

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*<< Μελέτη συμπεριφοράς κονιαμάτων από συνθετικό λαρνίτη
και πορτλανδίτη με διαβαθμισμένη χαλαζιακή άμμο >>*

ΔΙΑΚΡΟΥΣΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ

Εξεταστική επιτροπή:

Καθηγητής Θεόδωρος Μαρκόπουλος

Επίκουρος Καθηγητής Γεώργιος Αλεβίζος

Δρ. Ευτυχία Ρεπούσκου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο Πετρολογίας και Οικονομικής Γεωλογίας, του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν η κατασκευή υδραυλικών κονιαμάτων με μίγματα συνθετικού λαρνίτη, υδράσβεστου, και χαλαζιακής άμμου ως αδρανές για την μελέτη τους ως προς την αντοχή τους και τις ορυκτολογικές αλλαγές τους.

Η εργασία πραγματοποιήθηκε σε τέσσερα βασικά στάδια. Στο πρώτο στάδιο πραγματοποιήθηκε η σύνθεση του λαρνίτη, η οποία προέκυψε ύστερα από ανάμειξη πορτλανδίτη με χαλαζία, με βάση τη στοιχειομετρία του λαρνίτη, σε συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και χρόνου έψησης. Στο δεύτερο στάδιο δημιουργήθηκαν τρία διαφορετικά μίγματα υδραυλικών κονιών με βάση την περιεκτικότητά της σε λαρνίτη και πορτλανδίτη. Στο τρίτο στάδιο κατασκευάστηκαν δοκίμια από τα παραπάνω τρία είδη κονιών, τα οποία χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένες αναλογίες κονιάς, αδρανών υλικών (χαλαζιακή διαβαθμισμένη άμμο) και νερού. Έπειτα τα δοκίμια αυτά υποβλήθηκαν σε δοκιμές μονοαξονικής θλίψης και εφελκυσμού τύπου Brazil, σε 7, 28, 60 και 90 ημέρες. Στο τέταρτο στάδιο πραγματοποιήθηκε ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων τα οποία είχαν ληφθεί αμέσως μετά τις δοκιμές. Η ορυκτολογική ανάλυση έγινε με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας ακτίνων -X.

Συνδυάζοντας τις μηχανικές αντοχές με τις αντίστοιχες ορυκτολογικές αναλύσεις των δοκιμίων, αποδεικνύεται ότι η θλιπτική αντοχή εξαρτάται από το ποσοστό του λαρνίτη στο δοκίμιο. Επιπλέον, διαπιστώθηκε γραμμική σχέση, και για τα τρία κονιάματα, μεταξύ του ποσοστού του λαρνίτη και του χρόνου ωρίμανσης.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρωτίστως θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Θεόδωρο Μαρκόπουλο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και μου ανάθεσε ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα για την Διπλωματική μου Εργασία.

Ευχαριστώ βεβαίως και τα υπόλοιπα μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής, τον επίκουρο καθηγητή κ. Γιώργο Αλεβίζο , και την κα Δρ. Ευτυχία Ρεπούσκου που δέχθηκαν να αξιολογήσουν την παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Επίσης ευχαριστώ θερμά την κα Δρ. Χρύσα Αποστολάκη για την πολύτιμη βοήθειά της, στον σχεδιασμό της πειραματικής διαδικασίας, στην αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ και στον ομότιμο καθηγητή κ. Βασίλειο Περδικάτση για τις σημαντικές του συμβουλές και τη βοήθεια που μου προσέφερε στην αξιολόγηση των ορυκτολογικών αναλύσεων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΥΝΔΕΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ (ΚΟΝΙΕΣ)	6
1.1. Κονία.....	6
1.1.2. Άσβεστος.....	7
1.1.2.2. Παρασκευή ανύδρου ασβέστου	9
1.1.2.4. Είδη καμένου ασβέστη.....	10
1.1.2.5. Είδη υδρασβέστου	11
1.1.3.6. Ιδιότητες υδρασβέστου	12
1.1.3.7. Χρήσεις υδρασβέστου	13
1.2 Τσιμέντο	14
1.2.2. Πρώτες ύλες και στάδια παρασκευής τσιμέντου	16
1.2.3. Είδη τεχνητών τσιμέντων.....	16
1.2.4. Ιδιότητες του τσιμέντου	19
1.2.5. Χρήσεις του τσιμέντου	24
1.3 ΛΕΙΠΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ	25
1.3.2. Ορυκτολογική σύσταση υδραυλικών κονιών	26
1.3.3. Γενικές χρήσεις κονιαμάτων	27
1.3.4. Βασικές ιδιότητες των κονιαμάτων - Καταλληλότητα.....	30
1.4. ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ ΣΤΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ	32
1.4.2. Κατάταξη αδρανών	33
1.4.3. Ιδιότητες - χαρακτηριστικά αδρανών υλικών.....	35
1.4.4. Κοκκομετρική διαβάθμιση.....	41
1.4.5. Ειδικά αδρανή στα κονιάματα.....	41
1.4.5.1. Κουρασάνι	41
1.4.5.2. Ελαφρόπετρα (κίσσηρη)	42
1.4.5.3. Περλίτης	43
1.4.5.4. Σκωρίες υψικαμίνων	43
1.4.5.5. Ελαφροβαρή αδρανή	44
1.5. ΝΕΡΟ ΣΤΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ.....	44
1.5.2. Απαιτούμενη ποσότητα H ₂ O	45
1.5.3. Ενυδάτωση και κρυστάλλωση των συστατικών της	46
1.5.4. Ποσότητα H ₂ O που δεσμεύεται από τα αδρανή.....	47
1.5.5. Απώλειες νερού.....	48
1.5.6. Ποσότητα H ₂ O που παραμένει ελεύθερο στους πόρους.....	48
1.5.7. Καθαρότητα νερού	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΝΤΟΧΩΝ	50
2.1. Δοκιμή Μονοαξονικής Θλίψης	50
2.2. Επίδραση Μηχανισμών Φόρτισης	51
2.3. Τριβή μεταξύ δίσκων φόρτισης και δοκιμίων	52
2.4. Μηχανή άσκησης θλιπτικών φορτίων	52
2.5. Διαγραμμα τάσης-παραμόρφωσης	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	57
3.1. Περιθλασιμετρία ακτίνων X (XRD).....	57
3.2. Εξίσωση BRAGG	59
3.3. Αξιολόγηση διαγραμμάτων περιθλασιμετρίας ακτίνων-X.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	61
4.1. Παραγωγή υδραυλικής κονιάς	61
4.2. Διαφοροποίηση της υδραυλικής κονιάς.....	63

4.3. Κατασκευή κονιαμάτων	63
4.4. Δειγματοληψία κονιάματος.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΝΤΟΧΩΝ.....	69
5.1. Αποτελέσματα μονοαξονικών αντοχών	69
5.2. Αποτελέσματα εφελκυστικών δοκιμών (Brazil).....	72
5.3. Σύνοψη αποτελεσμάτων μηχανικών αντοχών.....	75
5.4. Αποτελέσματα περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΥΝΔΕΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ (ΚΟΝΙΕΣ)

1.1. Κονία

Συνδετική ύλη ή κονία καλείται κάθε κονιοποιημένο υλικό που με κατάλληλη προεργασία (π.χ. όταν αναμιχθεί με νερό) μπορεί να γίνει πλαστικό και να παρουσιάσει συγκολλητικές ιδιότητες. Το υλικό αυτό στερεοποιείται βαθμιαία, ώσπου να σχηματισθεί σκληρή και συμπαγής μάζα, δηλαδή μετά από ορισμένο χρόνο πηγνύεται και σκληρύνεται.

Η ανακάλυψη και χρήση τέτοιων υλικών άρχισε από τα πολύ παλιά χρόνια, όταν ο άνθρωπος στην προσπάθεια βελτίωσης των συνθηκών διαβίωσής του άρχισε να αναζητά νέα υλικά καλύτερης ποιότητας από τα βασικά (λίθους, ξύλα, κόκκαλα), που να έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες για κατασκευή πιο σύνθετων έργων. (Βιαζής Γ, 2003)

Το υλικό αυτό, που εύρισκε εύκολα στη φύση, ήταν το αργιλικό χώμα. Όταν το χώμα αυτό αναμιχθεί με νερό δημιουργείται μία εύπλαστη μάζα που στερεοποιείται, όταν εκτεθεί στον ήλιο. Η στερεοποίηση αυτή οφείλεται στην ύπαρξη μίας συγκολλητικής ουσίας που ονομάζεται **πηλοκονία**. Η πηλοκονία έχει ασθενείς συγκολλητικές ιδιότητες, που τις χάνει όμως, όταν ξαναβραχεί. Τις συγκολλητικές της ιδιότητες τις διατηρεί μόνο όταν ψηθεί. Με την πάροδο του χρόνου ανακαλύφθηκαν ισχυρότερες ύλες, όπως π.χ. ο ασβέστης, το τσιμέντο, τα ασφαλτικά υλικά.

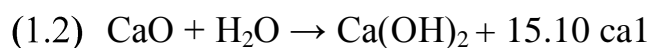
1.1.2. Άσβεστος

Μία από τις σημαντικότερες κονίες είναι η άσβεστος. Ο όρος άσβεστος αποτελεί συμβατική ονομασία των προϊόντων της πύρωσης και της μετέπειτα κατεργασίας των ασβεστόλιθων. Χρησιμοποιείται για να περιγράψει τον άσβηστο ασβέστη ή την άνυδρη άσβεστο καθώς και το προϊόν της αντίδρασης με το νερό, που λέγεται σβησμένος ασβέστης ή ένυδρη άσβεστος. Η άσβεστος είναι μία από τις σημαντικότερες αερικές κονίες, έχει λευκό χρώμα και τεράστιο πλήθος εφαρμογών με άριστα αποτελέσματα. Αποτελεί μια από τις παλαιότερες συνδετικές ύλες που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για την παρασκευή κονιαμάτων, καθώς χρησιμοποιείται από αρχαιότατους χρόνους. Όταν οι κοινοί ασβεστόλιθοι πυρωθούν μεταξύ 800°C και 1100°C, το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3), που περιέχουν, διασπάται στο αέριο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και στο στερεό οξείδιο του ασβεστίου ή ενεργό ασβέστιο. (Λεγάκις Α. Αντωνίου, 1954)

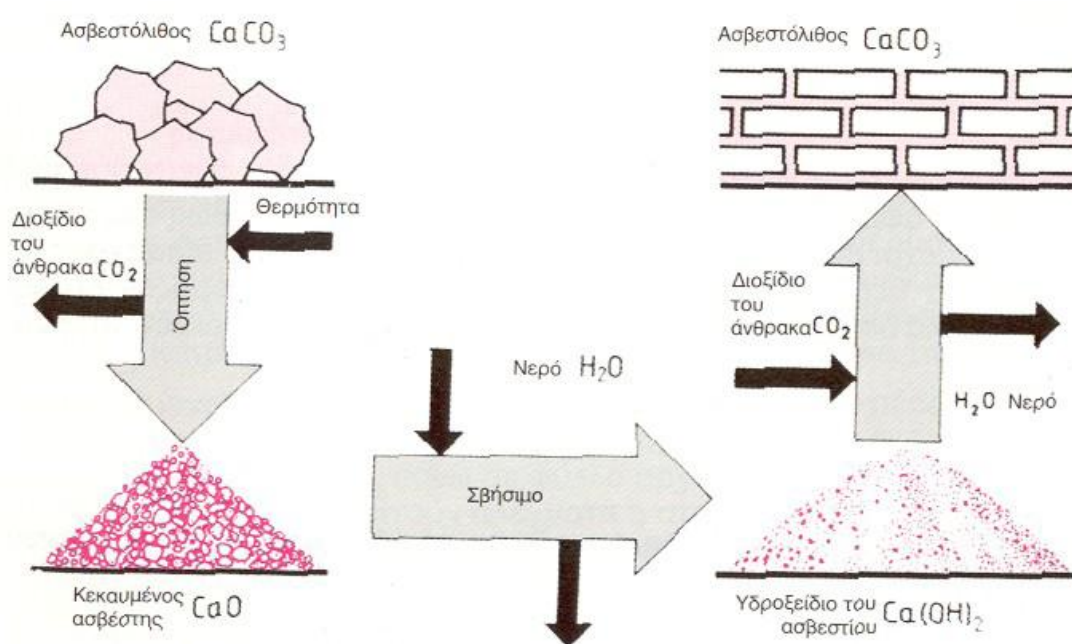
Η χημική εξίσωση της αντίδρασης(1.1) είναι:



Από την παραπάνω αντίδραση προκύπτει ότι, από 100 Kg ασβεστόλιθου παίρνουμε 56 Kg άσβεστο. Το οξείδιο του ασβεστίου (**CaO**) καλείται **κεκαυμένος ασβέστης** ή κοινώς **ασβέστης**. Έχει τη μορφή και το μέγεθος των λίθων από τους οποίους προήλθε και το χρώμα του είναι λευκό. Αν κατόπιν το οξείδιο του ασβεστίου αναμιχθεί με νερό, τότε πραγματοποιείται το λεγόμενο σβήσιμο του ασβέστη και προκύπτει το υδροξείδιο του ασβεστίου [Ca(OH)_2] σύμφωνα με την παρακάτω εξώθερμη αντίδραση(1.2):



Το τελευταίο αυτό υλικό που συνήθως χρησιμοποιείται με τη μορφή πολτού και σπανιότερα με τη μορφή σκόνης είναι η κονία και καλείται **σβησμένος ασβέστης** (εσβεσμένη άσβεστος) ή **υδράσβεστος**. Η υδράσβεστος μαζί με τους πηλούς είναι από τις παλαιότερες συγκολλητικές ύλες που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για την παρασκευή κονιαμάτων. Μόνο τον τελευταίο καιρό αντικαταστάθηκε σε κάποιες εργασίες από το τσιμέντο.



Εικόνα 1: Παρασκευή και σκλήρυνση ασβέστη

1.1.2.2. Παρασκευή ανύδρου ασβέστου

Ως πρώτη ύλη για την παρασκευή του ασβέστη χρησιμοποιούνται οι άφθονοι σε όλο τον κόσμο κοινοί ασβεστόλιθοι, οι δολομίτες, τα μάρμαρα και γενικά όλα τα πετρώματα που περιέχουν σε μεγάλη αναλογία ανθρακικό ασβέστιο. Όλες οι υπόλοιπες προσμίξεις που περιέχονται στους ασβεστόλιθους, όπως τα οξείδια του μαγνησίου, του πυριτίου, του σιδήρου κλπ., μετά την πύρωση του ανθρακικού ασβεστίου παραμένουν αναμιγμένα μαζί με τον ασβέστη. Οι προσμίξεις αυτές ελαττώνουν την ποιότητά του. Πρέπει επομένως να διαλέγονται εκείνοι οι ασβεστόλιθοι που περιέχουν τη μεγαλύτερη αναλογία σε ανθρακικό ασβέστιο και τις λιγότερες προσμίξεις.(Λεγάκις Α. Αντωνίου, 1954)

Το πρώτο στάδιο της παρασκευής της κονίας είναι η πύρωση των ασβεστόλιθων. Η πύρωση γίνεται σε ειδικά καμίνια, τις λεγόμενες ασβεστοκαμίνους. Παλαιότερα χρησιμοποιούσαν σωροκαμίνια που κατασκευάζονταν από τους ίδιους τους ασβεστόλιθους που έπρεπε να ψηθούν. Αρχικά έκτιζαν από τους πιο ογκώδεις λίθους μια θολωτή πυρεστία και γύρω καθώς και από πάνω από την οποία τοποθετούσαν τους υπόλοιπους λίθους κατά σειρά μεγέθους. Κατά διαστήματα δημιουργούσαν οριζόντιους και κατακόρυφους οχετούς για τη διόδο των αερίων. Αφού τελείωναν το κτίσιμο, κάλυπταν εξωτερικά το σωρό με στρώμα πηλού για να μη φεύγει η θερμότητα από τα μεταξύ των λίθων κενά. Ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιούσαν ξύλα και θάμνους από τις γύρω περιοχές τα οποία τοποθετούσαν κατά στρώματα μεταξύ των λίθων. Η πύρωση διαρκούσε περίπου 4 έως 6 μέρες. Μετά, αφού κρύωνε ο σωρός τον διέλυναν και έπαιρναν τον ασβέστη, στον οποίον είχαν μετατραπεί οι ασβεστόλιθοι. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ακόμα σε κάποιες περιοχές αλλά πολύ λίγο.(Λεγάκις Α. Αντωνίου, 1954)

Σήμερα, για παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων χρησιμοποιούνται όπως αναφέραμε οι ασβεστοκάμινοι. Οι κάμινοι αυτές συνήθως κατασκευάζονται κοντά σε λατομεία και διακρίνονται σε περιοδικής λειτουργίας (ασυνεχούς) και σε συνεχούς λειτουργίας. (Λεγάκις Α. Αντωνίου, 1954)

1.1.2.4. Είδη καμένου ασβέστη

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στους ασβεστόλιθους και κατά συνέπεια στον παραγόμενο ασβέστη μπορεί να υπάρχουν προσμίξεις, όπως οξείδια του μαγνησίου, του πυριτίου, του σιδήρου κλπ. οι οποίες και ελαττώνουν την ποιότητά του.

Ανάλογα με αυτές τις προσμίξεις διακρίνονται τα παρακάτω είδη καμένου ασβέστη.

- Ασβέστιο ή ασβεστιτική άσβεστος. Το ενεργό οξείδιο του ασβεστίου, περιέχεται σε αναλογία μεγαλύτερη από 85%.
- Μαγνησιακός ασβέστης. Η ποσότητα του οξειδίου του ασβεστίου και του μαγνησίου, περιέχεται σε αναλογία μεταξύ 80% και 90%. Στο ποσοστό αυτό το οξείδιο του μαγνησίου δε πρέπει να υπερβαίνει το 10% ως 20%.
- Δολομιτικός ασβέστης. Περιέχει ποσοστό οξειδίου του μαγνησίου μεγαλύτερο από 20%.
- Υδραυλικός ασβέστης. Οι ασβεστόλιθοι που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή του ασβέστη, περιείχαν αργλικές προσμίξεις σε ποσοστό 10% ως 20%. Ο υδραυλικός ασβέστης διαφέρει από τους προηγούμενους, διότι έχει την ιδιότητα να στερεοποιείται και μέσα στο νερό.

