητίτης εμφανίζεται υπό μορφή ιδιόμορφων κρυστάλλων μεγέθους έως 1,5 mm που πολλές φορές είναι αποστρογγυλωμένοι (Εικ. 3.8.2). Συχνά εντοπίζονται εξάεδρα σε τομή που δείχνουν το ιδιόμορφο σχήμα του μαγνητίτη. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι κρύσταλλοι μαγνητίτη σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 120° δημιουργώντας έτσι «τριπλά σημεία επαφής» (triple junction points) (Εικ. 3.8.3). Πολλές φορές ο μαγνητίτης παρουσιάζει κατακλαστική υφή λόγω τεκτονικής παραμόρφωσης (Εικ. 3.8.3).



Εικ. 3.8.2. Μαγνητίτης (mt) υπό μορφή αποστρογγυλωμένων κρυστάλλων. Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0, 50 mm.



Εικ. 3.8.3. Μαγνητίτης (mt) υπό μορφή ιδιόμορφων κρυστάλλων με κατακλαστική υφή που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 120° . Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0,50 mm.

3.9. Κωδικός δείγματος: 2.8.1.4_1 (AZ 111)

Στοιχεία δείγματος

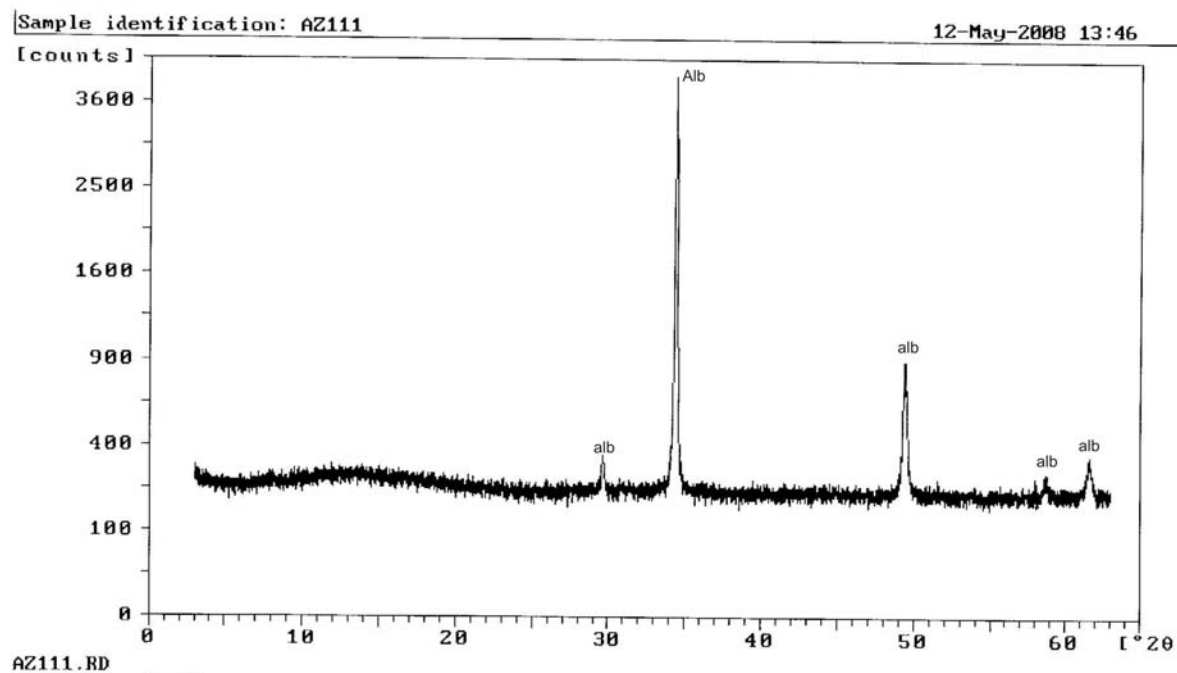
Ορυκτολογική σύσταση- Κύριο ορυκτό: Αλαβανδίτης



Εικ. 3.9.1. Μακροσκοπική φωτογραφία του δείγματος 2.8.1.4_1 (AZ 111). Μήκος φωτογραφίας: 10 cm.

Μακροσκοπική παρατήρηση

Το δείγμα έχει μήκος 10 cm και πλάτος 2,5 cm (Εικ. 3.9.1). Αποτελείται, όπως έδειξε η ακτινογραφική μελέτη (Σχ. 3.9.2) αποκλειστικά από αλαβανδίτη που σχηματίζει συσσωματώματα. Έχει χρώμα μαύρο-καστανό.



