ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

«ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΑΡΑΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΔΙΑΒΑΣΙΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΤΑΥΡΟΒΟΥΝΙΟΥ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ ΩΣ ΠΥΡΙΜΑΧΑ ΥΛΙΚΑ .»

ΠΑΠΑΣ ΧΡΙΣΤΟΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Θ. ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Γ.ΑΛΕΒΙΖΟΣ

Δρ. Ε. ΡΕΠΟΥΣΚΟΥ

Οκτώβριος,Χανιά 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας αυτής, έχει ως σκοπό την προσπάθεια εξ εύρεσης λύσης στο πρόβλημα αξιοποίησης παραπροϊόντων από την εξόρυξη διαβασικών πετρωμάτων και τα οποία δεν έχουν κανένα οικονομικό ενδιαφέρον. Τα υλικά αυτά, τα οποία χαρακτηρίζονται ως στείρα ή παραπροιόντα απόμακρύνονται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και τοποθετούνται σε σωρούς στην ύπαιθρο με απότέλεσμα εκτός του θέματος της αισθητικής που παρουσιάζεται, να υπάρχει σοβαρός κίνδυνος μόλυνσης της γύρω περιοχής αλλά και επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Ο διαβάσης, που στην συγκεκριμένη περίπτωση απότελεί το πέτρωμα της μελέτης μου εκτός από την παραγωγή σκυροδέματος, χρησιμοποιείται και ως αδρανές για την παραγωγή ασφαλτομιγμάτων. Επειδή όμως στις οποιεσδήποτε χρήσεις του απαιτείται συγκεκριμένο μέγεθος κόκκων, το λεπτό κλάσμα που παραμένει μετά τη θραύση, έναποτείθεται στην ύπαιθρο κατάστρέφοντας το περιβάλλον και επηρεάζοντας την ανθρώπινη ζωή. Λόγω του ότι δεν έχει βρεθεί ουσιαστική λύση στο πρόβλημα αυτό, πραγματοποιήθηκε μία προσπάθεια εκμετάλλευσης του υλικού αυτού και χρήσης του ως πυρίμαχου υλικού .

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής :

Πραγματοποιήθηκε ορυκτολογική ανάλυση του αρχικού παραπροϊόντος με τις μεθόδους περιθλασιμετρίας ακτίνων –Χ (XRD), πετρογραφίας και ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης (SEM) οι οποίες έδειξαν ότι το υλικό απότελείται από χαλαζία,ασβεστίτη, αλβίτη (πλαγιόκλαστο), κλινόχλωρο (χλωρίτης), λωμοντίτη (ζεόλιθος), ακτινόλιθο (αμφίβολος), ενδεμβεργίτη (πυρόξενος) και σιδηροπυρίτη.

Στο δείγμα επίσης έγινε και χημική ανάλυση. Αφού είχε προηγηθεί η απώλεια πύρωσης του υλικού (L.O.I) με ποσοστό 7.39%, δημιουργήθηκε με τη μεθοδο υαλοποίησης (X-Fusion) ένα είδος γυαλιού από το δείγμα μας και το οποίο τοποθετήθηκε μετέπειτα στο σύστημα φασματοσκοποίας τύπου S2 Ranger της εταιρίας Bruker AXS στο εργαστήριο Ανόργανης Γεωχημείας, Οργανικής Γεωχημείας, και Οργανικής Πετρογραφίας. Ανάγοντας και αθροίζοντας τα απότελέσματα της χημικής ανάλυσης (X.R.F.) και απώλειας πύρωσης προσδιορίστηκε η χημική ανάλυση του υλικού. Τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης είναι 50,53% SiO_2 , 12,69% Al_2O_3, 10,91%Fe_2O_3, 7,61%MgO, 6,76%CaO, 3,23%Na_2O, 0,59% TiO_2, 0,19% MnO, 0,12% K_2O. Οι στοιχειομετρικές ανάλογίες αυτές

ανάχθηκαν αφού έπρεπε να προστεθεί και η απώλεια πύρωσης L.O.I 7,39 % . Παρατηρώντας τα απότελέσματα, το παραπροϊόν επίσης έδειξε ότι είναι πλούσιο σε διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και σε τριοξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3) ενώ είναι φτωχό σε αλκάλια όπως το οξείδιο του νατρίου (Na_2O) και οξείδιο του καλίου(K_2O).

Ακολούθως έγινε κοκκομετρική ανάλυση για να δούμε πως κατάνέμεται το υλικό στα διάφορα κλάσματα και η οποία έδειξε ότι πρόκειται για ένα σχετικά καλά διαβαθμισμένο υλικό. Στην συνέχεια δημιουργήθηκαν ταμπλέτες βάρους 15 γρ. και διαμέτρου 4 cm. Οι ταμπλέτες αυτές τοποθετήθηκαν ανά τρείς σε κλίβανο και ψήθηκαν για 1-3 ώρες σε θερμοκρασίες από 1100 ^oC-1200 ^oC.

Η μικροσκοπική ανάλυση μέσω λεπτών και στιλπνών τομών έδειξε ότι το αρχικό πέτρωμα είναι συμπαγές, ολοκρυσταλλικό, και μικροκοκώδες. Στην μέθοδο αυτή ταυτίστηκαν τα ορυκτά που παρατηρήθηκαν από την περιθλασιμετρία ακτίνων –Χ. Μακροσκοπικά το πέτρωμα ήταν χρώματος σκούρου πράσινου .

Η μέθοδος της Θερμοβαρυτομετρικής ανάλυσης που έγινε, είχε ως σκοπό να γίνει ακριβώς κατάνοητό σε ποιες περίπου θερμοκρασίες έχουμε απώλεια συγκεκριμένων ορυκτών. Παρατηρήθηκε ότι σε θερμοκρασία 100-180 ^oC έχουμε την αφαίρεση της υγρασίας, από 460-600 ^oC υπάρχει μια απότομη πτώση οφείλεται σε αφυδροξυλίωση (διάσπαση ορυκτού λωμοντίτη) και από τους 600 - 850 ^oC περιοχή στην οποία συνεχίζεται η πτώση έχουμε την διάσπαση του ασβεστίτη ($CaCO_3$) .

<u>Σημείωση</u>: Οι θερμοκρασίες αυτές επιλέχθηκαν μετά από προκαταρτική έψηση του υλικού ώστε να γνωρίζουμε την αντίδραση του υλικού και σε ποιά θερμοκρασία επέρχεται η τήξη.

Τα δείγματα της έψησης ,θραύστηκαν και λειοτριβήθηκαν για να πραγματοποιηθούν και σ΄ αυτά η μέθοδος περιθλασιμετρίας ακτίνων –Χ η οποία έδειξε ότι στη θερμοκρασία 1140 ^oC έχουμε αλλάγή φάσης λόγω της επίδρασης της θερμοκρασίας αλλά και του χρόνου πύρωσης, αλλά και σχηματισμό του καινούργιου ορυκτού ανυδρίτη. Στους 1100 ^oC, το σχηματισμό τριδυμίτη και αιματίτη, στους 1120 ^oC δημιουργήθηκε το ορυκτό ανορθίτης αλλά και γενικά τη διάσπαση σημαντικών προϋπάρχοντων ορυκτών (ακτινόλιθος, κλινόχλωρο, σιδηροπυρίτης, ασβεστίτης, λωμοντίτης). Στην θερμοκρασία των 1180 ^oC το υλικό υαλοποιήθηκε πλήρως. Σημαντικό ρόλο έπαιξε και η αύξηση του υπόβάρθρου του άμορφου υλικού στις θερμοκρασίες 1140 ^oC, 1160 ^oC, 1180 ^oC.

Ο προσδιορισμός της υδατοαπόρροφητικότητας πραγματοποιήθηκε σε δείγματα που είχαν ψηθεί σε θερμοκρασίες 1140 ^oC, 1160 ^oC και 1180 ^oC (3 ώρες). Παρατηρήθηκε ότι η υδατοαπόρροφητικότητα μειώνεται, με την αύξηση της θερμοκρασίας. Στους 1140 ^oC η υδατοαπόρροφητικότητα έφτασε το 7,4% , στους 1160 ^oC έφτασε το 1,34% και στους στο 1180 ^oC έφτασε το 0,83% .

Στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο S.E.M. ουσιαστικά επιβεβαιώθηκαν οι αλλαγές που παρατηρήθηκαν μέσω των ακτινοδιαγραμμάτων της ορυκτολογικής ανάλυσης δειγμάτων έψησης. Παρουσιάστηκαν οι επιφάνειες στερεών με υψηλή ευκρίνεια και σε συγκεκριμένα σημεία εστίασης για κάθε θερμοκρασία στις οποίες αποδείχθηκαν επακριβώς οι αλλαγές που γίνονταν και σε συνδιασμό με το E.D.S (Emergy Dispersive Spectromenty) έγινε και ταυτοποίηση των ορυκτών.

Συνοπτικά, στο αρχικό παραπροϊόν φάνηκε η κοκκομετρία του υλικού (μέγεθος και όρια κόκκων). Στους 1100^oC και 1120^oC άρχισε η αλλοίωση, στους 1140^oC αποδείχθηκε η επίδραση όχι μόνο της θερμοκρασίας αλλά και του χρόνου πύρωσης στην ορυκτολογική σύσταση του παραπροϊόντος. Στους 1160 ^{o} C και 1180 ^oC ήταν οι θερμοκρασίες που ουσιαστικά το παραπροϊόν κάηκε .

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διπλωματική μου εργασία έχει τίτλο « Δυνατότητα αξιοποίησης παραπροιόντων διαβασικών πετρωμάτων περιοχής Σταυροβουνίου της Κύπρου ως πυρίμαχα υλικά». Το πρόβλημα που υπάρχει στις εταιρείες εξόρυξης όσο αφορά την απόθεση των στείρων υλικών, είναι ένα πρόβλημα που αφορά τόσο τις εταιρείες, οι οποίες δαπανούν μεγάλα ποσά σε πρόστιμα, όσο και τους απλούς πολίτες και κατ΄ επέκταση το κράτος, πού εκτός από την κατάστροφή του περιβάλλοντος, βλέπουν να επηρεάζεται αρνητικά και η ανθρώπινη υγεία. Έτσι πήρα την πρωτοβουλία να εργασθώ προς αυτή την κατεύθυνση ούτως ώστε το παραπροιόν αυτό να αξιοποιηθεί για να τερματιστεί με αυτό το τρόπο η απόθεση του στην ύπαιθρο. Η επιθυμία μου αυτή στηρίχθηκε από τον καθηγητή Θεόδωρο Μαρκόπουλο ο οποίος μου ανάθεσε το πιο πάνω θέμα.

Η διπλωματική μου εργασία λοιπόν, έχει να κάνει με απόθέσεις παραπροιόντος υλικού στην περιοχή Σταυροβουνίου λόγω της εξορυκτικής δραστηριότητας διαβασικού πετρώματος, το οποίο απότελεί μέρος του οφιολιθικού συμπλέγματος του Τροόδους στην Κύπρο από όπου και κατάγομαι ,και έχει σαν σκοπό την αξιολόγηση του ως πυρίμαχο υλικό .

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας έγινε με τη βοήθεια ορισμένων ανθρώπων τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω. Πρώτα απ΄ όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Θ. Μαρκόπουλο για τις πολύτιμες συμβουλές του και την ευκαιρία που μου έδωσε ώστε να εκπονήσω τη μελέτη αυτή. Επίσης ευχαριστώ την Δρ Ε. Ρεπούσκου για τη βοήθεια της και την καθοδήγηση της κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης της έρευνας, καθώς και το άλλο μέλος της εξεταστικής επιτροπής, Επίκουρο καθηγητή Γεώργιο Αλεβίζο για την συμπαράσταση του. Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω τον Δρ. Γεώργιο Τριανταφύλλου για τις υπόδείξεις του σε ορισμένες πτυχές της μελέτης καθώς και τον Μηχανικό Ορυκτών πόρων Στεφάνου Ιάκωβο της εταιρείας << Skyra Lima Ltd>>, ο οποίος μου παραχώρησε το υλικό προς εξέταση, με βοήθησε στη βιβλιογραφία και γενικά, σε ότι τον χρειάστηκα με στήριξε, με βοήθησε και με συμβούλευσε.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ιστορία των πυρίμαχων υλικών ξεκινά από αρχαιοτάτων χρόνων με τους φούρνους των παλιών μεταλλουργών, στους οποίους γινόταν, το «λιώσιμο» του σίδερου, η χύτευση και η κατάσκευή διάφορων κραμάτων. Το δομικό υλικό κατασκευής των τότε «φούρνων», ήταν λάσπη από άργιλο όπου κατά τη θέρμανση του, έπρεπε να υπήρχε συνεχής διάβρεξη του φούρνου ώστε να μην «σκάσει». Πρίν από τη βιομηχανική επανάσταση, στις διαδικασίες θέρμανσης χρησιμοποιούσαν επίσης απλά πυρίμαχα σχήματα κομμένα από πέτρα πυριτικού γενικά τύπου . Τα πρώτα κατασκευασμένα πυρίμαχα ήταν φτιαγμένα από άργιλους και ορυκτά πυριτίου, και καθώς η ακτίνα των θερμικών διαδικασιών δευρινόταν προστείθονταν νέα ορυκτά στην κατάσκευή πυρίμαχων υλικών. Αυτή η ανάπτυξη έχει επιταχυνθεί βαθμιαία τις τελευταίες δεκαετίες και τώρα είναι εντυπωσιακό το εύρος των υλικών που είναι διαθέσιμα στις βιομηχανίες κατανάλωσης. Η έξαρση των πυρίμαχων υλικών ήρθε κυρίως με τη Βιομηχανική Επανάσταση, όπου οι ανάγκες για ποσότητα και γρήγορες διαδικασίες, απαιτούσαν την εξέλιξη των εγκαταστάσεων.

Τα πυρίμαχα υλικά που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανικές κατασκευές, είναι απαραίτητο να αντιστέκονται σε θερμοκρασίες 1.500°C, δεν πρέπει να αυξομειώνεται ο όγκος τους, ώστε να εξασφαλίζεται η σταθερότητα στις επενδύσεις και στις κατασκευές στις οποίες χρησιμοποιούνται, ενώ πρέπει να είναι λίγο πορώδη και να αντέχουν σε πιέσεις έως 100 Kg/cm2, με γραμμική ελάττωση μικρότερη του 5%. Όταν τα πυρίμαχα τήκονται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 1.800°C ονομάζονται υπερπυρίμαχα. Ανάλογα με τη χρήση τους, τα πυρίμαχα φέρονται στο εμπόριο σε διάφορες μορφές: τούβλα, πλάκες, σωλήνες, γωνίες και άλλα ειδικά σχήματα. Για να κολληθούν μεταξύ τους, χρησιμοποιείται σκόνη από το ίδιο υλικό, αναμεμειγμένο με διάφορες ουδέτερες ουσίες. Γενικά, με τα πυρίμαχα υλικά δεν εκτελούνται κατασκευές τοίχων, αλλά μόνο εσωτερικές επενδύσεις μονωμένες από την υπόλοιπη κατασκευή με κακούς αγωγούς, σύρμα ή άλλο παρόμοιο υλικό.

Ο σκοπός της μελέτης αυτής λοιπόν είναι η αξιοποίηση του παραπροιόντος διαβασικού πετρώματος της περιοχής Σταυροβουνίου της Κύπρου ως πυρίμαχο υλικό. Για το παραπροιόν αυτό δεν έχει βρεθεί λύση αξιοποίησής του με αποτέλεσμα να τοποθετείται σε σωρούς στην ύπαιθρο, παρουσιάζοντας μία αντιαισθητική εικόνα της περιοχής και αλλοίωση του περιβάλλοντος αλλά και αρκετούς κινδύνους για την δημόσια υγεία. Είναι γεγονός ότι για το συγκεκριμένο υλικό δεν έχει πραγματοποιηθεί έρευνα κατά πόσο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κατάσκευή πυρίμαχων υλικών, πιστεύω όμως ότι με τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν και τα αποτελέσματα που προέκυψαν δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την χρήση του ως πυρίμαχο.

Η μελέτη αυτή χωρίζεται σε δύο ενότητες ,τη θεωρητική και την πειραματική . Στην πρώτη ενότητα περιγράφεται η προέλευση και ο χαρακτηρισμός του πετρώματος και ο προσδιορισμός της ταυτότητας του προς επεξεργασία υλικού. Επίσης γίνεται εκτενής παρουσίαση των πυρίμαχων υλικών που είναι και ο σκοπός της μελέτης .

Η δεύτερη ενότητα περιλαμβάνει το πειραματικό μέρος στο οποίο έχουν πραγματοποιηθεί ορισμένα εργαστηριακά πειράματα όπως ορυκτολογική – πετρογραφική ανάλυση του υλικού, κοκκομετρική ανάλυση, έψηση του υλικού, υδατοαπόρροφητικότητα, θερμοβαρυτομετρική ανάλυση, χημική ανάλυση, μικροσκοπική ανάλυση, για να δειχθεί από τι αποτελείται το υλικό ,τι φάσεις σχηματίζει κατά την έψηση και τι προκύπτει στο τελικό στάδιο και τέλος τα σχόλια - συμπεράσματα και προτάσεις .

Για το βαθμό κατάλληλότητας του διαβασικού παραπροιόντος ως πυρίμαχο πραγματοποιήθηκαν οι εξής μέθοδοι:

Από την αρχική ποσότητα του παραπροιόντος συνολικού βάρους (8κιλών) η οποία συλλέκτηκε από την περιοχή του Σταυροβουνίου – Κύπρος λήφθηκε αντιπροσωπευτικό ομογενοποιημένο δείγμα 150 γρ. με τη μέθοδο τετραμερισμού.

Ένα μέρος από την κοκκομετρική ανάλυση που προηγήθηκε και συγκεκριμένα τα κλάσματα (-0,25mm +0,125mm) και -0,63mm τα οποία υπήρχε η μεγαλύτερη ποσότητα υλικού λειοτριβήθηκε σε κοκκομετρία -200 mesh προκειμένου να γίνει εξέταση με την μέθοδο περιθλασιμετρίας ακτίνων –Χ (XRD). Επίσης έγιναν λεπτές και στιλπνές τομές από το αρχικό συμπαγές πέτρωμα προκειμένου να εξετασθεί μικροσκοπικά με το πολωτικό μικροσκόπιο και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (S.E.M.) .

Για την έψηση του υλικού δημιουργήθηκαν ταμπλέττες όπως περιγράφονται στο άρθρο «Porcelain stoneware obtained from the residual muds of serpentinite raw materials» του Diaz, R.Torrecilas και κατάστρώθηκε πρόγραμμα έψησης (^{o}C/1,2,3h) . Στη συνέχεια μετά την έψηση, οι ταμπλέτες των αντίστοιχων θερμοκρασιών θραύστηκαν και πραγματοποιήθηκαν πάλι οι μέθοδοι περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ και και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης .

Η υδατοαπόρροφητικότητα πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το πρότυπό ΕΝ 99 του ΕΛΟΤ και είχε ως στόχο να μετρηθεί η απόρρόφηση νερού σε δείγματα έψησης που επιλέξαμε ως σημαντικά.

Με την θερμοβαρυτομετρική ανάλυση παρατηρήθηκε σε ποιές θερμοκρασίες υπήρχε διάσπαση ορυκτών για να γίνει ακριβώς κατανοητό (σε συσχέτιση με τα αποτελέσματα περιθλασιμετρίας ακτίνων –Χ δειγμάτων έψησης) πότε γίνεται η διάσπαση.

Η χημική ανάλυση έγινε με την μεθοδο Χ –Fusion (υαλοποίηση) σε συνδιασμό με την απώλεια πύρωσης για να είναι πιο ακριβή τα αποτελέσματα, αφού στο δείγμα περιείχε νάτριο και να προσδιοριστούν οι χημικές ενώσεις (%) που απαρτίζουν το παραπροϊόν .

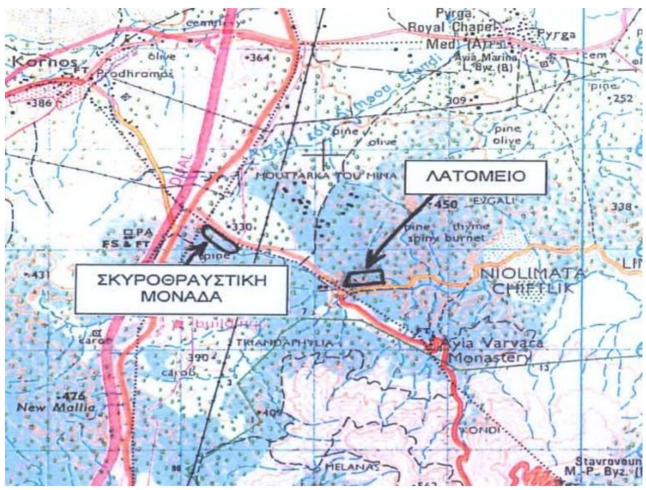
Η μικροσκοπική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το πολωτικό μικροσκόπιο είχε ως στόχο να δειχθεί μικροσκοπικά η κρυσταλλική δομή του υλικού και να ταυτοποιηθούν τα ορυκτά με βάση το ακτινοδιάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων –Χ (X.R.D) συγκρίνοντας το συμπαγές πέτρωμα με το παραπροϊόν του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΤΑΥΡΟΒΟΥΝΙΟΥ – ΚΥΠΡΟΥ

2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ

Η λατομική περιοχή (εικ. 2.1) απ΄ όπου προέρχεται το προς εξέταση πέτρωμα βρίσκεται 4 Km νότιοανατολικά του χωριού Κόρνος , 3 Km Βόρεια της Ιεράς Μονής Σταυροβουνίου, και 2 Km νότιοδυτικά του χωριού Πυργά . Διοικητικά ανήκει στην επαρχία Λάρνακας .



Εικόνα 2.1 :Γεωγραφική τοποθεσία Λατομείου περιοχής Σταυροβουνίου.

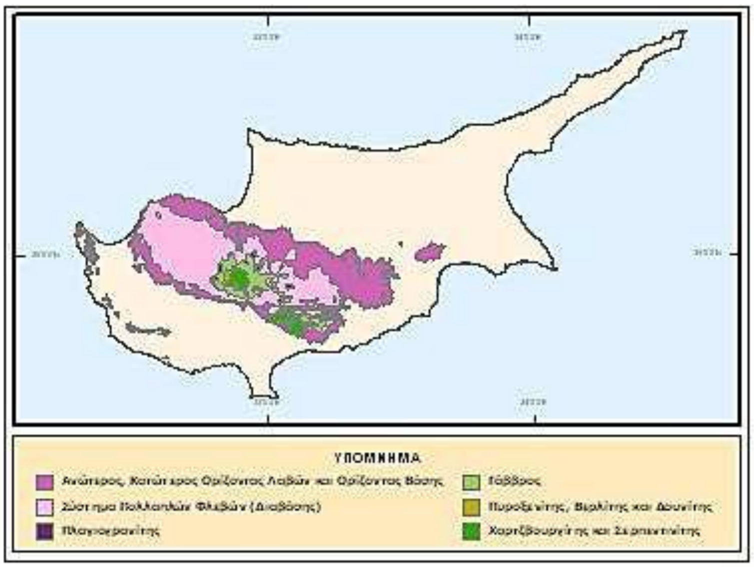
Πηγή : εταιρεία Σκύρα Λίμα.

2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΤΑΥΡΟΒΟΥΝΙΟΥ

Η περιοχή δομείται από υπερβασικά και βασικά εκρηξιγενή πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος Τροόδους και συγκεκριμένα από σερπεντινίτες, χαρτζβουργίτες , γάββρους και διαβάση . Η περιοχή της λατομικής ζώνης καλύπτεται από το σύστημα πολλαπλών φλεβών, που αποτελείται από δολερίτη, διαβάση και μικρογάββρο. Όλοι οι πετρογραφικοί τύποι του συστήματος είναι ελαφρά εξαλλοιωμένοι – μεταμορφωμένοι. Το λατομείο το οποίο ανήκει στην εταιρεία “Skyra Lima ltd” εξορύσσει το διαβασικό πέτρωμα, το οποίο θραύει και διαθέτει στην εγχώρια αγορά για κατασκευή διαφόρων έργων .

2.3 ΟΦΙΟΛΙΘΙΚΟ ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ ΤΡΟΟΔΟΥΣ

Το οφιολιθικό σύμπλεγμα του Τροόδους (εικ. 2.2) δεσπόζει του κεντρικού τμήματος του νησιού και αποτελεί το γεωλογικό πυρήνα της Κύπρου. Εμφανίζεται βασικά σε δύο περιοχές, στην κύρια μάζα της οροσειράς Τροόδους και στην περιοχή του δάσους Λεμεσού και Ακαπνούς στα νότια της οροσειράς με χαρακτηριστικό επίμηκες και θολωτό σχήμα. Μικρότερες εμφανίσεις του υπάρχουν επίσης στη χερσόνησο του Ακάμα και στην περιοχή του χωριού Τρούλλοι (http://www.moa.gov.cy).



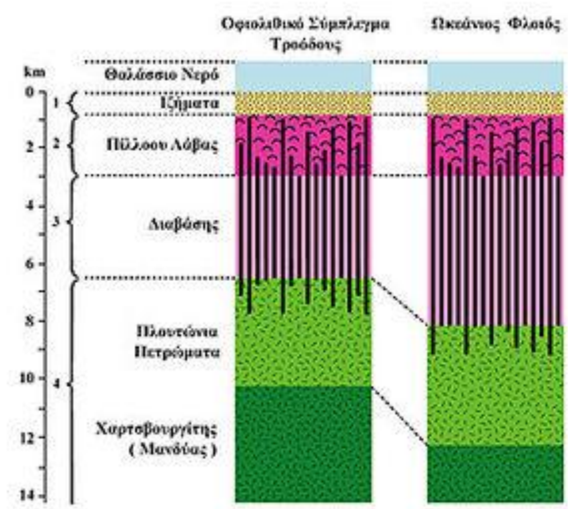
Εικόνα 2.2 : Οφιολιθικό Σύμπλεγμα Τροόδους.

Πηγή : Τμήμα γεωλογικής επισκόπησης.

Δημιουργήθηκε κατά το ανώτερο κρητιδικό (90 εκ. Χρόνια) στο βυθό της Τηθύος θάλασσας, που τότε εκτεινόταν από τα σημερινά Πυρηναία (μέσω των Άλπεων) μέχρι τα Ιμαλάια. Θεωρείται ως το πιο πλήρες και καλά μελετημένο οφιολιθικό σύμπλεγμα στον κόσμο. Πρόκειται για κομμάτι του ωκεάνιου φλοιού πλήρως ανεπτυγμένου με σειρά από πλουτώνια, φλεβικά, ηφαιστειακά πετρώματα και χημικά ιζήματα, γεγονός που συνιστά και τη μοναδικότητά του. Δημιουργήθηκε κατά την πολύπλοκη διαδικασία της διεύρυνσης των ωκεανών και της δημιουργίας του ωκεάνιου φλοιού και στη συνέχεια ανάδύθηκε και τοποθετήθηκε στη σημερινή του θέση μέσα από πολυσύνθετες τεκτονικές διεργασίες που καθορίζονταν από τις δύο συγκλίνουσες λιθοσφαιρικές πλάκες: της Ευρασιατικής στο Βορρά και της Αφρικανικής στο Νότο .

Η στρωματογραφία του παρουσιάζει τοπογραφική ανάστροφή (εικ.2.3), δηλαδή, τα στρωματογραφικά κατώτερα πετρώματα εμφανίζονται στην κορυφή του, ενώ τα στρωματογραφικά ανώτερα στις παρυφές του. Αυτή η φαινόμενη ανάστροφή οφείλεται στον τρόπο ανύψωσης του αλλά και στην διαφορική διάβρωση του . Η ανοδική διαπειρική πορεία του πυρήνα του Τροόδους έγινε διαχρονικά κυρίως όμως με επεισόδια απότομης ανύψωσης μέχρι το Πλειστόκαινο (2 εκ.χρόνια).

Η στρωματογραφική σειρά του Οφιόλιθου Τροόδους απότελείται, ακολουθώντας τη σειρά από τα στρωματογραφικά κατώτερα προς τα ανώτερα, από τα εξής πετρώματα: πλουτώνια (ακολουθία μανδύα, σωρειτικά), φλεβικά, ηφαιστειακά και χημικά ιζήματα.



Εικόνα 2.3: Απεικόνιση των πετρωμάτων του οφιολιθικού συμπλεγματος Τροόδους.

Σε σύγκριση με τον Ωκεάνιο φλοιό.

Η ακολουθία του Μανδύα, ονομάζεται έτσι γιατί τα πετρώματα που την απότελούν θεωρούνται το δύστηκτο υλικό, που παρέμεινε μετά την μερική τύξη του ανώτερου Μανδύα και το σχηματισμό μάγματος βασαλτικής σύστασης από το οποίο προήλθαν τα υπόλοιπα πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος. Αποτελούνται κυρίως από χαρτζβουργίτη και δουνίτη (με ποσοστό 50-80% των αρχικών ορυκτών, δηλαδή του ολιβίνη να έχουν εξαλλοιωθεί σε σερπεντίνη), και τον σερπεντινίτη (με ή χωρίς συγκεντρώσεις αμιάντου), όπου η αλλοίωση είναι σχεδόν πλήρης .