Στον **υδραυλικό ασβέστη** η πύρωση του ασβεστολίθου γίνεται στις συνήθεις ασβεστοκάμινους συνεχούς λειτουργίας και σε θερμοκρασία από 1000 ως 1300°C, όπου συνήθως αρχίζει η επίτηξη του ασβεστόλιθου. Η υδραυλική άσβεστος, μετά από ειδική σβέση, φέρεται στο εμπόριο πάντοτε σε μορφή σκόνης. Οι υδραυλικές ιδιότητες οφείλονται στις σχηματιζόμενες, κατά την πύρωση, ενώσεις των οξειδίων της αργίλου, του πυριτίου και σιδήρου με την άσβεστο, που αποτελούν τους υδραυλικούς παράγοντες της κονιάς. Συνήθως προστίθεται η θεωρητικά απαιτούμενη ποσότητα νερού, που προκαλεί την άμεση σβέση του οξειδίου του ασβεστίου. Η πλήρης σβέση απαιτεί περισσότερο χρόνο, δεδομένου ότι το πυριτικό ασβέστιο αργεί να ενυδατωθεί. Η υδραυλική άσβεστος χρησιμοποιείται για την παρασκευή κονιαμάτων για υδραυλικές κατασκευές. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί και για την παρασκευή αερικών κονιαμάτων που πλεονεκτούν στις μηχανικές ιδιότητες. Στην Ελλάδα δεν παράγεται υδραυλική άσβεστος. Γενικά υδραυλικός ασβέστης παρασκευάζεται πολύ λίγο σήμερα διότι στη θέση του χρησιμοποιείται το τσιμέντο, που έχει σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό ανεπτυγμένη την ιδιότητα της πήξης μέσα στο νερό. Η καλύτερη ποιότητα ασβέστη είναι η ασβεστιτική γιατί περιέχει σε μεγαλύτερη αναλογία το οξείδιο του ασβεστίου που μόνο αυτό μετατρέπεται μετά το σβήσιμό του στη συγκολλητική ύλη, δηλαδή στην υδράσβεστο.

1.1.2.5. Είδη υδρασβέστου

Η υδράσβεστος διακρίνεται ανάλογα με την περιεκτικότητά της σε υδροξείδιο του ασβεστίου κολλοειδούς μορφής σε **παχιά και ισχνή (αδύνατη)**. (Λεγάκις Α. Αντωνίου, 1954)

Η **παχιά υδράσβεστος** προέρχεται από ασβεστιτικό ασβέστη πλούσιο σε οξείδιο του ασβεστίου μετά από προσεκτικό σβήσιμό του. Ο όγκος της είναι συνήθως υπερδιπλάσιος από τον όγκο του καμμένου ασβέστη. Ο πολτός αυτού του είδους είναι πολύ πλαστικός και λιπαρός και δεν περιέχει στερεούς

κόκκους. Μπορεί να αναμιχθεί με μεγάλη ποσότητα άμμου για την παρασκευή καλού ασβεστοκονιάματος.

Η **αδύνατη υδράσβεστος** προέρχεται από δολομιτικό ασβέστη ή από κακό σβήσιμο ασβεστιτικού ασβέστη. Ο όγκος της είναι μικρότερος από το διπλάσιο όγκο του ασβέστη από τον οποίο προήλθε. Είναι άγρια στην υφή και λιγότερο πλαστική από την παχιά. Για την παρασκευή ασβεστοκονιάματος απαιτείται μεγάλη ποσότητα αδύνατης υδρασβέστου.

1.1.3.6. Ιδιότητες υδρασβέστου

Η υδράσβεστος (υδροξείδιο του ασβεστίου Ca(OH)_2) έχει την ιδιότητα να απορροφάει εύκολα διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) που βρίσκεται ελεύθερο στον ατμοσφαιρικό αέρα και να μετατρέπεται πάλι στην αρχική ένωση από την οποία προέκυψε ο καμένος ασβέστης, δηλαδή σε στερεό ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3). Συγχρόνως αποβάλλεται νερό. Η χημική αυτή αντίδραση(1.3) παριστάνεται ως εξής :



Στην ιδιότητα αυτή βασίζεται η ικανότητα της κονίας να πήζει και επομένως να συγκρατεί τους κόκκους της άμμου στερεά δεμένους μεταξύ τους ή να συγκολλά τις πέτρες και τα τούβλα μεταξύ τους, όταν παρεμβληθεί ασβεστοκονίαμα. Το ασβεστοκονίαμα αυτό όταν σκληρυνθεί, δεν είναι τίποτα άλλο παρά ασβεστόλιθος που περιέχει στη μάζα του άμμο. Η υδράσβεστος είναι κατεξοχήν αερική κονία γιατί όπως αναφέρθηκε, μόνο με την επαφή της με τον αέρα μπορεί να σκληρυνθεί. Επειδή όμως συγχρόνως αποδίδει και νερό, πρέπει για να ολοκληρωθεί η σκλήρυνση να απομακρυνθεί το νερό αυτό. Έτσι οι δύο παράγοντες που πρέπει να συνυπάρχουν για να συντελεσθεί η στερεοποίηση της κονίας είναι:

- Επαφή όλης της μάζας του υδρασβέστου με τον αέρα.

- Διατήρηση του περιβάλλοντος σε όσο το δυνατό ξηρότερη κατάσταση, για να γίνεται εύκολα η εξάτμιση του νερού.

Παρατηρήθηκε ότι σε χονδρούς τοίχους παλαιών κτιρίων που βρίσκονται σε υγρά υπόγεια ή θεμέλια δεν είχε ακόμα ολοκληρωθεί η σκλήρυνση του κονιάματος στο εσωτερικό τους αν και είχαν περάσει πολλά χρόνια από την κατασκευή τους. Επίσης παρατηρείται κατά τους χειμωνιάτικους υγρούς μήνες, τα ασβεστοκονιάματα να σκληραίνουν πολύ αργότερα από ότι τους καλοκαιρινούς όπου η εξάτμιση είναι πολύ εντονότερη.

1.1.3.7. Χρήσεις υδρασβέστου

Η υδράσβεστος χρησιμοποιείται ως συγκολλητική ύλη για την παρασκευή διαφόρων ασβεστοκονιαμάτων. Οι αναλογίες άμμου και υδρασβέστου στα κονιάματα αυτά ποικίλουν ανάλογα με την *ποιότητα της υδρασβέστου* (παχιά ή αδύνατη), με την *κοκκομετρική διαβάθμιση της άμμου* (λεπτόκοκκη, μέση, χονδρόκοκκη) και με το *σκοπό*, για τον οποίο προορίζονται τα κονιάματα (κονιάματα για τη δόμηση θεμελίων ή ανωδομών, για την κατασκευή εσωτερικών ή εξωτερικών επιχρισμάτων κλπ). (Λεγάκις Α. Αντωνίου, 1954)

Η υδράσβεστος χρησιμοποιείται και σε συνθετότερα κονιάματα, όπως είναι τα γυψοασβεστοκονιάματα, τα θηραϊκοκονιάματα, τα ασβεστοτσιμεντοκονιάματα κλπ. Επίσης χρησιμοποιείται στα τσιμεντοκονιάματα, γιατί βελτιώνει μερικές ιδιότητές τους. Αν και η υδράσβεστος έχει πολύ μικρότερη αντοχή από το τσιμέντο, έχει αποδειχθεί ότι μικρή ποσότητα υδρασβέστου (μέχρι 10%) αν προστεθεί σε καθαρό τσιμεντοκονίαμα όχι μόνο δεν ελαττώνει την αντοχή του, αλλά αντιθέτως βελτιώνει ορισμένες ιδιότητές του.

Οι σημαντικότερες βελτιώσεις που προξενεί είναι οι εξής :

- Το κάνει περισσότερο εργάσιμο, δηλαδή πιο μαλακό και ευκατέργαστο κατά την χρησιμοποίησή του.

- Διατηρεί για αρκετό χρόνο την σχετική υγρασία, που είναι απαραίτητη για την κανονική πήξη του τσιμέντου και την αποφυγή ρωγματώσεων στη μάζα του τσιμεντοκονιάματος.

- Αυξάνει την ικανότητα προσφύσεως του τσιμεντοκονιάματος στους λίθους και στα τούβλα, γιατί τροφοδοτεί με νερό τα υλικά αυτά, που σε αντίθετη περίπτωση θα αφαιρούσαν νερό από το κονίαμα λόγω της απορροφητικής τους ικανότητας.

Άλλη χρήση της υδρασβέστου γίνεται στα υδροχρώματα. Χρησιμοποιείται αραιή υδράσβεστος μέσα στην οποία ρίχνεται το επιθυμητό χρώμα. Ενεργεί ως συγκολλητική ουσία καθώς συνδέει τα μόρια του χρώματος με τις επιφάνειες που θέλουμε να καλύψουμε. Επίσης, χρησιμοποιείται και στη σταθεροποίηση εδαφών, κυρίως στην οδοποιία. Τέλος, τόσο ο καμμένος όσο και ο σβησμένος ασβέστης χρησιμοποιούνται σε μεγάλη έκταση σε διάφορες χημικές βιομηχανίες ως βοηθητική ύλη.

1.2 Τσιμέντο

Με τον όρο τσιμέντο προσδιορίζεται μια μεγάλη κατηγορία υδραυλικών κονιών, που έχουν δηλαδή την ιδιότητα να στερεοποιούνται και μέσα στο νερό. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των τσιμέντων είναι ότι προέρχονται από την καύση μίγματος ασβεστολιθικών και αργυλοπυριτικών πετρωμάτων. Για κάθε είδος τσιμέντου χρησιμοποιούνται τα πετρώματα αυτά με διαφορετικές αναλογίες. (Λεγάκις Α. Αντωνίου, 1954)

Η πρώτη παρασκευή τσιμέντου έγινε το 1756 από τον Άγγλο μηχανικό John Smeaton, ο οποίος ανακάλυψε ότι με το ψήσιμο ενός ειδικού πετρώματος (αργιλικού αβεστολίθου) μπορούσε να παρασκευαστεί υδραυλική κονία. Στην ανακάλυψη αυτή οδηγήθηκε από την ανάγκη να βρει κατάλληλη κονία, που να σκληραίνει και μέσα στο νερό, για να τη χρησιμοποιήσει στην κατασκευή ενός φάρου. Αργότερα, το 1796, ο επίσης Άγγλος James Parker, παρουσίασε μια σύνθεση για την παρασκευή υδραυλικής κονίας από ορισμένα πετρώματα που περιείχαν οξείδια του ασβεστίου, του πυριτίου και του αργιλίου. Για το ψήσιμο χρησιμοποίησε μία συνιθισμένη ασβεστοκάμινο. Τα ψημένα τεμάχια τρίβονταν σε σκόνη η οποία ονομάστηκε ρωμαϊκή κονία, γιατί έμοιαζε με την κονία που παρασκεύαζαν οι Ρωμαίοι από ηφαιστειακή γη (ποζολάνες).

Μετά από τους πρώτους αυτούς κατασκευαστές ιδρύθηκαν αρκετές βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου στην Αγγλία, την Αμερική αλλά και σε άλλες χώρες, οι οποίες ως πρώτη ύλη πάντοτε χρησιμοποιούσαν ορισμένο πέτρωμα με κατάλληλες αναλογίες των οξειδίων ασβεστίου, πυριτίου και αργιλίου. Τα τσιμέντα που παρασκευάζονται με αυτόν τον τρόπο είναι γνωστά ως **φυσικά τσιμέντα** και σήμερα ελάχιστες χώρες τα παράγουν. (Λεγάκις Α. Αντωνίου, 1954)

Ο πρώτος που σκέφθηκε να μη χρησιμοποιήσει αυτούσιο ένα πέτρωμα, αλλά να παρασκευάσει μίγμα από διάφορα πετρώματα, ώστε να πετύχει τις καλύτερες αναλογίες οξειδίων και να παράγει επομένως ανώτερης ποιότητας τσιμέντο (**τεχνητό τσιμέντο**) ήταν ο Άγγλος Joseph Aspdin το 1824, που του έδωσε την ονομασία **τσιμέντο Portland** γιατί το νέο αυτό υλικό είχε το χρώμα των εδαφών της περιοχής Portland της Αγγλίας. Το τσιμέντο αυτό γρήγορα επιβλήθηκε και προκάλεσε επανάσταση στην οικοδομική, ιδίως μετά την εφαρμογή των οπλισμένων σκυροδεμάτων. Σήμερα μεγάλες βιομηχανίες ασχολούνται με την παρασκευή τσιμέντου Portland.

1.2.2. Πρώτες ύλες και στάδια παρασκευής τσιμέντου

Στις σημερινές βιομηχανίες τα ασβεστούχα υλικά είναι ασβεστόλιθοι ή σαβεστολιθικές μάργες, ενώ τα αργιλούχα είναι άργιλοι, σχιστόλιθοι ή άλλα πετρώματα που περιέχουν οξείδια του αργιλίου και του πυριτίου.(Λεγάκις Α. Αντωνίου,1954)

Όλη η εργασία της παρασκευής του τεχνητού τσιμέντου μπορεί να χωριστεί σε 4 στάδια :

- α) Προπαρασκευή και ανάμειξη πρώτων υλών
- β) Ψήσιμο (όπτηση) του μίγματος
- γ) Προσθήκη των προβλεπομένων συμπληρωματικών ουσιών και λειοτρίβηση των εκβολάδων (Clinker).
- δ) Εναποθήκευση του τσιμέντου

1.2.3. Είδη τεχνητών τσιμέντων

Για την κάλυψη των διαφόρων απαιτήσεων που δημιουργούνται στα τεχνικά έργα ή για την ελάττωση του κόστους, παρασκευάζονται διαφόρων ειδών τεχνητά τσιμέντα που έχουν τα ίδια βασικά συστατικά, δηλαδή CaO , SiO_2 και Al_2O_3 με συγκεκριμένες αναλογίες. Η μέθοδος παρασκευής τους είναι η ίδια με τη μέθοδο των κοινών τσιμέντων, όμως τα βασικά τους συστατικά βρίσκονται σε διαφορετικές αναλογίες ή έχουν προστεθεί ειδικές ουσίες για να αυξηθεί μια ορισμένη ιδιότητα ή να ελαττωθεί το κόστος.(Λεγάκις Α. Αντωνίου,1954)

Γενικά τα τσιμέντα που παράγονται σήμερα είναι :

• ***Κοινό τσιμέντο Portland***

Το τσιμέντο Portland είναι το τσιμέντο που προέρχεται από την άλεση του Clinker όπως αυτό περιγράφηκε προηγουμένως. Συχνά γίνεται προσθήκη και πληρωτικών υλικών 3% κατά βάρος, δηλαδή υλικών, συνήθως αδρανών, σε λεπτότατο καταμερισμό. Αυτά, σε μικρές ποσότητες επιδρούν στην εργασιμότητα και την υδατοπερατότητα. Η δράση τους είναι κυρίως μηχανική, δηλαδή δρουν σαν λιπαντικό για την εργασιμότητα και με τη διόγκωση των κόκκων τους παρουσία υγρασίας αυξάνουν την υδατοστεγανότητα. Η χημική σύνθεση του τσιμέντου portland παρουσιάζεται στον πίνακα 1.1. :

Πίνακας 1.1. Χημική σύνθεση του τσιμέντου Portland.

SiO₂	Al₂O₃	CaO	Fe₂O₃	MgO	SO₃
22-24%	5-10%	60-65%	2-5%	1-4%	0.5-1.75%

• ***Τσιμέντο portland υψηλής αντοχής***

Έχει τις ίδιες αναλογίες πρώτων υλών με το καθαρό τσιμέντο, εκτός από το οξείδιο του ασβεστίου, που εμφανίζεται λίγο αυξημένο. Το ψήσιμο όμως των πρώτων υλών γίνεται σε μεγαλύτερη θερμοκρασία και η άλεση των εκβολάδων (Clinker) επιδιώκεται να είναι λεπτότερου βαθμού. Το τσιμέντο αυτό έχει μεγαλύτερη αντοχή από το κοινό τσιμέντο και σκληραίνει πιο γρήγορα.

• ***Αργιλικό τσιμέντο***

Αυτό περιέχει λιγότερο οξείδιο του ασβεστίου και περισσότερο οξείδιο του αργιλίου (35% ως 45% Al₂O₃ αντί 5% ως 10% που περιέχεται στο κοινό

τσιμέντο). Βασικές πρώτες ύλες του είναι ο ασβεστόλιθος και ο βωξίτης. Παρασκευάζεται όπως το κοινό τσιμέντο ενώ σκληραίνει πιο γρήγορα. Κατά την πήξη του εκλύει μεγάλα ποσά θερμότητας και υφίσταται μεγαλύτερες μεταβολές στον όγκο του. Γι' αυτό είναι κατάλληλο μόνο για ψυχρά κλίματα.

• *Λευκό και ημίλευκο τσιμέντο Portland*

Αυτό παρασκευάζεται με ελάττωση του ποσοστού του οξειδίου του σιδήρου Fe_2O_3 σε 1% και με ψήσιμο σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Χρησιμοποιείται στην οικοδομική κυρίως, όπου απαιτείται καλύτερη εμφάνιση διαφόρων στοιχείων όπως μωσαϊκά δάπεδα, επιχρίσματα αρτιφισιέλ, αρμολογήματα λευκών επιφανειών κλπ.

• *Σιδηρούχο τσιμέντο*

Αποτελείται από 70% κοινό τσιμέντο και από 30% άλευρο μεταλλουργικών σκουριών (σκουριές υψικαμίνων). Αντέχει περισσότερο στις χημικές επιδράσεις από το κοινό τσιμέντο. Παράγεται σε χώρες με αυξημένη μεταλλουργία και είναι φθηνότερο από το τσιμέντο Portland.

• *Ποζολανικό τσιμέντο*

Προκύπτει με ανάμιξη τσιμέντου με ποζολάνες σε διάφορες αναλογίες. Είναι φθηνότερο από το κοινό τσιμέντο. Στην Ελλάδα παράγεται αυτό το είδος με προσθήκη 8% ως 10% θηραϊκής γης στο καθαρό τσιμέντο και καλείται **τσιμέντο ελληνικού τύπου**. Χρησιμοποιείται για εσωτερική κατανάλωση.

• *Τσιμέντο τοιχοποιίας*

Παρασκευάζεται αν αλεσθούν μαζί clinker με μια αδρανή ύλη (ασβεστόλιθο, πυριτική άμμο κλπ.) σε αναλογία 50 ως 70% clinker και 50 ως 30% αδρανούς

ύλης. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή κονιαμάτων δόμησης και επιχρισμάτων.

1.2.4. Ιδιότητες του τσιμέντου

• Χρώμα

Το χρώμα του κοινού τσιμέντου είναι γκριζωπό (υπότεφρο) έως πρασινόγκριζο και οφείλεται συνήθως στα οξείδια του σιδήρου. Μικρή περιεκτικότητα στα οξείδια αυτά του δίνει λευκό χρώμα. Το χρώμα δεν είναι ενδεικτικό της ποιότητας του τσιμέντου σε καμία περίπτωση.