Σχήμα 3.9.2. Διάγραμμα ακτίνων X του δείγματος 2.8.1.4_1 (AZ 111). Alb: Αλαβανδίτης.

3.10. Κωδικός δείγματος: 7.5.1.3.1 (AZ 174)

Στοιχεία δείγματος

Προέλευση: ΓΚΙΣΕΝ ΕΣΣΥ ΓΕΡΜΑΝΙΑΣ

Ορυκτολογική σύσταση

Κύριο ορυκτό: Βραουνίτης, Πυρολουσίτης

Δευτερεύοντα ορυκτά: -

Ορυκτά σε ίχνη: -



Εικ. 3.10.1. Μακροσκοπική φωτογραφία μεταλλεύματος βραουνίτη, πυρολουσίτη. Δείγμα: 7.5.1.3.1 (AZ 174). Μήκος φωτογραφίας: 10 cm.

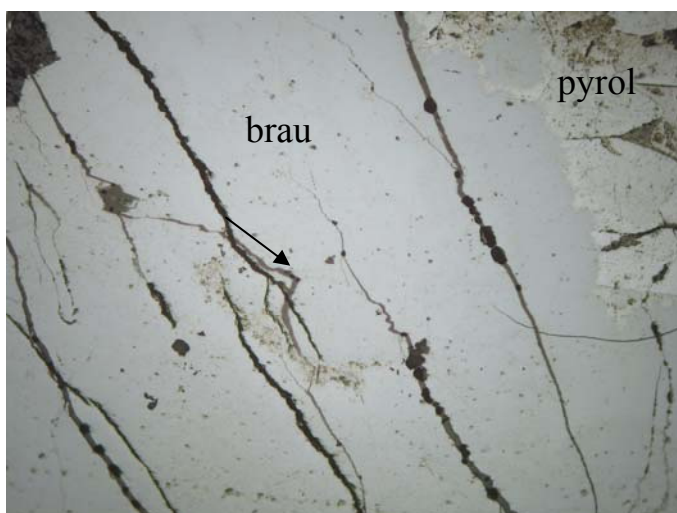
Μακροσκοπική παρατήρηση

Από την μακροσκοπική μελέτη προκύπτει ότι το δείγμα αποτελείται από τα οξείδια του Mn βραουνίτη και πυρολουσίτη (Εικ. 3.10.1). Το χρώμα του δείγματος είναι μολυβδότεφρο και οι κόκκοι των ορυκτών δημιουργούν συμπαγείς μάζες. Το μήκος του δείγματος είναι 8 cm και το 4 cm.

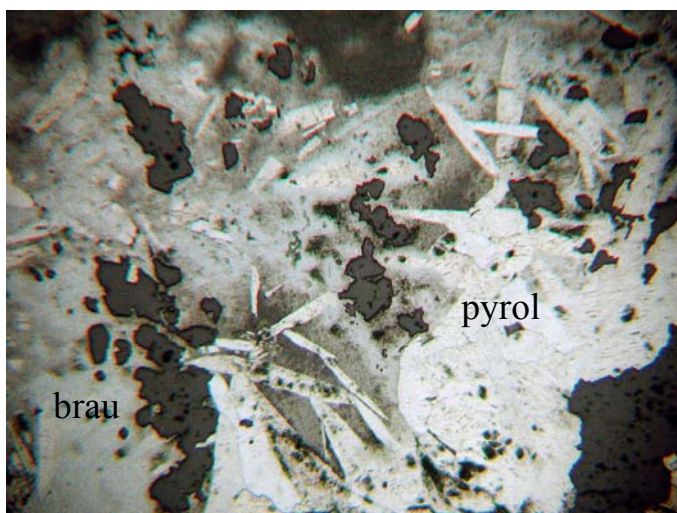
Μικροσκοπική παρατήρηση

Το δείγμα αποτελείται από βραουνίτη και πυρολουσίτη. Ο βραουνίτης σχηματίζει ακανόνιστους κόκκους μήκους που φθάνει έως τα 400 μm (Εικ. 3.10.2-3). Ακόμα έχει την ιδιότητα να μετατρέπεται σε πυρολουσίτη.

Ο πυρολουσίτης εμφανίζεται με την μορφή πρισματικών πλακών ή φυλλαρίων, καθώς και ακανόνιστων κόκκων ή μικροβελονοειδών κρυστάλλων (Εικ. 3.10.3). Η μορφή αυτή προκύπτει από την μετατροπή του βραουνίτη, καθώς αυτή συνοδεύεται από απώλεια ύδατος, προκαλεί συστολή και δημιουργεί σπασίματα.