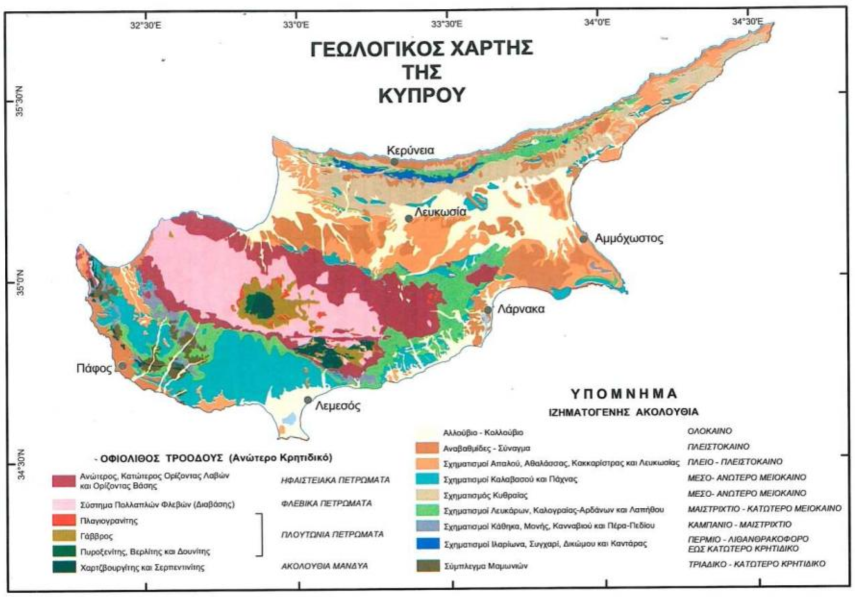
Τα σωρειτικά πετρώματα είναι τα προιόντα της κρυστάλλωσης και της συγκέντρωσης των κρυστάλλων των ορυκτών στον πυθμένα των μαγματικών θαλάμων, κάτω από τις ζώνες διεύρυνσης των λιθοσφαιρικών πλακών. Τα κύρια σωρειτικά πετρώματα είναι ο δουνίτης (με ή χωρίς συγκεντρώσεις χρωμίτη), ο βερλίτης, ο πυροξενίτης, ο γάββρος και ο πλαγιογρανίτης, που απαντάται σε μικρές και ασυνεχείς εμφανίσεις .

Τα φλεβικά διαβασικά πετρώματα (σύστημα πολλαπλών φλεβών) είναι βασαλτικής σύστασης έως δολεριτικής και προήλθαν από τη στερεοποίηση του μάγματος στις διόδους διείσδυσης και μεταφοράς του από τους μαγματικούς θαλάμους στη βάση του ωκεάνιου φλοιού, τροφοδοτώντας ταυτόχρονα τις υποθαλάσσιες εκχύσεις λαβών στον ωκεάνιο πυθμένα .

Στη συνέχεια ακολουθούν τα ηφαιστειακά πετρώματα, που αποτελούνται από δύο ορίζοντες λαβών και ροές λαβών, βασαλτικής κυρίως σύστασης . Οι λάβες αυτές έχουν το χαρακτηριστικό προσκεφαλοειδές σχήμα με διάμετρο 30 έως 70 cm, που είναι αποτέλεσμα υποθαλάσσιας ηφαιστειακής έκχυσης. Μεταξύ των φλεβικών πετρωμάτων και των προσκεφαλοειδών λαβών υπάρχει μεταβατική ζώνη γνωστή ως ορίζοντας .

Τα χημικά Ιζήματα αποτελούνται από φαιόχωμα (ούμπρα), ραδιολαρίτες και παδιολαριτικούς πηλίτες, και είναι τα πρώτα χημικά και πελαγικά ιζήματα, που αποτέθηκαν πάνω στα οφιολιθικά πετρώματα, ως αποτέλεσμα υδροθερμικής δραστηριότητας (θερμά διαλύματα πλούσια σε Fe και Mn) και ιζηματογένεσης στο θαλάσσιο πυθμένα .

Άμεσα συνδεδεμένα με τον Οφιόλιθο Τροόδους είναι τα κοιτάσματα μεικτών θειούχων, χρωμίτη και αμιάντου. Τα κοιτάσματα αυτά σχηματίσθηκαν σε διάφορες στρωματογραφικές ενότητες του οφιολιθικού συμπλέγματος (λάβες, δουνίτη, σερπεντινίτη, αντίστοιχα) και ήλθαν στην επιφάνεια ως αποτέλεσμα της ανύψωσής του. Η επιφανειακή αποκάλυψή τους, κυρίως του χαλκού είχε ως αποτέλεσμα την ανακάλυψη και την εκμετάλλευσή του από τους αρχαίους κατοίκους του νησιού. Το ανάγλυφο και η τοπογραφία του Τροόδους είναι οι ρυθμιστές των κλιματολογικών συνθηκών και ειδικότερα της βροχόπτωσης. Συνεπώς, μαζί με τις πιο πάνω γεωλογικές συνθήκες, ρυθμίζουν άμεσα και τους υδάτινους πόρους, επιφανειακούς και υπόγειους του νησιού. Οι ποταμοί που ρέουν από την κορυφή του Τροόδους τροφοδοτούν τους υδροφορείς που αναπτύσσονται στην περιφέρεια του και τις πεδιάδες. (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης <<Δελτίο Αρ.10 Η Γεωλογία της Κύπρου >>,Λευκωσία ,2002) .



Εικόνα 2.4: Γεωλογικός Χάρτης της Κύπρου.

Πηγή: Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης <<Δελτίο Αρ.10, Η Γεωλογία της Κύπρου>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΕΤΡΩΜΑ: ΔΙΑΒΑΣΗΣ

3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Σύμφωνα με τους Bates and Jackson (1980), Hyndman (1985), και Δερμιτζάκη Θεοδώρου (1994) , ο όρος Διαβάσης (εικ. 3.1) αναφέρεται σε φλεβικό πέτρωμα το οποίο έχει σαν κύρια ορυκτά τους πυρόξενους και τα πλαγιόκλαστα. Ο ίδιος όρος καλύπτει και ελαφρά μεταμορφωμένα πυριγενή βασικά πετρώματα όπου οι πυρόξενοι έχουν εξαλλοιωθεί σε αμφίβολους. Γενικά ο διαβάσης στην κύπρο έχει ελαφρά μεταμορφωθεί. Τα φλεβικά πετρώματα του σχηματισμού πολλαπλών φλεβών του Οφιολιθικού Τροόδους διαχωρίζονται στους ακόλουθους τύπους: δολεριτικά, διοριτικά, διαβασικά και σε μικρό ποσοστό βασαλτικά .

Εικόνα 3.1 : Λατομείο εξόρυξης διαβασικού πετρώματος περιοχής Σταυροβουνίου.

Πηγή : Αρχείο Σκύρα Λίμα .

Το σύστημα πολλαπλών φλεβών σχηματίστηκε με τη στερεοποίηση του μάγματος στα κανάλια διείσδυσης και μεταφοράς από τους μαγματικούς θαλάμους στη βάση του ωκεανιού φλοιού, τροφοδοτώντας ταυτόχρονα τις υποθαλάσσιες εκχύσεις λαβών στον ωκεάνιο πυθμένα. Ώς εκ τούτου πρόκειται για μια επάλληλη σειρά φλεβών που αντιπροσωπεύει το γέμισμα του κενού χώρου, ο οποίος δημιουργείται με την απομάκρυνση των τεκτονικών πλακών στα αποκλίνοντα όρια. Η συνεχής τροφοδοσία του μάγματος στον δημιουργούμενο χώρο και μεταξύ των φλεβών που σχηματίστηκαν έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία του σχηματισμού αυτού, που αποτελείται μέχρι και 100% από φλέβες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου γεωλογικού φαινομένου παρατηρείται σήμερα στην Ισλανδία, η οποία διασχίζεται από τα όρια των πλακών της Αμερικής και Ευρασίας, που αποκλίνουν μεταξύ τους.

Στην περίπτωση του Τροόδους το σύστημα πολλαπλών φλεβών εμφανίζεται σε ολόκληρη σχεδόν την έκταση της οροσειράς, σχηματίζοντας ένα ελλειπτικό δακτύλιο που περιβάλλει τα πλουτώνια πετρώματα του Ολύμπου και περιβάλλεται από τα έκχυτα ηφαιστειακά πετρώματα . Τα πετρώματα του συστήματος πολλαπλών φλεβών είναι λεπτοκρυσταλλικα έως μεσοκρυσταλλικά .

Η σύσταση των φλεβών είναι βασαλτική έως δολεριτική, η διεύθυνση τους είναι βορειοδυτική – νότιοανάτολική και η διάταξή τους είναι σχεδόν κατάκόρυφη, εκτός από τις περιοχές που έχουν επηρεαστεί μεταγενέστερα από τεκτονισμό .

Μεταξύ του σχηματισμού αυτού και των προσκεφαλοειδών λαβών υπάρχει μεταβατική ζώνη γνωστή ως Ορίζοντας Βάσης. Ο Ορίζοντας Βάσης έχει πάχος από μερικές δεκάδες μέτρα μέχρι 2,3 χιλιόμετρα και αποτελείται από φλέβες με ποσοστό 95-100% και προσκεφαλοειδής λάβες μέχρι 5% (Τμήμα Γεωλογικής επισκόπησης : Η γεωλογία της Κύπρου, Δελτίο Αρ.10, Λευκωσία 2002) .

3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΒΑΣΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ

Ο διαβάσης εξορύσσεται στην Κύπρο με υπαίθρια εκμετάλλευση, με τη μέθοδο ασυνεχούς λειτουργίας και αυτό λόγω του ότι είναι πιο οικονομική μέθοδος απ΄ ότι η υπόγεια και εφαρμόζεται σε σκληρούς σχηματισμούς. Όλη η επεξεργασία χωρίζεται σε τρία κυρίως στάδια, την εξόρυξη, την φορτοεκφόρτωση και τέλος τη θραύση και ταξινόμηση. Στις εικόνες παρουσιάζονται οι εργασίες διάτρησης μετώπων, θραύσης υλικού με κρουστική σφύρα, φορτοεκφόρτωσης, πρωτογενούς θραύσης, εγκαταστάσεως σκυροθραυστικής μονάδας και τελικού προιόντος.

1. Μέθοδος εξόρυξης με συμβατικές μεθόδους διάτρησης και ανατίναξης .

Εικόνα 3.2και 3.3 : Διάτρηση διαβασικού πετρώματος με σκοπό την ανάτίναξη.

2. Πολλές φορές χρησιμοποιούνται σφύρες που μειώνουν το μέγεθος του πετρώματος, μετά από την ανατίναξη, για να μην υπάρχει πρόβλημα στον σπαστήρα .


Εικόνα 3.4και 3.5 : Μείωση μεγέθους υλικού με σκοπό την μεταφορά .

3. Στην συνέχεια γίνεται η φόρτωση και η μεταφορά μέχρι τη μονάδα θραύσης .


Εικόνα 3.6 και 3.7 : Φόρτωση και μεταφορά υλικού στην σκυροθραυστική μονάδα .

4. Ανάλογα με τη μείωση του μεγέθους του υλικού που θέλουμε, περνάει από τους κατάλληλους σπαστήρες και κόσκινα .

Εικόνα 3.8 : Περαιτέρω μείωση μεγέθους του υλικού και κοσκίνισμα .
Πηγή : Αρχείο Σκύρα Λίμα .

5. Τέλος το υλικό ταξινομείται σε σωρούς σύμφωνα με το μέγεθος τους .


Εικόνα 3.9 και 3.10 : Ταξινόμηση υλικού σύμφωνα με το μέγεθος του .

Πηγή : Αρχείο Σκύρα Λίμα .

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά μεγέθη κοκκομετρίας του υλικού που θραύονται στη σκυροθραυστική μονάδα της εταιρείας Σκύρα Λίμα και τα οποία διατείθενται στην αγορά :

Πίνακας 3.11: Μεγέθη υλικού που διατείθενται στην αγορά.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΜΕΓΕΘΟΣ (mm)
Λεπτά αδρανή (άμμος)	0-3
Λεπτά αδρανή (άμμος)	0-4
Αδρανή	4-10
Αδρανή	8-20
Αδρανή	10-14
Αδρανή	10-32
Αδρανή	0-32
Αδρανή	0-40
Ογκόλιθοι	>40

Το διαβασικό πέτρωμα χρησιμοποιείται ως δομικός ή διακοσμητικός λίθος , αλλά κυρίως για την κατασκευή οικοδομικών έργων και έργων οδοποιίας .

Εικόνα 3.12: Κατοικία επενδυμένη από διαβάση και άλλα πυριγενή πετρώματα .

Πηγή: www.moa.gov.cy/diavase bricks.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΥΡΙΜΑΧΑ ΥΛΙΚΑ

4.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Πυρίμαχο ονομάζεται κάθε υλικό που έχει μεγάλη ανθεκτικότητα στις υψηλές θερμοκρασίες. Υφίσταται δύσκολα αλλοιώσεις από αυτές και μόνο σε υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες είναι δυνατόν να τακεί. Υπάρχουν ωστόσο, και πυρίμαχα υλικά, όπως κεραμικά τα οποία είναι άτηκτα . Γι' αυτή τους την εξαιρετικά ωφέλιμη ιδιότητα τα πυρίμαχα υλικά χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες υαλουργίας , μεταλλουργίας, κατάσκευής τσιμέντου, όπου χρειάζεται υψηλή αντοχή στην θερμότητα (www.wikipedia-refractories.com).

Τα πυρίμαχα είναι ουσιώδη, σχεδόν σε όλες τις διαδικασίες θέρμανσης, από το λιώσιμο των μετάλλων στην κατάσκευή γυαλιού, τσιμέντου και κεραμικών. Πριν από τη βιομηχανική επανάσταση, οι περισσότερες διαδικασίες θέρμανσης χρησιμοποιούσαν απλά πυρίμαχα σχήματα κομμένα από πέτρα πυριτικού γενικά τύπου, αλλά οι απαιτήσεις από το νέο σίδηρο και τις χαλυβουργικές διαδικασίες που βελτιώνονταν τα έκαναν πιο ανθεκτικά στην θερμανση. Τα πρώτα κατασκευασμένα πυρίμαχα ήταν φτιαγμένα από άργιλους και ορυκτά πυριτίου αλλά καθώς η ακτίνα των θερμικών διαδικασιών δευρινόταν τόσο η σειρά των πυρίμαχων υλικών έτεινε να ταιριαξει στις συγκεκριμένες εφαρμογές. Αυτή η ανάπτυξη έχει επιταχυνθεί βαθμιαία τις τελευταίες δεκαετίες και τώρα είναι εντυπωσιακό το εύρος των υλικών που είναι διαθέσιμα στις βιομηχανίες κατανάλωσης.

Ο όγκος της πυρίμαχης χρήσης υλικών είναι ακόμη βασισμένος στη φυσική εμφάνιση ορυκτών όπως χαλαζία, άργιλο, high alumina ορυκτά , μαγνησίτη , δολωμίτη, χρωμίτη, ολιβίνη, γραφίτη και ζιρκονιακή άμμο. Στη σύγχρονη εποχή έχει ενταχθεί και ένας αριθμός σημαντικών συνθετικών προιόντων όπως καρβίδιο του πυριτίου ,θαλασσινή μαγνησία και λιωμένη αλουμίνα.

Η πρώτη απαίτηση ενός βιομηχανικού πυρίμαχου προϊόντος είναι ότι θα σταθεί επάνω, όχι μόνο στη θερμότητα, αλλά και στη χημική επίθεση, το γδάρσιμο, τον αντίκτυπό, και τον κλονισμό που προκαλείται από τις θερμικές πιέσεις. Ουσιαστικά, ένα πυρίμαχο υλικό μπορεί να οριστεί ως ένα που θα διατηρήσει τη φυσική μορφή του και τη χημική ταυτότητά του όταν υπόβάλλεται στις υψηλές θερμοκρασίες. Όπως ήταν αναμενόμενο, οι πυρίμαχες απαιτήσεις για τους διαφορετικούς τύπους λειτουργιών θέρμανσης ποικίλλουν ευρέως, και υπάρχει ένα αντίστοιχα ευρύ φάσμα των πυρίμαχων υλικών και των προϊόντων, οι «πυρίμαχες ύλες», για να καλύψει αυτές τις διάφορες απαιτήσεις. Εντούτοις, η οικογένεια πυρίμαχων υλών βασίστηκε σε έναν περιορισμένο αριθμό των στοιχείων όπως προαναφέρθηκε ήδη (πυρίτιο (Si), αλουμίνιο (Al), μαγνήσιο (Mg), χρώμιο(Cr), ασβέστιο (Ca), άνθρακα (C), και ζιρκόνιο (Zr)). Εκτός από τον άνθρακα που χρησιμοποιείται στην στοιχειώδη μορφή τα οξείδια αυτών των στοιχείων είναι που παρέχουν τις πιο σημαντικές πυρίμαχες ενώσεις. Τα καρβίδια, νιτρίδια και βορίδια είναι εξαίρεση σε αυτό τον κανόνα, χρησιμοποιούνται όμως στην αγορά σε μικρό ποσοστό, χώρια από το καρβίδιο του πυριτίου και θεωρούνται ουσιώδη πειραματικά υλικά .

Οι κύριες πυρίμαχες ενώσεις είναι βασισμένες σ' ένα ενιαίο οξείδιο, όπως το διοξείδιο του πυρίτιου (SiO_2), αλουμίνα (Al_2O_3), μαγνησία (MgO), ζιρκονία (ZrO) ή συνδιασμός των οξειδίων αλουμίνας και πυριτίου. Πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το στάδιο ότι τα οξείδια του χρωμίου και του ασβεστίου είναι γενικά ακατάλληλα από μόνα τους λόγω της αστάθειας τους, όμως μπορούν να σταθούν σε συνδιασμούς και συγκεκριμένα με το οξείδιο του μαγνησίου, δημιουργούν μία σταθερή μορφή πυρίμαχης ένωσης πολύ καλής αξίας .

Η αξία των πυρίμαχων υλών δεν κρίνεται μόνο από το κόστος και το ίδιο το υλικό αλλά από τη φύση εργασίας και της απόδοσής του σε μια ιδιαίτερη κατάσταση. Συγκεκριμένα η απόδοση ενός πυρίμαχου εξαρτάται από τις ιδιότητες και τις ποσότητες του σε τρείς φάσεις –στερεό,γυαλί/υγρό και πόροι που κυβερνούν την τελική ιδιοκτησία ενός πυρίμαχου υλικού. Ένας «πράσινος δεσμός» αναπτύσσεται με τη μίξη διαφόρων μεγεθών παρόμοιου πυρίμαχου υλικού που έχει κάποια δύναμη και ιδιοκτησία τα οποία αλλάζουν κατά τη θερμική επεξεργασία .

Οι ιδιότητες των πυρίμαχων υλικών εξαρτώνται έτσι από τις χημικές ,φυσικές ,ορυκτολογικές και θερμικές τους ιδιότητες .

Είναι γενικά κατάλληλα Βάσει :

- Παραμέτρων διαδικασίας όπως το σχεδιάγραμμα θερμοκρασίας, τρόπος λειτουργίας, χημικό περιβάλλον κ.λ.π.
- Ανάμενόμένα ποιότικά χαρακτηριστικά.
- Καλύτερες τεχνικές για την εφαρμοσμένη μηχανική έτσι ώστε οι τελικές φυσικές, χημικές, μηχανικές ιδιότητες να είναι συμβατές στην εφαρμογή.

Τα πυρίμαχα υλικά χρησιμοποιούνται με δύο διαφορετικές μορφές: τα διαμορφωμένα και τα μη διαμορφωμένα πυρίμαχα.

Διαμορφωμένα πυρίμαχα (shaped)

Η πιο γνωστή μορφή των πυρίμαχων υλικών είναι η ορθογώνια μορφή τούβλου. Εντούτοις τα πυρίμαχα είναι προς το παρόν διαθέσιμα σε ποικιλία μορφών (σχημάτων) και μεγεθών για την ευκολία στην κατάσκευή . Αυτά μπορούν να διαιρεθούν περαιτέρω σε τυπόποιημένες μορφές και ειδικές μορφές. Οι τυπόποιημένες μορφές έχουν τη διάσταση με την οποία ανταποκρίνονται από τους περισσότερους κατασκευαστές πυριμάχων και ισχύουν γενικά στους κλίβανους ή φούρνους των ίδιων τύπων .

Οι ειδικές μορφές γίνονται συγκεκριμένα για ιδιαίτερους τύπους κλιβάνων ή φούρνων .

Εικόνα 4.1 : Διαμορφωμένα τούβλα από πυρίτιο. Εικόνα 4.2 : Διαμορφωμένο τούβλο από θερμική επεξεργασία αργίλου.

Πηγή: http://www.google.gr/search?q=πυρίμαχα+τούβλα+πυριτίου&hl

Μη διαμορφωμένα πυρίμαχα (Unshaped)

Υπάρχει μια κατηγορία πυρίμαχων τα οποία είναι χωρίς καθορισμένη μορφή αλλά τους δίνεται μορφή επάνω στην εφαρμογή . Η κατηγορία αυτή είναι γνωστή και ως μονολιθικά πυρίμαχα υλικά .

Τα κοινά παραδείγματα (διεθνείς όροι μετεφρασμένοι) είναι πλαστικές μάζες, χώνοντας μάζες, castables, πυροβολώντας τις μάζες, επιστρώνοντας το μίγμα, τα κονιάματα κ.τ.λ. Οι ξηρές επενδύσεις δόνησης που χρησιμοποιούνται συχνά στις επενδύσεις φούρνων επαγωγής είναι επίσης μονολιθικές. Πωλούνται και μεταφέρονται ως ξηρά σκόνη συνήθως με μία σύνθεση μαγνησίας/αλουμίνας και με προσθήκες άλλων χημικών ουσιών για την αλλαγή των συγκεκριμένων ιδιοκτησιών.

4.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΥΡΙΜΑΧΩΝ

Η ταξινόμηση των πυρίμαχων υλικών μπορεί να προσεγγιστεί με διαφορετικούς τρόπους, με το συνοδευτικό διάγραμμα να προορίζεται περισσότερο ως οδηγός στις πυρίμαχες ενώσεις και τις πρώτες ύλες από τις οποίες προέρχονται, παρά ως πραγματική ταξινόμηση των πυρίμαχων υλικών. Μια πιο λεπτομερής ταξινόμηση απαιτεί την εκτίμηση της απαραίτητης τελικής χρήσης, και της μορφής στην οποία το τελειωμένο πυρίμαχο υλικό πρόκειται να εφαρμοστεί.

Οι πυρίμαχες ενώσεις μπορούν να ομαδοποιηθούν σε ευρείες κατηγορίες (B.M.COOPE). Μία από τις πιο κοινές ομάδες είναι οι όξινες και βασικές . Οι όξινες πυρίμαχες ενώσεις είναι οι πυριτικές και αυτές στο συνδιασμό aloumina-silica με υψηλό ποσοστό silica. Αντιθέτως η μαγνησία, δολομίτης, χρωμίτης και φορστερίτης διαμορφώνουν την ομάδα που είναι γνωστή ως βασικές πυρίμαχες .

Η υψηλή τελική αλουμίνα από το φάσμα αλουμίνα-πυρίτιο είναι ουσιαστικά ουδέτερη . Ο χρωμίτης είναι αυστηρά ουδέτερος αλλά γενικά συμπεριλαμβάνεται στις βασικές πυρίμαχες καθώς χρησιμοποιείται με την μαγνησία .

Οι όροι “ όξινο και βασικό” αναφέρονται στις ατμόσφαιρες στις οποίες οι πυρίμαχες ενώσεις απαιτείται να λειτουργήσουν, παρά στη χημική οξύτητα ή αλκαλότητα της ίδιας της πυρίμαχης ένωσης . Το πυρίτιο για παράδειγμα είναι αδρανές σε όξινο περιβάλλον αλλά αντιδρά σε βασικό περιβάλλον. Οι όροι προέκυψαν διαμέσου των χαλυβουργικών διαδικασιών που χρησιμοποιούσαν όξινη ή βασική σκουριά.

Επίσης είναι άξιο να σημειωθεί ότι οι όξινες πυρίμαχες ενώσεις σαν όρος δεν είναι πολύ ικανοποιητικές δεδομένου ότι τα όρια της ομάδας δεν είναι πολύ σαφή .Αντιθέτως οι βασικές πυρίμαχες ενώσεις είναι ένας πολύ χρησιμος όρος αφού περιγράφει βολικά τις πυρίμαχες ύλες με κέντρο τη μαγνησία .

Οι «μη βασικές» πυρίμαχες ενώσεις ομαδοποιούνται καλύτερα κάτω από τρείς κύριες κατηγορίες : πυρίμαχα πυριτίου, αλούμινας – πυριτίου (η οποία είναι πολύ μεγάλη κατηγορία αφού συμπεριλαμβάνει όλη την ακτίνα ποσοστών αλουμίνας με λιγότερο από 20 % μέχρι 100 % Al_2O_3) και η τρίτη κατηγορία των ειδικών πυρίμαχων, η οποία περιλαμβάνει ενώσεις ζιρκονίου ,άνθρακα ,καρβίδιο του πιριτίου και άλλα. Πάρακατω αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο σχηματίζονται τα αντίστοιχα πυρίμαχα .

4.3 ΟΞΙΝΕΣ ΠΥΡΙΜΑΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

1. ΠΥΡΙΜΑΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΠΥΡΙΤΙΟΥ

Αν και το πυρίτιο υπό μορφή χαλαζία είναι ένα άφθονο υλικό, μόνο ορισμένες ποικιλίες είναι κατάλληλες για πυρίμαχη κατάσκευή. Η κύρια πρώτη ύλη για τις πυρίμαχες ύλες πυριτίου είναι μια ιδιαίτερα καθαρή και κοκκώδης μορφή χαλαζία που είναι γνωστή ως ganister η οποία έχει ποσοστό χαλαζία 98% ή περισσότερο και μέγεθος κόκκων μεταξύ 0,1 mm και 0,2 mm. Χαμηλού ποσοστού από χαλαζία και πυριτιακής άμμου χρησιμοποιούνται σε μερικές περιπτώσεις αλλά γενικά μόνο όταν δεν είναι διαθέσιμη καλή ποιότητα ganister. Ένας άλλος τρόπος ο οποίος εφαρμόζεται και στην Ευρώπη είναι η προσθήκη άμμου γυαλιού στο ακάθαρτο ganister για την αύξηση του διοξειδίου του πυριτίου. Για ψηλές θερμοκρασίες πυρίμαχων η κρυσταλλική δομή του χαλαζία μετατρέπεται σε χριστοβαλίτη και τριδυμίτη σε θερμοκρασία 1450 ^oC. Έιναι ένα ενδιαφέρον σημείο στο οποίο τα τούβλα πυριτίου επεκτείνονται κατά 20% στην πυρκαγιά, λόγω της αλλαγής της κρυσταλλικής δομής. Σ΄ αυτές τις θερμοκρασίες η μορφή του πυριτίου διατηρεί την δύναμη του μέχρι πολύ κοντά στο σημείο τήξης στους 1700 ^oC. Οι περισσότερες πυριτικές πυρίμαχες ύλες χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία τούβλων και άλλων μορφών αλλά η μεικτή επιγόμωση του πυριτίου είναι αυτή που χρησιμοποιείται περιστασιακά .

Εικόνες 4.3. και 4.4: Πυρίμαχα τούβλα πυριτίου.

Πηγή:www.google.gr/ silica refractoriesbricks.

2. ΠΥΡΙΜΑΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ALUMINA - SILICA

Οι πυρίμαχες ενώσεις αλουμίνας –πυριτίου ή αλλιώς αλουμινοπυρίτιο είναι από τις μεγαλύτερες ομάδες πυρίμαχων με μια μεγάλη ποικιλία μορφών σε όλη την πυρίμαχη αγορά. Για λόγους απλότητας το εύρος της ομάδας αυτής χωρίζεται σε low –alumina (<45% Al_2O_3) και σε high –alumina (>45% Al_2O_3). Η low –alumina (εικ. 4.6) παράγεται από άργιλο εναντιθέση με την high –alumina (εικ. 4.5) η οποία παράγεται από εμπλουτισμένη άργιλο ή από ορυκτά πλούσια σε αργίλιο όπως ο συλλιμανίτης και ο βωξίτης .

Εικόνα 4.5: Τούβλα με σύνθεση high alumina .
Πηγή:www.google.gr/high alumina refractoriesbricks.

Εικόνα 4.6 : Τούβλα με σύνθεση Low alumina /πυρίμαχη άργιλος .

Πηγή:www.google.gr/low alumina refractoriesbricks.

4.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΙΜΑΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Οι αλλαγές στις χαλυβουργουργικές μεθόδους τις περασμένες δυο δεκαετίες έχουν φέρει μια χαρακτηρισμένη ταλάντευση εκτός από το πυρίτιο και τις πυρίμαχες αργίλους, τη χρήση βασικών πυρίμαχων ενώσεων. Όπως έχει υποθεί η μεγάλη ομάδα αυτή έχει ως βάση τις ενώσεις με μαγνήσιο .

1. ΜΑΓΝΗΣΙΑ

Η μαγνησία (MgO) προετοιμάζεται από το φυσικό χημικό Μαγνησίτη ($MgCO_3$) ή από την πτώση αλάτων μαγνησίου από τα θαλασσινά νερά. Σε κάθε περίπτωση η πρώτη ύλη πρέπει να είναι απολύτως καμένη (ασβεστοποιημένη στους 1500 ^oC ή περισσότερο) ώστε να παράχθει ένα κατάλληλο πυρίμαχο προιόν με σύσταση σχεδόν ολοκληρωτικά από μαγνησία (εικ.4.7) .Το ορυκτό και το θαλασσινό καμένο προιόν διαφέρει ως ένα ορισμένο βαθμό τόσο χημικά όσο και φυσικά, αλλά διάφορες τεχνολογικές εξελίξεις έχουν επιτρέψει στους κατάσκευαστές και των δύο να παράξουν ένα υψηλής ποιότητας πυρίμαχο υλικό .