• Ειδικό βάρος

Το απόλυτο ειδικό βάρος του τσιμέντου κυμαίνεται μεταξύ 3.1 και 3.2 p/cm^3 . Τα σιδερένια τσιμέντα έχουν μεγαλύτερο ειδικό βάρος. Το φαινόμενο ειδικό βάρος εξαρτάται από το βαθμό συμπίεσης, που έχει υποστεί το τσιμέντο. Σε χαλαρή κατάσταση έχει ειδικό βάρος περίπου 1100 με 1200 kp/m^3 ενώ με σχετική συμπίεση όπως αυτή που υφίσταται μέσα στο σάκο ή μέσα στο ξύλινο κυβώτιο, έχει 1400 με 1600 kp/m^3 .

• Υδραυλικότητα – Δείκτες τσιμέντου

Υδραυλικότητα καλείται η ιδιότητα του πολτού τσιμέντου (τσιμέντο και νερό) να πήζει ακόμα και όταν βρίσκεται μέσα στο νερό.[Λεγάκις Α. Αντωνίου, (1954)]

Ο βαθμός εκδηλώσεως της υδραυλικότητας του τσιμέντου εξαρτάται από την κανονικότητα του ψησίματος, από τη λεπτότητα της αλέσεως και κυρίως από τη χημική σύστασή του. Ως δείκτης υδραυλικότητας καλείται ο λόγος Υ των

κυρίων συστατικών του τσιμέντου που εκφράζεται με την παρακάτω σχέση(1.4) :

$$Y = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} \quad (1.4)$$

Ο δείκτης υδραυλικότητας πρέπει να κυμαίνεται στα εξής όρια : $1.70 < Y < 2.20$. Εάν ο δείκτης υδραυλικότητας Y δεν είναι μέσα στα όρια, τότε θεωρείται το τσιμέντο ακατάλληλο. Τσιμέντο με δείκτη υδραυλικότητας $Y > 2.2$ σημαίνει περίσσεια CaO και έχει την τάση να διογκώνεται. Με δείκτη $Y < 1.7$ συνεπάγεται έλλειψη CaO και το τσιμέντο αποσαθρώνεται (τρίβεται) ύστερα από την πήξη του.

• Ενυδάτωση – Πήξη τσιμέντου

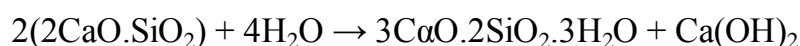
Η πήξη και η σκλήρυνση του τσιμέντου οφείλεται σε πολύπλοκες χημικές αντιδράσεις, που πραγματοποιούνται όταν το τσιμέντο αναμειχθεί με νερό. Οι χημικές διαδικασίες αρχίζουν αμέσως με την ανάμειξη των δύο υλικών και συνεχίζονται ομαλά επί χρόνια. Κατά τη διάρκεια των αντιδράσεων αυτών τα τέσσερα κύρια συστατικά του τσιμέντου ενώνονται με το νερό και σχηματίζουν ένυδρες κρυσταλλικές ενώσεις.[Μωχάμεντ Μ., (1996)]

Η αρχική και η τελική μορφή των ενώσεων όμως είναι η εξής :

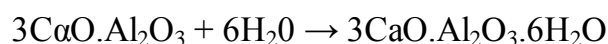
• Για το πυριτικό τριασβέστιο (C_3S)



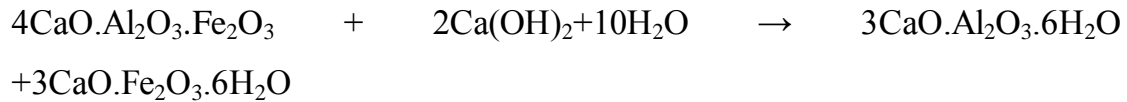
• Για το πυριτικό διασβέστιο (C_2S)



• Για το αργιλικό τριασβέστιο (C_3A)



• **Για το αργιλοσιδηρικό τετρασβέστιο (C₄AF)**



Οι χημικές αυτές αντιδράσεις πραγματοποιούνται με *ταυτόχρονη έκλυση θερμότητας και συστολή του όγκου* των αρχικών προϊόντων. Η πήξη δεν αρχίζει αμέσως μετά την ανάμειξη των δύο υλικών (τσιμέντο και νερό), αλλά αφού παρέλθει ορισμένο χρονικό διάστημα, το οποίο καλείται *χρόνος αρχικής πήξεως* και πού εξαρτάται από:

- την λεπτότητα αλέσεως
- την παλαιότητα του τσιμέντου
- την χημική σύσταση (δείκτης υδραυλικότητας)
- την περιεκτικότητα σε ξένες προσμίξεις (γύψος, θηραϊκή γη κλπ).

Προκειμένου για τσιμέντα της ίδιας κατηγορίας και ποιότητας, στα οποία δηλαδή οι παραπάνω παράγοντες είναι ίδιοι, η έναρξη της πήξεως και η ταχύτητά της εξαρτώνται από :

- την ποσότητα νερού αναμίξεως
- τη θερμοκρασία του μίγματος και του περιβάλλοντος
- την υγρομετρική κατάσταση της ατμόσφαιρας
- τη δραστηριότητα, με την οποία θα γίνει η ανάμειξη του τσιμέντου και του νερού.

Γενικά όταν το περιβάλλον είναι πιο θερμό η πήξη του μίγματος επιταγχύνεται, ενώ αντίθετα επιβραδύνεται περισσότερο σε υγρή παρά σε ξηρή ατμόσφαιρα. Αν χρησιμοποιηθεί περισσότερο νερό από το κανονικό, η πήξη επιβραδύνεται και το προϊόν έχει μικρότερη αντοχή. Τέλος, όσο περισσότερο διαρκεί η ανάμιξη, τόσο επιβραδύνεται η πήξη. Στο **τσιμέντο Portland** η πήξη αρχίζει 1 ώρα ως 3 ώρες από τη στιγμή της αναμίξεως του με το νερό. Όταν όμως το τσιμέντο αναμιχθεί με αδρανή υλικά (άμμο και σκύρα) και με περισσότερο νερό από όσο απαιτείται για την πήξη, πράγμα που γίνεται κατά την παρασκευή των τσιμεντοκονιαμάτων και σκυροδεμάτων, ο χρόνος αρχικής πήξεως των κονιαμάτων αυτών διπλασιάζεται ή τετραπλασιάζεται ως προς τον αντίστοιχο χρόνο του πολτού του τσιμέντου.

Μετά την έναρξη της πήξεως, συνεχίζεται αργά η σκλήρυνση, ώσπου ο πολτός να στερεοποιηθεί τελείως και να φθάσει στην κατάσταση τελικής πήξης. Ο χρόνος τελικής πήξεως για το τσιμέντο Portland κυμαίνεται μεταξύ 6 ως 10 ώρες.

Μετά την τελική πήξη, το τσιμέντο εξακολουθεί να σκληρύνεται για μεγάλο χρονικό διάστημα, ενώ συγχρόνως αυξάνεται η αντοχή του. Η σκλήρυνση διαρκεί επί μήνες και έτη ακόμα. Κατά τις πρώτες ημέρες παρατηρείται γρήγορη αύξηση της σκληρύνσεως αλλά κατόπιν επιβραδύνεται συνεχώς. Κατά τη διάρκεια της σκληρύνσεως και κυρίως τις πρώτες μέρες είναι απαραίτητο να διατηρείται το σώμα σε υγρό περιβάλλον για να ολοκληρωθούν οι διάφορες χημικές αντιδράσεις. Για το λόγο αυτό πρέπει το σώμα να διαβρέχεται συνεχώς για διάστημα τουλάχιστον 5 ημερών από την τελική πήξη.

• Έκλυση θερμότητας κατά την πήξη

Κατά τη διάρκεια της πήξεως και της σκληρύνσεως και επειδή συντελούνται χημικές αντιδράσεις, παράγεται θερμότητα στη μάζα του υλικού, που

μεταδίδεται στην ατμόσφαιρα. Εάν η μετάδοση αυτή εμποδισθεί είτε λόγω υπερβολικής θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (καλοκαίρι), είτε λόγω μεγάλου πάχους του έργου που κατασκευάζεται (φράγμα), τότε προκαλούνται εσωτερικές τάσεις και υπάρχει κίνδυνος να καταστραφεί το έργο. Για αυτό το λόγο σε τέτοιες περιπτώσεις λαμβάνονται διάφορα μέτρα όπως η χρησιμοποίηση τσιμέντου βραδείας πήξεως, η δημιουργία σωληνώσεων στη μάζα του έργου μέσα στις οποίες κυκλοφορεί ψυχρό νερό κλπ.

- ***Το φαινόμενο της συστολής κατά την πήξη***

Κατά τη διάρκεια της πήξης ο πολτός συστέλλεται με αποτέλεσμα την εμφάνιση μικρών ρηγμάτων στην επιφάνεια του σώματος. Αυτός είναι και ένας από τους βασικούς λόγους που δεν χρησιμοποιείται το τσιμέντο αυτούσιο αλλά πάντοτε αναμιγμένο με άμμο. Το φαινόμενο της συστολής δεν παρουσιάζεται όταν η πήξη γίνεται μέσα στο νερό ή σε υγρό περιβάλλον. Έτσι, για να αποφευχθούν τα ραγίσματα στις κατασκευές από τσιμεντοκονιάματα, πρέπει η εκτεθειμένη επιφάνεια να διατηρείται υγρή, είτε με συνεχή διαβροχή της, είτε με κάλυψή της με υγρά υφάσματα.

- **Μηχανική αντοχή**

Το τσιμέντο ύστερα από τη σκλήρυνση του παρουσιάζει αρκετή αντοχή σε θλίψη (200 ως 350 kp/cm³) για κοινό τσιμέντο, ενώ η αντοχή σε εφελκυσμό είναι πολύ μικρή (15 ως 30 kp/cm³). (Μωχάμεντ Μ, 1996)

- **Στεγανότητα**

Με εξέταση της μάζας του σκληρού τσιμέντου με μικροσκόπιο, διαπιστώνεται ότι αποτελείται από μίγμα κρυστάλλων και κολλοειδούς ύλης. Η κολοειδής αυτή ύλη συγκρατεί τους κρυστάλλους, ενώ συγχρόνως καθιστά στεγανό το

σώμα. Συνήθως όμως εμφανίζονται περιοχές όπου η κολοειδής ύλη έχει ξεκολλήσει από τους κρυστάλλους και αυτό οφείλεται ή στην κακή ποιότητα τσιμέντου, ή στην κακή ανάμιξη του πολτού ή στη διατάραξή του κατά τη διάρκεια της πήξης. Σε αυτές τις περιοχές παρατηρείται έλλειψη στεγανότητας.

1.2.5. Χρήσεις του τσιμέντου

Το τσιμέντο χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή κονιαμάτων και σκυροδεμάτων. Με ανάμειξη του με άμμο κατά διάφορες αναλογίες και με νερό παρασκευάζονται τα τσιμεντοκονιάματα, ενώ με ανάμειξη με άμμο, σκύρα και νερό παρασκευάζονται τα σκυροδέματα. Με βάση τα τσιμεντοκονιάματα και τα τσιμεντοσκυροδέματα κατασκευάζεται πλήθος άλλων υλικών τα οποία τείνουν να αντικαταστήσουν τους φυσικούς λίθους και τα αργιλικά προϊόντα (τούβλα κλπ.). αυτό γίνεται διότι για συγκεκριμένες χρήσεις παρουσιάζουν καλύτερες ιδιότητες και χαμηλότερη τιμή. Τέτοια υλικά είναι οι τσιμεντόπλινθοι (τσιμεντότουβλα) διαφόρων σχημάτων και μεγεθών, τσιμεντόλιθοι, τσιμεντοσωλήνες, τσιμεντόφυλλα και άλλα παρόμοια υλικά. Εκεί όμως που το τσιμέντο χρησιμοποιείται κατά κόρον είναι στην κατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος χάρη στην ισχυρή πρόσφυση του τσιμέντου με το χάλυβα. Επίσης χρησιμοποιείται για την ενίσχυση άλλων ασθενέστερων κονιαμάτων, όπως ασβεστοκονιάματα, γυψοκονιάματα κλπ.. Πολτός τσιμέντου, χωρίς να αναμιχθεί με άμμο, χρησιμοποιείται σε περιορισμένη κλίμακα και κυρίως για τη στεγανοποίηση ορισμένων κατασκευών. Με πυκνό πολτό καλύπτονται αρμοί πλακόστρωτων δαπέδων, ταρατσών και λιθοδομών, ενώ με αραιό πολτό (αριάνι) γίνεται επάλειψη ταρατσών ή άλλων επιφανειών.

1.3 ΛΕΠΤΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

Τα λεπτά κονιάματα ή απλά **κονιάματα** (λάσπη) είναι μίγματα αδρανούς υλικού (συνήθως άμμου), νερού και μιας συγκολλητικής ύλης (κονίας). Τα υλικά αυτά αναμιγνύονται σε ορισμένες αναλογίες, που εξαρτώνται από το είδος της κονίας και από τον σκοπό εφαρμογής του κονιάματος. (Λεγάκις Α. Αντωνίου, 1954)

Η σύνθεση και επεξεργασία των κονιαμάτων γίνεται υπό μορφή πολτού, που με τη δράση του ατμοσφαιρικού αέρα ή του νερού, πήζει και σκληραίνει. Το κονίαμα στο πρώτο στάδιο της παρασκευής του, βρίσκεται σε πλαστική κατάσταση και μπορεί να πάρει οποιαδήποτε σχήμα ή μορφή και γενικά μπορεί να υποστεί οποιαδήποτε επεξεργασία χωρίς να επηρεάζονται οι ιδιότητές του. Όταν όμως περάσει ορισμένος χρόνος, ο οποίος εξαρτάται κυρίως από το είδος της κονίας που χρησιμοποιήθηκε, το κονίαμα αρχίζει να στερεοποιείται, επειδή πήζει η κονία, και έτσι μετατρέπεται σε ένα στερεό σώμα. Η ποσότητα της κονίας που πρέπει να χρησιμοποιείται κατά την παρασκευή ενός κονιάματος, πρέπει να είναι τόση, όση χρειάζεται για να γεμίσουν τα κενά της άμμου, πράγμα που εξαρτάται από την κοκκομετρική διαβάθμισή της. Μεγαλύτερη ποσότητα αποτελεί σπατάλη, γιατί η επί πλέον κονία όχι μόνο δεν εκτελεί το σκοπό της, δηλαδή την πλήρωση των κενών και τη σύνδεση των κόκκων της άμμου, αλλά και ελαττώνει την αντοχή και αυξάνει την τιμή του κονιάματος. Μικρότερη ποσότητα δημιουργεί κονίαμα πορώδες και με κόκκους που δεν είναι καλά δεμένοι μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να ελαττώνεται η αντοχή του κονιάματος. Το κονίαμα στο οποίο η ποσότητα της κονίας είναι όση ακριβώς χρειάζεται, ονομάζεται κανονικό. Μεγαλύτερη ποσότητα κονίας δημιουργεί το παχύ κονίαμα, ενώ μικρότερη ποσότητα δημιουργεί το ισχνό κονίαμα.

Τα κονιάματα διακρίνονται σε **αερικά** όταν στερεοποιούνται μόνο στον αέρα όπως τα πηλοκονιάματα, ασβεστοκονιάματα, και σε **υδραυλικά** όταν μπορεί να στεροποιηθούν και μέσα στο νερό όπως τα τσιμεντοκονιάματα.

1.3.2. Ορυκτολογική σύσταση υδραυλικών κονιών

Οι υδραυλικές κονίες, αποτελούνται κυρίως από λαρνίτη και πορτλανδίτη. Ο πορτλανδίτης προκύπτει από την ενυδάτωση του οξειδίου του ασβεστίου CaO . Το οξείδιο του ασβεστίου (CaO)-lime, κρυσταλλώνεται στο κυβικό σύστημα. Οι αντιδράσεις της ενυδάτωσης, είναι εξώθερμες. Κατά την ενυδάτωση σχηματίζονται μια σειρά προϊόντων, αρχικά στα όρια των κόκκων των σωματιδίων, κυρίως ένυδρα ασβεστοπυριτικά άλατα και γέλη C-S-H, στα οποία πέραν της ανθρακικοποίησης του πορτλανδίτη, οφείλεται η στερεοποίηση και σκλήρυνση της κονίας. Οι μηχανισμοί ενυδάτωσης και ανθρακικοποίησης, διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο, στις ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Οι μηχανισμοί ενυδάτωσης και ανθρακικοποίησης του λαρνίτη έχουν περιγραφεί με λεπτομέρεια από την Αποστολάκη (2011).



Οι διαφορές μεταξύ των παραπάνω κρυσταλλικών φάσεων του ανθρακικού ασβεστίου, έγκεινται στην διαφορετική διάταξη της ανθρακικής ρίζας, στην κρυσταλλογραφική κυψελίδα τους (Αποστολάκη, 2011). Όλες οι άνυδρες μορφές του ανθρακικού ασβεστίου, ανήκουν σε διαφορετικό κρυσταλλογραφικό σύστημα, γεγονός που βοηθά στον προσδιορισμό τους, με αναλυτικές τεχνικές όπως με περιθλασιμετρία κόνεως ακτίνων-X.

1.3.3. Γενικές χρήσεις κονιαμάτων

Τα κονιάματα χρησιμοποιούνται με τρεις διαφορετικούς τρόπους :

Συνδετικά υλικά

Κατά τη δόμηση τοίχων από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους τα κονιάματα παρεμβάλλονται μεταξύ των οριζόντιων και κατακόρυφων αρμών και έτσι γεμίζουν τα κενά μεταξύ των λίθων. Με αυτό τον τρόπο η κατασκευή γίνεται πιο συμπαγής και πιο στέρεη. Επίσης δημιουργούν οριζόντιες επίπεδες επιφάνειες και υποβοηθούν έτσι τη στήριξη των υπερκείμενων λίθων και κατανέμουν καλύτερα τα υπερκείμενα φορτία. Ουσιαστικά, ο σκοπός του κονιάματος, κατά τη δόμηση, είναι διπλός: (Βιαζής Γ, 2003)

1. Προσδίδει στην πέτρα, φυσική ή τεχνητή, πλήρη έδραση
2. Εμποδίζει το νερό να διέρχεται από τους αρμούς.