Εικ. 3.10.2. Πυρολουσίτης (pyrol) και βραουνίτης (brau). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0,25 mm.



Εικ. 3.10.3. Πυρολουσίτης (pyrol) και βραουνίτης (brau). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0,50 mm.

3.11 Κωδικός δείγματος: 2.16.16.1-01 (A186)

Στοιχεία δείγματος

Προέλευση: -

Ορυκτολογική σύσταση

Κύριο ορυκτό: Μαουχερίτης

Δευτερεύοντα ορυκτά: Νικελίνης

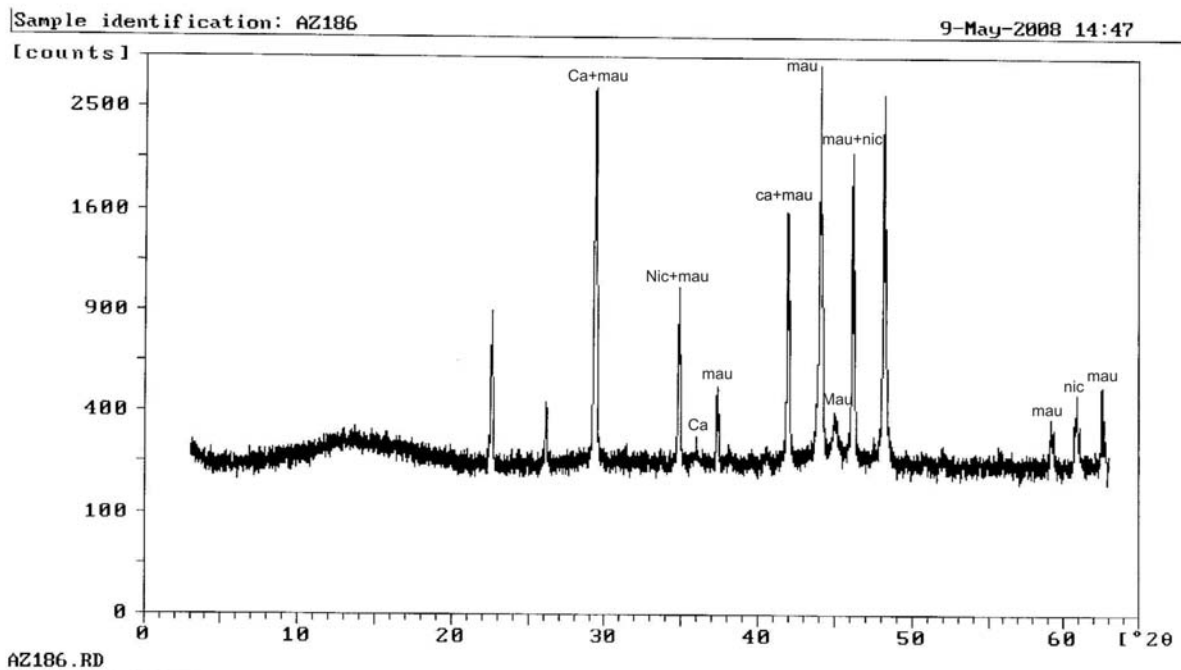
Ορυκτά σε ίχνη: -



Εικ. 3.11.1. Μακροσκοπική φωτογραφία μεταλλεύματος μαουχερίτη. Δείγμα: 2.16.16.1-01 (A186). Μήκος φωτογραφίας : 10 cm.

Μακροσκοπική παρατήρηση

Το δείγμα έχει μήκος 7 cm και πλάτος 5 cm (Εικ. 3.11.1). Αποτελείται κυρίως από μαουχερίτη, που σχηματίζει μαζώδη συσσωματώματα κόκκων μεγέθους που φθάνουν έως 0,5 mm, και σε μικρότερο βαθμό νικελίνη, όπως έδειξε η ακτινογραφική μελέτη (Σχ. 3.11.1)