Η μαγνησία χρησιμοποιείται και μόνη της για κατασκευή τούβλου από μαγνησία ή μαζί με χρωμίτη στην κατασκευή μαγνησιοχρωμιτικών τούβλων (εικ. 4.9) ή χρωμιομαγνησιτικών τούβλων(εικ.4.10). Η θεωρητική σύνθεση του χρωμίτη είναι $FeCr_2O_4$, αλλά τα εμπορικά μεταλλεύματα περιέχουν τις ουσιαστικές ποσότητες αλουμίνας και μαγνησίας .

Ο Χρωμίτης είναι ένα ουδέτερο πυρίμαχο που αν και μερικές φορές χρησιμοποιείται μόνος του, έχει περισσότερη αξία όταν χρησιμοποιείται σε μίξη με τη μαγνησία . Αυτές οι μίξεις οι οποίες είναι ουδέτερες, είναι πολύ χρήσιμες γιατί παρέχουν ένα διαχωρισμένο στρώμα όταν όξινα και βασικά πυρίμαχα χρησιμοποιούνται στον ίδιο φούρνο. Έιναι πολύ σημαντικά πυρίμαχα από μόνα τους λόγω του ότι είναι και ανθεκτικά σε θερμικούς κλονισμούς πολύ περισσότερο απ΄ ότι ένα συνηθισμένο μαγνησιτικό τούβλο .

Εικόνα 4.7: Μαγνησιτικά και χρωμομαγνησιτικά πυρίμαχα τούβλα.

Πηγή:www.google.gr/chromite-magnisium refractoriesbricks.

Εικόνα 4.8: Αλουμινομαγνησιτικά πυρίμαχα τούβλα .

Πηγή:www.google.gr/alumina-magnisium refractoriesbricks.

Εικόνα 4.9: μαγνησιοχρωμιτικά πυρίμαχα τούβλα.

Πηγή:www.google.gr/ magnisium - chromite refractoriesbricks.

Εικόνα 4.10: χρωμομαγνησιτικά πυρίμαχα τούβλα.

Πηγή:www.google.gr/chromite-magnisium refractoriesbricks.

2. ΔΟΛΟΜΙΤΙΚΑ ΠΥΡΙΜΑΧΑ

Ο δολομίτης είναι ένα διπλό ανθρακικό μαγνήσιο και ασβέστιο $CaMg(CO_3)_2$ που θεωρητικά περιέχει 45% $MgCO_3$. Ο όρος χρησιμοποιείται για πετρώματα που είναι πραγματικά δολομιτιωμένοι ασβεστόλιθοι και το εμπορικό περιεχόμενο $MgCO_3$ του δολομίτη μπορεί στην πράξη να μην υπερβαίνει το 20%. Όπως ο μαγνησίτης έτσι και ο δολομίτης καίγεται περίπου στους 1700 ^oC και παράγει ένα διπλό οξείδιο μαγνησίας και ασβέστη. Ένα από τα κύρια μειονεκτήματα του δολομίτη ως πυρίμαχη ύλη είναι ότι μπορεί να ενυδατωθεί βαθμιαία όταν εκτεθεί σε οποιουδήποτε είδους υγρασία λόγω του ελεύθερου ασβεστιτικού περιεχομένου. Γι΄ αυτό το λόγο το κύριο πυρίμαχο χρησιμοποιόταν για πολλά χρόνια ως υλικό επίστρωσης (επιδιόρθωση σε επενδύσεις φούρνων). Η εμφάνιση του δολομιτικού τούβλου (εικ.4.11) ήταν η κύρια ανάπτυξη στην χρήση του δολομίτη ως δομικό πυρίμαχο υλικό . Ακόμα όμως και αυτά τα τούβλα πρέπει να τοποθετούνται προσεκτικά λόγω του κινδύνου ενυδάτωσης, δεν πάυουν όμως να είναι καλής αξίας οικονομικά πυρίμαχα.

Επίσης ο δολομίτης είναι ένα άφθονο υλικό με υψηλή απόθεματική ποιότητα που χρησιμοποιείται σε όλο το κόσμο. Συνεπώς σχεδόν όλες οι βιομηχανικές χώρες χρησιμοποιούν γηγενή υλικά .

Εικόνα 4.11: Δολομιτικά πυρίμαχα τούβλα.
Πηγή:www.google.gr/dolomite refractoriesbricks.

3. ΠΥΡΙΜΑΧΑ ΟΛΙΒΙΝΗ

Τα πυρίμαχα που φτιάχνονται από ολιβίνη λέγονται πυρίμαχα ολιβίνη ή αλλιώς πυρίμαχα φορστερίτη . Αυστηρά μιλώντας ο ολιβίνης είναι χαμηλοπυριτικό, εξαιρετικά βασικό υλικό με μια συνεχή μεταβλητή σύνθεση μεταξύ των μελών της σειράς. Το πλούσιο σε μαγνήσιο δίνει φορστερίτη (Mg_2SiO_4) (εικ. 4.12) και το πλούσιο σε σίδηρο που δίνει φαϋαλίτη (Fe_2SiO_4). Στην εμπορική πρακτική, εντούτοις ο όρος αναφέρεται σε βράχους που περιέχουν λιγότερο από 10% φαϋαλίτη . Τα πυρίμαχα που φτιάχνονται απ΄ αυτά τα ορυκτά χρησιμοποιούνται κυρίως από βιομηχανίες χάλυβα, γυαλιού και τσιμέντου, αλλά τώρα τελευταία έχει αναπτυχθεί μία σημαντική αγορά στον τομέα κατάσκευής πυρίμαχων μπλοκ για την δημιουργία ηλεκτρικών θερμαστρών νυχτερινής αποθήκευσης .

Εικόνα 4.12: Πυρίμαχο υλικό μαγνησιούχου ολιβίνη.

Πηγή:www.google.gr/olivine refractoriesbricks.

4.5 ΕΙΔΙΚΑ ΠΥΡΙΜΑΧΑ ΥΛΙΚΑ

1. ΑΝΘΡΑΚΑΣ

Τα πυρίμαχα του άνθρακα (εικ. 4.13) παράγονται από φυσικό ή συνθετικό γραφίτη αλλά και από ψηλής ποιότητας κωκ. Συγχρόνως, σχεδόν όλα τα πυρίμαχα άνθρακα χρησιμοποιούσαν γραφίτη ως ορυκτό υλικό αλλά αυτό έχει εν μέρει εκτοπιστεί από κατασκευασμένες μορφές άνθρακα. Ο φυσικός γραφίτης εμφανίζεται σε τρεις μορφές νυμφάδα, φλέβα και άμορφο και η κύρια χρήση του είναι η κατασκευή χοάνων για το λιώσιμο ορείχαλκου, χαλκού και χάλυβα. Γι ΄ αυτό το σκοπό η νυμφάδα γραφίτη γίνεται μίξη με μια πλαστική πυρίμαχη άργιλο και φορμάρεται στο επιθυμητό σχήμα.

Οι κατασκευασμένες μορφές άνθρακα παράγονται από ψημένο άνθρακα ή από πετρελαϊκό κωκ στο οποίο έχει προστεθεί λίγη πίσσα για να διευκολύνει τη διαμόρφωση. Τα πυρίμαχα που φτιάχνονται από κατασκευασμένο άνθρακα ψήνονται περίπου στους 1000 ^{o}C. Έιναι πολύ πιο πορώδη από τα πυρίμαχα που φτιάχνονται από γραφίτη εντούτοις αν και το πορώδες τους μπορεί να ελεγχθεί μέχρι ενός βαθμού από την επιλογή των υλικών και το μέγεθος των κόκκων που πρέπει να είναι περαιτέρω ψημένα σε θερμοκρασίες που πλησιάζουν 2000 ^{o}C εάν η πυκνή από γραφιτική δομή πρόκειται να διαμορφωθεί. Ο άνθρακας ο οποίος έχει σημείο τήξεως στους 3500 ^{o}C μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εξαιρετικά υψηλές λειτουργούσες θερμοκρασίες .

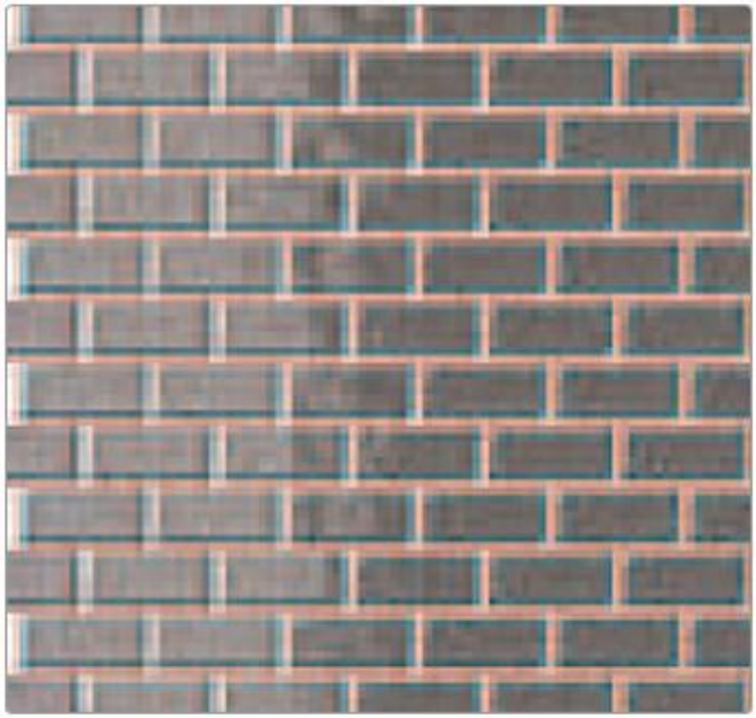
Τα πυρίμαχα του άνθρακα χαρακτηρίζονται από ψηλή αντίσταση σε θερμικές κλονίσεις, καλή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες καθώς και αντίσταση στη σκουριά σε όλες τις θερμοκρασίες . Το κύριο τους μειονέκτημα είναι η οξείδωσή τους από τον αέρα, νερό ή από το διοξείδιο του άνθρακα όταν είναι ζεστό. Επομένως πάντα χρησιμοποιούνται στη μείωση των ατμοσφαιρών .

Εικόνα 4.13:Πυρίμαχα τούβλα από άνθρακα.

Πηγή : www.google.gr/πυρίμαχα άνθρακα.

Εικόνα 4.14: Υψηλής αγωγιμότητας πυρίμαχα τούβλα γραφίτη.

Πηγή : www.google.gr/graphite refractory bricks



Εικόνα 4.15: Πυρίμαχα τούβλα γραφίτη.

Πηγή : www.google.gr/graphite refractory bricks

2. ΚΑΡΒΙΔΙΟ ΤΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ

Το καρβίδιο του πυριτίου είναι ένα υλικό το οποίο δεν απαντάται στη φύση αλλά παράγεται από τη θέρμανση πυριτικής άμμου και υψηλής ποιότητας κωκ στους 2400 ^oC σε φούρνο ηλεκτρικής αντίστασης . Απαιτείται τεράστιο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας για να παραχθεί και γενικά προτιμάται να κατασκευάζεται όταν είναι διαθέσιμη υδροηλεκτρική ενέργεια η οποία είναι και πιο φθηνή. Αν και το καρβίδιο του πυριτίου αρχικά παράχθηκε ως λειαντικό υλικό, οι πυρίμαχες εφαρμογές τώρα συναγωνίζονται τώρα τα λειαντικά .Τα σχήματα και τα τούβλα του καρβίδιου του πυριτίου (εικόνα 4.16) μπορούν να παραχθούν είτε με άμεση σύνδεση είτε με τη μίξη πυρίμαχης αργίλου. Επίσης μεγάλης σημασίας είναι και η κατασκευή χοάνων από μίγματα καρβιδίου του πυριτίου με γραφίτη.

Εικόνα 4.16 : Πυρίμαχα τούβλα από καρβιδίου του πυριτίου .

Πηγή : www.google.gr/silica carbide refractories

3. ΠΥΡΙΜΑΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΖΙΡΚΟΝΙΟΥ ΚΑΙ ΖΙΡΚΟΝΙΑΣ

Το ζιρκόνιο ($ZrSiO_4$) και η ζιρκονία (ZrO_2) μπορούν και τα δύο να βρούν εφαρμογή στην βιομηχανία κατασκευής πυρίμαχων υλικών. Κατ΄ ακρίβεια τα πυρίμαχα ζιρκονίου είναι διαθέσιμα ως τούβλα (εικ. 4.18) ή μονολιθικά και χρησιμοποιούνται στην κατασκευή γυαλιού, καθαρισμό αλουμινίου και για το λιώσιμο πολύτιμων μετάλλων. Από μόνη της η ζιρκονία είναι ασταθής για τους περισσότερους πυρίμαχους σκοπούς αλλά μπορεί να σταθεροποιηθεί προσθέτωντας άλλα οξείδια όπως ασβεστίου, μαγνησίας και οξείδια βηρύλλιου και θόριου. Το ζιρκόνιο και η ζιρκονία κατέχουν καλή αντίσταση στις θερμικες κλονίσεις και είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες. Η κύρια πηγή τους είναι από θαλάσσιες άμμους από τις οποίες ανακτώνται ως προιόντα .

Εικόνα 4.17: Πυρίμαχα τούβλα αλουμίνας –Ζιρκονίας. Εικόνα 4.18:Πυρίμαχα τούβλα Ζιρκονίου.

Πηγή : www.google.gr/zirconia -aloumina &zircon

4.6 ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΑ ΠΥΡΙΜΑΧΑ

Από ορισμό η μονολιθική δομή είναι μία δομή που δεν έχει ενώσεις και το πεδίο των μονολιθικών πυρίμαχων περιλαμβάνει ουσιαστικά όλα τα πυρίμαχα εκτός τούβλα και κονιάματα . Αυτοί οι όγκοι πυρίμαχων υλικών εφαρμόζονται σε φούρνους με διαφορετικούς τρόπους και οι οποίοι ταξινομούνται σε τέσσερις ομάδες Castables, mouldables, ramming mixes and gunning mixes. Αρχικά αναπτύχθηκαν για τη συντήρηση φούρνων όμως τώρα χρησιμοποιούνται ευρέως ως ολόκληρες επενδύσεις φούρνων.

Ταξινόμηση μονολιθικών πυρίμαχων (διεθνείς όροι) :

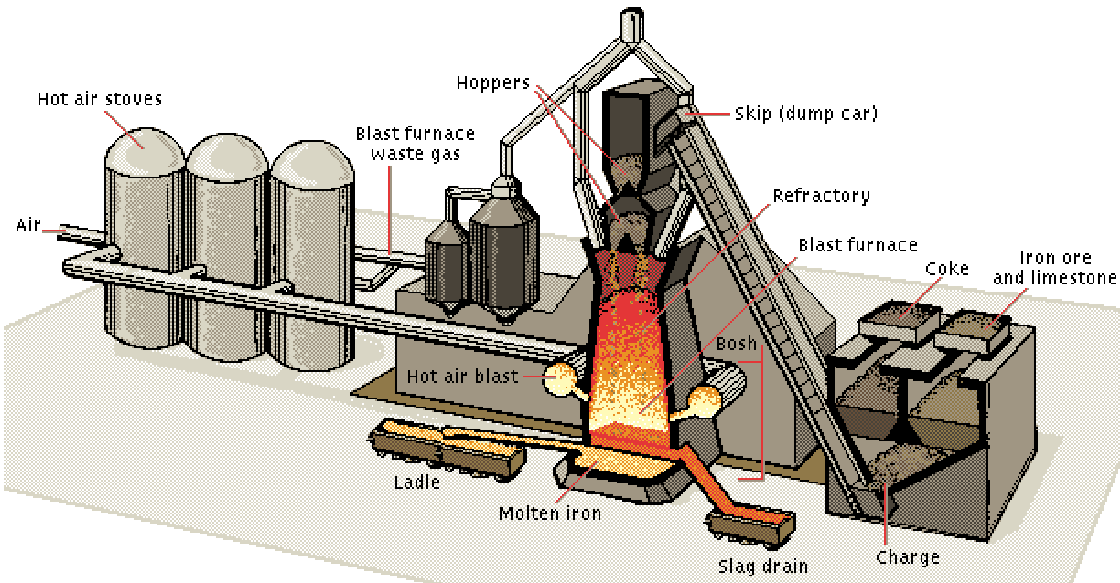
- Castables: Είναι στην ουσία υψηλής θερμοκρασίας τσιμέντα τα οποία φτιάχνονται από βαθμολογημένα πυρίμαχα σύνολα που συνδέονται με τα υδραυλικά τσιμέντα τοποθετήσεως. Εφαρμόζονται σε ξηρή κατάσταση και μόνο νερό χρειάζεται να προστεθεί. Χρησιμοποιούνται μερικά καλούπια ή ξυλότυποι για σχήμα ώστε να τοποθετηθεί και ακολούθως προστείθεται το υγρό μίγμα και δονείται μέχρι να λάβει την μέγιστη πυκνότητα. Πήζει όπως ένα κανονικό τσιμέντο .

- Mouldables (ή πλαστικές πυρίμαχες ύλες): Συνιστώνται από καμένα και ταξινομημένα πυρίμαχα αδρανή τα οποία αναμείχθηκαν με πλαστικές αργίλους και στα οποία προστέθηκε νερό ανάλογα με την επιθυμητή σύσταση. Αυτό τα αφήνει σε μια δύσκαμπτη πλαστική κατάσταση που τους επιτρέπει να τοποθετηθούν στο φούρνο είτε με το χέρι είτε με πνευματικό σφυρί. Όταν τοποθετηθεί το υλικό ακολούθως ψήνεται σε κεραμική μορφή από τον ίδιο το φούρνο .

- Ramming mixes: Είναι παρόμοια με τα mouldables με τη διαφορά ότι περιέχουν λίγο έως καθόλου συνδετικό υλικό. Βασίζονται στο έδαφος και στις ποικίλες ταξινομικές συνθέσεις υλικών συμπεριλαμβανομένου υψηλής και χαμηλής αλούμινας, πυριτίου, χρωμίτη, μαγνησίας, καρβιδίου του πυριτίου. Σφυροκοπιούνται στη θέση από μηχανικά μέσα και ψήνονται επι τόπου από το φούρνο .

- Gunning mixes: Είναι μία κατηγορία η οποία βρίσκεται πιο κοντά στην κατηγορία castables. Η βασική διαφορά είναι ότι η ταξινόμηση των αδρανών και η περιεκτικότητα τους σε υγρασία αλλάζουν για να τα κατάστήσουν κατάλληλα για οπλικές εφαρμογές . Το μίγμα ψεκάζεται στην επιθυμητή επιφάνεια από συμπιεσμένο αέρα μέσω μάνικας . Το νερό προστίθεται μέσο του ακροφυσίου και το οποίο προτιμάται γιατί δίνει περισσότερο έλεγχο. Όταν εφαρμοστεί το μίγμα αφήνεται να τοποθετηθεί με κανονικό τρόπο πριν το ψήσιμο. Η μέθοδος είναι εξαιρετικά γρήγορη λόγω των βελτιωμένων τεχνικών πυροβολισμού .

Ένα κοινό πράγμα που έχουν όλα τα μονολιθικά πυρίμαχα είναι ότι μερικές μορφές δεσίματος είναι απαραίτητο να διασφαλίσουν ότι τα υλικά επικολλούνται σταθερά πάνω στην επιφάνεια. Οι άγκυρες μπορούν να είναι μορφές πυρίμαχου τούβλου ή πυρίμαχες υπόστηρίξεις χάλυβα κραμάτων, που καθορίζονται στην επιφάνεια σε διαστήματα, αλλά πρέπει να είναι αρκετά ισχυρές να κρατήσουν την πυρίμαχη ύλη σταθερά και να είναι αρκετά εύκαμπτες ώστε να της επιτρέψουν κάποια μετακίνηση, κάτω από θερμική πίεση.



Εικόνα 4.19: Δημιουργία πυρίμαχου υλικού για φούρνο φυσήματος .

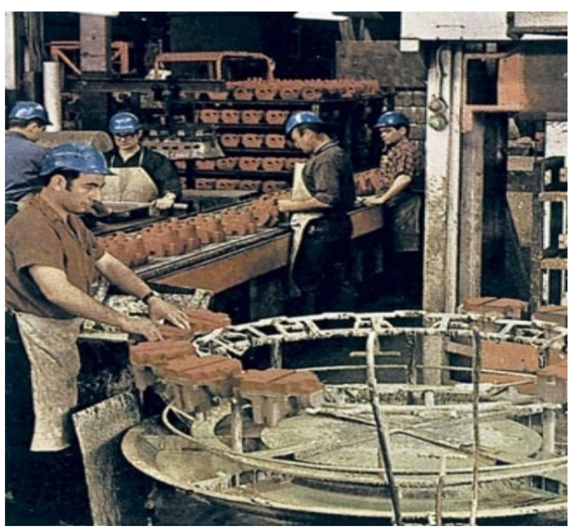
Πηγή :http://www.skyrodemanet.gr/index.php?option=com

4.7 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΥΡΙΜΑΧΩΝ ΤΟΥΒΛΩΝ

Η παραγωγή τούβλων περιλαμβάνει γενικά τέσσερα στάδια: μίξη, σχήμα ή μορφοποίηση, ξήρανση και έψηση.

Τα πυρίμαχα υλικά λειοτριβούνται και αποθηκεύονται ώστε να είναι έτοιμα για μίξη. Δεδομένου ότι ένα ενιαίο υλικό πολύ σπάνια καλύπτει όλες τις απαιτήσεις σε ανθεκτικότητα, μορφή και σύνδεση, κάποιος βαθμός συνδυασμού ή προσθήκης που ακολουθείται με μια λεπτομερή μίξη είναι συνήθως απαραίτητος. Για παράδειγμα ένα τούβλο πυρίμαχης αργίλου δημιουργείται από την μίξη πλαστικής άργιλου με μη πλαστικό αδρανές πρόσμιγμα όπως grog ή πυρολιθική άργιλο .Τα τούβλα πυριτίου λαμβάνουν 2% ασβέστη για να βοηθήσει την σύνδεση. Ακόμα ένα συστατικό που χρησιμοποιείται στο στάδιο μίξης ειδικά στην πυρίμαχη άργιλο είναι το νερό .

- Η μορφοποίηση πραγματοποιείται με **διάφορες μεθόδους**. Η πιο βασική φυσικά είναι το **σχήμα χεριών** (εικ. 4.20) στο οποίο το μίγμα μπαίνει σε ξύλινα καλούπια και χτυπιέται ώστε να καταστεί αρκετά άκαμπτο για τη φόρμα πριν οδηγηθεί για έψηση .



Εικόνα 4.20: Παραγωγή πυρίμαχων με μέθοδο μορφοποίησης χεριών.

Πηγή: http://www.ygeiaonline.gr/index.php?option=com_k2&view=item&id=45575:pyrimaxa_ylika.

Χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα η μέθοδος αυτή για πολύπλοκα σχήματα όμως είναι αρκετά αντιοικονομική για μαζική παραγωγή προτύπων σχημάτων. Η μαζική παραγωγή πραγματοποιείται γενικά με συμπίεση, εξώθηση ή τη ρίψη .

Στη **συμπίεση** χρησιμοποιείται μηχανική πρέσσα (εικ. 4.21) όπως τραβέρσα ή συμπιεστές στους οποίους η ημίξηρη σκόνη τοποθετείται σχηματικά και το πάνω μέρος του καλουπιού που τοποθετείται σφυροκοποιείται από μία μηχανική σφύρα. Επίσης και οι υδραυλικές πρέσσες χρησιμοποιούνται συχνά . Το κύριο πλεονέκτημα χρησιμοποιώντας αυτούς τους τύπους πίεσης είναι ότι το πυρίμαχο μίγμα είναι υπό μορφή υγρής σκόνης (περιεχόμενη υγρασία από 3% έως 8 %) με λίγη έως καθόλου ξήρανση που απαιτείται πρίν την έψηση .

Εικόνα 4.21: Μηχάνημα κατάσκευής τούβλων με συμπίεση.

Πηγή : www.google.gr/compress machine for bricks

Η **μέθοδος εξώθησης** χρησιμοποιεί ένα αρκετά υγρό υλικό (υγρασία 12-15%), αλλά ακόμα κι έτσι μια ιδιαίτερη δύναμη απαιτείται για να ωθήσει το μίγμα αργίλου μέσω του κύβου. Το μηχάνημα που χρησιμοποιείται είναι γνωστή ως τρυπάνι και η διαδικασία περιλαμβάνει την εξώθηση της αργίλου μέσω ενός διαμορφωμένου ανοίγματος, από το οποίο προκύπτει ως ομοιόμορφη στήλη που κόβεται έπειτα στα τμήματα από ένα τεντωμένο καλώδιο. Οι μορφές που παράγονται απαιτούν συμπίεση πριν την ξήρανση .

Η τρίτη κοινή μέθοδος μορφοποίησης είναι η **ρίψη** η οποία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για μεγάλα σχήματα. Η υγρή άργιλος πετιέται σε ένα καλούπι, συνήθως από ασβεστοκονίαμα και σκληραίνει μετά που η υγρασία έχει απορροφηθεί από το καλούπι. Οι θιξοτροπικές ιδιότητες της αργίλου είναι πολύ ιδιαίτερες κατά τη ρίψη, από την στιγμή που η διαδικασία μπορεί να επιταχυνθεί παράλληλα και μπορεί να ελεγχθεί πιο εύκολα αν η άργιλος ρέει όταν δονείται και σκληραίνει όταν σταματά η δόνηση . Η ξηρή συμπίεση χρησιμοποιείται απόκλειστικά για το πυρίτιο και βασικά πυρίμαχα και η πλειοψηφία των αλουμινοπυριτικών τούβλων παράγεται αποκλειστικά με αυτή την μέθοδο, αλλά το τρυπάνι ακόμη συμμετέχει σ΄ ένα λογικό πλαίσιο (10 - 20%) στην αγορά των πυρίμαχων αργίλων .

- **<u>ΞΗΡΑΝΣΗ :</u>** πραγματοποιείται συνήθως στους στεγνωτήρες σηράγγων ή αιθουσών και τα τούβλα σήμερα συνήθως συσσωρεύονται σε επίπεδα, καροτσάκια χάλυβα. Όταν στεγνώσουν τα τούβλα μεταφέρονται στους κλίβανους για έψηση .

- **<u>ΕΨΗΣΗ:</u>** Τα άψητα τούβλα εισέρχονται στους κλίβανους για έψηση, και οι οποίοι διαχωρίζονται σε δύο θεμελιώδεις κατηγορίες: τους διαλείπων κλίβανους και τους συνεχείς κλίβανους .

Οι διαλείποντες κλίβανοι αποτελούνται γενικά από ένα απλό θάλαμο (εικ.4.23). Τα άψητα τούβλα σπρώχνονται μέσα στο θάλαμο, ψήνονται και ακολούθως τους επιτρέπεται να ψυχθούν. Στη συνέχεια εισάγονται έξω και πάλι. Αρκετοί από αυτούς έχουν πάψει να λειτουργούν και τη θέση τους έχουν πάρει δυο υποκατηγορίες οι οποιοί χρησιμοποιούνται ευρέως στη σύγχρονη κατασκευή πυρίμαχων τούβλων και είναι οι κλίβανοι shuttle (εικ.4.22) και οι κλίβανοι car-bell .Στους κλίβανους shuttle τα τούβλα μεταφέρονται μέσω τροχοφόρων μέσα στο θάλαμο και ομοίως βγαίνουν ενώ στους κλίβανους car-bell κατεβαίνει ο ίδιος στο φορτίο τούβλων και ανυψώνεται μετά το ψήσιμο.

Εικόνα 4.22: Φόρτωση με τροχοφόρο σε κλίβανο Shuttle.

Εικόνα 4.23: Κλίβανος Θαλάμου.

Πηγή : www.google.gr/κλίβανος shuttle&θαλάμου

Υπάρχουν δύο είδη **συνεχών κλιβάνων** που βρίσκονται σε χρήση: ο συνεχής θάλαμος (chamber kiln) και η συνεχής σήραγγα (tunnel kiln) .

Ο κλίβανος συνεχούς θαλάμου (εικ. 4.26) περιέχει 12 έως 80 θαλάμους πυρός τοποθετημένους σαν ένα κύκλωμα ενώ ο κλίβανος σήραγγα (εικ. 4.24 και 4.25) είναι μια ευθεία σήραγγα χωρίς διαμερίσματα. Η αισθησιακή διαφορά μεταξύ των δύο είναι ότι η ζώνη πυρός του κλίβανου συνεχούς θαλάμου παρουσιάζεται στα τούβλα (με την βοήθεια ενός κινητού σωλήνα ή μιας ειδικής ρύθμισης βαλβίδων) εναντιθέση με τον κλίβανο σήραγγα στον οποίο τα τούβλα μεταφέρονται στη ζώνη πυρός σπρώχνοντας τα από την είσοδο και παραλαμβάνοντας τα από την άλλη μεριά.

Εικόνες 4.24 και 4.25: Κλίβανοι σήραγγας.

Πηγή : www.google.gr/κλίβανος σήραγγας

Εικόνα 4.26: Κλίβανος συνεχούς θαλάμου.