Όσον αφορά στην προσφορά του κονιάματος στην αντοχή ενός τοίχου, αυτή εντοπίζεται μόνο στην αντοχή σε θλίψη, που και πάλι είναι μικρή. Όσον αφορά στην αντοχή σε εφελκυσμό και διάτμηση, η προσφορά είναι σχεδόν μηδαμινή. Με τη χρήση των κονιαμάτων ως συνδετικά υλικά έγινε δυνατή και η χρησιμοποίηση αλάξευτων λίθων (αργών λίθων) γεγονός απαγορευτικό

παλαιότερα, διότι για την πλήρη επαφή των λίθων μεταξύ τους ήταν απαραίτητη η λάξευσή τους σε τουλάχιστον τέσσερις έδρες τους, γεγονός που κάνει και πιο δύσκολη, πιο χρονοβόρα και πιο ακριβή μια κατασκευή.

Για να λειτουργήσει το κονίαμα ως συνδετικό τούβλων ή άλλων μονάδων τοιχοποιίας είναι απαραίτητη κάποια αντοχή. Θα πρέπει ακόμη να προσαρμόζεται ικανοποιητικά στις διαφορικές κινήσεις θερμότητας και υγρασίας που εμφανίζονται στη δομή. Αν αυτές οι κινήσεις είναι μικρές, συνήθως οι τάσεις που αναπτύσσονται βρίσκονται μέσα στα όρια ελαστικότητας του υλικού. Πέρα από αυτά τα όρια όμως, οι τάσεις ανακουφίζονται υποχωρώντας κατά μήκος γραμμών όπου εμφανίζεται σχετική αδυναμία της δομής. Σε μια σύνθετη κατασκευή από τούβλα και κονίαμα, η αστοχία θα συμβεί στα τούβλα αν το κονίαμα έχει μεγαλύτερη αντοχή από αυτά. Όταν το κονίαμα είναι ασθενέστερο από τα τούβλα, η ανακούφιση των τάσεων καταλήγει σε λεπτές ρωγμές μη εμφανώς κατανεμημένες κατά μήκος των κατακόρυφων ενώσεων της πλινθοδομής, ενώ στις οριζόντιες ενώσεις παρατηρείται μόνο μικρή σχετική κίνηση ανάμεσα στο κονίαμα και τα τούβλα. Όσον αφορά στην εφαρμογή αυτών των κονιαμάτων, διακρίνουμε τα κονιάματα τοιχοποιίας, τα κονιάματα αρμών τα οποία χρησιμεύουν στη συναρμογή εμφανούς τοιχοποιίας και τα χυτευτά κονιάματα τα οποία είναι πολύ ρευστά και χρησιμοποιούνται στο κλείσιμο αρμών π.χ. στους αρμούς ξυλότυπων κλπ.

Μέχρι αρκετά χρόνια πριν η επιλογή του συνδετικού υλικού περιοριζόταν ανάμεσα στην άσβεστο και το τσιμέντο ή σε μίγματα αυτών των δύο. Πλέον, κονιάματα που έχουν ως συνδετικό μόνο άσβεστο δεν χρησιμοποιούνται στην οικοδομική, εκτός από ειδικές εφαρμογές που αφορούν στην επισκευή ιστορικών κτιρίων.

Καλυπτικά και μονωτικά υλικά

Τα κονιάματα χρησιμοποιούνται ευραίως και για την επένδυση διαφόρων επιφανειών, που σκοπό έχει την προφύλαξη, μόνωση και την αισθητική εμφάνιση. Τα κονιάματα, που χρησιμοποιούνται για επενδύσεις ονομάζονται επιχρίσματα και αποτελούν ουσιώδη παράγοντα ποιότητας και διάρκειας του έργου. Το κατάλληλο είδος κονιάματος την κάθε φορά εξαρτάται από τη θέση της επιφάνειας (εξωτερικά ή εσωτερικά επιχρίσματα, οροφοκονιάματα κλπ.) και από την εμφάνιση που θέλουμε να δώσουμε σε αυτή (αρτιφισιέλ, μαρμαροκονιάματα, κοινά λασπώματα κ.ά.). Γενικά στα επιχρίσματα η αντοχή του κονιάματος παίζει δευτερεύοντα ρόλο. Μεγαλύτερη σημασία έχει η καλή πρόσφυση και η αποφυγή της μικρορρηγμάτωσης (τριχιάσματος). Τα εξωτερικά επιχρίσματα χρησιμοποιήθηκαν για εκατοντάδες χρόνια σε κτίσματα ως καλυμματα για αντίσταση στην αποσάθρωση και συναντώνται ιδιαίτερα σε κάποιες μεσογειακές χώρες. Μίγματα με άσβεστο και ποζολάνη με υδραυλικές ιδιότητες χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς από τους Ρωμαίους. Ψημένοι αργιλικοί ασβεστόλιθοι ανακατεμένοι με άμμο ονομάστηκαν Ρωμαϊκά τσιμέντα και χρησιμοποιήθηκαν ως εξωτερικά επιχρίσματα από το 1800 π.Χ. μέχρι τον 20 αιώνα. Τα εσωτερικά επιχρίσματα από κονιάματα παρέχουν μια συνεχή, λεία, επίπεδη επιφάνεια στους τοίχους και τα ταβάνια, κατάλληλη να δεχτεί τα διακοσμητικά τελειώματα. Τα εσωτερικά κονιάματα μπορεί να διαφέρουν σημαντικά ως προς την αντοχή και το πορώδες, αλλά στην πράξη, εκείνα που έχουν τη δυνατότητα να απορροφούν και να ελευθερώνουν την υγρασία έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα στεγανά επιχρίσματα. Επίσης έχουμε και τα κονιάματα πλακόστρωσης που χρησιμοποιούνται δηλαδή για την κατασκευή ενός στρώματος κονιάματος που τοποθετείται πάνω σε οροφές ή δάπεδα σκελετού και το οποίο προβλέπεται άμεσα για βάδισμα ή ως υπόστρωμα για επίστρωση δαπέδου. Οι πλακοστρώσεις που είναι προσιτές στο βάδισμα (σύνθετες πλακοστρώσεις), πρέπει να αντισταθμίσουν ανισότητες, να είναι ηχοαπορροφητικές και θερμοαπορροφητικές, στερεές στο βάδισμα, σταθερές στην τριβή και να μην

είναι ευαίσθητες στο νερό. Το πάχος τους δε, πρέπει να είναι τουλάχιστον 3 cm. (Καραβίτη Ελ,2003)

Τέλος έχουμε χρήσεις ισχυρών κονιαμάτων (τσιμεντοκονιάματα) για στεγανοποίηση ειδικών έργων, ή άλλα που καλύπτουν αρμούς μεταξύ πλακών για την παρεμπόδιση της διέλευσης του νερού ή άλλων υγρών. Τέλος όπου απαιτείται, χρησιμοποιούνται ειδικά κονιάματα για ακουστικές ή θερμικές μονώσεις.

Πρώτες ύλες για την κατασκευή τεχνητών λίθων

Κάποια κονιάματα όπως τα πηλοκονιάματα και τα τσιμεντοκονιάματα χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τεχνητών λίθων όπως τα τούβλα, διάφοροι τύποι τσιμεντόλιθων κλπ.

1.3.4. Βασικές ιδιότητες των κονιαμάτων - Καταλληλότητα

Για να θεωρηθεί ένα κονίαμα κατάλληλο πρέπει να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά : (Λεγάκις Α. Αντωνίου,1954)

1. **Να είναι πλαστικό και εργάσιμο.** Εργάσιμο ονομάζεται το σύνολο των ρεολογικών ιδιοτήτων, που έχει το νωπό κονίαμα. Έτσι δε διασπάται η μάζα του κατά τους διάφορους χειρισμούς. Το εργάσιμο επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες :

- τη **ρευστότητα**, δηλ. την εσωτερική ευκινησία του μίγματος και την ευκολία, που οι κόκκοι κινούνται μεταξύ τους, ώστε να γεμίζουν τα κενά
- την **πλαστικότητα**, δηλ. την ευκολία, που παρουσιάζει το μίγμα στη ροή και το γέμισμα ενός καλουπιού χωρίς κενά, σπηλιές, κλπ.

- το **αναπόμικτο**, δηλ. την ικανότητα, που έχει το νωπό κονίαμα να διατηρεί την ομοιογένειά του, όταν μεταφέρεται, κοπανίζεται, πέφτει από ψηλά.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι, η αύξηση της ποσότητας του νερού αυξάνει την ρευστότητα του μίγματος, ενώ συγχρόνως εξασθενίζει το αναπόμικτο, δηλ. μεγαλώνει τους κινδύνους και το ενδεχόμενο διαχωρισμού των υλικών, που το αποτελούν. Στην πλαστικότητα του μίγματος δεν παίζει σπουδαίο ρόλο η αύξηση της ποσότητας του νερού. Η πλαστικότητα επηρεάζεται ευνοϊκά από την σφαιρικότητα των κόκκων των αδρανών και από την αύξηση της περιεκτικότητας σε συνδετική ύλη και φίλλερ.

2. **Να έχει ικανή εσωτερική τριβή**, ώστε να μην εκφεύγει των αρμών της τοιχοποιίας και προκειμένου για επιχρίσματα να συγκρατείται στις κατακόρυφες επιφάνειες.

3. **Να έχει ογκοσταθερότητα**, να μην υπόκειται δηλ. σε μεγάλες συστολές και διαστολές, ώστε να μην προκαλούνται ρωγμές.

4. **Να παρουσιάζει υψηλή μηχανική αντοχή** (θλίψη, εφελκυσμός), ικανή να φέρει το ίδιο βάρος της κατασκευής, αλλά και των φορτίων αυτής.

5. **Να μην προσβάλλεται από το νερό και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες.**

Σημαντικό ρόλο στα κονιάματα παίζει και η πήξη. Η διαδικασία δηλαδή, που το κονίαμα από εύπλαστο μετατρέπεται σε στερεή μάζα. Έναρξη της πήξης είναι η στιγμή, κατά την οποία η εύπλαστη μάζα αρχίζει να στερεοποιείται και να χάνει την πλαστικότητά της. Ο χρόνος για την έναρξη της πήξης, δηλ. ο χρόνος που περνάει από την ανάμιξη των υλικών του κονιάματος μέχρι την έναρξη της πήξης είναι απαραίτητο στοιχείο στην πράξη γιατί μέσα σ' αυτό το

διάστημα, πρέπει να γίνει η παρασκευή, η μεταφορά και η εφαρμογή του κονιάματος στο έργο.

Η λήξη της πήξης είναι η στιγμή, που ο πολτός έχει πλέον στερεοποιηθεί. Πρακτικά το νύχι δεν πρέπει να αφήνει αποτύπωμα στο στερεοποιημένο πολτό. Η ταχύτητα της πήξης καθορίζεται από τον χρόνο έναρξης και λήξης της πήξης. Μετά τη λήξη της πήξης αρχίζει η περίοδος της σκλήρυνσης, που διαρκεί επί μήνες ή επί χρόνια, ανάλογα με το είδος του κονιάματος και τις συνθήκες, που βρίσκεται. Κατά την περίοδο της σκλήρυνσης το κονίαμα εξακολουθεί να ζει και η ζωή αυτή εκδηλώνεται με αύξηση των αντοχών και με μικρομεταβολές του όγκου του (συστολή). Σαν ταχύτητα σκλήρυνσης σε μία ορισμένη χρονική στιγμή, ορίζεται ο λόγος της αύξησης της αντοχής σε θλίψη προς το χρονικό διάστημα, που διέρρευσε. Η ταχύτητα αυτή μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου, είναι μεγαλύτερη στην αρχή και ελαττώνεται προοδευτικά, μέχρι μηδενισμού. Μία άλλη έννοια είναι η απόδοση ενός κονιάματος, που εκφράζει το λόγο του φαινομένου όγκου του κονιάματος, προς το ξηρό φαινόμενο όγκο της άμμου, που περιέχει. Η απόδοση των συνήθων κονιαμάτων κυμαίνεται γύρω από τη μονάδα και συνήθως είναι λίγο μικρότερη.

1.4. ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ ΣΤΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

Με τον όρο αδρανή υλικά γενικά χαρακτηρίζουμε όλα τα προσμίγματα αυτά (συνήθως λίθινα και κοκκώδη που προέρχονται από φυσικό ή τεχνητό τεμαχισμό των φυσικών πετρωμάτων) τα οποία αν χρησιμοποιηθούν κατάλληλα με κάποιο συνδετικό μέσο (κονία), συγκολούνται μεταξύ τους και μας δίνουν τα κονιάματα. Τα υλικά αυτά είναι γενικώς ανόργανα και ονομάζονται αδρανή γιατί τα περισσότερα δεν αντιδρούν χημικά με τις διάφορες συνδετικές ύλες και το νερό. Τα αδρανή υλικά συμβάλουν μηχανικά στην αντοχή του κονιάματος. Καταλαμβάνουν ένα μεγάλο τμήμα του

συνολικού όγκου του κονιάματος και επομένως τα χαρακτηριστικά τους επηρεάζουν την απόδοση και τις ιδιότητες του. Ως αδρανές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί θεωρητικά οποιοδήποτε υλικό αρκεί να εκπληρώνει συγκεκριμένες απαιτήσεις όπως επαρκή αντοχή, επαρκή πρόσφυση, και χημική ανεκτικότητα με την κονία. Τα συνήθη αδρανή υλικά είναι ασβεστολιθικά και πυριτικά.

1.4.2. Κατάταξη αδρανών

Γενικά τα αδρανή υλικά κατατάσσονται ανάλογα με την προέλευσή τους και ανάλογα με το μέγεθος και είδος των κόκκων τους.

Ανάλογα με την προέλευσή τους

Ανάλογα με την προέλευσή τους τα αδρανή χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στα **φυσικά αδρανή**, τα οποία προέρχονται από φυσικό τεμαχισμό και στα **τεχνητά αδρανή** τα οποία προέρχονται από τεχνητό τεμαχισμό

• Φυσικά αδρανή

Αυτά λαμβάνονται απ' ευθείας από το περιβάλλον και ειδικά από ορισμένους τόπους, όπου έχουν συγκεντρωθεί λόγω της ενέργειας φυσικών δυνάμεων όπως το νερό και ο άνεμος. Αποτελούνται από κόκκους στρογγυλούς και γωνιώδεις με στρογγυλεμένες ακμές και βρίσκονται σε αφθονία στις παραλίες των θαλασσών, στις κοίτες των ποταμών, σε εναποθέσεις μέσα στη γη (ορυκτή άμμος), στις ερήμους και σε άλλα αντίστοιχα μέρη. Κατά κατά κανόνα χρησιμοποιούνται χωρίς οποιαδήποτε επεξεργασία, εκτός συγκεκριμένων περιπτώσεων, όταν δηλαδή προορίζονται για ειδικά έργα που απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή, όπου είτε εγκαθίστανται μηχανικά κόσκινα για την ταξινόμηση των υλικών κατά το μέγεθος των κόκκων τους, είτε και μηχανές

πλυσίματος για τον καθαρισμό τους από επιβλαβείς ουσίες όπως άλατα, άργιλος, οργανικές ουσίες κλπ. Ανάλογα με τη σύστασή τους διακρίνονται σε πυριτικά (χαλαζιακά), ασβεστολιθικά, κλπ.. Η χαλαζιακή άμμος που προέρχεται από παραλίες, είναι η πιο κατάλληλη για την κατασκευή δομικών υλικών, είναι σκληρή ανθεκτική στις καιρικές συνθήκες και καθαρή χωρίς ξένες προσμίξεις, εκτός από το αλάτι. Η ποταμίσιος άμμος περιέχει αρκετή ποσότητα αργιλικών υλικών και πρέπει όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε κονιάματα να πλυθεί για να αποβάλει ένα μέρος από τις αργιλικές αυτές προσμίξεις.

Τον τελευταίο καιρό όμως, η χρησιμοποίηση φυσικών αδρανών περιορίζεται σιγά σιγά. Οι λόγοι της ελάττωσης αυτής είναι η εξάντληση των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων καθώς στα περισσότερα μέρη πλέον απαγορεύεται η λήψη λόγω καταστροφής του τοπίου, η υψηλή τιμή πώλησης κ.ά. πάντως γενικά στις αναπαλαιώσεις προτιμάται η φυσική άμμος παρά το μεγαλύτερο κόστος της.

• Τεχνητά αδρανή

Ο τεμαχισμός των φυσικών λίθων για να προκύψουν τα τεχνητά αδρανή γίνεται με μηχανικά μέσα στα λατομεία. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται (θραυστήρας με σιαγόνες, περιστροφικός θραυστήρας κ.ά.) εξαρτάται από την κοκκομετρία που επιδιώκουμε.

Ως προς το μέγεθος των κόκκων τους, τα τεχνητά αδρανή έχουν μεγαλύτερη ποικιλία από τα φυσικά. Επίσης είναι περισσότερο ομοιογενή, επειδή προέρχονται από το ίδιο πέτρωμα και οι ακμές τους είναι γωνιώδεις, ενώ οι επιφάνειές τους τραχείς γιατί έχουν υποστεί κυλινδρισμό.

Ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους

Ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους, τα αδρανή υλικά χωρίζονται στις εξής κατηγορίες :

• Άμμος

Για να χαρακτηριστεί ένα υλικό ως άμμος, πρέπει οι κόκκοι του να είναι μεγαλύτεροι από 0.075mm και μικρότεροι από 7mm. Η άμμος με μέγεθος κόκκων μικρότερο από 0.075 mm ονομάζεται ειδικά **παιπάλη ή άλευρο**.

• Σκύρα ή χαλίκια

Το μέγεθος των κόκκων τους κυμαίνεται μεταξύ 7mm και 70mm. **Χαλίκια** συνήθως ονομάζονται όσα προέρχονται από φυσικό τεμαχισμό (φυσικά αδρανή), ενώ **σκύρα** όσα προέρχονται από τεχνητό τεμαχισμό (τεχνητά αδρανή).

1.4.3. Ιδιότητες - χαρακτηριστικά αδρανών υλικών

Σημαντικό ρόλο στα αδρανή υλικά παίζουν συγκεκριμένες ιδιότητες οι οποίες και χαρακτηρίζουν την ποιότητά τους και επηρεάζουν και την ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Οι σημαντικότερες από αυτές είναι η αντοχή τους, η οποία σχετίζεται με την αντοχή του μητρικού πετρώματος, η καθαρότητα τους, η ύπαρξη δηλαδή ή όχι πρόσμεικτων ουσιών, το σχήμα (μορφή) των κόκκων, η κοκκομετρική διαβάθμιση των κόκκων του αδρανούς, η πρόσφυση με την κονία, η χημική συμπεριφορά τους με τα άλλα συστατικά του κονιάματος ή με ουσίες που μπορεί να διεισδύσουν μέσα στο τελικό προϊόν κατά την διάρκεια της ζωής του (θαλασσινό νερό, καυσαέριο κλπ.) κ.ά.