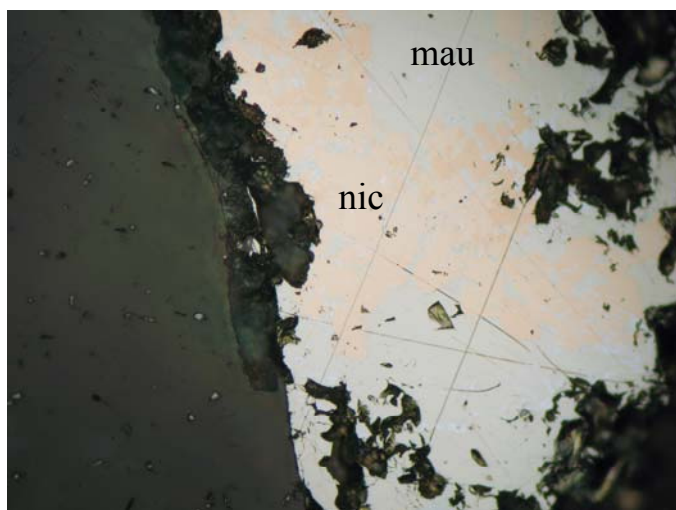


Σχήμα 3.11.1. Διάγραμμα ακτίνων X του δείγματος 2.16.16.1-01 (A186). Mau: μαουχερίτης, Nic: νικελίνη.

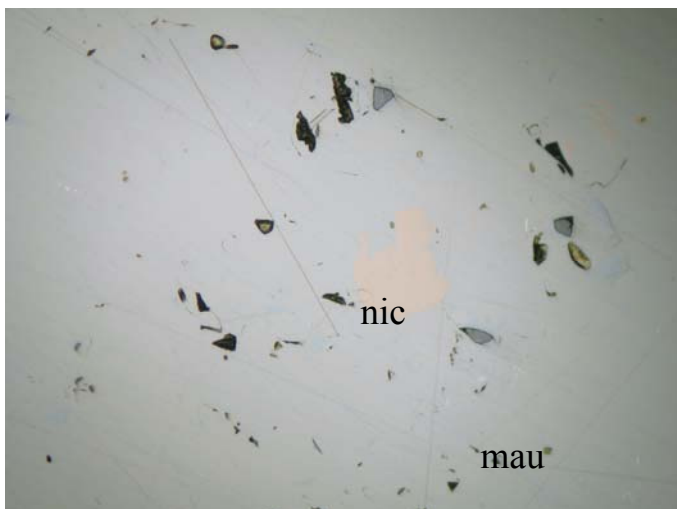
Μικροσκοπική παρατήρηση

Ο μαουχερίτης βρίσκεται με τη μορφή συσσωματωμάτων σε σύμφυση με νικελίνη (Εικ. 3.11.2-3). Το μέγεθος των κόκκων του φθάνει έως 0,5 mm. Σπανιότερα εντοπίζεται με τη μορφή διάσπαρτων κόκκων. Ο μαουχερίτης βρίσκεται σε σύμφυση με νικελίνη.

Ο νικελίνης βρίσκεται εντός του μαουχερίτη είτε με τη μορφή ακανόνιστων εγκλεισμάτων είτε με τη μορφή συσσωματωμάτων (Εικ. 3.11.2-3). Οι κόκκοι του νικελίνης είναι αλλοτριόμορφοι και το μέγεθος τους φτάνει έως 200 μm. Ο νικελίνης φαίνεται ότι μετατρέπεται περιφερειακά σε μαουχερίτη.



Εικ. 3.11.2. Μαουχερίτης (mau) σε σύμφυση με νικελίνη (nic). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0,50 mm.



Εικ. 3.11.3. Έγκλεισμα νικελίνη (nic) σε μαουχερίτη (mau). Στιλπνή τομή, μεταλλογραφικό μικροσκόπιο, //N, μήκος φωτογραφίας 0,25 mm.

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Barnes, H.L. and Czamanske, G.K. (1967). Solubilities and transport of ore minerals. In: Geochemistry of ore deposits. Ed: Barnes, H.L. Holt, Reinhart and Winston, New York, 336-381.
- Barton, P.B. and Toumlin, P. (1966). Phase relations involving sphalerite in the Fe-Zn-S system. Econ. Geol., 61, 815-849.
- Bethke, P.M. and Barton, P.B.Jr. (1971). Distribution of some minor elements between coexisting sulphide minerals. Econ. Geol., 66, 140-163.
- Kostov, I. (1968). Mineralogy. Oliver and Boyd. Edinburgh. 587p.
- Kostov, I. and Minceva-Stefanova, J. (1981). Sulphide minerals, crystal chemistry parageneses and systematics. Bulgarian Acad. Sci., 212p.
- Ramdohr, P. (1980). The ore minerals and their intergrowths. Pergammon Press, Oxford-London-New York. 1205p
- Vaughan, D.J. and Craig, J.R. (1981). Mineral chemistry of metal sulphides. Cambridge University Press, Cambridge-New York-Melbourne. 493p.
- Μιχαηλίδης, Κ. (1999). Σημειώσεις εργαστηριακών ασκήσεων μεταλλογραφικού μικροσκοπίου. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ. 179 σ.