Πηγή : www.google.gr/κλίβανος συνεχούς θαλάμου

4.8 ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΥΡΙΜΑΧΩΝ

Ο καταναλωτής των πυρίμαχων υλικών πρέπει πάντα να έχει μία καθαρή ιδέα πως τα πυρίμαχα που αγοράζει, υπάρχουν ορισμένες ιδιότητες που, όταν μετριούνται από τις τυποποιημένες δοκιμές μπορούν να παρέχουν έναν πολύ καλό οδηγό. Κάθε λειτουργία θέρμανσης έχει τα δικά της ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και το πρόβλημα στην επιλογή πυρίμαχων από ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα αφορά τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας θέρμανσης σε φυσικές και χημικές ιδιότητες των διάφορων πυριμαχων υλών . Αυτά τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν τη μέγιστη θερμοκρασία που επιτυγχάνεται, την ταχύτητα και τη σειρά των διακυμάνσεων θερμοκρασίας, τη συνοχή της λειτουργίας, το χημικό χαρακτήρα της αλλαγής, τη σκουριά, τα αέρια και το βαθμό γδαρσίματος που προκαλείται από τη μετακίνηση του περιεχομένου των φούρνων. Πιθανόν οι πιο σημαντικές ιδιότητες των πυρίμαχων υλικών **είναι: η χημική ανάλυση (chemical analysis**), **η αντίσταση (refractoriness), σταθερότητα υψηλών θερμοκρασιών (high temperature stability), δύναμη πυρός (hot strength), κρύα δύναμη θλίψης (cold crushing strength ,πορώδες (porosity), αντίσταση στο θρυμματισμό (resistance to spalling).**

Ανάλυση σημαντικών ιδιοτήτων (διεθνείς όροι) :

- **chemical analysis :** Είναι μια σημαντική μέτρηση που σημαίνει καταρχήν πρώτα απ΄ όλα ταξινόμηση της πυρίμαχης ύλης αλλά επίσης και τον καθορισμό του περιεχομένου της πρόσμιξης, ειδικά σε ενεργές προσμίξεις, όπως οξείδιο του σιδήρου στις αργίλους, αλουμίνα και αλκάλια σε πυριτικές ενώσεις κτλ.

- **Refractoriness :** Ορίζεται ως η ιδιότητα αντίστασης στην χαλάρωση ή την παραμόρφωση. Τα πυρίμαχα δεν έχουν αληθινό σημείο τήξεως και η αλλαγή από στερεό σε υγρό λαμβάνει θέση πάνω από ένα εύρος θερμοκρασιών. Σε ορισμένες περιπτώσεις όπου η υγρή φάση είναι πολύ ιξώδης, η πυρίμαχη ύλη θα συνεχίσει να λειτουργεί και επάνω από τις θερμοκρασίες στις οποίες το υγρό αρχίζει να διαμορφώνεται. Επομένως έχουν γίνει δοκιμές μέτρησης του σημείου όπου μαλακώνει το υλικό, ενός σημείου που έχει σημαντικές επιδράσεις στις ιδιότητες. Ένα πολύ γνωστό τέστ ιδιαίτερα για τα πυρίμαχα αλούμινας –πυριτίου είναι η μέτρηση Pyrometric Cone Equivalent γνωστή (PCE). Το προς εξέταση δείγμα αλέθεται και διαμορφώνεται σε ένα μικρό κώνο τυποποιημένων διαστάσεων. Ο κώνος θερμαίνεται σε συγκεκριμένο εύρος μαζί με τους τυποποιημένους κώνους, των οποίων τα σημεία μαλάκωσης είναι γνωστά . Ο πρότυπος κώνος που μαλακώνει στον ίδιο χρόνο με το δείγμα δίνει το PCE για το δείγμα .Το τέστ αυτό δεν είναι κατάλληλο για βασικά πυρίμαχα. Ένα άλλο τέστ είναι ότι το πυρίμαχο θερμαίνεται κάτω από ένα σταθερό φορτίο και η θερμοκρασία στην οποία η παραμόρφωση εμφανίζεται, μετριέται .

- **High-temperature –stability :** Είναι ένα μέτρο της αλλάγής όγκου μετά από τη θέρμανση στις συγκεκριμένες θερμοκρασίες για τα γνωστά χρονικά διαστήματα.

- **Hot Strength :** καθορίζεται με τη μέτρηση του συντελεστή της ρήξης και είναι μερικές φορές γνωστός ως εγκάρσια δύναμη θραύσης (transverse breaking strength). Το δείγμα αναστέλλεται μεταξύ δύο επιφανειών ρουλεμάν και ένα αυξανόμενο φορτίο εφαρμόζεται έως ότου εμφανίζεται η απότυχία. Οι δοκιμές μπορούν να πραγματοποιηθούν στη θερμοκρασία δωματίου ή στις διάφορες ανυψωμένες θερμοκρασίες .

- **Porosity :** είναι η ανάλογία του πόρου ή των κενών στον όγκο ολόκληρου του τούβλου και εκφράζεται συνήθως ως ποσοστό. Η πιο κοινή δοκιμή μετρά το ποσό νερού που απορροφάται από το τούβλο και επομένως δεν περιλαμβάνει τον όγκο των σφραγισμένων πόρων. Το αποτέλεσμα είναι επομένως προφανές πορώδες παρά το αληθινό πορώδες .

- **Spalling :** ορίζεται ως το σπάσιμο ή το ράγισμα του πυρίμαχου τούβλου στην υπηρεσία σε τέτοιο βαθμό ώστε τα κομμάτια είναι χωρισμένα, αφήνοντας τις νέες επιφάνειες του τούβλου εκτεθειμένες. Υπάρχουν τρεις τύποι θρυμματισμού: ο θερμικός, ο μηχανικός και ο δομικός .

  - Ο θερμικός θρυμματισμός προκαλείται από μη ομοιόμορφη αλλάγή της θερμοκρασίας, που είναι επαρκής για να δημιουργήσει πιέσεις μεταξύ των περιοχών .

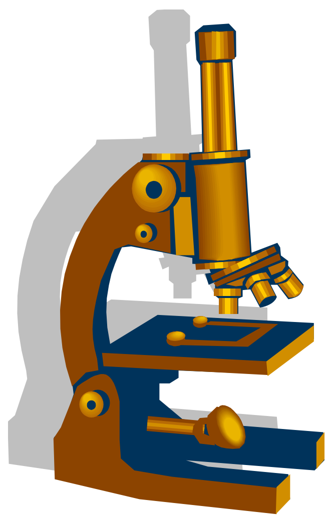
  - Ο μηχανικός θρυμματισμός οφείλεται στον αντίκτυπο των πιέσεων ή της πίεσης .

  - Ο δομικός θρυμματισμός οφείλεται στις δομικές αλλαγές μέσα στο τούβλο συνήθως μιας χημικής αντίδρασης που μεταβάλλει αργότερα τις φυσικές της ιδιότητες .

Ένας αριθμός διαφορετικών τέστ έχει αναπτυχθεί για τη μέτρηση της αντοχής σε θρυμματισμό . Η πιο κοινή είναι αυτή που περιλαμβάνει κυκλική θέρμανση ενός δείγματος και μέτρηση του αριθμού κύκλων στην αποτυχία .

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ :

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΡΑΠΡΟΙΟΝΤΟΣ

5.1 ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (X.R.D)

5.1.1 Περιθλασίμετρο ακτίνων –Χ

Η ποιοτική ορυκτολογική ανάλυση δειγμάτων έγινε με τη μέθοδο περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ (X.R.D.). Χρησιμοποιήθηκε το περιθλασίμετρο ακτίνων –Χ τύπου D8 Advane της Bruker AXS του εργαστηρίου Γενικής και Τεχνικής Ορυκτολογίας του Πολυτεχνείου Κρήτης (εικ. 5.1). Χρησιμοποιήθηκε τάση 35 kV και ένταση 35 mA, άνοδος Cuka, ταχύτητα γωνιόμετρου 1 μοίρα ανά λεπτό και φίλτρο νικελίου . Οι βασικές μονάδες που συνθέτουν ένα σύγχρονο περιθλασίμετρο ακτίνων –Χ είναι :

- Μονάδα παραγωγής υψηλής τάσης
- Λυχνία ακτίνων –Χ
- Το γωνιόμετρο
- Απαριθμητής των ακτίνων – Χ με την ηλεκτρική μονάδα επεξεργασίας και κατάγραφής των κρούσεων.
- Μονάδα του μικροϋπολογιστή

Εικόνα 5.1 : Περιθλασίμετρο ακτίνων –Χ του εργαστηρίου Γενικής και Τεχνικής Ορυκτολογίας του Πολυτεχνείου Κρήτης.

5.1.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

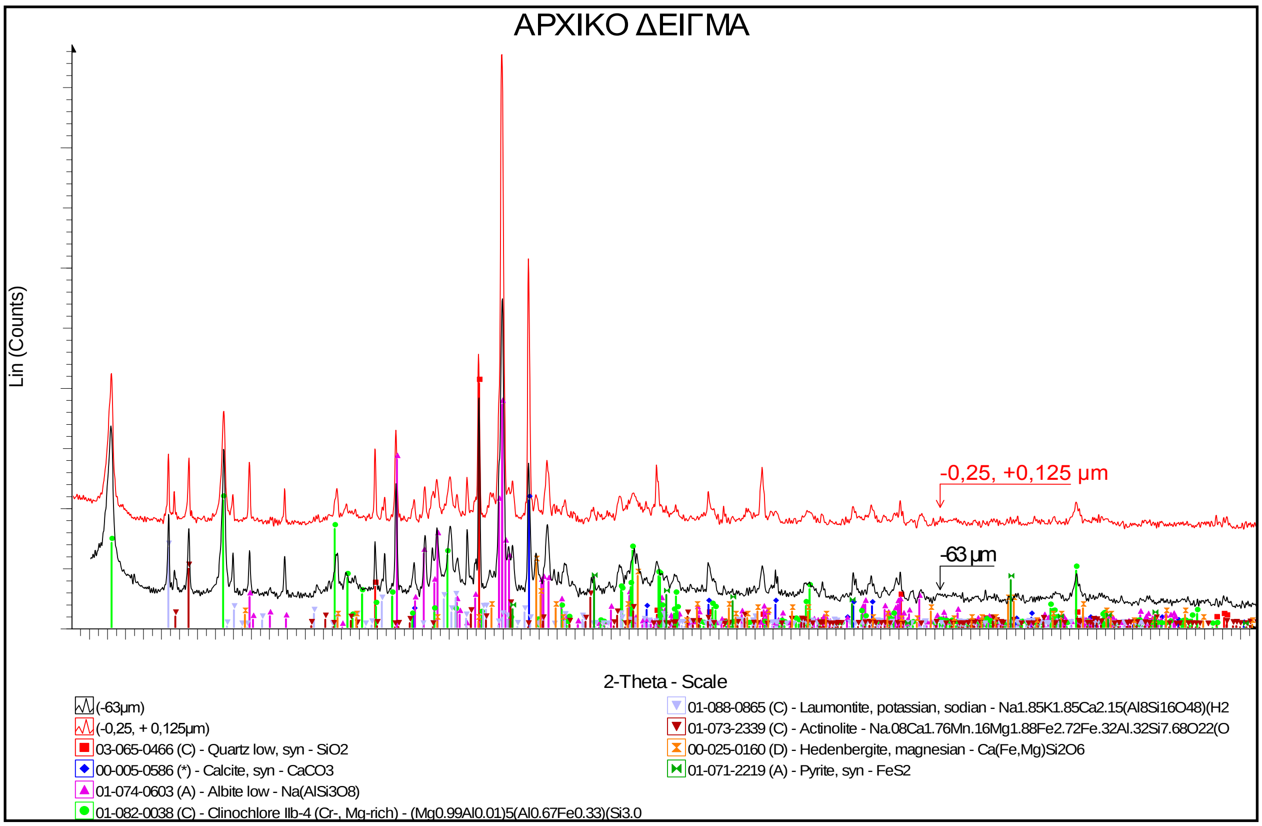
Μετά την κοκκομετρική ανάλυση, τα κλάσματα -0,25+1,025μm και -0,63μm + Βάση λειοτριβήθηκαν σε κοκκομετρία -200 mesh και τοποθετήθηκαν αντίστοιχα στην κοιλότητα ενός πλαστικού πλακιδίου. Η κοιλότητα αυτή έχει βάθος 1 mm και διάμετρο μερικών cm ικανή να προσφέρει χώρο για μάζα δειγμάτων 1 γρ. την οποία κατανέμουμε έτσι ώστε να σχηματίσουμε μια επίπεδη επιφάνεια. Το επίπεδο αυτό παρασκεύασμα τοποθετείται ένα κάθε φορά στο δειγματοφορέα του γωνιομέτρου του περιθλασίμετρου ο οποίος βρίσκεται σε τέτοια θέση ώστε να παραμένει πάντα στο κέντρο ενός κύκλου που διαγράφει ο απαριθμητής των ακτίνων –Χ.

Ταυτόχρονα ως προς τον ίδιο άξονα γύρω από τον οποίο διαγράφει τον κύκλο, περιστρέφεται ο απαριθμητής με κάποια σταθερή γωνιακή ταχύτητα 2θ/min και το επίπεδο του δείγματος με γωνιακή ταχύτητα θ/ min ίση προς το ήμισυ εκείνης του απαριθμιτή έτσι ώστε, με τη σύγχρονη αυτή μετατόπιση του απαριθμιτή και περιστροφή του δείγματος, ο απαριθμιτής να σχηματίζει την ίδια γωνία ως προς το επίπεδο του δείγματος όπως και το σημείο εξόδου των ακτίνων –Χ της λυχνίας .

Με το τρόπο αυτό είναι δυνατή η καταγραφή της ακτινοβολίας που περιθλάται στους κρυσταλλικούς κόκκους του δείγματος που βρίσκεται σε τέτοια γωνία ως προς την κατεύθυνση της δέσμης των ακτίνων –Χ των προερχόμενων από τη λυχνία, ώστε να πληρούται για κάποια ομάδα πλεγματικών επιπέδων hkl η εξίσωση του BRAGG. Κατά την περιφορά του απαριθμιτή των ακτίνων –Χ με σταθερή ταχύτητα είναι δυνατή η ακριβής καταγραφή των ανακλάσεων και των εντάσεων αυτών που προέρχονται από τα πλεγματικά επίπεδα διαφόρων d και προκύπτει μια συνολική εικόνα ανάλογη εκείνης που απεικονίζεται σε ένα φίλμ .

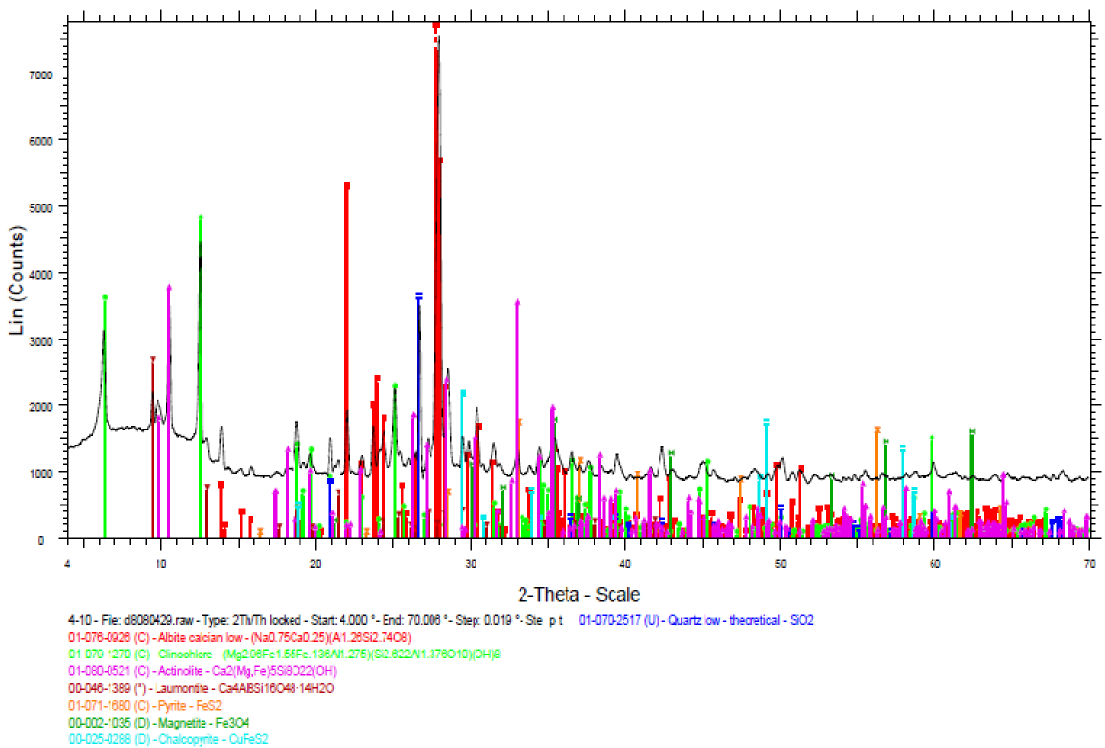
5.1.3 ΑΠΌΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΙΑΣ ΑΚΤΙΝΩΝ –Χ (XRD) ΤΟΥ ΠΑΡΑΠΡΟΙΟΝΤΟΣ :

Τα αποτελέσματα της περιθλασιμετρίας ακτίνων –Χ (εικ.5.2) έδειξαν ότι το παραπροϊόν αποτελείται από τα ορυκτά χαλαζία, ασβεστίτη, αλβίτη, κλινόχλωρο, λωμοντίτη, ακτινόλιθο, ενδεμβεργίτη, και σιδηροπυρίτη. Επίσης παρατηρήθηκε ότι το κλάσμα -0,25 +0,125 μm είναι περισσότερο εμπλουτισμένο σε ασβεστίτη ($CaCO_3$) και σε αλβίτη ($NaAlSi_3O_8$) σε σχέση με το κλάσμα 63μm.



Εικόνα 5.2 : Ακτινοδιάγραμμα Περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ, αρχικού παραπροϊόντος διαβάση .

Συνεκτιμώντας τα απότελέσματα της ορυκτολογικής ανάλυσης του παραπροϊόντος διαβάση που λήφθηκε από το λατομείο της περιοχής Σταυροβουνίου, με τα απότελέσματα της ορυκτολογικής ανάλυσης πετρώματος διαβάση από το λατομείο Παρεκκλησιάς που πραγματοποιήθηκε για τις ανάγκες της μελέτης ποιότικών χαρακτηριστικών διαβασικών πετρωμάτων Παρεκκλησιάς –Κύπρου για τη χρήση τους ως αδρανή υλικά στο σκυροδέμα, βρέθηκαν ότι τα ορυκτά αλβίτης, πυρίτης, ακτινόλιθος, λωμοντίτης και κλινόχλωρο συμπίπτουν με τα απότελέσματα (Στεφάνου Ι.,2009). Παρόλο που δεν ανιχνεύτηκαν τα ορυκτά ασβεστίτης και ενδεμβεργίτης στην ορυκτολογική ανάλυση του διαβάση Παρεκκλησιάς αλλά και τα ορυκτά μαγνητίτης και χαλκοπυρίτης στην ορυκτολογική ανάλυση του παραπροϊόντος της μελέτης αυτής δεν μπορεί να ειπωθεί ότι τα ορυκτά αυτά δεν υπάρχουν. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι συνολικά για την ορυκτολογική ανάλυση του παραπροϊόντος χρησιμοποιήθηκε ένα μόλις δείγμα αντί για περισσότερα δείγματα .



Εικόνα 5.2.1: Ακτινοδιάγραμμα Περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ πετρώματος διαβάση Παρεκκλησιάς.

Πηγή: (ΣΤΕΦΑΝΟΥ Ι.,2009)

5.2 ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΆΛΥΣΗ

ΣΤΑΔΙΑ :

⇨ **ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΥΡΩΣΗΣ**

5.2.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

Αρχικά ζυγίστηκε ποσότητα παραπροϊόντος, ποσότητας 5 γρ. σε ζυγό ακριβείας η οποία τοποθετήθηκε σε πορσελάνινη κάψα (εικ.5.4). Το δείγμα αυτό τοποθετήθηκε σε εργαστηριακή κάμινο (εικ. 5.3) και πυρώθηκε εκεί για 3 ώρες σε θερμοκρασία 1050 ^oC. Ακολούθως αφού ψύχθηκε μέσα στο φούρνο ζυγίστηκε εκ νέου .

Εικόνα 5.3 : Φούρνος έψησης .

Εικόνα 5.4: Υλικό μετά την έψηση στους 1050 ^oC και 3 ώρες.

Πηγή : (Προσωπικό αρχείο)

Βάρος κάψας : 33,4 γρ.
Βάρος αρχικού υλικού : 5,0017 γρ.
Βάρος Υλικού μετά την έψηση : 38,0373 γρ. – 33,4 γρ. = 4,6373 γρ.

Για το υπόλογισμό της απώλειας πύρωσης έχουμε :

$$\frac{Βάρος\ αρχικού - Βάρος\ τελικού}{Βάρος\ αρχικού} * 100$$

⇨ $\frac{5{,}0017 - 4{,}6373}{5{,}0017} * 100$ = 7,3 % απώλεια πύρωσης .

5.2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην απώλεια πύρωσης του παραπροϊόντος που πραγματοποιήθηκε, παρατηρήθηκε ότι το αρχικό βάρος του παραπροϊόντος μειώθηκε κατά 7,3%. Η απώλεια πύρωσης του παραπροϊόντος ίσως να οφείλεται στην απώλεια δεσμευμένου κρυσταλλικού νερού αλλά και τη διάσπαση του ασβεστίτη σε CaO.

⇨ X- FUSION (ΥΑΛΟΠΟΙΗΣΗ)

5.2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

Στην διαδικασία αυτή λήφθηκε δείγμα αρχικής ποσότητας υλικού και λειοτριβήθηκε περίπου στα -200 mesh, στον αχάτη. Από αυτή πάρθηκαν 1,5 γρ. και αναμήχθηκαν μαζί με 7,5 γρ. τετραβορικού λιθίου. Αφού ανακινήθηκε αρκετά, τοποθετήθηκε σε μία ειδική μήτρα του μηχανήματος όπου για συνολική χρονική διάρκεια 25 λεπτών τήχθηκε, τοποθετήθηκε σε ένα δισκάκι όπου ψύχθηκε και είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία υάλου (εικ. 5.6) κατάλληλο για χημική ανάλυση XRF (X-Ray Fluorescence).

Εικόνα 5.5: Κατάσκευή υάλου αρχικού παραπροιόντος. Εικόνα 5.6 : Ύαλος αρχικού παραπροϊόντος.

Πηγή : (Προσωπικό αρχείο).

5.3 ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΆΛΥΣΗ X.R.F.

Η χημική ανάλυση του αρχικού παραπροϊόντος έγινε με τη βοήθεια του αυτοματοποιημένου συστήματος φασματοσκοπίας τύπου S2 Ranger της εταιρείας Bruker AXS στο εργαστήριο Ανόργανης Γεωχημεία, Οργανικής Γεωχημείας και οργανικής Πετρογραφίας του Πολυτεχνείου Κρήτης (εικ. 5.7). Το αναλυόμενο δείγμα που κατασκευάστηκε με την μέθοδο Υαλοποίησης τοποθετήθηκε στο ειδικό μηχάνημα .

5.3.1 Η **<u>αρχή της μεθόδου</u>** πολύ περιληπτικά βασίζεται ως εξής :

Το δείγμα βομβαρδίζεται με ακτίνες –Χ ειδικής λυχνίας όπως W, Rh, Au, Mo με συνηθέστερη λυχνία αυτής του Rh. Έπειτα το δείγμα διεγείρεται και εκπέμπει ακτίνες – Χ των στοιχείων που το αποτελούν. Σαρώνοντας μία συγκεκριμένη περιοχή 2θ με το γωνιόμετρο του φασματομέτρου παρατηρούμε ανακλάσεις εφ΄ όσον πληρούται η εξίσωση του Bragg n*λ= 2d ημθ . Λύνοντας την εξίσωση του Bragg ως προς λ (2d=σταθερό,θ μετράται) προσδιορίζουμε το αντίστοιχο χημικό στοιχείο.

Εικόνα 5.7 : *Σύστημα φασματοσκοποίας τύπου S2 Ranger της εταιρίας Bruker AXS στο εργαστήριο Ανόργανης Γεωχημείας, Οργανικής Γεωχημείας, και Οργανικής Πετρογραφίας του Πολυτεχνείου Κρήτης*

5.3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης που παρουσιάζονται στο πίνακα (εικ. 5.8) από την ύαλο του αρχικού παραπροϊόντος έδειξαν ότι οι στοιχειομετρικές αναλογίες των ορυκτών που προσδιορίστηκαν στο παραπροϊόν, με τα στοιχεία που αποτελούν τα ορυκτά του δείγματος και τα οποία προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο περιθλασιμετρίας ακτίνων –Χ είναι: 50,53% SiO_2 , 12,69% Al_2O_3, 10,91%Fe_2O_3, 7,61%MgO, 6,76%CaO, 3,23%Na_2O, 0,59% TiO_2, 0,19% MnO, 0,12% K_2O. Οι στοιχειομετρικές ανάλογίες αυτές ανάχθηκαν αφού έπρεπε να προστεθεί και η απώλεια πύρωσης L.O.I 7,39 % .

Το παραπροϊόν είναι πλούσιο σε διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και σε τριοξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3) ενώ είναι φτωχό σε αλκάλια όπως το οξείδιο του νατρίου (Na_2O) και οξείδιο του καλίου (K_2O).

Πίνακας 5.8 : Απότελέσματα χημικής ανάλυσης .

ΕΝΩΣΕΙΣ	ΔΕΙΓΜΑ %
SiO_2	50,53
Al_2O_3	12,69
Fe_2O_3	10,91
MgO	7,61
CaO	6,76
Na_2O	3,23
TiO_2	0,59
MnO	0,19
K_2O	0,12
P_2O_5	0
L.O.I.	7,39
ΣΥΝΟΛΟ	100,03

5.4 ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

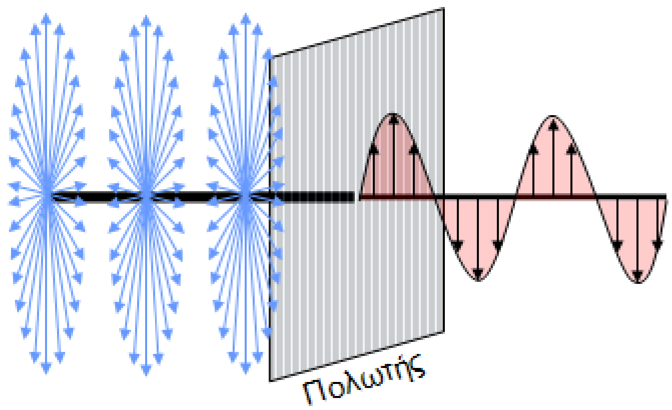
5.4.1 ΠΟΛΩΤΙΚΗ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ

Το πολωτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός (εικ. 5.9), αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα όργανα προσδιορισμού και μελέτης των ορυκτών και των πετρωμάτων. Παρουσιάζει αρκετές διαφορές σε σχέση με το σύνηθες μικροσκόπιο στο ότι φέρει προσθήκες που επιτρέπουν την παραγωγή και ανάλυση του πολωμένου φωτός και τη μελέτη διαφόρων οπτικών ιδιοτήτων των κρυσταλλικών κυρίως ενώσεων.

Εικόνα 5.9 : Πολωτικό Μικροσκόπιο διερχόμενου Φωτός.

Πηγή : (Προσωπικό αρχείο)

Το φυσικό φως, όταν διέρχεται μέσα από το φίλτρο του πολωτή, μετατρέπεται σε ευθύγραμμα πολωμένο φως. Η διαδικασία πόλωσης του φωτός προκύπτει ως εξής: Αν προβληθεί το επίπεδο κραδασμού του φυσικού φωτός κατά ένα μικρότατο χρονικό διάστημα, σε ένα επίπεδο κάθετο προς την κατεύθυνση διάδοσης του φωτός, προκύπτει μια ευθεία που ορίζει μιαν ορισμένη κατεύθυνση ταλάντωσης, ενώ κατά διάφορα χρονικά διαστήματα το επίπεδο κραδασμού και κατά συνέπεια και η ευθεία αλλάζουν συνεχώς κατεύθυνση, έτσι που να προκύπτει μια συμμετρική ταλάντωση και συμμετρική κατάνομή, των ευθειών γύρω από την κατεύθυνση διάδοσης του φωτός. Όταν ο προσανατολισμός του επιπέδου ταλάντωσης ακολουθεί ορισμένες νομοτέλειες, το φως ονομάζεται πολωμένο (Κωστάκης, 2005). Στο γραμμικά πολωμένο φως οι ταλαντώσεις λαβαίνουν χώρα πάντα στο ίδιο επίπεδο, και κατά συνέπεια η προβολή του ανύσματος που τις παριστάνει παραμένει επί μιας ευθείας.



Εικόνα 5.10: Μετατροπή φυσικού φωτός σε πολωμένο φως.

Πηγή : (Κωστάκη,2005)

Για να διέλθει το πολωμένο φως από το προς μελέτη δείγμα, πρέπει το δείγμα να είναι κομμένο σε λεπτή τομή.

Η κατασκευή των λεπτών τομών έγινε στο παρασκευαστήριο του εργαστηρίου Πετρολογίας και Οικονομικής Γεωλογίας του Πολυτεχνείου της Κρήτης όπου το δείγμα μελετήθηκε και φωτογραφήθηκε. Οι λεπτές τομές που παρασκευάστηκαν αφορούν τρία κομμάτια συμπαγούς πέτρωματος Διαβάση που συλλέκτηκαν από το λατομείο απ΄ όπου προέρχεται και το παραπροϊόν. Η κατασκευή των λεπτών τομών έγινε ως εξής:

Αρχικά το προς μελέτη πέτρωμα κόβεται στη μέση και λειαίνεται. Στη συνέχεια, η επιφάνεια μελέτης, τοποθετείται και κολλάται πάνω σε ένα γυαλάκι με ειδική κόλλα. Ακολούθως από τη μεριά του δοκιμίου που περισσεύει, κόβεται με μηχανικό τρόπο ώστε η επιφάνεια που θα παραμείνει στο γυαλάκι να είναι όσο το δυνατόν πιο λεπτή. Τέλος λειαίνεται σιγά-σιγά η επιφάνεια αυτή μέχρις ότου να δημιουργηθεί ένα «φιλμ» από το προς μελέτη δείγμα, το οποίο να έχει πάχος περίπου 30μm.