Αντοχή αδρανών

Ανάλογα με τη χρήση των υπο κατασκευή κονιαμάτων ελέγχεται και η κατάλληλη μηχανική αντοχή (αντοχή σε θλίψη, αντοχή σε τριβές – σκληρότητα, αντοχή σε κρούση κλπ.). Η αντοχή αυτή εξαρτάται από την αντοχή του μητρικού πετρώματος. Βέβαια, προκειμένου για υλικά που προήλθαν από περισυλλογή, επειδή δεν είναι δυνατόν πάντοτε να ελεγχθεί ο λίθος από τον οποίον προήλθαν, γίνεται ειδικός έλεγχος στα υλικά που περισυλλέχθησαν. Πάντως, σε όλες τις περιπτώσεις, το πέτρωμα πρέπει να είναι υγιές, δηλαδή να είναι απαλλαγμένο από κομμούς και να μην αποσθρώνεται από την επίδραση των καιρικών συνθηκών ή άλλους παράγοντες. Συνεπώς, ακατάλληλα από άποψη αντοχής για την παραγωγή αδρανών θεωρούνται τα αποσθρωμένα, αποσχιζόμενα, αργιλικά και μαλακά μητρικά πετρώματα.

Καθαρότητα αδρανών

Η καθαρότητα ή μη των αδρανών υλικών αφορά στο ποσοστό της παρουσίας επιβλαβών συστατικών, δηλαδή ουσιών που εμποδίζουν την ομαλή εξέλιξη της σκλήρυνσης του κονιάματος, που μειώνουν την πυκνότητά του, που προκαλούν τοπικές αποκολλήσεις – αποφλοιώσεις ή άλλων ειδών ρηγματώσεις, που μετριάζουν την προστασία του από διάβρωση, ή άλλων ουσιών που εμποδίζουν την πρόσφυση με την κονία, που επιδρούν χημικά στην κονία ή σε άλλα υλικά με τα οποία θα έρθουν σε επαφή αργότερα (σίδηρος κ.ά.) κλπ. Οι βλαπτικές αυτές ουσίες ανάλογα με την ποσότητα και την κατανομή τους μπορούν να είναι η παιπάλη (άργιλος ή σκόνη από το ίδιο το πέτρωμα), υλικά οργανικής προέλευσης, ουσίες που εμποδίζουν τη διαδικασία της σκλήρυνσης, ορισμένες θειούχες ενώσεις, μαλακά υλικά χωρίς ανοχή σε επιφανειακή φθορά, ουσίες που βοηθούν στη διάβρωση

όπως τα χλωρίδια κλπ.

Παιπάλη

Χαρακτηρίζεται από το λεπτότερο τμήμα του υλικού που περνάει από το κόσκινο 0.075mm (Αμερικανικό πρότυπο ASTM). Μπορεί να είναι κολλημένη πάνω στην επιφάνεια των κόκκων, να σχηματίζει μικρούς σβώλους ή να είναι διασκορπισμένη ανάμεσα στους κόκκους των αδρανών. Πρόκειται τις περισσότερες φορές για αργλικές ουσίες ή είναι σκόνη από το ίδιο το μητρικό πέτρωμα των αδρανών. (Wendehorst R, 1975)

Η παιπάλη όταν βρίσκεται σε μικρή ποσότητα (1 ως 3 % του βάρους) δεν βλάπτει τα παρασκευαζόμενα κονιάματα, γιατί γεμίζει τα πολύ μικρά κενά των αδρανών. Σε μεγαλύτερη όμως ποσότητα έχει βλαβερά αποτελέσματα. Η παιπάλη απομακρύνεται όταν τα αδρανή πλυθούν με νερό.

Υλικά οργανικής προέλευσης

Σε αυτά τα υλικά περιλαμβάνονται όλες οι ουσίες οργανικής προέλευσης (ζωικές ή φυτικές), οι γαιάνθρακες και οι λιγνίτες. Τα οργανικά προϊόντα μπορεί να έχουν επίδραση στην πήξη της κονίας και να δημιουργήσουν ρωγματώσεις ή αποφλοιώσεις (σκασίματα) στην επιφάνεια του τελικού προϊόντος (σκυρόδεμα ή κονίαμα). (Μωχάμεντ Μ, 1996)

Η παρουσία οργανικών προσμίξεων ανιχνεύεται με καυστική σόδα, με αλλαγή χρώματος του διαλύματος. Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι δεν ανιχνεύει π.χ. άνθρακα, καθώς ένα μεμονωμένο σωματίδιο δεν προκαλεί αλλαγή χρώματος. Έτσι, υπάρχει ανάγκη για μια μέθοδο που θα αναγνωρίζει λιγνίτη, άνθρακα ή άλλες οργανικές προσμίξεις που μπορεί να προκαλέσουν κηλίδες στο κονίαμα.

Ευδιάλυτα άλατα

Σε επιχρίσματα ή σε παρόμοιες εργασίες, η κίνηση του νερού μέσα στο υλικό μπορεί να επηρεαστεί από την ύπαρξη ευδιάλυτων αλάτων. Τα θαλάσσια άλατα αποδίδουν υγρασία και δημιουργούν προβλήματα στη διάβρωση μεταλλικών τμημάτων σωληνώσεων κ.λ.π.. Η κίνηση των αλάτων προς την επιφάνεια, είτε λόγω της παρουσίας του νερού κατά τη διάρκεια της κατασκευής, είτε λόγω έκθεσης σε υγρασία είναι δυνατό να προκαλέσει την ανάπτυξη φυτικών οργανισμών. Το επιτρεπόμενο όριο σε χλωροϊόντα μιας άμμου με υγρασία 10 % είναι 0.2 %. (Καραβίτη Ελ. 2003)

Μαρμαρυγίες

Οι μαρμαρυγίες είναι επιβλαβή υλικά όταν πρόκειται για επιχρίσματα. Χωρίς να είναι γνωστό το ποσοστό συμμετοχής τους σε παλιότερες κατασκευές, φαίνεται πως η ύπαρξή τους προκαλεί προβλήματα. Από πιο λεπτομερείς μελέτες σε κονιάματα με μαρμαρυγίες, έγινε γνωστό ότι οι ιδιότητες των αδρανών αλλάζουν με αύξηση του ποσοστού των μαρμαρυγιών. (Ράκα Σ, 2002)

Οι μαρμαρυγίες έχουν αυξημένη υδατοαπορροφητικότητα και επομένως το μίγμα θα χρειάζεται περισσότερο νερό. Η μεγάλη όμως ποσότητα νερού στο μίγμα παράγει ασθενές κονίαμα. Άλλο χαρακτηριστικό των μαρμαρυγιών είναι ότι τείνουν να παίρνουν φυλλόμορφο σχήμα κατά την ανάμειξη και έτσι δημιουργούνται νέες επιφάνειες τις οποίες οφείλει να καλύψει ο πολφός της κονίας. Συνήθως, η ποσότητα του πολφού αυτού πρέπει να αυξηθεί για να καλύψει τα σωματίδια και να πληρώσει τα κενά με αποτέλεσμα το κονίαμα να γίνεται πιο ακριβό.

Παλιότερα, συμμετοχή μαρμαρυγιών σε ποσοστό 2%-3% ήταν επιθυμητή σε επιχρίσματα για σπίτια, καθώς η λάμψη των ορυκτών αυτών δίνει ωραίο αισθητικό αποτέλεσμα. Ωστόσο, πολλά προβλήματα παρουσιάζονται στα κονιάματα όπως ξεφλούδισμα, χαμηλή αντοχή, ασθενές δέσιμο, μέχρι μεγάλο πορώδες. Αναγνωρίζονται όμως εύκολα λόγω της επίπεδης σχιστότητάς τους.

Ο μοσχοβίτης ξεχωρίζει λόγω της λευκής, γυαλιστερής του εμφάνισης, ενώ ο βιοτίτης ίσως δεν είναι τόσο εύκολο να εντοπιστεί λόγω του σκούρου χρώματός του.

Θειούχες και θειϊκές ενώσεις

Οι θειούχες και οι θειϊκές ενώσεις μεταξύ των αδρανών έχουν δυσμενή επίδραση στην τελική αντοχή του κονιάματος και σε μεγαλύτερη ποσότητα ή συγκεντρώσεις σε ορισμένα σημεία μπορούν να προκαλέσουν ρωγματώσεις. (Καραβίτη,2003)

Η επίδραση των θειούχων ενώσεων στο κονίαμα εξαρτάται από την ποσότητα, τον τύπο και από την διαλυτότητα στο νερό, ενώ ως μέγιστο ανεκτό όριο των θειούχων ενώσεων, μετρούμενο σε SO₃ , λαμβάνεται το 1% του βάρους των αδρανών. Μεγάλες ποσότητες ευδιάλυτων θειικών αλάτων στην άμμο επιφέρουν ζημιογόνες διογκώσεις σε κονιάματα με βάση το τσιμέντο. Είναι γενικά αποδεκτό ότι θειικά άλατα σε ποσότητες πάνω από 5 % της μάζας του τσιμέντου στο κονίαμα προκαλούν θείωση.

Ενώσεις σιδήρου

Ενώσεις του Fe που προσδίδουν χρωματισμό είναι παρούσες στις περισσότερες άμμους. Ο σιδηροπυρίτης εμφανίζεται με τη μορφή διακριτών σωματιδίων και γι' αυτό το λόγο θεωρείται ως ξεχωριστή πρόσμιξη. Ο FeS₂ εμφανίζεται συχνά σε ποταμίσιες άμμους και δημιουργεί καφέ κηλίδες που δεν είναι επιθυμητές σε εξωτερικές επιφάνειες. Γενικά έχει καλή σκληρότητα αλλά είναι χημικά ασταθής. Όταν βρεθεί σε εξωτερική επιφάνεια οξειδώνεται αργά, δημιουργώντας καφέ κηλίδες που δεν απομακρύνονται. (Μωχάμεντ Μ,1996)

Στα αρχαία μνημεία, αλλά και στα νεότερα, υπάρχουν πολυχρωμίες ή νωπογραφίες που για τη δημιουργία τους χρησιμοποιήθηκαν οξείδια του σιδήρου (από κίτρινο ως καστανέρυθρο). Ωστόσο όμως αυτά ξασπρίζουν με το

υπεριώδες φως και ορισμένα διαλύονται τοπικά από την όξινη βροχή επιταχύνοντας έτσι τη φθορά των υλικών. (Θ. Ν. Σκουλικίδης, 2000)

Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών

Οι κόκκοι των αδρανών υλικών στηρίζονται ο ένας επάνω στον άλλο, αλλά λόγω του ακανόνιστου σχήματος που έχουν (πολυγωνικό, σφαιρικό κλπ.), δεν εφάπτονται απόλυτα μεταξύ τους, αλλά αφήνουν ενδιάμεσα κενά. Τα κενά αυτά γεμίζονται με το συνδετικό υλικό ή κονία, δημιουργώντας κατά αυτόν τον τρόπο ένα συμπαγές υλικό. Είναι επομένως φανερό ότι η ποσότητα της κονίας πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με τα μεταξύ των κόκκων κενά. Επειδή όμως, η κονία είναι κατά κανόνα περισσότερο πορώδης, λιγότερο ανθεκτική από τα αδρανή και ακριβότερη, όσο λιγότερα είναι τα παραπάνω κενά τόσο μεγαλώνει η πυκνότητα και επομένως και η αντοχή και τόσο μικραίνει το κόστος του κονιάματος.

Βαθμός πυκνότητας

Ο βαθμός πυκνότητας των αδρανών εκφράζεται από το λόγο:

$$B. Π. = P \text{ σωρού} / P \text{ πετρώματος}$$

όπου:

P σωρού = το φαινόμενο ειδικό βάρος του σωρού των αδρανών.

P πετρώματος = το φαινόμενο ειδικό βάρος του πετρώματος των αδρανών.

Ο βαθμός πυκνότητας δίνει μια γενική εικόνα των αδρανών από την άποψη της γεωμετρικής ποιότητας αυτών.

1.4.4. Κοκκομετρική διαβάθμιση

Η κοκκομετρική διαβάθμιση εκφράζει το διαχωρισμό και την κατάταξη των κόκκων του αδρανούς σε ομάδες από άποψη όχι του μεγέθους των κόκκων, αλλά του ποσοστού της κάθε κατηγορίας μεγέθους κόκκων που περιέχεται στην συνολική ποσότητα των αδρανών. Η διαβάθμιση της άμμου είναι κρίσιμη για τις ρεολογικές ιδιότητες των νωπών κονιαμάτων και τη δομή του σκληρυμένου προϊόντος. Το μέγεθος των κόκκων προσδιορίζεται με πρότυπα κόσκινα που έχουν καθορισμένες διαμέτρους βροχίδας. Η έννοια της διαμέτρου χρησιμοποιείται κατ' επέκταση της αντίστοιχης έννοιας του κύκλου, χωρίς όμως να μπορεί να προσδιοριστεί γεωμετρικά. Η μέγιστη πυκνότητα πετυχαίνεται, όταν τα μεγέθη των κόκκων της άμμου ή των χαλικιών καταλαμβάνουν όλες τις διαβαθμίσεις από τα λεπτότερα μέχρι τα χονδρότερα και με ορισμένη αναλογία κατά βάρος για κάθε μέγεθος.

1.4.5. Ειδικά αδρανή στα κονιάματα

Τα υλικά αυτά έχουν κοκκώδη μορφή και βρίσκονται αυτούσια στη φύση ή παρασκευάζονται τεχνητά, αλλά δεν προέρχονται από λίθους. Έχουν παρόμοιες ιδιότητες και χρήσεις με λίθινα προϊόντα. (Λεγάκις Α. Αντωνίου, 1954)

Τα κυριότερα είδη τους είναι :

1.4.5.1. Κουρασάνι

Το κουρασάνι είναι γνωστό υλικό από την αρχαιότητα. Προέρχεται από το σπάσιμο και την κονιοποίηση υλικών ψημένης αργίλου (τούβλα, κεραμίδια). Το πολύ λεπτό υλικό που παράγεται χρησιμοποιείται για την παρασκευή λεπτών κονιαμάτων με υδράσβεστο. Το κονίαμα αυτό παρουσιάζει σημαντική

υδραυλικότητα. Η μόνη παρενέργεια της χρήσης του υλικού αυτού σε επεμβάσεις συντήρησης μπορεί να οφείλεται στη διαφορά του συντελεστή θερμικής διαστολής του από εκείνον του πετρώματος που βρίσκεται σε επαφή μαζί του. Το κουρασάνι χρησιμοποιούταν (ή ακόμα αλλά πολύ μεμονωμένα) και σε διάφορα παραδοσιακά επαγγέλματα με διάφορες χρήσεις.

1.4.5.2. Ελαφρόπετρα (κίσσηρη)

Η κίσσηρη είναι πέτρωμα ηφαιστειακό (ηφαιστιακό γυαλί) που δημιουργήθηκε από τη βίαιη επίδραση των αερίων, κατά την έκρηξη, στη διάπυρη λάβα. Ο τρόπος αυτός δημιουργίας είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία σπογγώδους ιστού με πολυάριθμους πόρους, μεγάλους και συνήθως κλειστούς, συνεπώς έχει και μικρό φαινόμενο βάρος. Έχει ανοιχτό χρώμα και είναι πλούσια σε ύαλο (άμορφο διοξείδιο του πυριτίου). Στην Ελλάδα λαμβάνονται φυσικά αποθέματα από τη Σαντορίνη, τη Νίσυρο και τη νήσο Γυαλί (δίπλα στη Νίσυρο) όπου υπάρχουν καθαρότερα στρώματα λευκής κίσσηρης, εξαιρετικής ποιότητας. Η κίσσηρης δηλαδή προέρχεται από το ίδιο υλικό από το οποίο προέρχεται και η θηραϊκή γη, και διαφέρουν μόνο κατά το μέγεθος των κόκκων τους. Η θηραϊκή γη, όπως αναφέρθηκε, με τους μικρούς και συμπαγείς κόκκους της, υπό ορισμένες συνθήκες μπορεί να αναπτύξει υδραυλικές ιδιότητες, ενώ σε αντίθεση η κίσσηρη με τους γεμάτους κενά κόκκους της συμπεριφέρεται σαν αδρανές υλικό. Συγκεκριμένα συμπεριφέρεται άριστα με όλα τα συγγενή δομικά υλικά (κονίες, αδρανή), και παρουσιάζει εξαιρετικά ισχυρή πρόσφυση με τα κονιάματα. Έχει άριστες θερμομονωτικές ικανότητες και χρησιμοποιείται κιόλας σαν ηχοαπορροφητικό υλικό σε αίθουσες συναυλιών, ηχοληψιών κλπ. έχει το πλεονέκτημα της ελαφρότητας, αλλά λόγω της σπογγώδους υφής της υστερεί σε μηχανική αντοχή. Επειδή απορροφά και συγκρατεί πολύ νερό (περίπου 39% του βάρους της), τα στοιχεία και οι μονωτικές στρώσεις από κίσσηρη πρέπει να είναι τελείως απομονωμένες από την υγρασία. Εντάσσεται στα ελαφροβαρή αδρανή.

1.4.5.3. Περλίτης

Ο περλίτης είναι συμπαγές ηφαιστειογενές πέτρωμα. Στην Ελλάδα υπάρχει στη Μήλο, στην Κω, στη νήσο Γυαλί κ.ά. Με κατάλληλη θερμική επεξεργασία στους 1000 °C περίπου, διογκώνεται στο 10πλάσιο ως 25πλάσιο του αρχικού του όγκου και σπάζεται σε κόκκους διαφόρων διαμέτρων (0.1 ως 5mm), οι οποίοι έχουν το σχήμα μικρών μαργαριταριών, ονομάζονται πέρλες και είναι κούφιοι.

Ο διογκωμένος περλίτης είναι αδρανής και δεν προσβάλλει τα μέταλλα. Αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες (μέχρι 850 °C), εμποδίζει τη μετάδοση της φωτιάς, έχει εξαιρετικές μονωτικές ιδιότητες και δεν προσβάλλεται από την υγρασία. Χρησιμοποιείται στην παρασκευή μονωτικών λεπτοκονιαμάτων γνωστά ως περλιτικά επιχρίσματα. Ανήκει στα ελαφροβαρή αδρανή.

1.4.5.4. Σκωρίες υψικαμίνων

Αυτές λαμβάνονται κατά την παραγωγή χυτοσιδήρου στις υψικαμίνους. Κύρια συστατικά τους είναι η πυριτία (SiO_2), το οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3), το οξείδιο του ασβεστίου (CaO) και άλλα οξείδια σε μικρότερες ποσότητες. Το υλικό αυτό διέρχεται από θραυστήρες και κόσκινα και χρησιμοποιείται σαν άμμος ή σαν σκύρα ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε έργου.

Η μορφή της άμμου επιτυγχάνεται από την απότομη ψύξη της ρευστής σκουρίας μέσα στο νερό. Η απότομη ψύξη εμποδίζει την κρυστάλλωση και κατακερματίζει το υλικό σε λεπτούς κόκκους άμμου. Η άμμος αυτή είναι πολύ πορώδης (60-40%) και κατά συνέπεια υδατοαπορροφητική. Δεν επηρεάζεται από την υγρασία και τον παγετό. Αν λειοτριβηθεί σε λεπτότητα τσιμέντου, αποτελεί υδραυλική κονία, η οποία ενεργοποιείται όταν αναμιχθεί με άσβεστο.

1.4.5.5. Ελαφροβαρή αδρανή

Τα ελαφροβαρή αδρανή έχουν χρησιμοποιηθεί ως μερικοί ή ολικοί αντικαταστάτες της άμμου στα κονιάματα για πολλά χρόνια. Αδρανή από την κατηγορία αυτή χρησιμοποιήθηκαν σε κονιάματα που χρονολογούνται από τη Ρωμαϊκή εποχή και έχουν ως βάση ηφαιστειακά υλικά, κίσηρη, κλπ. Σήμερα κυρίως χρησιμοποιείται περλίτης, ο οποίος εξάγεται από την Ελλάδα σε πολλές χώρες της Ευρώπης, καθώς επίσης και βερμικουλίτης για ειδικά ελαφροβαρή κονιάματα στο χώρο των πυριμάχων και διογκωμένη πολυστερίνη για εσωτερικά και εξωτερικά επιχρίσματα. Η καταλληλότητα των ελαφροβαρών αδρανών για χρήση σε κονιάματα έγκειται στην κατάλληλη πυκνότητα, στην πυραντίσταση, στην ανθεκτικότητα και την αντοχή τους. (Καραβίτη Ελ,2003)

1.5. ΝΕΡΟ ΣΤΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

Το νερό με την κονία αποτελούν τα δύο ενεργά συστατικά του κονιάματος. Συμπληρώνει δηλαδή μαζί με την κονία και τα αδρανή, το τρίτο συστατικό των κονιαμάτων. Παίρνει μέρος σε μία σειρά χημικών αντιδράσεων που οδηγούν (με τη δημιουργία ένυδρων κρυστάλλων) στην πήξη και σκλήρυνση του μείγματος. Για το λόγο αυτό πρέπει να περιέχει όσο το δυνατόν λιγότερα συστατικά που μπορεί να επηρεάσουν τις χημικές αντιδράσεις. Ο ρόλος του νερού στα κονιάματα είναι διπλός. Ένα μέρος του χρησιμοποιείται για την παρασκευή του κονιάματος και καταναλώνεται στις χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά την πήξη της κονίας (άσβεστος, τσιμέντο κλπ.). Το υπόλοιπο μέρος χρησιμεύει στη διαβροχή των κόκκων των αδρανών και στην αύξηση της πλαστικότητας και εργασιμότητας του κονιάματος. Αυτό το μέρος επιδρά στις ιδιότητες του κονιάματος. Μικρή ποσότητα δημιουργεί κονίαμα

στεγανό και δυσκολοκατέργαστο, αλλά αυξημένης μηχανικής αντοχής και στεγανότητας, ενώ αντιθέτως, μεγάλη ποσότητα το κάνει πλαστικό ως υδαρές και ευκολοκατέργαστο, αλλά συγχρόνως, ελαττώνει την αντοχή του και τη στεγανότητά του. Επομένως, το νερό σε κατάλληλη ποσότητα είναι απαραίτητο για να δώσει στο κονίαμα την απαιτούμενη πλαστικότητα και εργασιμότητα. Η συνολική ποσότητα του νερού λοιπόν παίζει σημαντικό ρόλο και στη μηχανική αντοχή και στις υπόλοιπες ιδιότητες του κονιάματος. Όταν γενικά δεν είναι επαρκής, παραμένει μια ποσότητα κονιάς ανενεργή, με αποτέλεσμα να έχουμε μερική μόνο σύνδεση των αδρανών. Όταν δε η ποσότητα του νερού είναι μεγαλύτερη από την συνολικά απαιτούμενη, δεν απορροφάται από την κονία και τα αδρανή, αλλά μένει ελεύθερη μέσα στη μάζα του υλικού. Το αρνητικό σ' αυτή την περίπτωση είναι ότι μετά την εξάτμιση του νερού δημιουργούνται πόροι και κοιλότητες μειώνοντας τη συνοχή και τις αντοχές του κονιάματος.

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ποσότητας νερού σε ένα κονίαμα, όπως θα δούμε παρακάτω, πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι δύο ρόλοι του νερού στο κονίαμα, αλλά επίσης, πρέπει να υπολογιστεί και η ποσότητα που μένει αναπόφευκτα ελεύθερη μέσα στη μάζα του υλικού καθώς και εκείνη που εξατμίζεται κατά την παρασκευή, διάστρωση και πήξη.

1.5.2. Απαιτούμενη ποσότητα H_2O

Όπως αναφέρθηκε, σε περίπτωση που η ποσότητα του νερού είναι μικρότερη από την απαραίτητη, παραμένει μια ποσότητα κονιάς ανενεργή με αποτέλεσμα να μην δημιουργηθεί ολική σύνδεση των αδρανών. Από την άλλη μεριά, όταν είναι μεγαλύτερη, παραμένει μια ποσότητα νερού ελεύθερη μέσα στη μάζα του υλικού μετά την πήξη και σκλήρυνση του κονιάματος. Η ποσότητα αυτή γεμίζει το χώρο που μετά την εξάτμισή της θα αφήσει πόρους και τριχοειδείς

κοιλότητες που επηρεάζουν σημαντικά τις τελικές μηχανικές αντοχές του κονιάματος. (Καραβίτη Ελ, 2003)

Η απαιτούμενη ποσότητα νερού για την παρασκευή του κονιάματος είναι:

$$N = N_{\chi} + N_{\kappa} + N_{\alpha\delta} + N_{\alpha\pi} + N_{\epsilon}$$

Όπου :

N_{χ} = η ποσότητα νερού που ενώνεται χημικά με την κονία (ενυδάτωση)

N_{κ} = η ποσότητα νερού που ενώνεται κρυσταλλικά με την κονία

$N_{\alpha\delta}$ = η ποσότητα νερού που απορροφούν οι κόκκοι των αδρανών

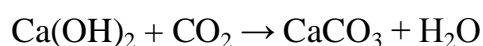
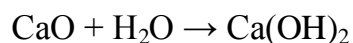
$N_{\alpha\pi}$ = η ποσότητα νερού που εξατμίζεται

N_{ϵ} = η ποσότητα νερού που παραμένει ελεύθερη μέσα στους πόρους του κονιάματος

1.5.3. Ενυδάτωση και κρυστάλλωση των συστατικών της κονίας

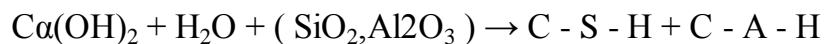
Όταν τα συστατικά της κονίας έρθουν σε επαφή με το νερό αρχίζει η ανάπτυξη σειράς χημικών αντιδράσεων κατά τις οποίες τα συστατικά αυτά ενώνονται με τα μόρια του νερού και σχηματίζουν καινούργιες χημικές ενώσεις, όπως φαίνεται παρακάτω :

Στην περίπτωση της ασβέστου έχουμε:



Στην περίπτωση υδραυλικών (ποζολανικών) κονιαμάτων, τα πυριτικά ή τα αργιλοπυριτικά υλικά έχουν την ιδιότητα να ενώνονται με την υδράσβεστο Ca(OH)_2 και να σχηματίζουν ένυδρες ασβεστοπυριτικές ενώσεις που με το

χρόνο σκληραίνουν και αποκτούν μικρές ή μεγαλύτερες αντοχές. Σε αυτήν περίπτωση έχουμε :



Όπου το H συμβολίζει το H_2O , και:

$\text{C} - \text{S} = 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (πυριτικό τριασβέστιο) ή $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (πυριτικό διασβέστιο)

$\text{C} - \text{A} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (αργιλικό τριασβέστιο)

Η ποσότητα του νερού (N_{χ} και N_k) που απαιτείται για τις χημικές αντιδράσεις είναι ανάλογη προς το είδος της κονιάς, που περιέχει το κονιάμα. Για το τσιμέντο Portland απαιτούνται περίπου 22 ως 23 λίτρα νερού για την πήξη 100kg τσιμέντου ή 0,22 m³ ως 0,23 m³ για την πήξη 1t τσιμέντου.

1.5.4. Ποσότητα H_2O που δεσμεύεται από τα αδρανή

Εφόσον οι κόκκοι των αδρανών δεν είναι κορεσμένοι σε νερό, μια ποσότητα νερού θα προσροφηθεί σ' αυτούς. Η ποσότητα αυτή εξαρτάται από τη φύση των κόκκων του πετρώματος, από την ολική επιφάνειά τους και από την υγρασία που υπάρχει σε αυτούς. Η ποσότητα του προσροφούμενου νερού ($N_{\alpha\delta}$) είναι ανάλογη με την ειδική επιφάνεια των κόκκων και επομένως αυξάνεται σημαντικά όσο μικραίνει η διάμετρος των κόκκων (οι κόκκοι μικρής διαμέτρου, λόγω μεγαλύτερης ειδικής επιφάνειας, προσροφούν πιο γρήγορα το νερό και επιταχύνουν την πήξη του κονιάματος).

Λόγος νερού προς τσιμέντο $W = N / T$ Θλιπτική αντοχή σε kp/cm^2

1.5.5. Απώλειες νερού

Οι αναπόφευκτες απώλειες νερού πρέπει να προστίθονται στον υπολογισμό της ποσότητας του νερού. Η κύρια τέτοια απώλεια είναι το νερό που εξατμίζεται είτε κατά τη διάρκεια της παρασκευής και μεταφοράς είτε κατά τη διάστρωση. Η ποσότητα αυτή (N_{ap}) εξαρτάται από την υγρασία και τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Άλλη αιτία απώλειας είναι η απορρόφηση νερού από τον ξυλότυπο και από τους λίθους. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με διαβροχή των λίθων και των ξυλοτύπων πριν τη διάστρωση.

Οι παραπάνω περιπτώσεις έχουν αρκετή σημασία. Πρέπει να αντιμετωπίζονται κατάλληλα ώστε να αποφεύγονται ρωγματώσεις ή έλλειψη νερού για την ολοκλήρωση της ενυδάτωσης.

1.5.6. Ποσότητα H_2O που παραμένει ελεύθερο στους πόρους

Εκτός από τις παραπάνω περιπτώσεις, ορισμένη ποσότητα νερού είναι αναπόφευκτο να παραμείνει ελεύθερη μέσα στη μάζα του υλικού και μετά την πήξη και σκλήρυνση του κονιάματος (N_e). Η ποσότητα αυτή επηρεάζει αρκετά τις μηχανικές ιδιότητες τις συστολές ενυδατώσεως του κονιάματος και όσο μικρότερη είναι τόσο το καλύτερο. (Μωχάμεντ Μ, 1996)

Παρ'όλα αυτά, όμως, η περίσσεια νερού είναι αναπόφευκτη και αναγκαία. Πρώτον διότι, όπως είναι φανερό, δεν είναι δυνατή η ομοιόμορφη κατανομή του νερού μέσα στο μίγμα κατά τη διάρκεια της ανάμιξης και σκλήρυνσης. Δεύτερον διότι είναι αναγκαίο το μίγμα να έχει μια συγκεκριμένη ρευστότητα για να μπορεί να μεταφερθεί και να έχει την ικανότητα να γεμίζει τους πόρους ανάμεσα στους λίθους και ανάμεσα στους ξυλότυπους.

1.5.7. Καθαρότητα νερού

Το νερό αναμείξεως δεν πρέπει να περιέχει συστατικά ή χημικές ενώσεις, που μπορούν να επηρεάσουν τις αντιδράσεις που πραγματοποιούνται μεταξύ κονίας και νερού κατά την πήξη και την σκλήρυνση του κονιάματος όπως οξέα, οργανικές ουσίες, λάδια και ζάχαρη. (Wendehorst R,1975)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΝΤΟΧΩΝ

2.1. Δοκιμή Μονοαξονικής Θλίψης

Η δοκιμή μονοαξονικής θλίψης σε κυβικά δοκίμια είναι η συνηθέστερη δοκιμή στα κονιάματα. Η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη (C_o) υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση F_{max} / A , όπου F_{max} είναι το μέγιστο φορτίο που δέχθηκε το φορτίο μέχρι να αστοχήσει και A είναι η επιφάνεια που υπολογίζεται από τις πλευρές του δοκιμίου.

Υπάρχει ένας αριθμός εξωτερικών παραγόντων που επηρεάζουν σημαντικά τις δοκιμές, που είναι:

- Γεωμετρία των δοκιμίων:
- Σχήμα
- Λόγος ύψους – διαμέτρου
- Μέγεθος
- Συντελεστή τριβής μεταξύ δίσκων φόρτισης και επιφάνειας δοκιμίων
- Ρυθμός φόρτισης
- Περιβάλλον

Για αυτό το λόγο οι παραπάνω εξωτερικοί παράγοντες θα πρέπει να καθορίζονται και συσχετίζονται έτσι ώστε οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα της δοκιμής να είναι αξιοποιήσιμα και ρεαλιστικά (Vutukuri et al., 1974).

2.2. Επίδραση Μηχανισμών Φόρτισης

Στις εργαστηριακές δοκιμές μονοαξονικής θλίψης απαιτείται η ύπαρξη ειδικού εξοπλισμού που έχει την δυνατότητα να ασκεί φορτία και να καταγράφει τιμές των φορτίων και παραμορφώσεων κατά την διάρκεια της δοκιμής. Ο εξοπλισμός αυτός πρέπει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα όργανα και συσκευές (Αγιουτάντης, 2002):

- Συσκευή δοκιμής. Η συσκευή πρέπει να μπορεί να επιβάλλει σταθερό ρυθμό φόρτισης στο δοκίμιο και συγχρόνως να έχει την δυνατότητα να μετρήσει και να καταγράψει το επιβαλλόμενο φορτίο.
- Πλάκες φόρτισης. Οι πλάκες φόρτισης χρησιμεύουν στο να μεταφέρουν το φορτίο στο δοκίμιο και πρέπει να είναι παράλληλες μεταξύ τους. Στην περίπτωση που υπάρχει σφαιρική κεφαλή έδρασης που δεν πληροί τις προδιαγραφές, θα πρέπει να αφαιρεθεί ή να στερεωθεί στην οριζόντια θέση.
- Χαλύβδινοι δίσκοι. Οι δίσκοι (platens) τοποθετούνται ανάμεσα στις πλάκες φόρτισης και στο δοκίμιο και αποσκοπούν στο να ελαττώσουν την υπερβολική πλευρική παραμόρφωση του δοκιμίου λόγω των δυνάμεων τριβής στα σημεία επαφής. Η σκληρότητα των δίσκων (στην κλίμακα Rockwell) πρέπει να είναι μεγαλύτερη από HRC58 και η διάμετρος τους να είναι μεταξύ D και $D + 2 \text{ mm}$, όπου D η διάμετρος των δοκιμίων. Το πάχος των δίσκων θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 15 mm ή $D / 3$ και οι παράλληλες επιφάνειες τους πρέπει να έχουν ανοχή μικρότερη από 0.005 mm.
- Σφαιρική κεφαλή έδρασης. Η σφαιρική κεφαλή έδρασης πρέπει να βρίσκεται στο πάνω μέρος του δοκιμίου και ο άξονας της πρέπει να είναι ευθυγραμμισμένος με τον άξονα του δοκιμίου και το κέντρο της πλάκας φόρτισης. Αν η μηχανή δοκιμής δεν διαθέτει σφαιρική κεφαλή έδρασης, τότε ένας από τους δύο χαλύβδινους δίσκους πρέπει να έχει αυτή την δυνατότητα.

2.3. Τριβή μεταξύ δίσκων φόρτισης και δοκιμίων

Η παραδοχή της ομοιόμορφης κατανομής τάσης σε ένα δοκίμιο συχνά δεν περιγράφει αξιόπιστα την πραγματική εντατική κατάσταση του δοκιμίου, λόγω των δυνάμεων τριβής που αναπτύσσονται στα επίπεδα επαφής με τις πλάκες φόρτισης. Πιο συγκεκριμένα, λόγω της τριβής, μεταβάλλεται η πλευρική ένταση του δοκιμίου στις περιοχές των πλακών φόρτισης. Όταν ο συντελεστής τριβής είναι μεγάλος, τότε οι πλευρές του δοκιμίου παρουσιάζουν μία κυρτότητα, ενώ σε περιπτώσεις πολύ χαμηλού συντελεστή τριβής που επιτυγχάνεται με προσθήκες πλαστικών υλικών ανάμεσα από τις πλάκες και το δοκίμιο, οι πλευρές του δοκιμίου μπορεί να πάρουν ένα κοίλο σχήμα. Οι συνθήκες ομοιόμορφης φόρτισης επιτυγχάνονται μόνο όταν οι πλάκες φόρτισης παρακολουθούν την παραμόρφωση του δοκιμίου (Αγιουτάντης, 2002).

2.4. Μηχανή άσκησης θλιπτικών φορτίων

Για τις δοκιμές θλιπτικής αντοχής των κυλινδρικών δοκιμίων χρησιμοποιήθηκε μία άκαμπτη μηχανή άσκησης θλιπτικών φορτίων Model 315.01 (Εικόνα 2.1), με δυνατότητα φόρτισης τόσο με έλεγχο φορτίου (load control) όσο και με έλεγχο μετατόπισης (displacement control). Η συγκεκριμένη μηχανή έχει δυνατότητα μέτρησης και καταγραφής τόσο των ασκούμενων δυνάμεων όσο και των παραμορφώσεων με την χρήση κατάλληλων υπολογιστών με τα απαραίτητα λογισμικά (Εικόνα 2.2). Έχει την δυνατότητα ασκήσεως των περισσότερων δοκιμών που απαιτούνται για των προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων των πετρωμάτων και παρεμφερών υλικών, όπως:

- Δοκιμή σε θλίψη
- Τριαξονική δοκιμή
- Δοκιμή έμμεσου εφελκυσμού
- Δοκιμή σε κάμψη.

Στο πειραματικό μέρος της παρούσας εργασίας εκτελέστηκε η δοκιμή σε μοναξονική φόρτιση για τον προσδιορισμό του Μέτρου Ελαστικότητας και της αντοχής σε θλίψη των υλικών σύμφωνα με τα παγκόσμια πρότυπα που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Οι δοκιμές στα κυλινδρικά δοκίμια έγιναν με έλεγχο μετατόπισης και πιο συγκεκριμένα με ρυθμό φόρτισης 0,0075 mm/sec.