Για τη μελέτη των δειγμάτων, χρησιμοποιήθηκε πολωτικό μικροσκόπιο τύπου JENALAB ανακλωμένου και διερχομένου φωτός. Η παρατήρηση έγινε με αντικειμενικό φακό 10x ή 2.5x και με προσοφθάλμιο 10x. Δηλαδή η συνολική μεγέθυνση ήταν 100x ή 200x. Έγινε περιγραφή του παρασκευάσματος και ψηφιακή φωτογράφηση.

Εικόνα 5.11: Δείγμα συμπαγούς πετρώματος διαβάση από το λατομείο της περιοχής Σταυροβουνίου .

5.4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

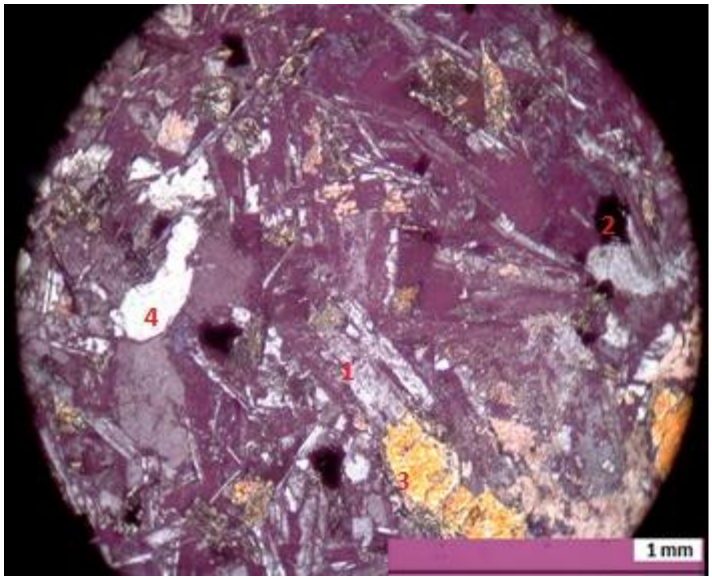
Η εξέταση που πραγματοποιήθηκε με το πολωτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός σε δείγματα συμπαγούς πετρώματος διαβάση (απ΄ όπου προέρχεται και το παραπροϊόν) έδειξε ότι πρόκειται για ένα συμπαγές ολοκρυσταλλικό υλικό. Συγκρίνωντας τα αποτελέσματα της ορυκτολογικής ανάλυσης περιθλασιμετρίας ακτίνων – Χ με την εικόνα του πολωτικού μικροσκοπίου παρατηρήθηκε ότι πρόκειται για τυπικούς διαβάσες που παρουσιάζουν οφειτικό ιστό, καθ' όσον τα επίμηκη πλαγιόκλαστα παρουσιάζουν πλέγμα όπου τα διάκενα πληρούνται από ακτινόλιθο .

Όπως παρατηρείται από τις παρακάτω εικόνες (εικ.5.12 και 5.13) που ακολουθούν φαίνεται ξεκάθαρα η ολοκρυσταλλικότητα καθώς και τα ορυκτά που απαρτίζουν το πέτρωμα, από τα οποία μερικά έχουν ονομαστεί.

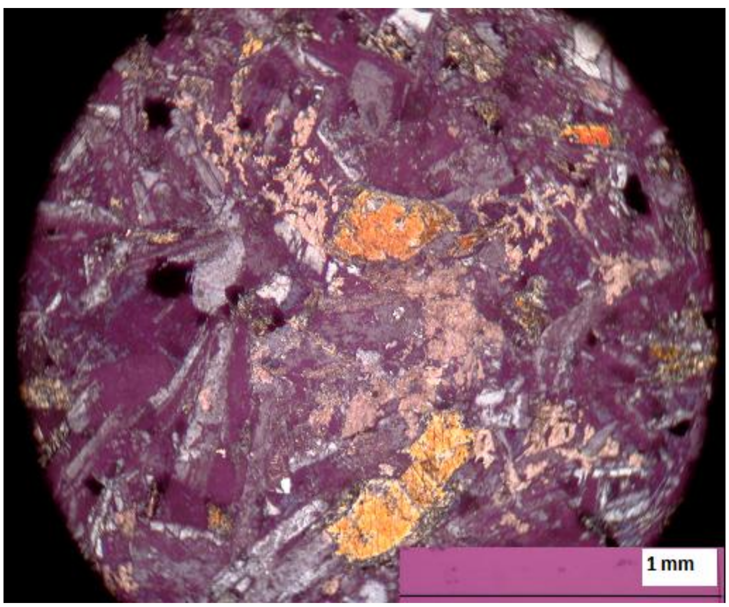
Στη λεπτή τομή (εικ.5.14) με διασταυρωμένα Nicols X εμφανίζεται μια χαρακτηριστική δευτερογενής φλέβα ασβεστίτη.

Τέλος στην λεπτή τομή (εικ.5.19) είναι εμφανής και ο οφειτικός ιστός με τα επίμηκη πλαγιόκλαστα.

1η ΛΕΠΤΗ ΤΟΜΗ

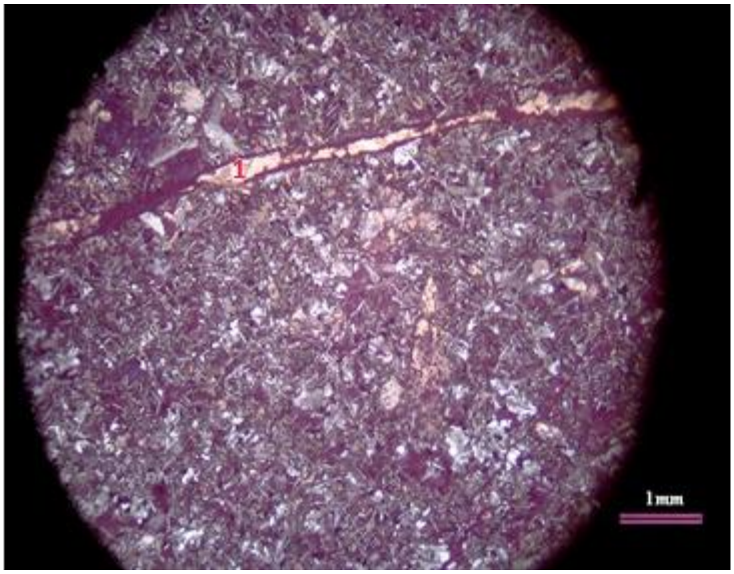


Εικόνα (α) 5.12 Μικροφωτογραφία λεπτής τομής διαβάση από το πολωτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός σε X Nicols. Συμπαγές ολοκρυσταλλικό πέτρωμα διαβάση. Είναι εμφανή τα πλαγιόκλαστα (1), ασβεστίτης (3), 4 χαλαζίας.

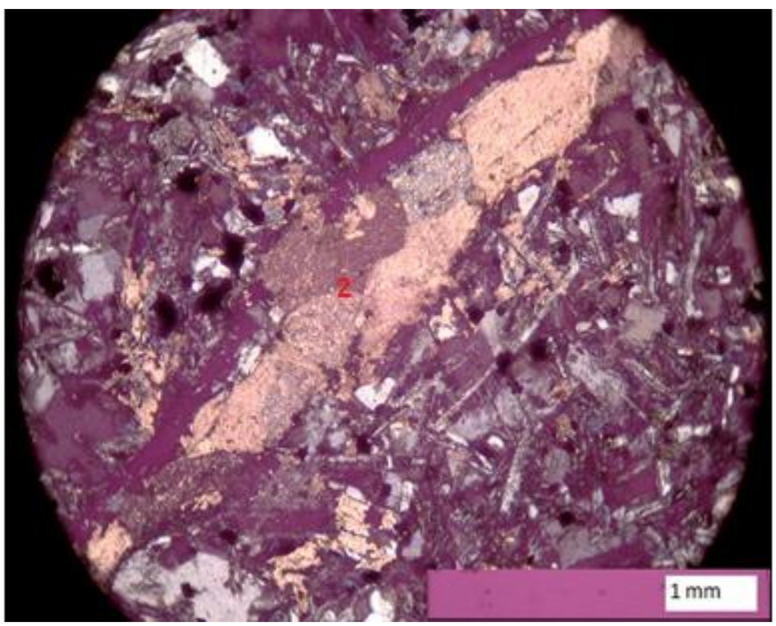


Εικόνα (β) 5.13 : Μικροφωτογραφία λεπτής τομής διαβάση από το πολωτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός σε X Nicols.

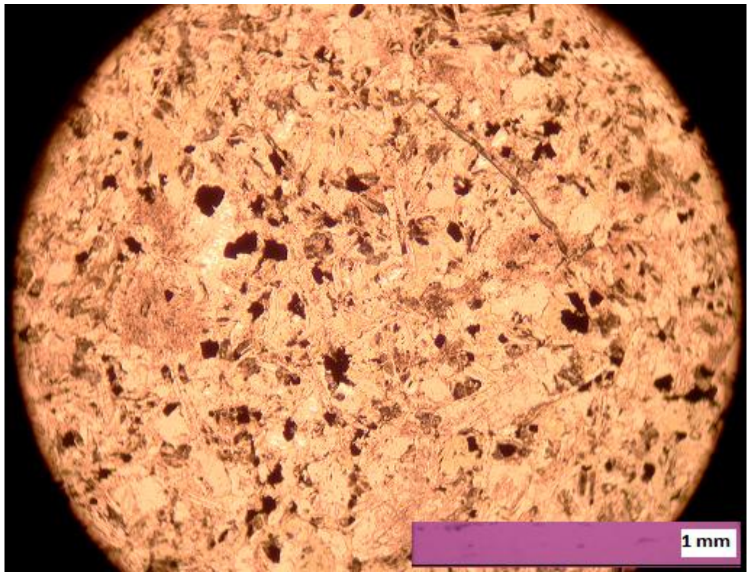
2η ΛΕΠΤΗ ΤΟΜΗ



Εικόνα 5.14: Μικροφωτογραφία λεπτής τομής διαβάση από το πολωτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός σε X Nicols. Διακρίνεται η δευτερογενής φλέβα ασβεστίτη (1) που διασχίζει το πέτρωμα διαβάση.

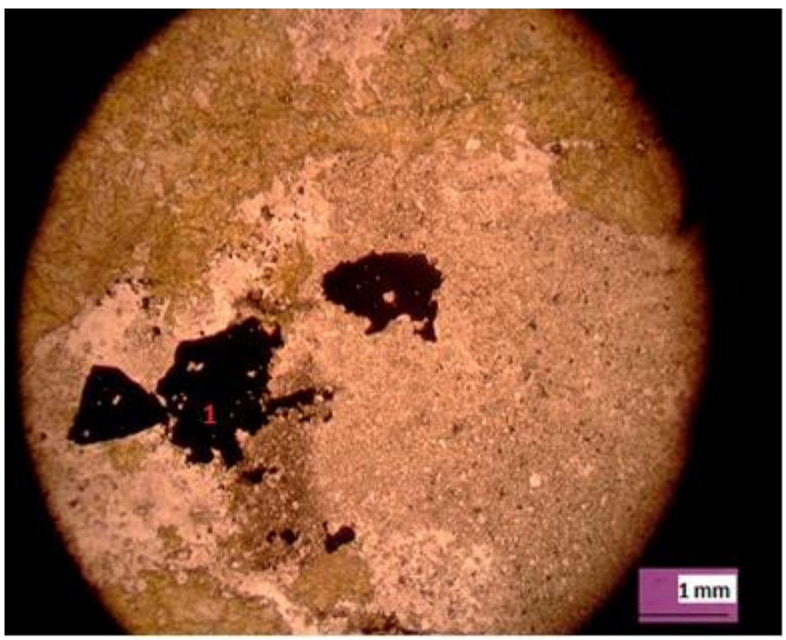


Εικόνα 5.15: Μικροφωτογραφία λεπτής τομής διαβάση από το πολωτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός σε X Nicols. Διακρίνεται η δευτερογενής φλέβα ασβεστίτη (2) που διασχίζει το πέτρωμα διαβάση.

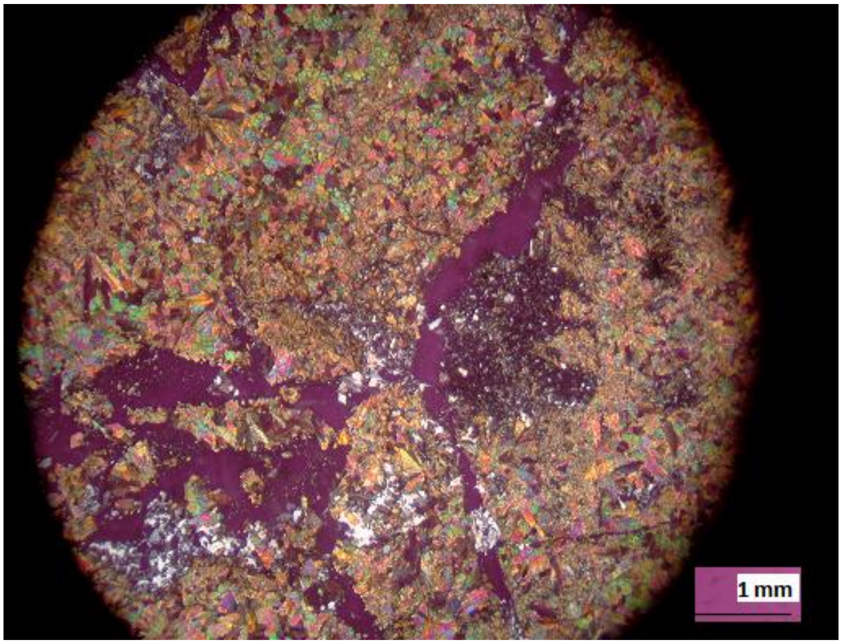


Εικόνα 5.16: Μικροφωτογραφία λεπτής τομής διαβάση από το πολωτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός σε // Nicols.

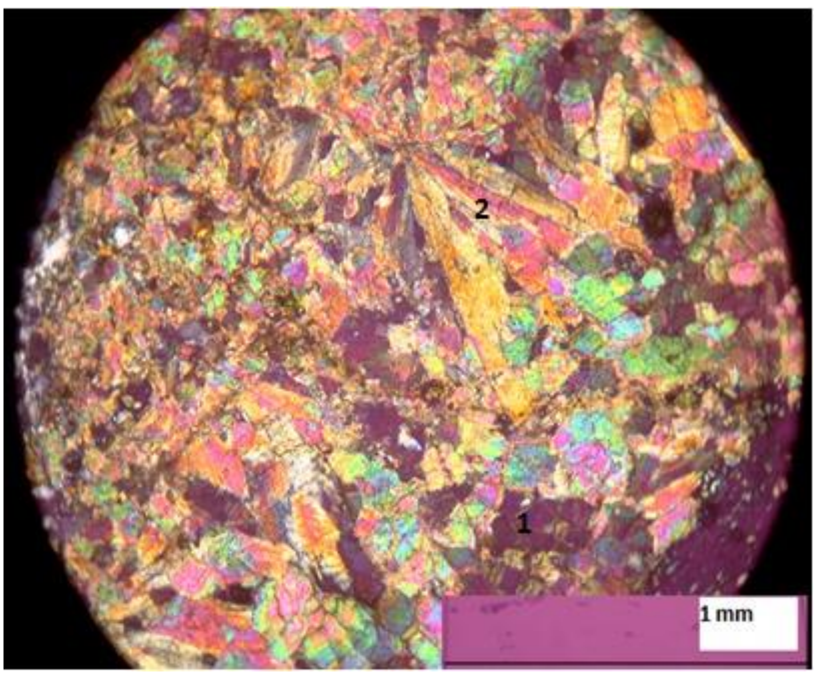
3η ΛΕΠΤΗ ΤΟΜΗ



Εικόνα 5.17: Μικροφωτογραφία λεπτής τομής διαβάση από το πολωτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός σε // Nicols .



Εικόνα 5.18 : Μικροφωτογραφία λεπτής τομής διαβάση από το πολωτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός σε X Nicols.



Εικόνα 5.19: Μικροφωτογραφία λεπτής τομής διαβάση πολωτικού μικροσκοπίου διερχόμενου φωτός στην οποία τα επίμηκη πλαγιόκλαστα (2) παρουσιάζουν πλέγμα όπου τα διάκενα πληρούνται από ακτινόλιθο. Οφειτικός ιστός (1), σε X Nicols.

5.5 ΘΕΡΜΟΒΑΡΥΤΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (Thermogravimetry TG)

5.5.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Η θερμοβαρυτομετρική ανάλυση είναι η μέθοδος κατά την οποία καταγράφεται συνεχώς η μάζα του δείγματος σε μια ελεγχόμενη αδρανή ατμόσφαιρα συνήθως αζώτου (N_2), ως συνάρτηση της θερμοκρασίας ή του χρόνου, καθώς η θερμοκρασία του δείγματος αυξάνει.

5.5.2 Εξοπλισμός

Ένα εμπορικό όργανο για θερμοβαρυτομετρική ανάλυση αποτελείται από :

- Ευαίσθητο ανάλυτικό ζυγό
- Ένα φούρνο
- Συστημα καθαρισμού με διαβίβαση αερίου που εξασφαλίζει αδρανή ατμόσφαιρα
- Ένα μικροϋπολογιστή /μικροεπεξεργαστή

Εικόνα 5.20: Εξοπλισμός μεθόδου TGA/TDA.

Πηγή : (Προσωπικό αρχείο)

5.5.3 Εκτέλεση

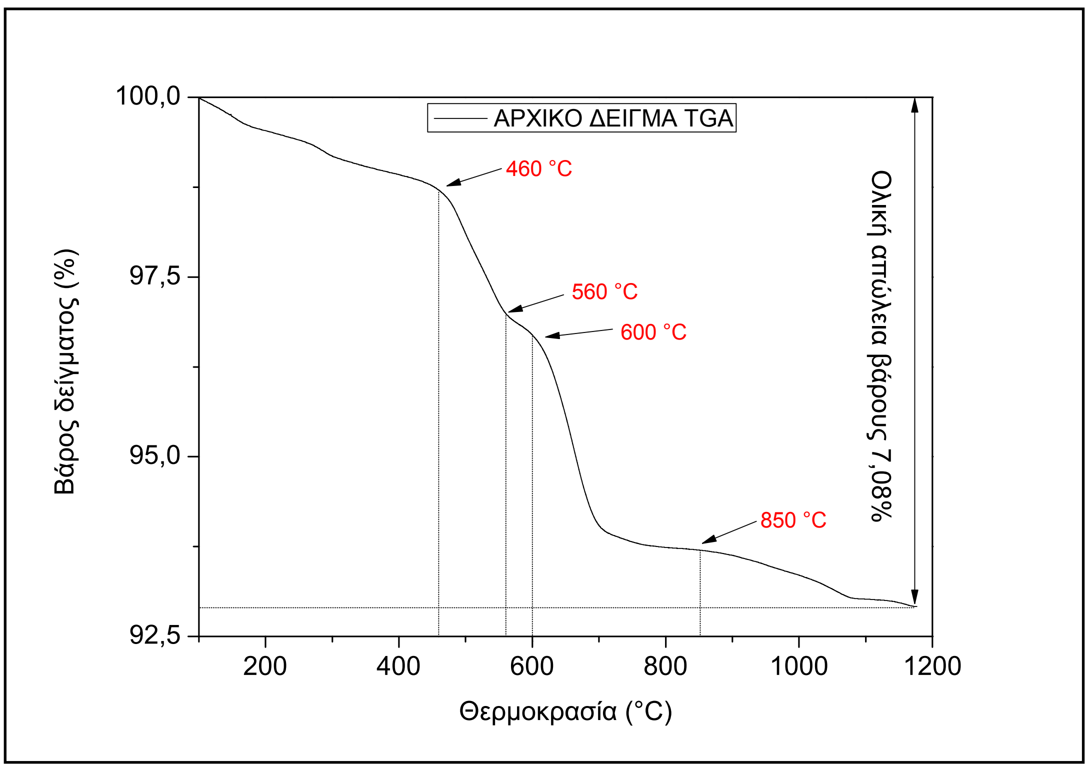
Λήφθηκε αρχική, ομογενοποιημένη ποσότητα πρώτης υλής, βάρους 1,4994 γρ. η οποία λειοτριβήθηκε και τοποθετήθηκε στο εργαστηριακό φούρνο για αφαίρεση τυχόν υγρασίας. Ακολούθως μεταφέρθηκε στο εργαστήριο Ανάλυσης Πυρήνων και ρευστών υπόγειων Ταμιευτήρων όπου για την ανάγκη του μηχανήματος χρειάστηκαν 11,736 χιλιοστά του γραμμαρίου, υλικού.

Με βήμα 10^{o}C /min και αδρανή ατμόσφαιρα αζώτου, το δείγμα μας έφτασε την απαιτούμενη θερμοκρασία των 1200 ^{o}C που ήταν και ο στόχος μας .

5.5.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η θερμοβαρυτομετρική ανάλυση του αρχικού παραπροϊόντος (εικ. 5.21) έδειξε ότι σε θερμοκρασία 100-180 ^{o}C έχουμε την αφαίρεση της υγρασίας, επιβεβαιώνοντας την παρατήρηση και τα αποτελέσματα που έγιναν στην απώλεια πύρωσης, στούς 460-600 ^{o}C όπου υπάρχει μια απότομη πτώση οφείλεται σε αφυδροξυλίωση όπου έχουμε τη διάσπαση του ορυκτού λωμοντίτη (από την ορυκτολογική ανάλυση που προηγήθηκε) και από τους 600 - 850 ^{o}C περιοχή στην οποία συνεχίζεται η πτώση έχουμε την διάσπαση του Ασβεστίτη ($CaCO_3$) .

Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα μεταβολής της μάζας του δείγματος συναρτήσει της θερμοκρασίας :



Εικόνα 5.21 : θερμοβαρυτομετρική ανάλυση αρχικού παραπροϊόντος.

5.6 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΠΡΟΙΟΝΤΟΣ

Η κοκκομετρική ανάλυση είναι η ανάλυση που γίνεται στο υλικό και η οποία μας παρέχει το ποσοστό επί τοις εκατό της σύνθεσης του σε κόκκους διαφόρων μεγεθών. Επειδή στο εργαστήριο η εξέταση μιας μεγάλης ποσότητας δείγματος είναι πρακτικά δύσκολη , από το δείγμα που προσκομίστηκε στο εργαστήριο επιλέχτηκε μια μικρή ποσότητα αντιπροσωπευτική όμως, όλου του δείγματος. Η διαδικασία που χρησιμοποιήσαμε για να επιλέξουμε την αντιπροσωπευτική ποσότητα του υλικού ονομάζεται τετραμερισμός . Για το σκοπό αυτό εργαστήκαμε ως εξής : Το προς εξέταση δείγμα αδειάζεται προσεκτικά σε μια επίπεδη επιφάνεια ώστε να σχηματιστεί ένας κώνος. Στην συνέχεια με μια σπάτουλα ή φτυαράκι, ανακατεύεται το δείγμα πέρνωντας υλικό από τη βάση του κώνου και ρίχνωντας το στη κορυφή του. Στη συνέχεια, επιπεδώνεται η κορυφή του κώνου και χωρίζεται σε τέσσερα τεταρτιμόρια . Απομακρύνονται τα δύο κατά κορυφή τεταρτιμόρια και κρατάμε το υλικό των άλλων δύο . Στη συνέχεια επανάλαμβάνεται η πιο πάνω διαδικασία άλλη μια φορά έτσι που το τελικό, προς εξέταση δείγμα, να είναι το ένα τέταρτο περίπου του αρχικού δείγματος .

Πρακτικά η ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα δείγματος για την κοκκομετρική ανάλυση είναι 500 γρ. για άμμο. Στην συνέχεια ακολουθεί ξήρανση του δείγματος .Η ξήρανση μπορεί να γίνει είτε σε φούρνο είτε σε ρεύμα ξηρού αέρα .Πρακτικά η έκθεση του δείγματος στον ήλιο είναι αρκετή για την ξήρανση .

<u>Απαιτούμένα ‘Οργανά :</u>

- Δοχεία (πλαστικά ή μεταλλικά)
- Ζυγός ακριβείας 1/1000 (0,1%) του βάρους του προς εξέταση δείγματος .
- Εργαστηριακά κόσκινα . Τα κόσκινα αυτά είναι κατασκευασμένα από κυλινδρικό μεταλλικό (ατσάλινο ή ορειχάλκινο) πλαίσιο διαμέτρου 200-203 mm (8in) ή 300 mm . Η επιφάνεια κοσκινίσματος είναι κατασκευασμένη από συρμάτινο πλέγμα με οπές τετραγωνικής μορφής. Ο αριθμός και τύπος που θα χρησιμοποιηθούν καθορίζεται από τους ισχύοντες κανονισμούς κάθε κράτους .

Στην Χώρα μας τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμένα κόσκινα, αυτά που υιοθετούν και οι σχετικοί κανονισμοί, είναι :

- Η σειρά των αμερικάνικων κοσκίνων όπως αυτά περιγράφονται στο πρότυπό ASTM E11.Τα κόσκινα αυτά φέρουν οπές τετραγωνικής μορφής από πλέγμα και συμβολίζονται, είτε με τον αριθμό οπών που φέρουν ανά γραμμική ίντσα για τα πιο λεπτά (μέχρι το No.4), είτε με βάση το άνοιγμα της οπής σε ίντσες για τα μεγαλυτέρου ανοίγματος. Έτσι το κόσκινο ¾ in ή ¾'' δηλωνει αμερικάνικο κόσκινο οπής ¾ της ίντσας (19 mm περίπου). Αντίστοιχα, η ονομασία No.12 δηλώνει αμερικάνικο κόσκινο που φέρει 12 οπές ανά γραμμική ίντσα (1in=2.54cm).

- Η σειρά των γερμανικών κοσκίνων (εικ. 5.23), όπως αυτά περιγράφονται στα DIN 4187 και 4188, φέρουν οπές τετραγωνικής μορφής και συμβολίζονται με το σύμβολο π, που ακολουθείται από ένα αριθμό, που δηλώνει το άνοιγμα της οπής σε mm.

Εικόνα 5.22 : Συσκευή κοσκινίσματος υλικού.

Εικόνα 5.23 : Κόσκινο .

Πηγή: (Στεφάνου Ι.,2005)

5.6.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

Το προς εξέταση δείγμα τοποθετείται στο κόσκινο με τη μεγαλύτερη οπή από το οποίο, ανάλογα με το είδος του δείγματος, να διέρχεται όλη η ποσότητα. Στη συνέχεια, με οριζόντιες και κάθετες κινήσεις, που περιοδικά συνοδεύονται με προσεκτικές ανατινάξεις του δείγματος, γίνεται το κοσκίνισμα του υλικού. Το υλικό που διέρχεται από το κόσκινο συλλέγεται σε κατάλληλες πλατύστομες λεκάνες .Το κοσκίνισμα θεωρείται ότι έληξε όταν, τοποθετώντας ένα άσπρο χαρτί κάτω από το κόσκινο, διαπιστώσουμε ότι δεν διέρχεται άλλο υλικό. Η διαδικασία του κοσκινίσματος , όπως αυτή περιγράφτηκε παραπάνω μπορεί να γίνει και με ειδικές μηχανές κοσκινίσματος (sieve shaker). Στις συσκευές αυτές τα κόσκινα τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο με το κόσκινο μεγαλύτερης οπής στην κορυφή και υπόδοχέα συλλογής του λεπτομερούς υλικού στο τέλος. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτεί η χρήση των μηχανών αυτών για τη διαπίστωση της λήξης του κοσκινίσματος .

Η ποσότητα του υλικού που παρέμεινε σε κάθε κόσκινο καλείται συγκρατούμενο και αυτή που πέρασε διερχόμενο. Τα συγκρατούμενα σε κάθε κόσκινο ζυγίζονται με ακρίβεια και το βάρος τους καταγράφεται. Στη συνέχεια με υπολογισμούς βρίσκουμε το διερχόμενο βάρος και το % ποσοστό του διερχόμενου .

Η διαδικασία αυτή ακολουθείται και στα επόμένα κόσκινα. Τέλος, τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης αποτυπώνονται στο κοκκομετρικό διάγραμμα. Στο διάγραμμα αυτό στον οριζόντιο άξονα τοποθετείται η διάμετρος οπής των κοσκίνων και στον κατάκόρυφο το ποσοστό του διερχόμενου υλικού. Ο οριζόντιος άξονας είναι σε λογαριθμική κλίμακα για το λόγο ότι είναι επιθυμητή η ανάπτυξη της περιοχής των μικρών διαμέτρων. Η συνένωση των σημείων του διαγράμματος δίνει μιά πολυγωνική γραμμή που καλείται κοκκομετρική καμπύλη .

5.6.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ :

Από την αρχική ποσότητα του παραπροϊόντος (8κιλά) λήφθηκε αντιπροσωπευτικό ομογενοποιημένο δείγμα 150 γρ. με τη μεθοδο τετραμερισμού. Ακολούθως κοσκινίστηκαν 150γρ. υλικού με σειρά κοσκίνων : 0,063, 0,125, 0,25, 0,5 ,1 και 2 mm . Μετά το τέλος του κοσκινίσματος ζυγίζεται αθροιστικά το υλικό που συγκρατήθηκε σε κάθε κόσκινο .

Τα αποτελέσματα των ζυγίσεων καταγράφονται στο πιο κάτω πίνακα . Στον ίδιο πίνακα, γράφουμε το % συγκρατούμενο ποσοστό, καθώς και το % διερχόμενο ποσοστό .

Το % συγκρατούμενο υπολογίζεται ως ακολούθως :

Π.χ : κόσκινο 2 mm

Στα 150 γρ. συγκρατήθηκαν 0,5 γρ.