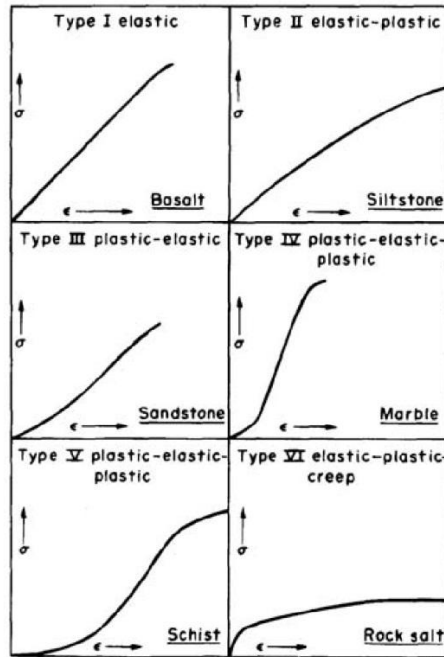


Εικόνα 2.1: Υδραυλική πρέσα μονοαξονικής θλίψης

Εικόνα 2.2. Σύστημα καταγραφής και ελέγχου

2.5. Διαγραμμα τάσης-παραμόρφωσης

Σύμφωνα με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω και αφού έχουν κατασκευαστεί τα δοκίμια υποβάλλονται σε δοκιμή μονοαξονικής θλίψης. Τα δοκίμια φορτίζονται είτε με έλεγχο του φορτίου (load control) είτε με έλεγχο μετατόπισης (displacement control) κατά τον διαμήκη άξονά τους και συγχρόνως καταγράφεται η αντίστοιχη ανηγμένη παραμόρφωση που υφίστανται. Οι παραμορφώσεις αυτές προκύπτουν μετά από μετρήσεις διαστολής ή/ και συστολής των υλικών, οι οποίες επιτυγχάνονται με μηχανικά (strain gages), είτε με ηλεκτρικά μηχανοσκόπια (electrical strain gages) κατά τη διαμήκη και εγκάρσια διεύθυνση του δοκιμίου, είτε μετρώντας τη σύγκλιση των πλακών, από τις οποίες εφαρμόζεται η θλιπτική τάση στο δοκίμιο. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να κατασκευαστεί η καμπύλη τάσης - παραμόρφωσης (stress – strain curve) για κάθε δοκίμιο και κατά επέκταση του κονιάματος από το οποίο προήρθε το δοκίμιο. Η καμπύλη αυτή αποτελείται συνήθως από δύο κλάδους, τον κλάδο μέχρι την διαρροή ή θραύση του δοκιμίου και τον φθίνοντα κλάδο μετά την διαρροή ή θραύση του δοκιμίου. Έτσι, διακρίνονται καμπύλες που περιγράφουν είτε ελαστική συμπεριφορά, είτε πλαστική συμπεριφορά, είτε συνδυασμό και των δύο. Στο Σχήμα 2.3 παρουσιάζονται τυπικές μορφές τέτοιων συναρτήσεων που προκύπτουν από πειράματα σε διάφορα πετρώματα (Αγιουτάντης, 2002).



Σχήμα 2.3. Καμπύλες που περιγράφουν είτε ελαστική συμπεριφορά, είτε πλαστική συμπεριφορά, είτε συνδυασμό και των δύο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

3.1. Περιθλασιμετρία ακτίνων X (XRD)

Η ορυκτολογική ανάλυση δειγμάτων από τα κονιάματα πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο περιθλασιμετρίας ακτίνων-X (XRD). Σαν ακτίνες-X εννοούνται συνήθως οι ακτίνες εκείνες που καλύπτουν το μέρος του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που βρίσκεται μεταξύ 0,1 και 100 °Å (Κωστάκης, 1999). Το περιθλασίμετρο ακτίνων-X που χρησιμοποιήθηκε είναι τύπου D8 Advance της εταιρίας Bruker .

Με τη μέθοδο περιθλασιμετρίας ακτίνων-X είναι δυνατή η απευθείας μέτρηση των γωνιών και μέσω αυτών των τιμών d , που είναι οι ενδοκρυσταλλικές αποστάσεις μεταξύ των κρυσταλλογραφικών επιπέδων, και των εντάσεων των ανακλάσεων των ακτίνων-X που προσπίπτουν πάνω σε ένα παρασκεύασμα κρυσταλλικής κόνεως. Οι τιμές d και οι εντάσεις είναι χαρακτηριστικές για κάθε κρυσταλλικό υλικό και συμβάλουν στο χαρακτηρισμό τους (Κωστάκης, 1999).

Οι βασικές μονάδες που συνθέτουν ένα σύγχρονο περιθλασίμετρο ακτίνων-X είναι η μονάδα παραγωγής της υψηλής τάσης, η λυχνία των ακτίνων-X, το γωνιόμετρο (εικ.3.1), ο απαριθμητής των ακτίνων-X με την ηλεκτρονική μονάδα επεξεργασίας και καταγραφής των κρούσεων και τέλος η μονάδα του μικροϋπολογιστή μέσω του οποίου καθοδηγείται ολόκληρο το σύστημα και αξιολογούνται τα δεδομένα που προκύπτουν από την εξέταση του δείγματος .

Το προς ανάλυση δείγμα ευρίσκεται υπό μορφή κόνεως μέσα στην κοιλότητα ενός μεταλλικού ή πλαστικού πλακιδίου. Η κοιλότητα αυτή έχει βάθος περίπου 1mm και έκταση μερικών cm² έτσι που να προσφέρει χώρο για μάζας δείγματος της τάξης του 1 g, την οποία κατανέμουμε έτσι στη κοιλότητα του

πλακιδίου ώστε να σχηματίζει επίπεδη επιφάνεια. Το επίπεδο αυτό παρασκευάσμα τοποθετείται στο δειγματοφορέα του γωνιομέτρου του περιθλασιμέτρου ο οποίος βρίσκεται σε τέτοια θέση ώστε να παραμένει πάντα στο κέντρο του κύκλου που διαγράφει ο απαριθμητής των ακτίνων-X. Ο απαριθμητής περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα $2\theta/\text{min}$ ενώ το επίπεδο του δείγματος με γωνιακή ταχύτητα θ/min . Αυτό συμβαίνει διότι με τη σύγχρονη μετατόπιση του απαριθμητή και την περιστροφή του δείγματος σκόπιμο είναι ο απαριθμητής να σχηματίζει την ίδια γωνία ως προς το επίπεδο του δείγματος, όπως και με το σημείο εξόδου των ακτίνων-X της λυχνίας. Με τον τρόπο αυτό γίνεται δυνατή η καταγραφή των ακτίνων που πληρούν την εξίσωση BRAGG (Κωστάκης, 1999).

Λυχνία

ανιχνευτής

Ακτίνων-X

Κύκλος-εστίασης

Δείγμα

Εικόνα 3.1: Σχηματική παράσταση γωνιομέτρου .

3.2. Εξίσωση BRAGG

Κατά τον W.L.BRAGG η περίθλαση των ακτίνων-X στους κρυστάλλους ερμηνεύεται σαν ανάκλαση των ακτίνων-X, οι οποίες προσπίπτουν υπο ορισμένη γωνία στα πλεγματικά επίπεδα του κρυστάλλου.

Η ανάκλαση των ακτίνων-X διαφέρει από την ανάκλαση του ορατού φωτός λόγω της μεγάλης ικανότητας διείσδυσης της προσπίπτουσας δέσμης των ακτίνων-X στον κρύσταλλο, η οποία διαπερνά ένα μεγάλο αριθμό πλεγματικών επιπέδων πριν να απορροφηθεί (εικ.3.2).

A1 A2



Εικόνα 3.2: Περίθλαση των ακτίνων-X σύμφωνα με την εξίσωση του BRAGG

Στην εικόνα 3.2 φαίνονται δύο παράλληλες ακτίνες-X που προσπίπτουν με γωνία θ πάνω στα πλεγματικά επίπεδα.

$Z\Gamma + \Gamma\Delta = 2Z\Gamma$. Δεδομένου ότι για το τρίγωνο BZΓ ισχύει $Z\Gamma = B\Gamma$ ημ $\theta = d$ ημ θ , προκύπτει η σχέση :

$n\lambda = 2d \eta\mu\theta$, εξίσωση του Bragg όπου λ : μήκος κύματος

d : πλεγματική απόσταση των ενδοκρυσταλλικών επιπέδων του κρυστάλλου

θ : γωνία πρόσπτωσης

n : τάξη ανάκλασης

Η συνηθέστερη λυχνία ακτίνων-X είναι του χαλκού (Cu) με μήκος κύματος $\approx 1,54\text{\AA}$.

3.3. Αξιολόγηση διαγραμμάτων περιθλασιμετρίας ακτίνων-X

Τα διαγράμματα περιθλασιμετρίας ακτίνων-X (κρούσεις (counts) ως προς την γωνία ανάκλασης), αξιολογούνται με ειδικό λογισμικό της εταιρίας SOCABIM, το Diffrac Plus. Το λογισμικό προσδιορίζει αυτόματα τις γωνίες περίθλασης, μετατρέποντας τις σε τιμές d (ενδοκρυσταλλικές αποστάσεις του κρυστάλλου) με τις αντίστοιχες εντάσεις (Κωστάκη,1999).

Η ταυτοποίηση των κρυσταλλικών φάσεων γίνεται με την βοήθεια της βάσης δεδομένων PDF (Powder Diffraction File), στην οποία υπάρχουν δεδομένα όλων των γνωστών κρυσταλλικών φάσεων, ανόργανων και οργανικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4.1. Παραγωγή υδραυλικής κονίας

Στο πρώτο στάδιο του πειραματικού μέρους πραγματοποιήθηκε η σύνθεση του λαρνίτη. Ο λαρνίτης (Ca_2SiO_4) προέκυψε ύστερα από ανάμειξη καθαρού πορτλανδίτη με χαλαζία (SiO_2), με βάση τη στοιχειομετρία του λαρνίτη (CaO 65,12%, SiO_2 34,88%). Για να πραγματοποιηθεί η σύνθεση, αφού έγινε ομοιογενοποίηση του υλικού, πραγματοποιήθηκε έψηση σε θερμοκρασία 900 °C με χρόνο αναμονής 20 ώρες. Η αντίδραση για την σύνθεση λαρνίτη περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση(4.1),

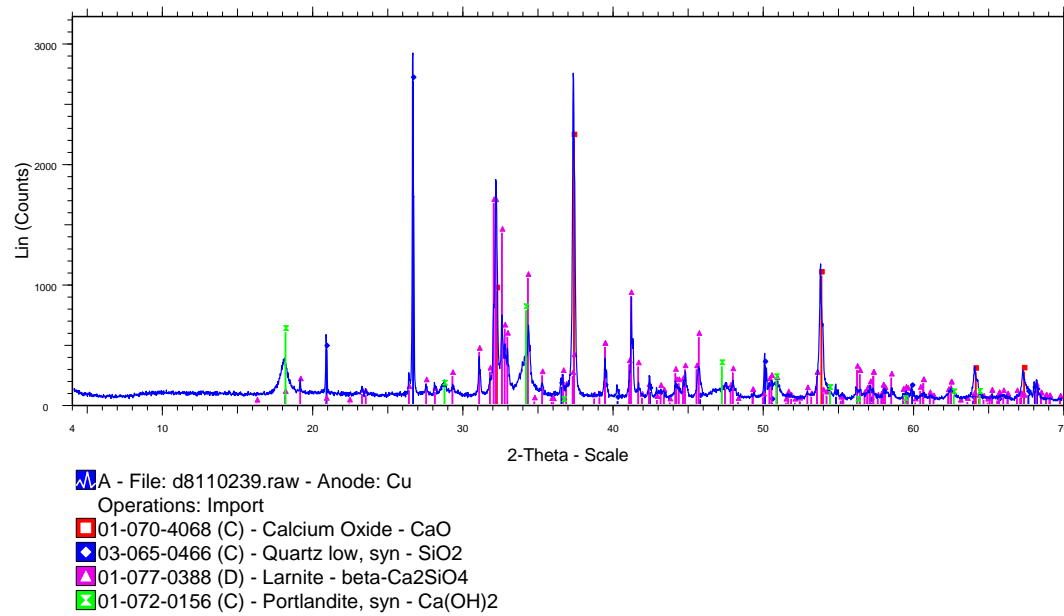


ή



Οι μηχανισμοί σύνθεσης και ανάμειξης του λαρνίτη περιγράφονται λεπτομερώς από την Αποστολάκη (2011).

Έπειτα από δειγματοληψία και ποσοτική ανάλυση της κονίας της οποίας προέκυψε από την παραπάνω ανάμειξη, γίνεται γνωστό ότι η κονία αποτελείται από ~50% λαρνίτη και ~50% πορτλανδίτη. Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα από την μέθοδο περιθλασιμετρίας από την αναμειγμένη κονία (σχήμα 4.1).



A

Σχήμα 4.1 ποσοτική ανάλυση αναμειγμένης κονίας

4.2. Διαφοροποίηση της υδραυλικής κονίας

Στο δεύτερο στάδιο διαφοροποιήσαμε την αρχική κονία, η οποία προέκυψε από την έψηση(Κεφάλαιο 4.1.), με περιεκτικότητα ~50% λαρνίτη και ~50% πορτλανδίτη, σε κονία υψηλότερης περιεκτικότητας σε πορτλανδίτη (25% λαρνίτη, 75% πορτλανδίτη). Επιπλέον κατασκευάστηκε ακόμη μία κονία η οποία αποτελούνταν εξολοκλήρου από καθαρό πορτλανδίτη. Στον παρακάτω πίνακα 4.2. ονοματοποιούμε τις τρεις υδραυλικές κονίες οι οποίες προέκυψαν με βάση την περιεκτικότητά της σε λαρνίτη και πορτλανδίτη.

Πίνακας 4.2. Ονοματολογίας διαφοροποιημένων κονιών

Κονία	Όνομα	Λαρνίτης %	Πορτλανδίτης %
1	CstA	50	50
2	CstB	25	75
3	CstC	0	100

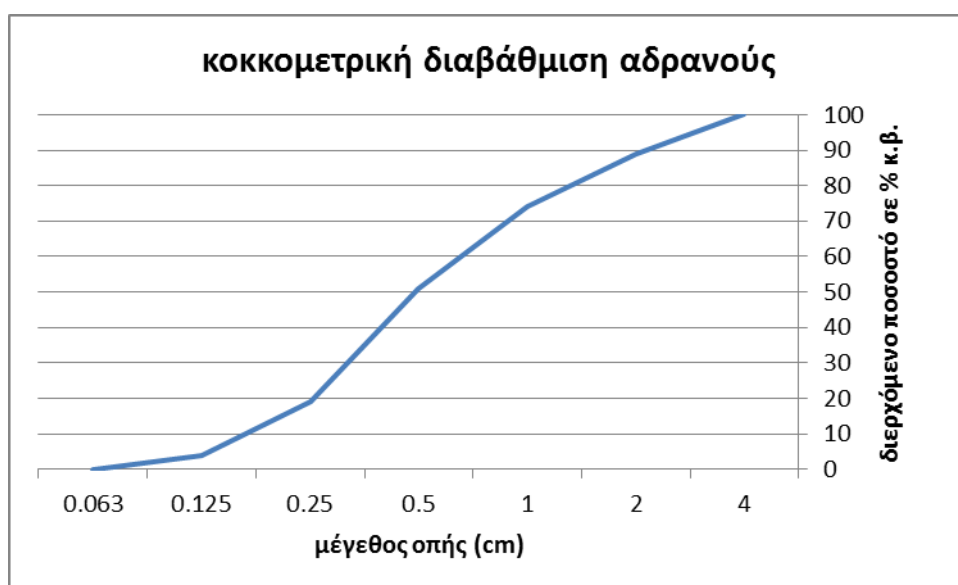
4.3. Κατασκευή κονιαμάτων

Στο τρίτο στάδιο κατασκευάστηκαν κονιάματα από τα τρία είδη κονιών(CstA, CstB και CstC), τα οποία χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένη αναλογία κονίας, προς αδρανές χαλαζιακό υλικό και νερό. Η αναλογία όπου χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των κονιαμάτων είναι, κονία : αδρανές : νερό, 1 : 2 : 0,5ml αντίστοιχα.

Το αδρανές υλικό αποτελείται από χαλαζιακή διαβαθμισμένη άμμο της οποίας η επεξεργασία έγινε στο εργαστήριο. Δεν χρησιμοποιήθηκε ασβεστολιθική άμμος, δεδομένου ότι σχηματίζεται ασβεστίτης στο τελικό κονίαμα, ο οποίος

δεν θα μπορούσε να αξιολογηθεί και να διαφοροποιηθεί από τον πρωτογενή ασβεστίτη και το ασβεστολιθικό αδρανές.

Κατά την διαδικασία διαβάθμισης του αδρανούς χρησιμοποιήθηκαν τα κόσκινα με φθίνουσα σειρά , 4mm, 2mm, 1mm, 500μm, 250μm, 125μm, 63μm. Στο σχήμα 4.3 δίνεται η κοκκομετρική καμπύλη που επιλέχτηκε για τα αδρανή, η οποία ικανοποιεί το πρότυπο EN 13139.



Σχήμα 4.3. Κοκκομετρική διαβάθμιση του αδρανούς υλικού

Βάση της αναλογίας, υπολογίσαμε ότι η ποσότητες που αντιστοιχούν είναι 525ml κονίας με 1050ml αδρανούς υλικού και 100 ml νερού για το κάθε κονίαμα από τα τρία.

Για να διευκολύνουμε την διαδικασία, μετατρέψαμε τα ml της κονίας και του αδρανούς υλικού σε γραμμάρια. Η μετατροπή έγινε με τη βοήθεια

βαθμονομημένου δοχείου σε μονάδες ml και μίας ζυγαριάς ακριβείας σε δύο βασικά βήματα.

- Στο πρώτο βήμα υπολογίζουμε το βάρος του αδρανούς διαβαθμισμένου υλικού. Οπότε ζυγίζουμε 1050 ml αδρανούς υλικού και το αποτέλεσμα είναι 1750g.
- Στο δεύτερο βήμα εφαρμόζουμε παρόμοια διαδικασία και για τον υπολογισμό της κονιάς. Τοποθετούμε 100 ml κονιάς σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα και ζυγίζουμε το καθαρό βάρος. Έστερα ανάγουμε με μέθοδο των τριών για να υπολογίσουμε το βάρος της κονιάς που αντιστοιχεί στα 525 ml. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται δύο φορές για την αποφυγή σφαλμάτων.