Στα 100 γρ. χ γρ.

$$X=\frac{0,5*100}{150}\approx 0,3$$

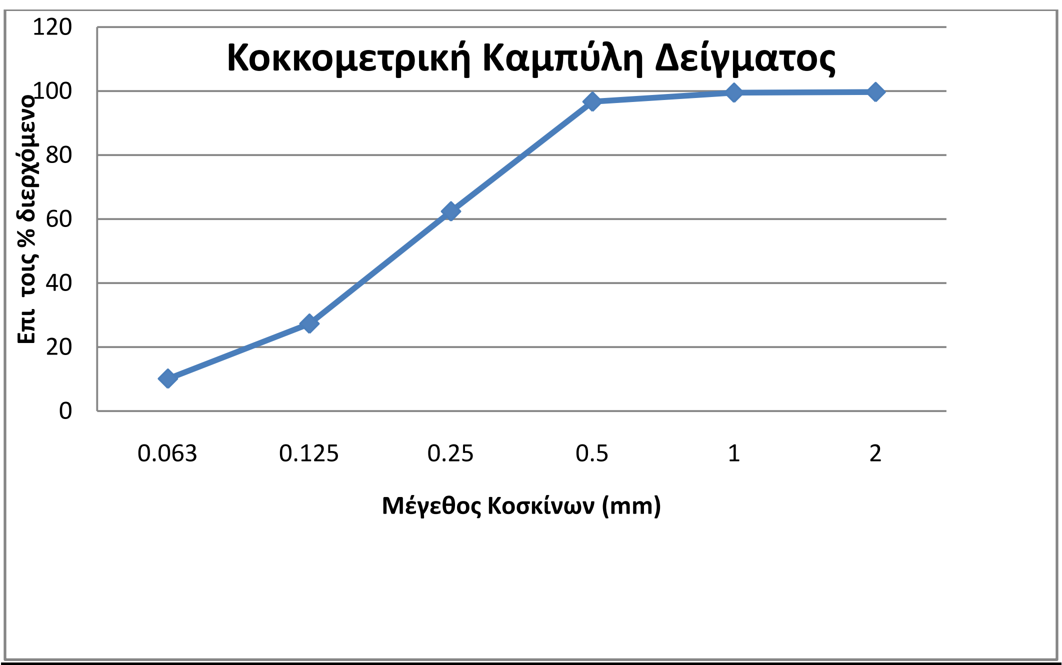
Και το % διερχόμενο π.χ. στο κόσκινο 2 mm : %διερχόμενο = 100-0,3 =99,7

❖ **ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΆΝΟΜΗΣ ΥΛΙΚΟΥ**

Κόσκινα (mm)	Συγκρατούμενο υλικό (gr)	Αθροιστικά Συγκρατούμενο (gr)	Συγκρατούμενο(%)	Διερχόμενο (%)
2	0,5	0,5	0,3	99,7
1	0,2	0,7	0,5	99,5
0,5	5,3	6	3,5	96,7
0,25	50,4	56,4	37,6	62,4
0,125	52,7	109,1	72,7	27,3
0,063	25,8	134,9	89,9	10,1
ΒΑΣΗ	15,1	150	100	0
Σύνολο	150,0			

5.6.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η Κοκκομετρική ανάλυση του παραπροϊόντος έδειξε ότι πρόκειται για ένα σχετικά καλά διαβαθμισμένο υλικό όπως φαίνεται και από την καμπύλη του διαγράμματος (εικ.5.24).



Εικόνα 5.24 : Διάγραμμα κοκκομετρικής καμπύλης αρχικού δείγματος παραπροϊόντος.

5.7 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΨΗΣΗΣ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

5.7.1 Εκτέλεση πειράματος:

Για την πραγματοποίηση της διαδικασίας έψησης δοκιμάστηκε αρχικά ,αν το παραπροϊόν έτσι όπως είναι, συμπαγοποιείται. Χρησιμοποιήθηκαν 15 γρ. για αρχή η οποία ήταν μια ικανοποιητική ποσότητα και με τη βοήθεια της πρέσσας του εργαστηρίου εφαρμόστηκαν διάφορες πιέσεις στο παραπροϊόν. Τελικά σε πίεση 150 bar έγινε κατορθωτό να συμπαγοποιηθεί το παραπροϊόν. Στη συνέχεια με αρχική θερμοκρασία 1050°C και με βήμα 50°C μέχρι τους 1200 °C έγινε μια δοκιμή έψησης του παραπροϊόντος για να παρατηρηθεί η αντίδρασή του. Έπειτα από την αξιολόγηση του συγκεκριμένου πειραματικού σταδίου δημιουργήθηκαν 15 ταμπλέτες με βάρος 15 γρ. /ταμπλέτα και σε πίεση 150 bar και καταρτήστηκε ένα πρόγραμμα έψησης (πίνακας 5.25) στο οποίο τοποθετήθηκαν τρείς ταμπλέτες ανά θερμοκρασία για 1,2 και 3 ώρες αντίστοιχα.

Πίνακας 5.25 : Πρόγραμμα έψησης παραπροϊόντος.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΩΡΕΣ
Α	1100	1,2,3
Β	1120	1,2,3
Γ	1140	1,2,3
Δ	1160	1,2,3
Ε	1180	1,2,3

5.7.2 ΑΠΌΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η διαδικασία της έψησης του αρχικού παραπροϊόντος που πραγματοποιήθηκε στα δοκίμια έδειξε ότι σε θερμοκρασία 1100 °C (εικ. 5.26) επήλθε αλλαγή χρώματος στο παραπροϊόν το οποίο από πράσινο έγινε ανοικτό καφέ . Επίσης όπως απόδείχθηκε το παραπροϊόν στη θερμοκρασία αυτή, ήταν πολύ εύθραυστο.

Στη θερμοκρασία των 1120 °C (εικ. 5.27) η αλλαγή χρώματος του παραπροϊόντος που παρατηρήθηκε ήταν, ότι από πράσινο έγινε καφέ . Στη θερμοκρασία αυτή ,το παραπροϊόν ήταν και πάλι πολύ εύθραυστο.

Στην θερμοκρασία των 1140 ^{o}C (εικ. 5.28), από πράσινο έγινε καφέ-μαύρο . Στη θερμοκρασία αυτή ,το παραπροϊόν δεν θραύστηκε δια χειρός.

Στην θερμοκρασία των 1160 ^{o}C (εικ. 5.29) από πράσινο έγινε μαύρο . Λόγω της απότομης ψύξης που υπέστει όταν βγήκε από το φούρνο έψησης θραύστηκε .Όταν ψύχθηκε όμως και δια χειρός ήταν αδύνατο να θρυματιστεί.

Στην θερμοκρασία των 1180 ^{o}C (εικ. 5.30) από πράσινο έγινε μαύρο . Το παραπροϊόν τήχθηκε και παράλληλα κολλήσε στο υπόβαστάζον πορσελάνινο αντικείμενο.

Μετά το πέρας της διαδικασίας αυτής λήφθηκαν κομμάτια από κάθε θερμοκρασία και κατασκευάστηκαν στιλπνές τομές (κυλινδρική μορφή) στο εργαστήριο λείανσης πετρωμάτων οι οποίες απλά μελετήθηκαν και φωτογραφήθηκαν με το πολωτικό μικροσκόπιο ανακλώμενου φωτός και οι οποίες παρατήθενται στο παράρτημα (σελ100).

ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 1100 ^{o}C /1,2,3 ΩΡΕΣ

Εικόνα 5.26 : Δείγματα έψησης στους 1100 ^{o}C /1,2,3 ώρες .

ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 1120 °C /1,2,3 ΩΡΕΣ

Εικόνα 5.27: Δείγματα έψησης στους 1120 °C /1,2,3 ώρες.

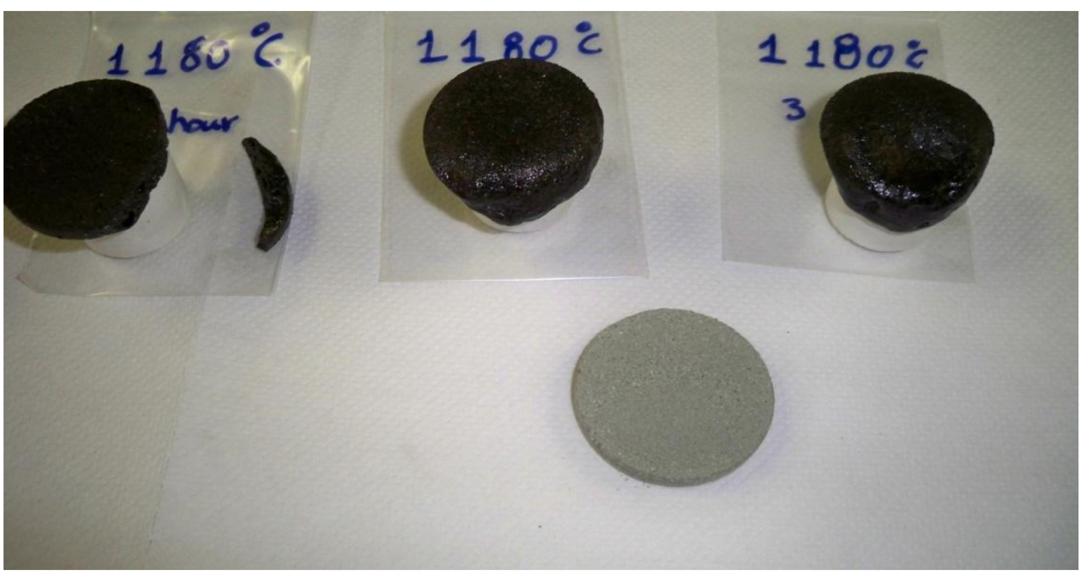
ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 1140 °C /1,2,3 ΩΡΕΣ

Εικόνα 5.28 : Δείγματα έψησης στους 1140 °C /1,2,3 ώρες.

ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 1160 °C /1,2,3 ΩΡΕΣ

Εικόνα 5.29 : Δείγματα έψησης στους 1160 °C /1,2,3 ώρες.

ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 1180 °C /1,2,3 ΩΡΕΣ



Εικόνα 5.30 : Δείγματα έψησης στους 1180 °C /1,2,3 ώρες.

5.8 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

5.8.1 ΟΡΙΣΜΟΣ: Υδατοαπόρροφητικότητα καλείται η % ποσοστιαία αύξηση της μάζας ενός κεραμικού πλακιδίου μετά την εμβάπτιση του στο νερό για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα .

5.8.2 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

- Συσκευή θέρμανσης
- Ζυγός με ακρίβεια 0,01% της μάζας του δοκιμίου

5.8.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

Ξεχωρίζοντας από τα ορυκτολογικά διαγράμματα, τα δείγματα που μας ενδιαφέρουν περισσότερο και συγκεκριμένα των θερμοκρασιών 1140 ^{o}C, 1160 ^{o}C και 1180 ^{o}C, πήραμε κομμάτια με σκοπό να δούμε το ποσοστό που απορροφάται.

Τα πλακίδια αρχικά ζυγίστηκαν στο ζυγό ακριβείας και μετέπειτα τοποθετήθηκαν κατακόρυφα σε αντίστοιχα ποτήρια ζέσεως (εικ. 5.32) μέσα σε απιονισμένο νερό, δίχως να εφάπτονται με τα τοιχώματα. Η στάθμη κάλυπτε τα πλακίδια 5 cm από πάνω.

Στη συνέχεια θερμάνθηκε το νερό μέχρι βρασμού (εικ. 5.31) για 2 ώρες και ακολούθως τα πλακίδια παρέμειναν για ψύξη 4 ώρες. Μ΄ ένα απορροφητικό χαρτί σκουπίστηκαν ελαφρώς οι επιφάνειες τους και ξαναζυγίστηκαν.

5.8.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ –ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Η Υδατοαπορροφητικότητα την υπόλογίζουμε ως ποσοστό % του ξηρού του βάρους και δίδεται από την σχέση :

$$E=\frac{m2-m1}{m1}*100$$

Όπου m_2 το τελικό βάρος του υλικού μετά την υδατοαπόρροφητικότητα και m_1 το αρχικό βάρος .

- Για τη **θερμοκρασία των 1140 °C** έχουμε :

Βάρος αρχικού πλακιδίου :2,6749 gr

Βάρος βρεγμένου Υλικού :2,8751 gr

$E=\frac{2,8751-2,6749}{2,6749}*100$=7,48% απόρρόφηση .

- Για τη **θερμοκρασία των 1160 °C** έχουμε :

Βάρος αρχικού πλακιδίου :1,4844 gr

Βάρος βρεγμένου Υλικού :1,5043 gr

$E=\frac{1,5043-1,4844}{1,4844}*100$=1,34 % απόρρόφηση .

- Για τη **θερμοκρασία των 1180 °C** έχουμε :

Βάρος αρχικού πλακιδίου :1,1609 gr

Βάρος βρεγμένου Υλικού :1,1705 gr

$E=\frac{1,1705-1,1609}{1,1609}*100$=0,83% απόρρόφηση .

Εικόνα 5.31 : Συσκευή θέρμανσης Εικόνα 5.32: Δείγμα στους 1140 °C .

Πηγή : (Προσωπικό αρχείο)

5.8.5 ΑΠΌΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μέθοδο υδατοαπορροφητικότητας για τα δείγματα έψησης των θερμοκρασιών, 1140 °C αλλά και των μετέπειτα θερμοκρασιών 1160 °C και 1180 °C ήταν τα εξής :

Στους 1140 °C το υλικό είχε 7,48% απορρόφηση , στους 1160 °C είχε 1,34 % απορρόφηση και στους 1180 °C είχε 0,83% απορρόφηση . Στα υπόλοιπα δείγματα δεν πραγματοποιήθηκε η μέθοδος λόγω του ότι δεν ήταν στην ακτίνα ενδιαφέροντος .

5.9 ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΕΨΗΣΗΣ

5.9.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η περιθλασιμετρία των ακτίνων –Χ των λειοτριβημένων δειγμάτων έψησης, σε σχέση με την αρχική ύλη έδειξε ότι: στους 1100 ^oC και 3 ώρες (σχ.5.33) παραμένουν τα ορυκτά χαλαζίας, αλβίτης, ενδεμβεργίτης και σιδηροπυρίτης. Τα ορυκτά ασβεστίτης, κλινόχλωρο, ακτινόλιθος και λωμοντίτης δεν ανιχνεύονται πράγμα που σημαίνει ότι διασπάστηκαν κατά τη διάρκεια της έψησης, παράλληλα όμως έχουν σχηματιστεί νέα ορυκτά όπως ο τριδυμίτης SiO_2 (πιθανότατα σχηματίστηκε γιατί σε ψηλές θερμοκρασίες η κρυσταλλική δομή του χαλαζία μετατρέπεται σε χριστοβαλίτη και τριδυμίτη) και ο αιματίτης Fe_2O_3 .

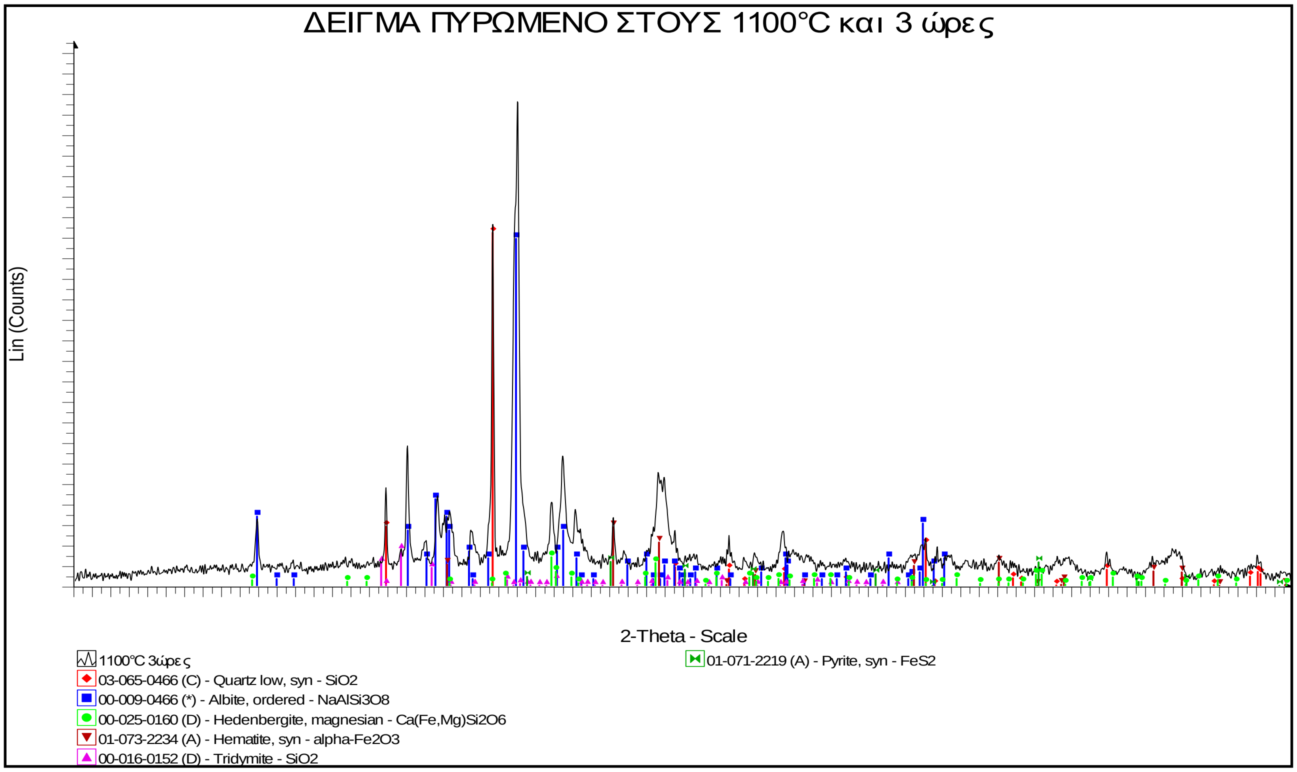
Με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 20 ^oC (σχ. 5.34) παρατηρείται η εμφάνιση του ορυκτού ανορθίτη (πλαγιόκλαστο) ενώ δεν φαίνεται να ανιχνεύεται ο σιδηροπυρίτης FeS_2 .

Στους 1140 ^oC (σχ. 5.35) τα αποτελέσματα της ορυκτολογικής ανάλυσης φανέρωσαν για πρώτη φορά την επίδραση όχι μόνο της θερμοκρασίας αλλά και του χρόνου πύρωσης του παραπροϊόντος στην ορυκτολογική σύσταση των πυρωμένων δειγμάτων. Παρατηρείται ο σχηματισμός του ορυκτού ανυδρίτη $CaSO_4$, ο οποίος πιθανότατα συνδεέται από τη διάσπαση του σιδηροπυρίτη (FeS_2) και του ασβεστίτη ($CaCO_3$) καθώς και η σταδιακή αύξηση της έντασης του η οποία συνεπάγεται και αύξηση της ποσότητας του. Επίσης παρατηρείται αισθητή σταδιακή αύξηση του υπόβάθρου των ακτινοδιαγραμμάτων εώς 3 ώρες μεταξύ 20 και 35^o 2θ η οποία και παραπέμπει στην παρουσία άμορφου υλικού.

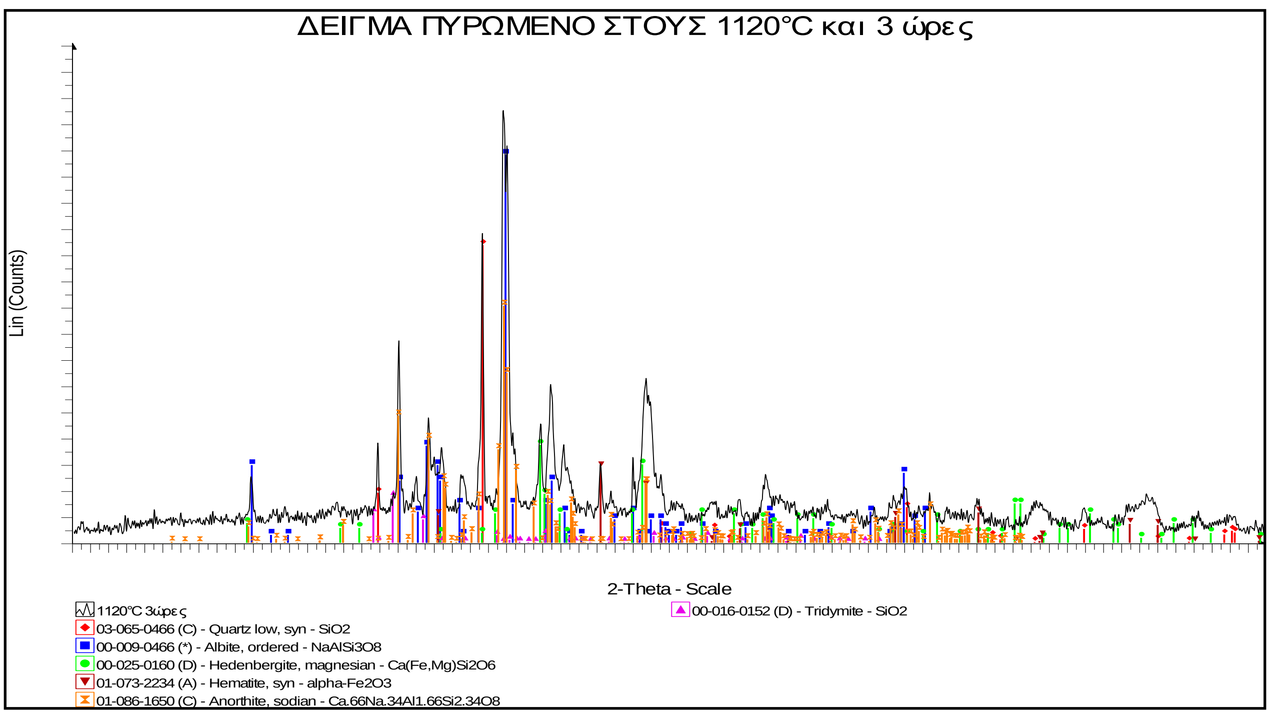
Στους 1160 ^oC (σχ. 5.36) παρατηρείται δραστική αύξηση του υπόβάρθρου του άμορφου υλικού.

Στους 1180 ^oC (σχ. 5.37) το παραπροϊόν επέρχεται σε πλήρη τήξη όπως έγινε και στη διαδικασία έψησης.

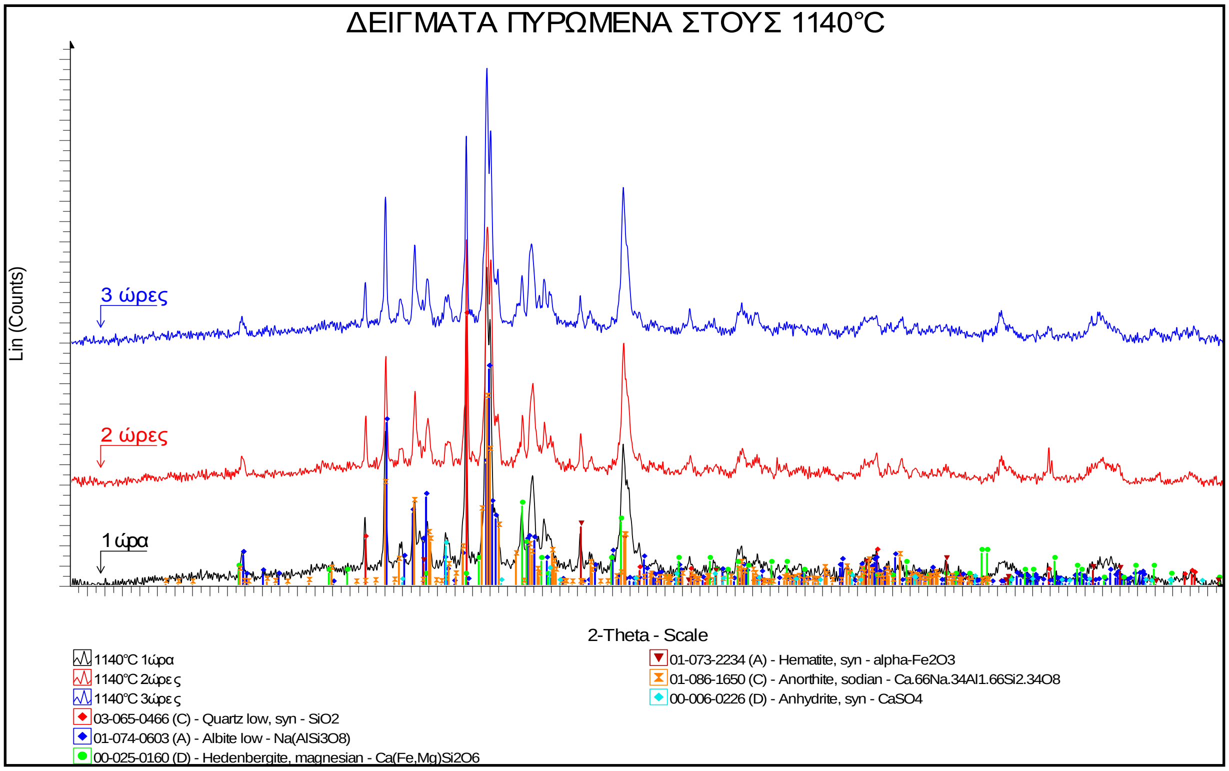
Γενικά παρατηρήθηκε ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία πύρωσης – έψησης των δειγμάτων παρατηρείται σταδιακή αύξηση του ποσοστού του άμορφου υλικού στα προιόντα έψησης .Αυτό διαπιστώθηκε μέσω της μελέτης των πιο κάτω ακτινοδιαγραμμάτων περιθλασιμετρίας ακτίνων –Χ όπου παρατηρήθηκε σταδιακή αύξηση του εμβαδού των πλατύκυρτων ανακλάσεων μεταξύ 15 και 30^o της γωνίας2θ, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία και ο χρόνος πύρωσης .



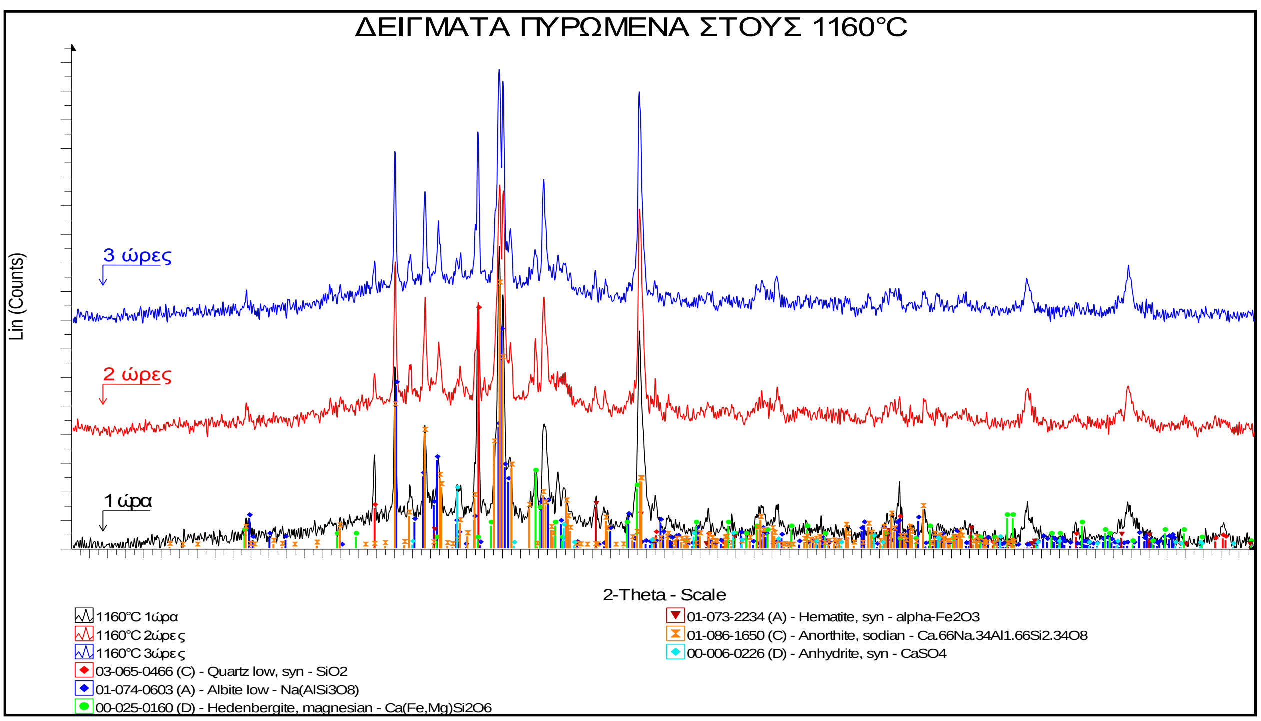
Σχήμα 5.33 : Ακτινοδιάγραμμα δείγματος έψησης στους 1100 ^{o}C και 3 ώρες .



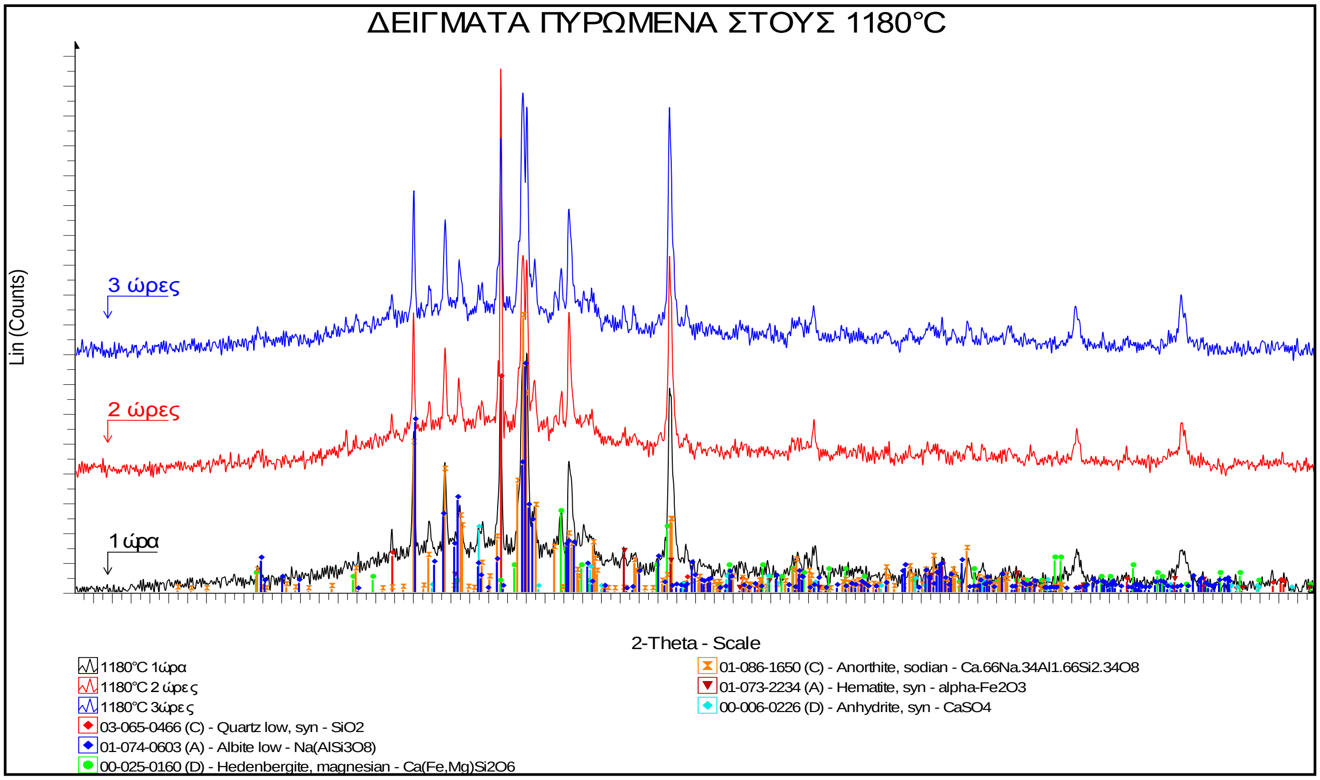
Σχήμα 5.34 : Ακτινοδιάγραμμα δείγματος έψησης στους 1120 ^{o}C και 3 ώρες .



Σχήμα 5.35 : Ακτινοδιάγραμμα δείγματος έψησης στους 1140 °C και 3 ώρες .



Σχήμα 5.36 : Ακτινοδιάγραμμα δείγματος έψησης στους 1160 °C και 3 ώρες .



Σχήμα 5.37 : Ακτινοδιάγραμμα δείγματος έψησης στους 1180 °C και 3 ώρες .

5.10 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ ΣΑΡΩΣΗΣ (S.E.M.)

Τα δείγματα εξετάστηκαν στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης JEOL 5400 συνδεδεμένο με σύστημα μικροανάλυσης E.D.S INCA ENARGY 300 της εταιρείας OXFORD στο εργαστήριο Πετρολογίας και Οικονομικής Γεωλογίας του Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων .

5.10.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (εικ. 5.38) (Scanning Electron Microscope) επιτρέπει την παρατήρηση επιφάνειας στερεών, με υψηλή ευκρίνεια και σε συγκεκριμένα σημεία εστίασης. Σε συνδιασμό με το E.D.S (Energy Dispersive Spectroscopy) παρέχει στοιχειομετρική ανάλυση της εξεταζόμενης περιοχής . Το SEM έχει επίσης τη δυνατότητα μικροανάλυσης δηλαδή μπορεί να δώσει στοιχειακή μικροανάλυση των συστατικών στο σημείο εστίασης. Η δημιουργία της εικόνας γίνεται με δέσμη ηλεκτρονίων υψηλής ενέργειας (1-50 keV) και εστιάζεται στο δείγμα με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών φακών. Ειδικά συστήματα επιτρέπουν την κίνηση της δέσμης πάνω στο δείγμα. Ο βομβαρδισμός αυτός της περιοχής προκαλεί εκτός από άλλα φαινόμενα, τη διέγερση των ατόμων στην περιοχή εστίασης και την επακόλουθη εκπομπή δευτερογενών ηλεκτρονίων χαμηλής ενέργειας και ακτίνων Χ που είναι χαρακτηριστικές για κάθε στοιχείο .

Συγκεκριμένα, αναλύει την ένταση και το μήκος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας επιτρέπωντας τη στοιχειακή ανάλυση στο εξεταζόμενο τμήμα. Τα δευτερογενή ηλεκτρόνια ενισχύονται και χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία εικόνας με παρόμοιο τρόπο όπως οι τηλεοράσεις.

Η παρατήρηση της μορφής των κρυστάλλων μπορεί να δώσει πολύτιμες πληροφορίες για την ταυτοποίηση ορυκτών ιδιαίτερα των δευτερογενών ακόμα όμως και αυτών που υπάρχουν σε μικρή ποσότητα .

Εικόνα 5.38 : Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης του εργαστηρίου Πετρολογίας και οικονομικής Γεωλογίας του Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων.

5.10.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης SEM χρησιμοποιήθηκε με σκοπό να παρατηρηθούν οι επιφάνειες στερεών (και δευτερογενείς εικόνες), με υψηλή ευκρίνεια και σε συγκεκριμένα σημεία εστίασης. Σε συνδιασμό με το E.D.S (Energy Dispersive Spectroscopy) πάρθηκε και η αντίστοιχη στοιχειομετρική ανάλυση της εξεταζόμενης περιοχής σχεδόν κάθε θερμοκρασίας. Λαμβάνοντας υπόψη τα ακτινοδιαγράμματα των δειγμάτων έψησης από την ορυκτολογική ανάλυση που προηγήθηκε, χρησιμοποιήθηκε το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο S.E.M από το οποίο πρωτίστως επιβεβαιώθηκε η παρατήρηση για την αύξηση του άμορφου υλικού.

Συγκεκριμένα το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης έδειξε ότι:

Στο αρχικό παραπροϊόν(εικ. 5.39) ήταν εμφανής η κοκκομετρία του υλικού, δείχνοντας τα όρια διαφόρων μεγεθών κόκκων με συνδετικό υλικό από το ίδιο υλικό .

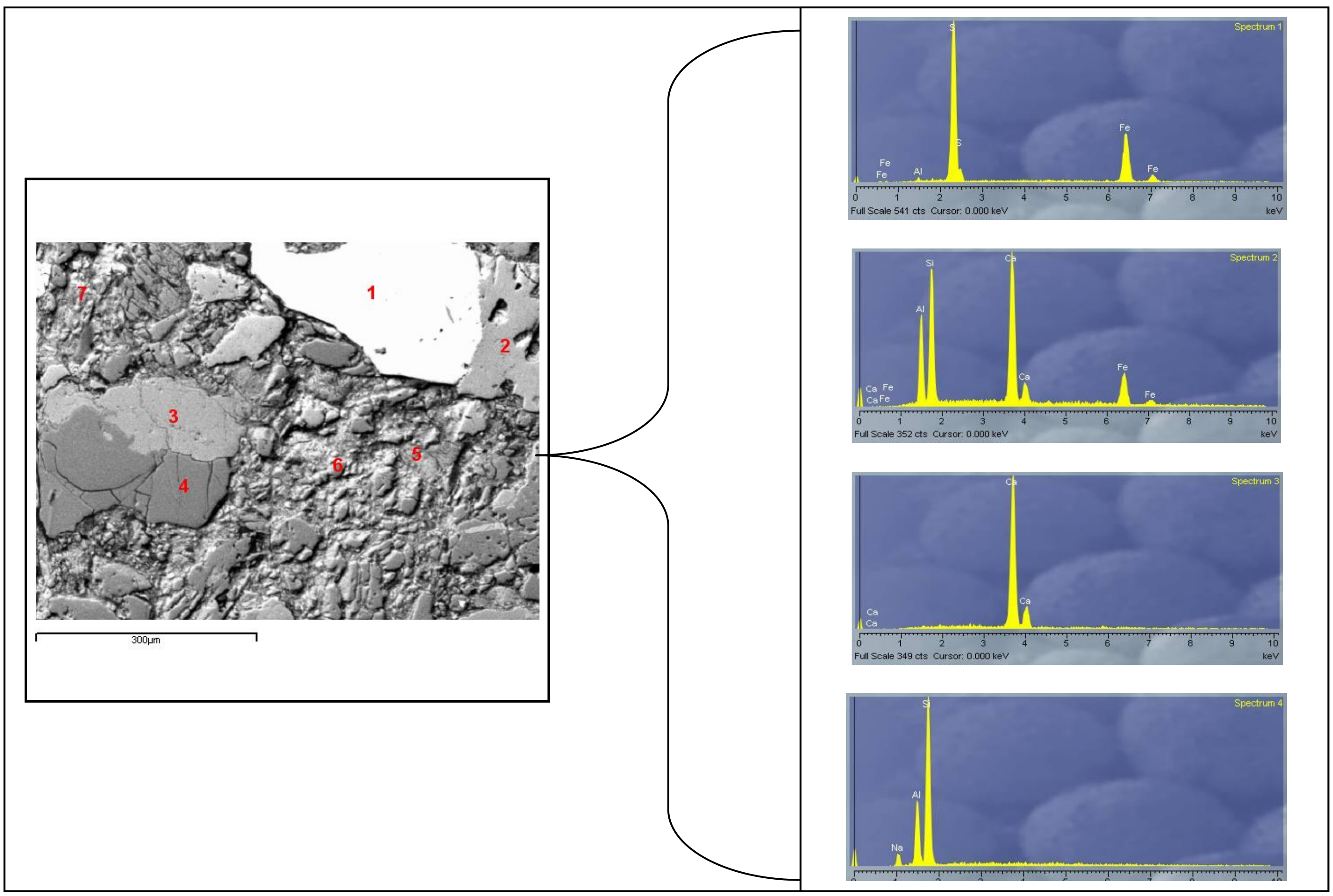
Στους 1100 ^{o}C (εικ. 5.40) παρατηρήθηκε η αλλοίωση των ορίων των κόκκων, ομοίως και της θερμοκρασίας των 1120 ^{o}C (εικ. 5.42). Εκτός από τη δημιουργία νέων ορυκτών και διάσπαση προυπαρχόντων, τα κενά των πόρων που υπάρχουν φαίνεται ότι αρχίζουν να κλείνουν .

Στους 1140 ^{o} C (εικ. 5.43) παρατηρήθηκε και επιβεβαιώθηκε η επίδραση όχι μόνο της θερμοκρασίας αλλά και του χρόνου πύρωσης στην ορυκτολογική σύσταση του παραπροϊόντος. Επίσης παρατηρήθηκε η εμφάνιση του ορυκτού ανυδρίτη ($CaSO_4$) μέσω των στοιχειομετρικών διαγραμμάτων η οποία ίσως οφείλεται στη διάσπαση του σιδηροπυρίτη (FeS_2) και του ασβεστίτη ($CaCO_3$). Υπάρχει μείωση κενών και πιθανότατα πορώδους.

Στους 1160 ^{o}C (εικ.5.45) δεν υπάρχει δημιουργία νέων ορυκτών ούτε διάσπαση προϋπάρχοντων ορυκτών παρά μόνο αύξηση του υπόβαρθρου άμορφου υλικού (πιθανή μείωση πορώδους και δημιουργία κενών απελευθέρωσης αερίων).

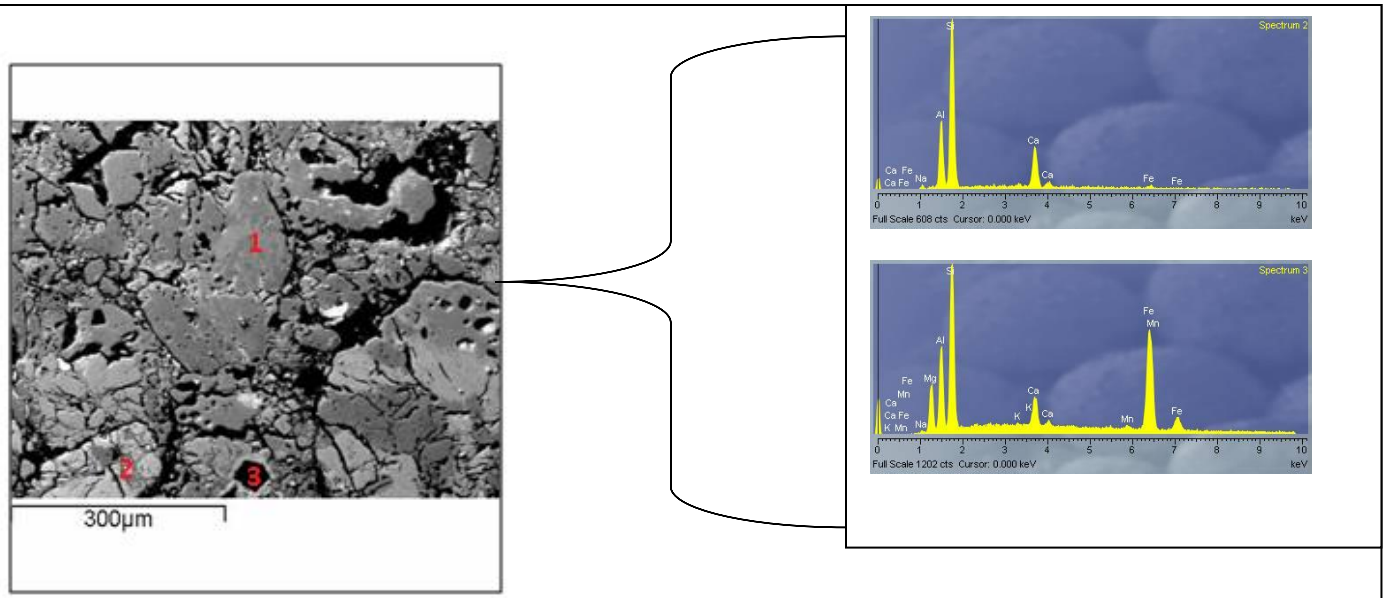
Στους 1180 ^{o}C (εικ.5.47) ήταν εμφανής η πλήρης τήξη του παραπροϊόντος (είχε καεί) η οποία διαπιστώθηκε τόσο από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης SEM, όσο και από τη διαδικασία έψησης.

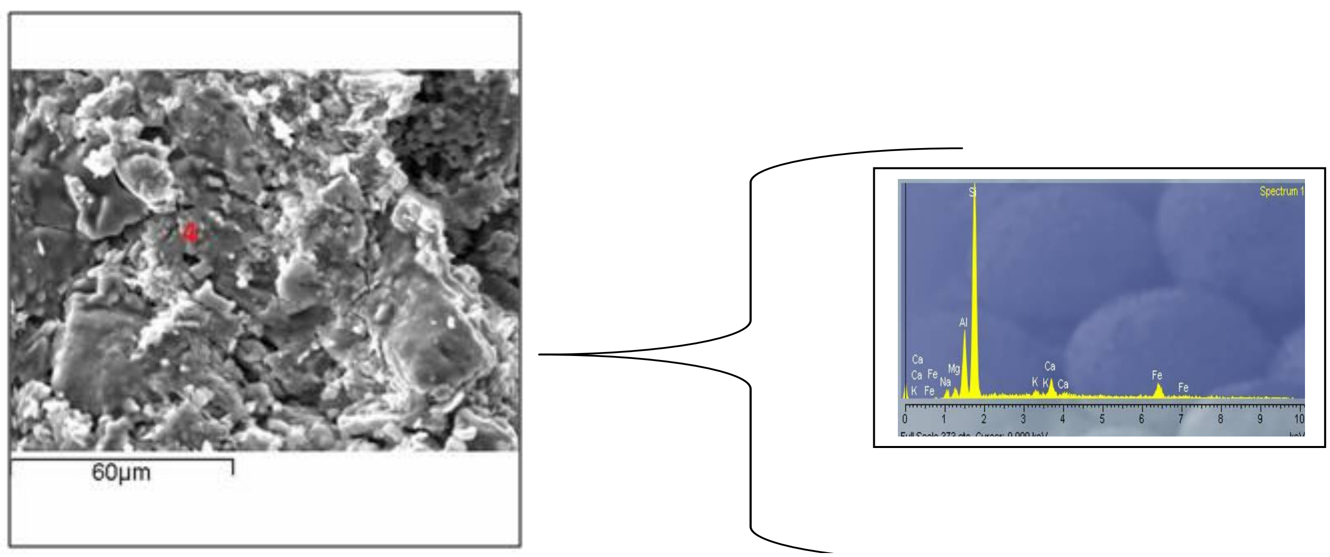
<u>ΑΡΧΙΚΟ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝ</u>



<u>Εικόνα (α) 5.39:</u> Οπισθοσκεδαζόμενη μικροφωτογραφία και διαγράμματα E.D.S. ανάλυσης αρχικού υλικού από S.E.M. Το σημείο 1 είναι σιδηροπυρίτης, 2,3 ασβεστίτης και 4,6,7 αλβίτης, 5 λωμοντίτης.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 1100 ^{o}C και 3 ΩΡΕΣ

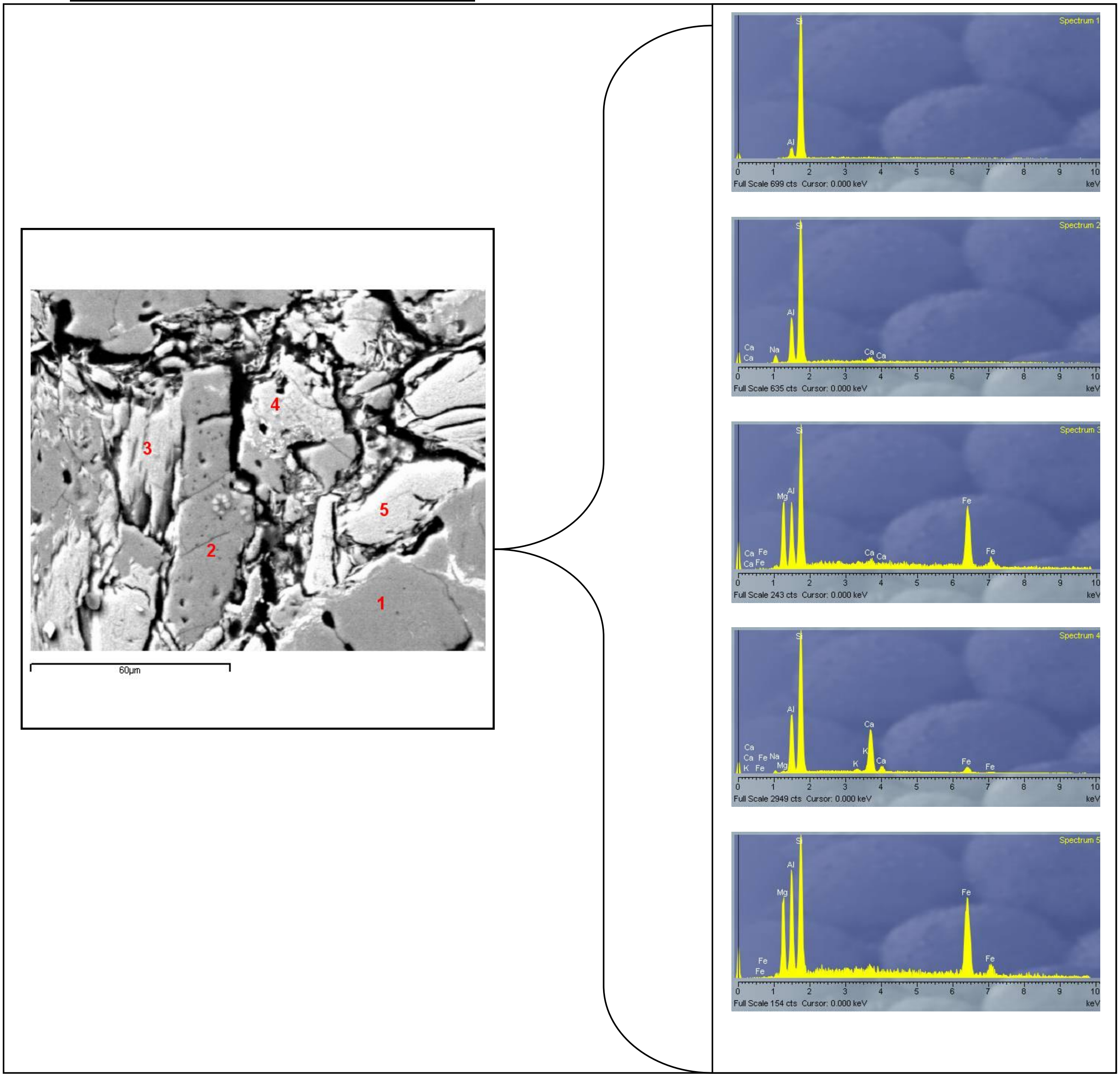




Εικόνα (β)5.40: Οπισθοσκεδαζόμενη μικροφωτογραφία και αντίστοιχα διαγράμματα E.D.S. ανάλυσης δείγματος έψησης 1100 ^{o}C από S.E.M. Το σημείο 1 είναι αλβίτης, 2 ενδεμβεργίτης, 3 σιδηροπυρίτης.

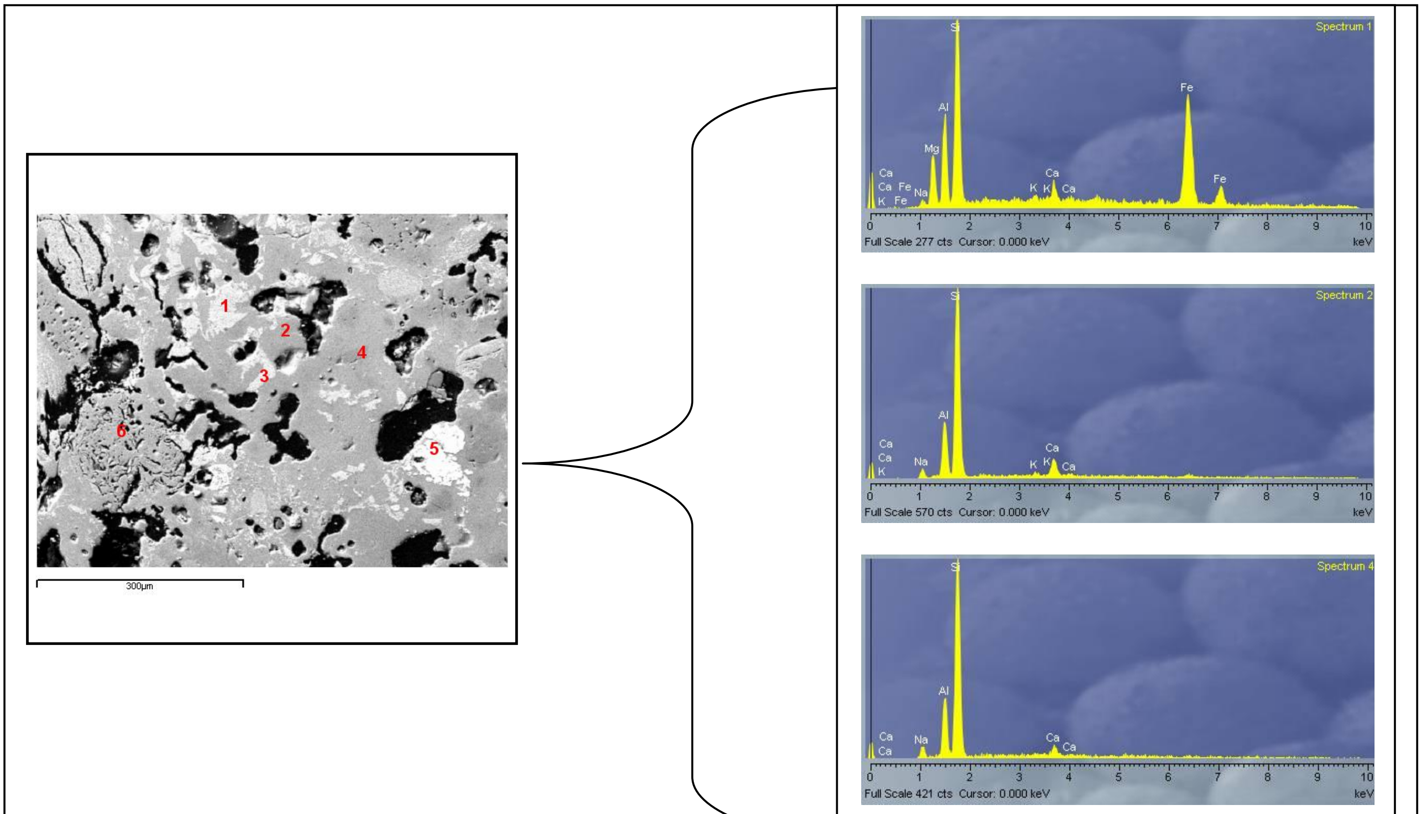
Εικόνα (γ)5.41: Secondary image και αντίστοιχο διάγραμμα E.D.S. ανάλυσης . Το σημείο 4 είναι ενδεμβεργίτης.

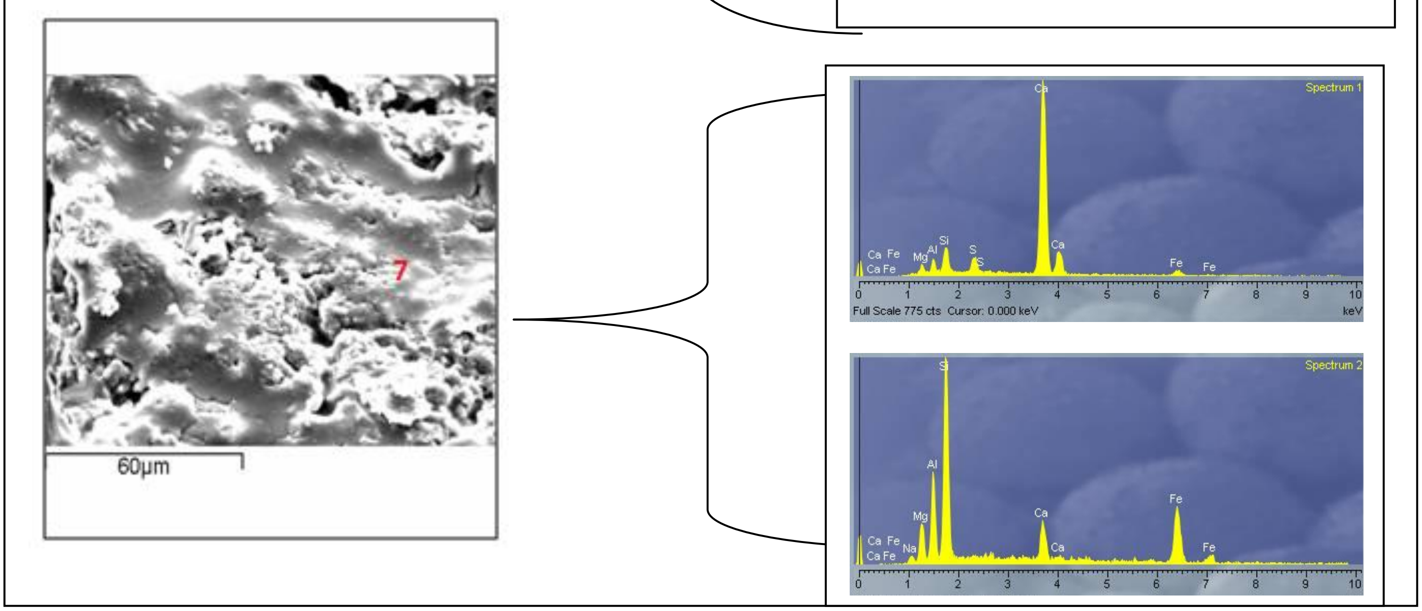
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 1120 ^{o}C και 3 ΩΡΕΣ



Εικόνα (δ) 5.42:Οπισθοσκεδαζόμενη μικροφωτογραφία και αντίστοιχα διαγράμματα E.D.S. ανάλυσης δείγματος έψησης 1120 ^{o}C από S.E.M. Το σημείο 1 είναι αλβίτης , 2 ανορθίτης, 3,4,5 ενδεμβεργίτης .

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 1140 ^{o}C και 3 ΩΡΕΣ

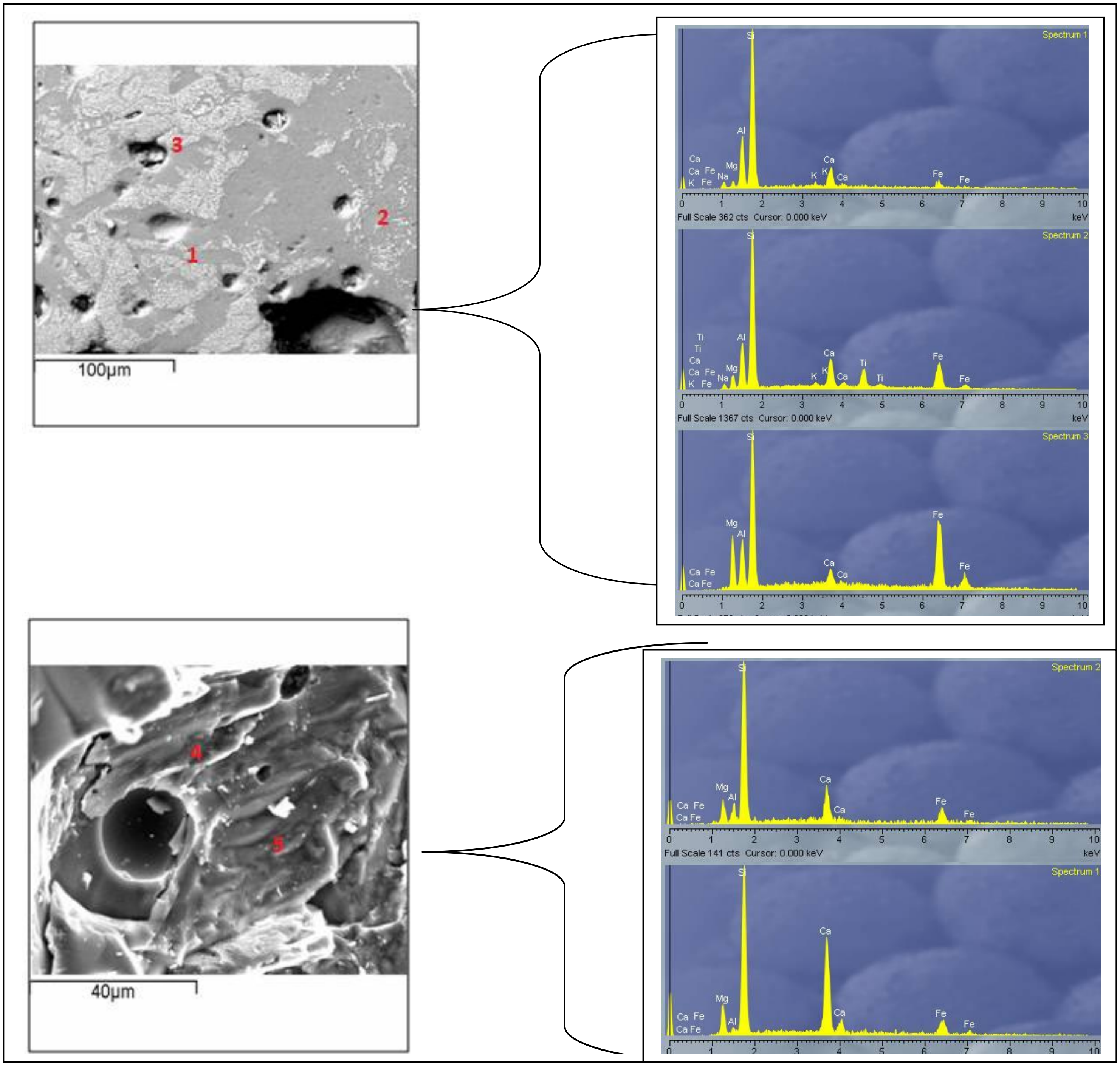




Εικόνα (ε) 5.43: Οπισθοσκεδαζόμενη μικροφωτογραφία και αντίστοιχα διαγράμματα E.D.S. ανάλυσης δείγματος έψησης 1140 ^{o}C από S.E.M. Τα σημεία 1,3 είναι ενδεμβεργίτης, 2,4είναι αλβίτης, 5 αιματίτης, 6 ανορθίτης.

Εικόνα (στ) 5.44: Secondary image και αντίστοιχα διαγράμματα E.D.S. ανάλυσης . Το σημείο 7 είναι ανυδρίτης.

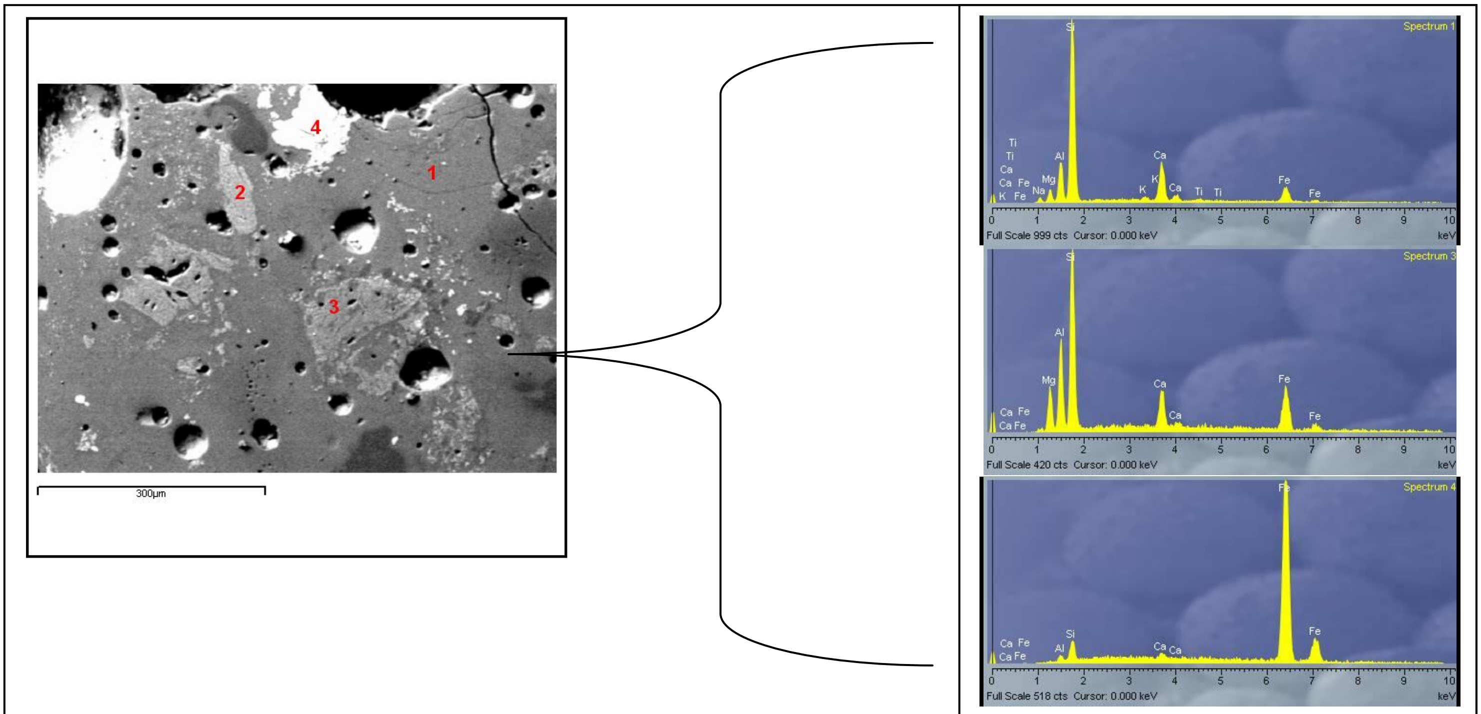
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 1160 ^{o}C και 3 ΩΡΕΣ

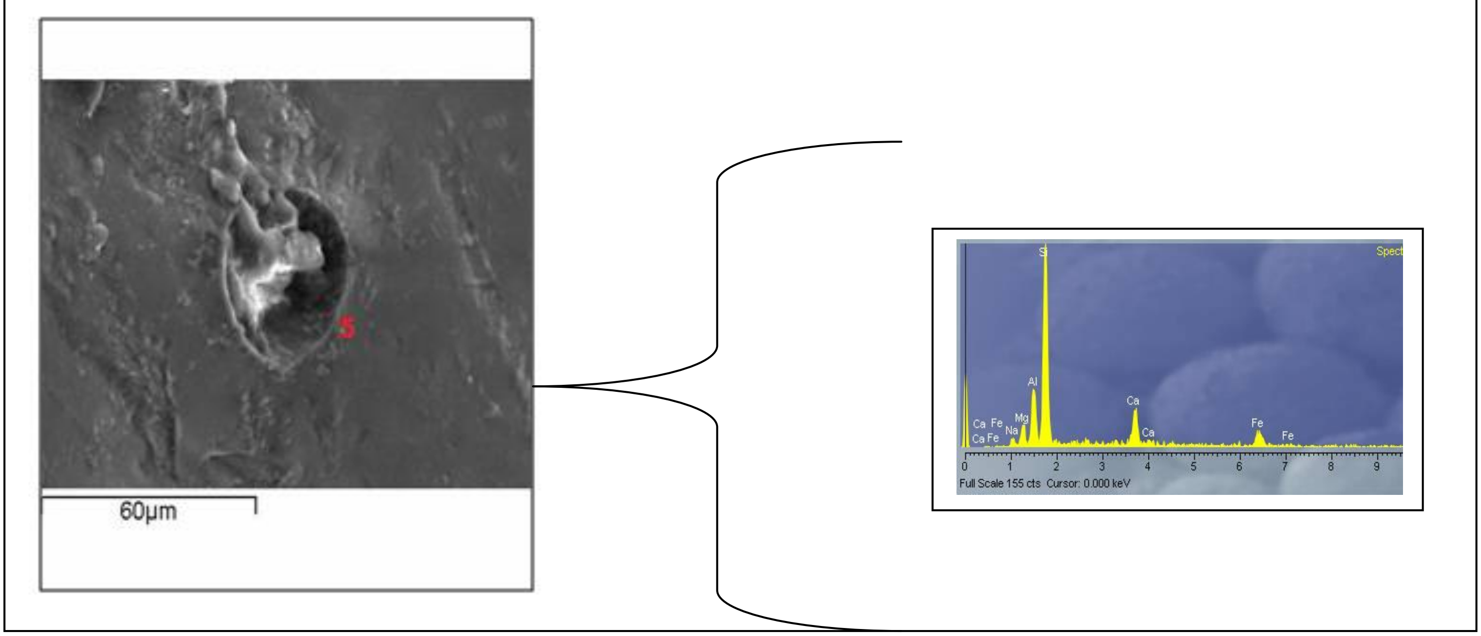


Εικόνα (ζ) 5.45 :Οπισθοσκεδαζόμενη μικροφωτογραφία και αντίστοιχα διαγράμματα E.D.S. ανάλυσης δείγματος έψησης 1160 ^{o}C από S.E.M. Το σημείο 1,2 είναι ενδεμβεργίτης, 3 ανυδρίτης.

Εικόνα (η) 5.46: Secondary image και αντίστοιχα διαγράμματα E.D.S. ανάλυσης. Το σημείο 4,5 είναι ενδεμβεργίτης.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 1180 ^{o}C και 3 ΩΡΕΣ





Εικόνα (θ) 5.47:Οπισθοσκεδαζόμενη μικροφωτογραφία και αντίστοιχα διαγράμματα E.D.S. ανάλυσης δείγματος έψησης 1180 ^{o}C από S.E.M . Το σημείο 1 είναι ανορθίτης, 2,3 ενδεμβεργίτης , 4 αιματίτης .

Εικόνα (ι) 5.48: Secondary image και αντίστοιχο διαγράμμα E.D.S. ανάλυσης . Το σημείο 5 είναι ενδεμβεργίτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ –ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μια πρώτη προσπάθεια μελέτης του παραπροϊόντος, διαβασικού πετρώματος περιοχής Σταυροβουνίου -Κύπρου ως πυρίμαχο υλικό.

Η ορυκτολογική σύσταση, τα ιστολογικά χαρακτηριστικά, ο βαθμός εξαλλοίωσης αλλά κυρίως η αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την κατάλληλότητα ενός υλικού και χρήσης του ως πυρίμαχο .

Τα διαβασικά πετρώματα Σταυροβουνίου είναι ελαφρά μεταμορφωμένα και έχουν υπόστεί υδροθερμική εξαλλοίωση. Τα ανωτέρω τεκμηριώνονται από την κοινή παρουσία των ορυκτών ακτινόλιθου και κλινόχλωρου (χλωρίτη). Η παρουσία του ασβεστούχου ζεολίθου λωμοντίτη είναι αποτέλεσμα της υδροθερμικής εξαλλοίωσης των πλούσιων σε ασβέστιο πλαγιόκλαστων όπως είναι ο ανδεσίνης και το λαβραδόριο, τα οποία εξαλλοιώθηκαν σε αλβίτη έως ολιγόκλαστο, που είναι πλούσια σε νάτριο και φτωχότερα σε ασβέστιο, πλαγιόκλαστα. Το ασβέστιο που απελευθερώθηκε κατά τη διαδικασία αυτή οδήγησε στο σχηματισμό του ασβεστούχου ζεολίθου λωμοντίτη.

Τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν βάσει όλων των επιμέρους εργαστηριακών αναλύσεων είναι τα εξής:

- Το παραπροιόν της μελέτης βάσει της ορυκτολογικής ανάλυσης (XRD) αποτελείται από τα ορυκτά χαλαζία, ασβεστίτη, αλβίτη, κλινόχλωρο, λαυμωντίτη, ακτινόλιθο, ενδεμβεργίτη, και σιδηροπυρίτη. Το κλάσμα -0,25 +0,125 μm της κοκκομετρικής ανάλυσης παρατηρήθηκε ότι ήταν περισσότερο εμπλουτισμένο σε ασβεστίτη($CaCO_3$) και σε αλβίτη ($Na\,Al\,Si_3O_8$) σε σχέση με το κλάσμα 63 μm.
- Η χημική ανάλυση έδειξε ότι το υλικό αποτελείται από τις εξής χημικές ενώσεις: 50,53% SiO_2, 12,69% Al_2O_3, 10,91%Fe_2O_3, 7,61%MgO, 6,76%CaO, 3,23%Na_2O, 0,59% TiO_2, 0,19% MnO, 0,12% K_2O. Οι στοιχειομετρικές αναλογίες αυτές ανάχθηκαν αφού έπρεπε να προστεθεί και η απώλεια πύρωσης L.O.I 7,39 %. Αποδείχθηκε είναι πολύ πλούσιο σε διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και σε τριοξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3) ενώ φτωχό σε αλκάλια όπως το οξείδιο του νατρίου (Na_2O) και οξείδιο του καλίου (K_2O). Στην απώλεια πύρωσης του παραπροϊόντος είχαμε απώλεια κρυσταλλικού νερού αλλά και του ασβεστίτη που διασπάται σε θερμοκρασίες μικρότερες από 800 ^oC.
- Στη μικροσκοπική ανάλυση η εξέταση που πραγματοποιήθηκε με το πολωτικό μικροσκόπιο διερχομένου φωτός σε δείγματα συμπαγούς πετρώματος διαβάση (απ΄ όπου προέρχεται και το

παραπροϊόν) έδειξε ότι πρόκειται για ένα συμπαγές ολοκρυσταλλικό υλικό και για τυπικούς διαβάσες που παρουσιάζουν οφειτικό ιστό, καθ' όσον τα επιμήκη πλαγιόκλαστα παρουσιάζουν πλέγμα όπου τα διάκενα πληρούνται από ακτινόλιθο.

- Η Θερμοβαρυτομετρική ανάλυση απέδειξε ότι σε θερμοκρασία 100-180 ^oC έχουμε την αφαίρεση της υγρασίας, από 460-600 ^oC όπου υπάρχει μια απότομη πτώση οφείλεται σε αφυδροξυλίωση (διάσπαση ορυκτού λωμοντίτη) και από τους 600 - 850 ^oC περιοχή στην οποία συνεχίζεται η πτώση έχουμε τη διάσπαση του ασβεστίτη ($CaCO_3$).
- Στη διαδικασία έψησης παρατηρήθηκε μακροσκοπικά η αλλάγή χρώματος του παραπροϊόντος το οποίο αρχικά από πράσινο στους 1100 ^oC έγινε ανοικτό καφέ, στους 1120^oC έγινε καφέ, στους 1140 ^oC έγινε καφέ προς μαύρο, στους 1160 ^oC και στους 1180 ^oC μαύρο, δηλαδή καμένο.
- Ακολούθως παρατηρήθηκε ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία πύρωσης – έψησης των δειγμάτων παρουσιάζεται σταδιακή αύξηση του ποσοστού του άμορφου υλικού στα προϊόντα έψησης. Αυτό διαπιστώθηκε μέσω της μελέτης των ακτινοδιαγραμμάτων περιθλασιμετρίας ακτίνων –Χ που πραγματοποιήθηκε στα δείγματα έψησης όπου παρουσιάστηκε σταδιακή αύξηση του εμβαδού των πλατύκυρτων ανακλάσεων μεταξύ 15 και 30^o της γωνίας 2θ, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία και ο χρόνος πύρωσης. Στους 1100 ^oC σχηματίστηκαν τα ορυκτά τριδυμίτης (πιθανότατα από την αλλάγή της κρυσταλλικής δομής του χαλαζία σε υψηλές θερμοκρασίες) και αιματίτης ενώ δεν ανιχνεύτηκαν από τα αρχικά ο ασβεστίτης, λωμοντίτης, κλινόχλωρο, ακτινόλιθος, στους 1120^oC σχηματίστηκε ο ανορθίτης ένα ορυκτό που σχηματίζεται στα διαβασικά σε θερμοκρασίες άνω των 1100 ^oC, ενώ διασπάστηκε και ο σιδηροπυρίτης. Στους 1140 ^oC για πρώτη φορά παρατηρήθηκε η επίδραση όχι μόνο της θερμοκρασίας αλλά και του χρόνου πύρωσης του παραπροϊόντος στην ορυκτολογική σύσταση των πυρωμένων δειγμάτων. Εμφανίστηκε το ορυκτό ανυδρίτης $CaSO_4$, ο οποίος πιθανότατα συνδεέται από τη διάσπαση του σιδηροπυρίτη(FeS_2) και του ασβεστίτη($CaCO_3$) καθώς και η σταδιακή αύξηση της έντασης του η οποία συνεπάγεται και αύξηση της ποσότητάς του. Στην θερμοκρασία των 1160 ^oC δεν ανιχνεύτηκαν ούτε νέα ορυκτά, ούτε διάσπαση προϋπάρχοντων ορυκτών αντιθέτως παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση του υπόβάθρου του άμορφου υλικού μέχρι και τους 1180^oC, θερμοκρασία όπου το παραπροϊόν υαλοποιήθηκε.

Συνοπτικά από τα αρχικά ορυκτά διασπάστηκαν ο λωμοντίτης (400-600 ^oC), ασβεστίτης (600 - 850^oC), ακτινόλιθος και κλινόχλωρο (≤1100 ^oC) και ο σιδηροπυρίτης (1120^oC) ενώ δημιουργήθηκαν, ο τριδυμίτης (ο οποίος διασπάται πάλι στους 1140^oC) και αιματίτης (1100^oC), ο ανορθίτης (1120^oC) και ο ανυδρίτης (1140^oC). Παρέμειναν καθ΄ όλη τη διάρκεια έψησης τα ορυκτά αλβίτης, ενδεμβεργίτης και χαλαζίας.

- Η μέθοδος της υδατοαπορροφητικότητας που πραγματοποιήθηκε είχε ως επίκεντρο τις θερμοκρασίες 1140 ^oC, 1160 ^oC και 1180 ^oC (3 ώρες). Απέδειξε ότι μειώνεται η απόρρόφηση νερού, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία. Στους 1140 ^oC το ποσοστό απόρρόφησης έφτασε το 7,4% , στους 1160 ^oC έφτασε το 1,34% και στους 1180 ^oC έφτασε το 0,83%.
- Στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο S.E.M. επιβεβαιώθηκε η παρατήρηση που έγινε μέσω των ακτινοδιαγραμμάτων της ορυκτολογικής ανάλυσης για το υπόβαρθρο του άμορφου υλικού που αυξάνεται κυρίως από τη θερμοκρασία των 1140 ^oC μέχρι την τελική θερμοκρασία των 1180 ^oC. Στις επιφάνειες στερεών με υψηλή ευκρίνεια και σε συγκεκριμένα σημεία εστίασης για κάθε θερμοκρασία αποδείχθηκαν επακριβώς οι αλλαγές που γίνονταν. Σε συνδιασμό με το E.D.S (Emergy Dispersive Spectromenty) ταυτοποιήθηκαν τα ορυκτά σε αντιστοιχία με την ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων έψησης.

  Συμπερασματικά, στο αρχικό παραπροϊόν ήταν εμφανής η κοκκομετρία του υλικού (μέγεθος και όρια κόκκων). Στους 1100^oC και 1120^oC άρχισε η αλλοίωση, στους 1140 ^oC φάνηκε η επίδραση όχι μόνο της θερμοκρασίας αλλά και του χρόνου πύρωσης στην ορυκτολογική σύσταση του παραπροϊόντος. Στους 1160 ^{o} C και 1180 ^oC ήταν οι θερμοκρασίες που ουσιαστικά το παραπροϊόν είχε καεί .

6.1 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, πραγματοποιήθηκε το πρώτο βήμα μελέτης του παραπροϊόντος. Εφαρμόστηκαν και μελετήθηκαν οι παρακάτω μέθοδοι: Ορυκτολογική ανάλυση παραπροϊόντος, χημική ανάλυση, μικροσκοπική ανάλυση, έψηση σε ψηλές θερμοκρασίες, ορυκτολογική ανάλυση δειγμάτων έψησης, υδατοαπορροφητικότητα, θερμοβαρυτομετρική ανάλυση και χρήση του ηλεκτρονικού μικροσκόπιου σάρωσης S.E.M. Όλα αυτά έγιναν με απώτερο σκοπό να μελετηθεί το αρχικό παραπροϊόν αλλά και οι αλλαγές που επέρχονται κατά τη διαδικασία της έψησής του όπως για παράδειγμα αλλαγές φάσεων, διάσπαση προϋπαρχόντων και δημιουργία νέων ορυκτών, καθώς και τον προσδιορισμό του σημείου τήξεως.

Τα στοιχεία που προέκυψαν δεν επαρκούν για να φτάσουμε στο συμπέρασμα ότι το αρχικό παραπροϊόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ή όχι για την κατάσκευή πυρίμαχων υλικών.

6.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Μελλοντικά μπορούν ακόμα να γίνουν λήψεις περισσοτέρων δειγμάτων για μελέτη, και προσθήκη συλλιπασμάτων για την δημιουργία πυριμάχων σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 1140 ^oC.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΡΘΡΑ

ΔΙΕΘΝΗΣ

1. Alexander karamanov, Lorentzo Arrizza, Sinbel Ergul. «Sintered material from alkaline basaltic tuffs» 26 Feb 2008.

2. Ya.N Pitak, Yu. E. Prikhod'ko, S. V.Gorbatko, and I. V. Emchenko. « Study of the properties used of ceramic surfacing material used for restoring coking chamber livings »

3. V. P. Il' ina and G.A. Lebedeva «Use of wastes from concentration of alkali syenites from the elet'ozerskoe deposit for manufacture of ceramic tiles », 6 july 2010.

4. L.A. Diaz, R. Torrecillas. «Porcelain stoneware obtained from the residual muds of serpentinite raw materials », 16 Oct 2003.

5. B.M. Coope. «An introduction to refractories » 'IM Refractories Survey 1981.

6. Moises Alvarez, 1990. «Glass disic fusion method for X-Ray fluorescence analysis of rocks and silicates»

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

7. Κωστάκης Γ., (2005): «Γενική Ορυκτολογία» Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.

8. Στεφάνου Ι.(2009). «Μελέτη ποιότικών χαρακτηριστικών διαβασικών πετρωμάτων Παρεκκλησιάς – Κύπρου για την χρήση τους ως αδρανή υλικά για τα σκυροδέματα» Χανιά 2009.

ΙΣΤΟΓΡΑΦΙΑ

- www.skyralima.com.cy
- http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/dmlTroodos_gr/dmlTroodos_gr?OpenDocument
- http://www.ygeiaonline.gr/index.php?option=com_k2&view=item&id=45575:pyrimaxa_ylika
- www.skyrodemanet.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=169%3A-17&catid=63&Itemid=66
- www.bricksrooftiles.com
- http://www.google.gr/search?q=πυρίμαχα+τούβλα+πυριτίου&hl
- www.google.gr/olivine refractoriesbricks.
- www.wikipedia-refractories.com

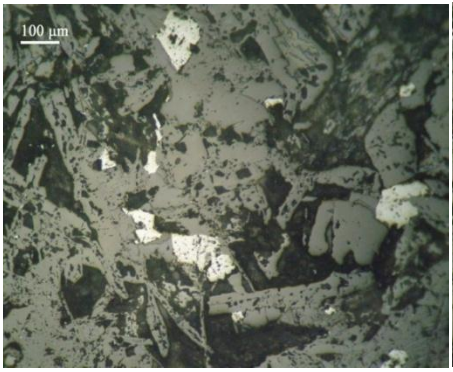
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ / ΣΧΗΜΑΤΩΝ

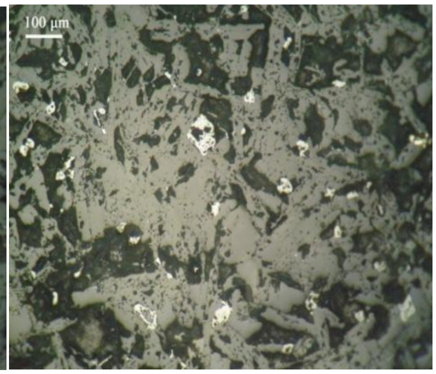
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

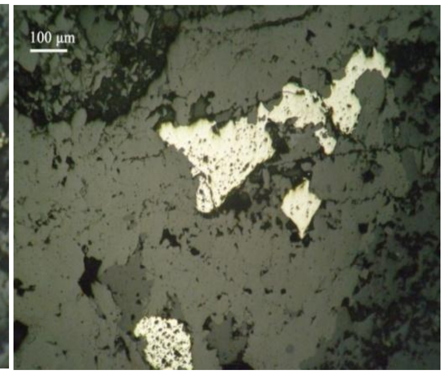
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στιλπνές τομές αρχικού συμπαγούς πετρώματος Διαβάση

(Χ1) (Χ2) (Χ3)



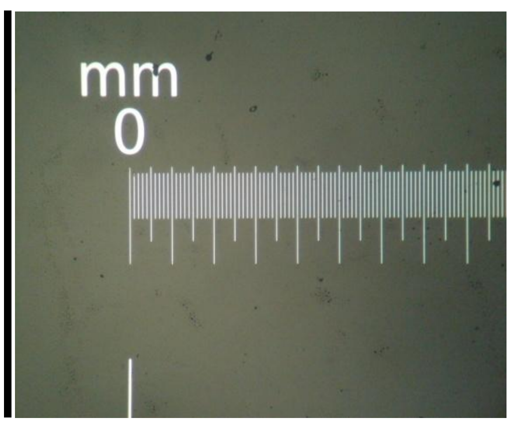




Εικόνες 5.51 : Στιλπνές τομές συμπαγούς διαβάση με πολωτικό Μικροσκόπιο ανακλωμένου φωτός.

Στιλπνές τομές δειγμάτων έψησης

ΚΛΙΜΑΚΑ



Εικόνα 5.52: Κλίμακα.

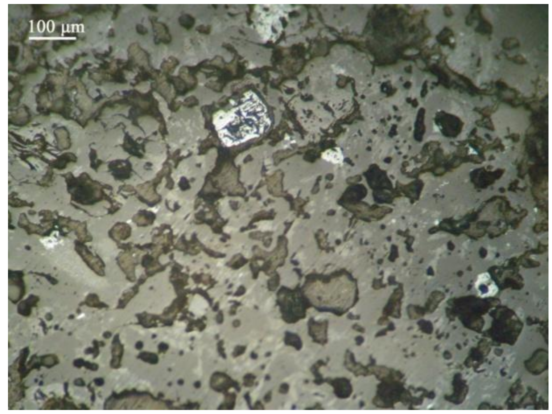
1100°C

Εικόνα 5.53: Στιλπνή τομή δείγματος έψησης 1100°C με πολωτικό μικροσκόπιο ανακλωμένου φωτός.

1120 ^{o}C/3ώρες

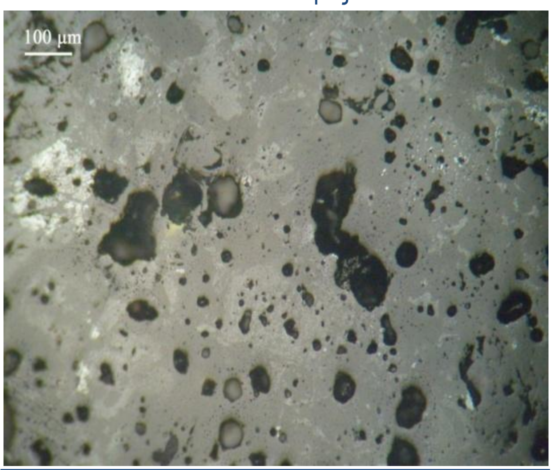
.Εικόνα 5.54 : Στιλπνή τομή δείγματος έψησης 1120 ^{o}C με πολωτικό Μικροσκόπιο ανακλωμένου φωτός.

1140 ^{o}C /3ώρες



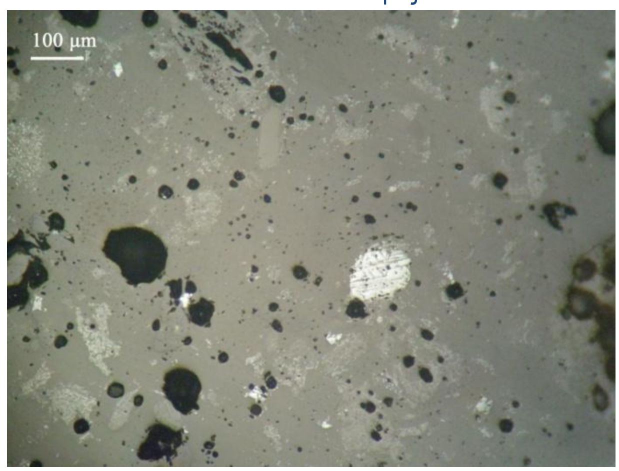
Εικόνα 5.55: Στιλπνή τομή δείγματος έψησης 1140^{o}C με πολωτικό μικροσκόπιο ανακλωμένου φωτός

1160 ^{o}C /3ώρες



Εικόνα 5.55 : Στιλπνή τομή δείγματος έψησης 1160 ^{o}C με πολωτικό Μικροσκόπιο ανακλωμένου φωτός.

1180 ^{o}C /3ώρες



Εικόνα 5.56 : Στιλπνή τομή δείγματος έψησης 1180 ^{o}C με πολωτικό Μικροσκόπιο ανακλωμένου φωτός.