Ενώ το πρώτο βήμα για τον υπολογισμό του αδρανούς υλικού παραμένει ίδιο και για τα τρία κονιάματα, το δεύτερο βήμα πρέπει να επαναλαμβάνεται εξ αρχής για την κάθε διαφοροποιημένη κονία. Και αυτό συμβαίνει για το λόγο ότι έχουμε διαφοροποιήσει την αρχική κονία σε δύο κονίες ακόμη, με αποτέλεσμα να έχουν διαφορετική περιεκτικότητα σε λαρνίτη και πορτλανδίτη μεταξύ τους και άρα και διαφορετική πυκνότητα. Με αυτό το τρόπο υπολογίζουμε το βάρος της κονιάς που αντιστοιχεί σε 525 ml κονιάς κάθε φορά στην αντίστοιχο κονίαμα (πίνακας 4.3).

Άρα, για την κατασκευή κονιάματος CstA χρησιμοποιήσαμε:

- 479 g κονιάς CstA
- 1750 g αδρανούς
- 262,5 ml νερό

Για την κατασκευή κονιάματος CstB χρησιμοποιήσαμε:

- 367,5 g κονιάς CstB
- 1750 g αδρανούς
- 262,5 ml νερό

Για την κατασκευή κονιάματος CstC χρησιμοποιήσαμε:

- 267,2 g κονιάς CstC
- 1750 g αδρανούς
- 262,5 ml νερό

Πίνακας 4.3. Αναλογίες υλικών για την κατασκευή των κονιαμάτων

	CstA	CstB	CstC
Κονία (g)	479	367,5	267,2
Αδρανές (g)	1750	1750	1750
Νερό (ml)	262,5	262,5	262,5

Τα παραπάνω κονιάματα, τα οποία αμέσως μετά την κατασκευή τους βρίσκονταν σε παχύρευστη φάση, τοποθετήθηκαν σε ατσάλινες κυβικές μήτρες και σε μήτρες τύπου brazil, για την κατασκευή των δοκιμίων κατάλληλων για μονοαξονική θλιπτική φόρτιση και εφελκυστική φόρτιση τύπου Brazil αντίστοιχα. Τα κυβικά δοκίμια (Εικόνα 4.4) έχουν τάξη μεγέθους 5 cm ανά διάσταση, ενώ τα κυλινδρικά δοκίμια Brazil (Εικόνα 4.5) 4,5cm(διάμετρος) x 2,8 cm(ύψος).

Τα δοκίμια, εφόσον έχουν στερεοποιηθεί, ελευθερώνονται από τα καλούπια στις έξι μέρες. Έπειτα υποβάλλονται σε δοκιμές ανεμπόδιστης μονοαξονικής θλίψης και εφελκυσμού(τύπου Brazil) σε συγκεκριμένους χρόνους από την μέρα κατασκευής τους σε 7, 28, 60 και 90 ημέρες.



Εικόνα 4.4. Κυβικό δοκίμιο

Εικόνα 4.5. Δοκίμιο τύπου Brazil

4.4. Δειγματοληψία κονιάματος

Αμέσως μετά την κάθε δοκιμή, λαμβάνεται δείγμα από το δοκίμιο το οποίο έχει αστοχήσει. Το δείγμα φυλάσσεται, μετά από πλύση με ακετόνη προκειμένου να απομακρυνθεί το νερό του δείγματος, μέσα σε δοχείο με ακετόνη έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί σε αυτό ορυκτολογική αδράνεια. Σκοπός αυτού είναι να σταματήσει οποιαδήποτε χημική αντίδραση, λόγω της απομάκρυνσης του νερού και της απομόνωσης από το CO₂ του αέρα. Συγκεκριμένα, μόλις το δείγμα τοποθετηθεί στην ακετόνη διακόπτεται η αντίδραση ανθρακικοποίησης του πορτλανδίτη σε ασβεσίτη, καθώς και οι όποιες αντιδράσεις ενυδάτωσης, για το λόγο ότι η ακετόνη δεσμεύει το νερό το οποίο είναι απαραίτητο για την αντίδραση (4.4),

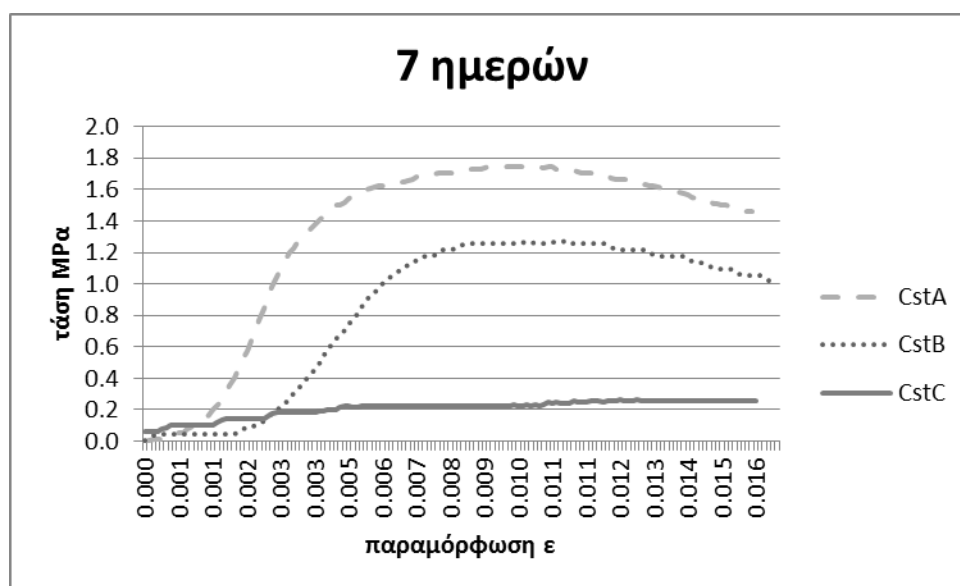


Σκοπός της λήψης και ανωτέρω επεξεργασίας των δειγμάτων αυτών είναι η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση με περιθλασιμετρία ακτίνων X. Τα δείγματα τοποθετούνται κατάλληλα σε αλουμινένιους δειγματοφορείς ύστερα από κοσκίνιση και παίρνεται η κοκκομετρία -63μ . Το κόσκινο το οποίο χρησιμοποιήθηκε είναι της τάξης 63μm έτσι ώστε να απομακρύνουμε την περίσσια χαλαζία με κοκκομετρία >63μm.

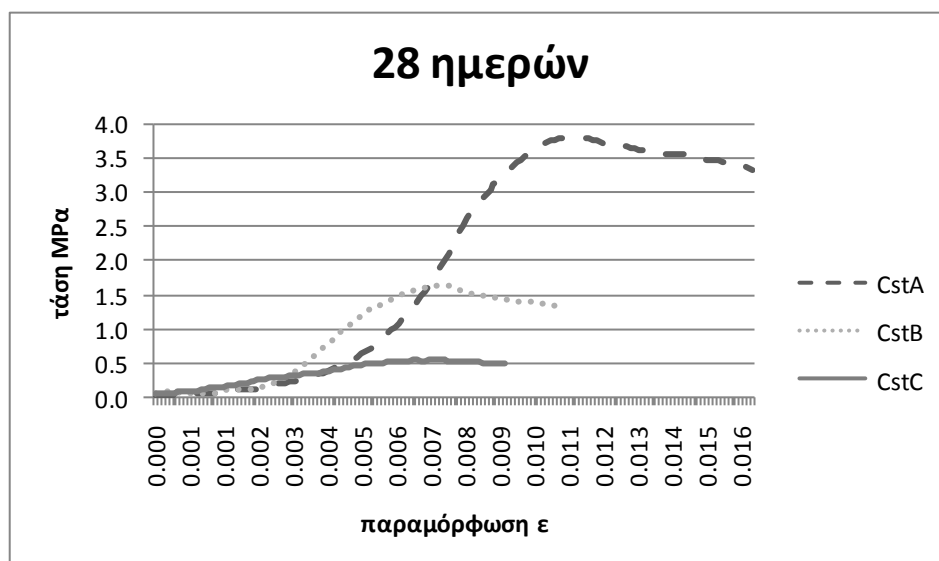
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΝΤΟΧΩΝ

5.1. Αποτελέσματα μονοαξονικών αντοχών

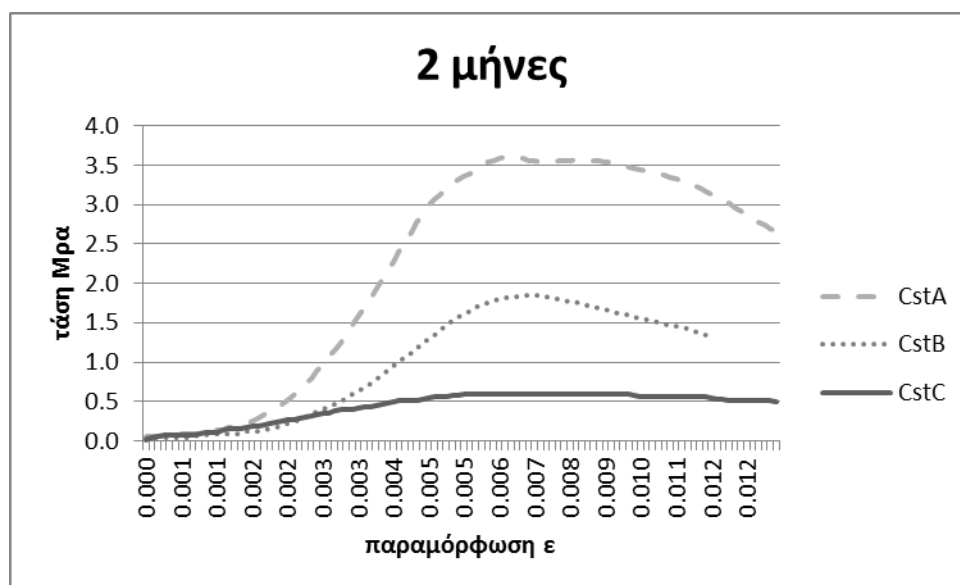
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μονοαξονικών θλιπτικών δοκιμών των δοκιμών σε διαγράμματα. Στα διαγράμματα αυτά παρουσιάζεται η μέση καμπύλη αντοχής από το κάθε είδος κονιάς όπου χρησιμοποιήθηκε στα κονιάματα, ταξινομημένα σε χρονικά διαστήματα 7, 28, 60 και 90 ημερών.



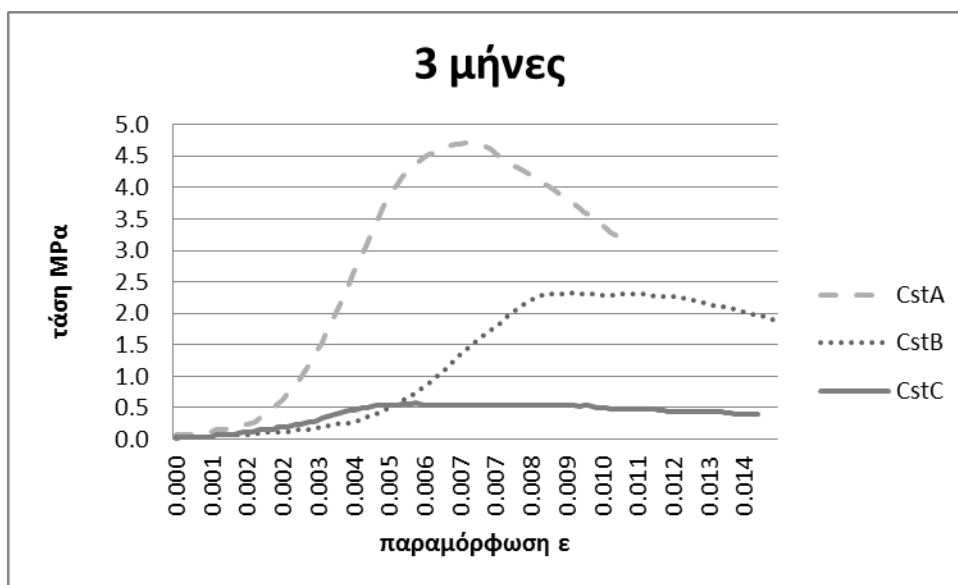
Σχήμα 5.1. Διάγραμμα τάσης συναρτήσει της παραμόρφωσης δοκιμών 7 ημερών



Σχήμα 5.2. Διάγραμμα τάσης συναρτήσει της παραμόρφωσης δοκιμίων 28 ημερών



Σχήμα 5.3. Διάγραμμα τάσης συναρτήσει της παραμόρφωσης δοκιμίων 60 ημερών

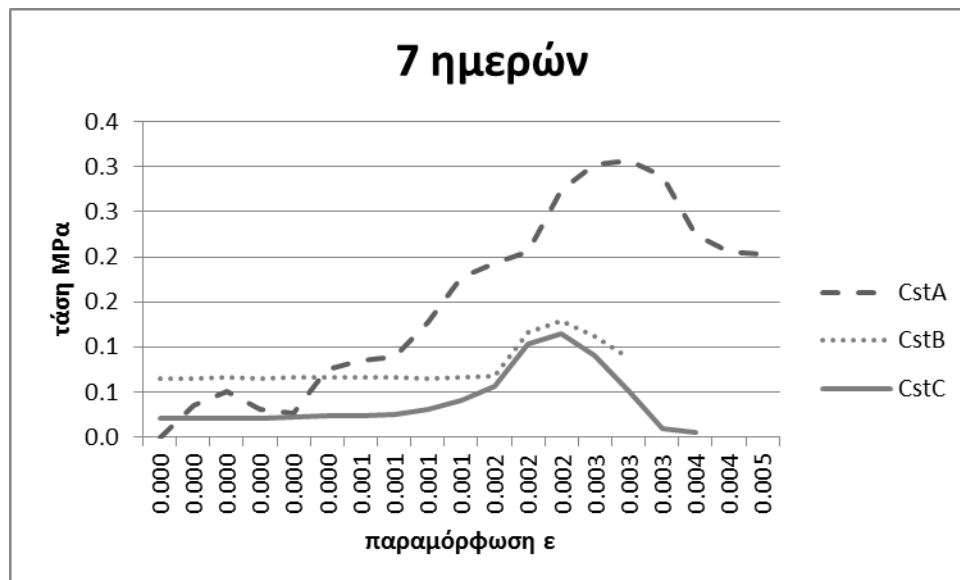


Σχήμα 5.4. Διάγραμμα τάσης συναρτήσει της παραμόρφωσης δοκιμίων 90 ημερών

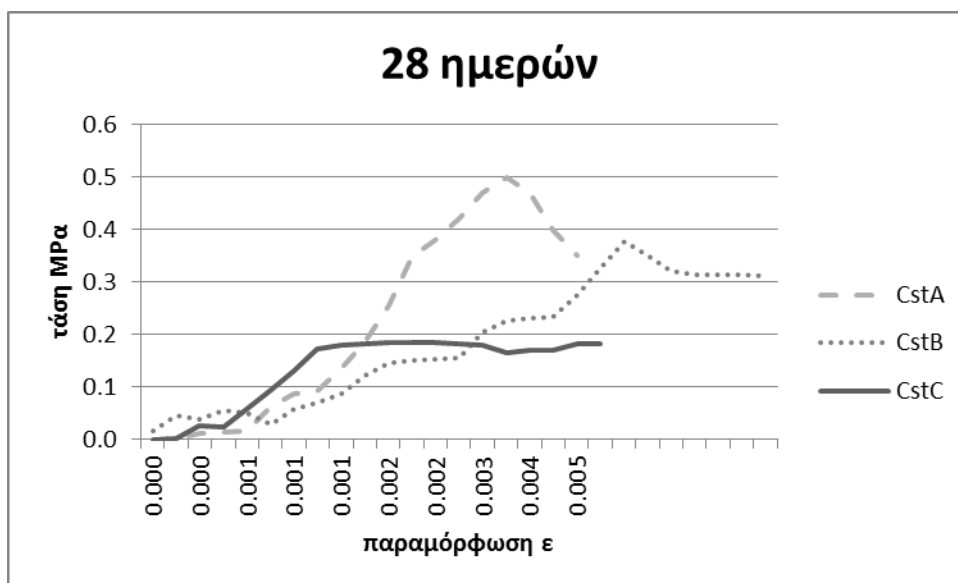
Στα παραπάνω σχήματα (5.1, 5.2, 5.3, 5.4) είναι εμφανές ότι τα δοκίμια τα οποία αποτελούνται από την κονία CstA(50% λαρνίτης, 50% πορτλανδίτης) έχουν υψηλότερη αντοχή στις μονοαξονικές δοκιμές. Ακόμη παρατηρείται ότι η αντοχή των δοκιμίων αυξάνεται ως προς την ωρίμανσης τους.

5.2. Αποτελέσματα εφελκυστικών δοκιμών (Brazil)

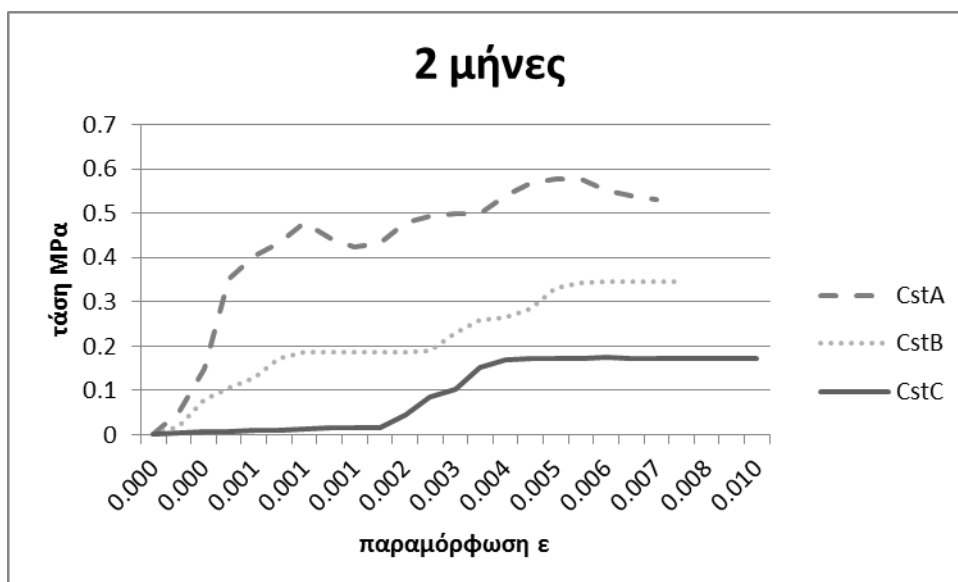
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εφελκυστικών δοκιμών τύπου Brazil των δοκιμίων σε διαγράμματα. Στα διαγράμματα αυτά παρουσιάζεται η μέση καμπύλη αντοχής από το κάθε είδος κονίας όπου χρησιμοποιήθηκε στα κονιάματα, ταξινομημένα σε χρονικά διαστήματα 7, 28, 60 και 90 ημερών.



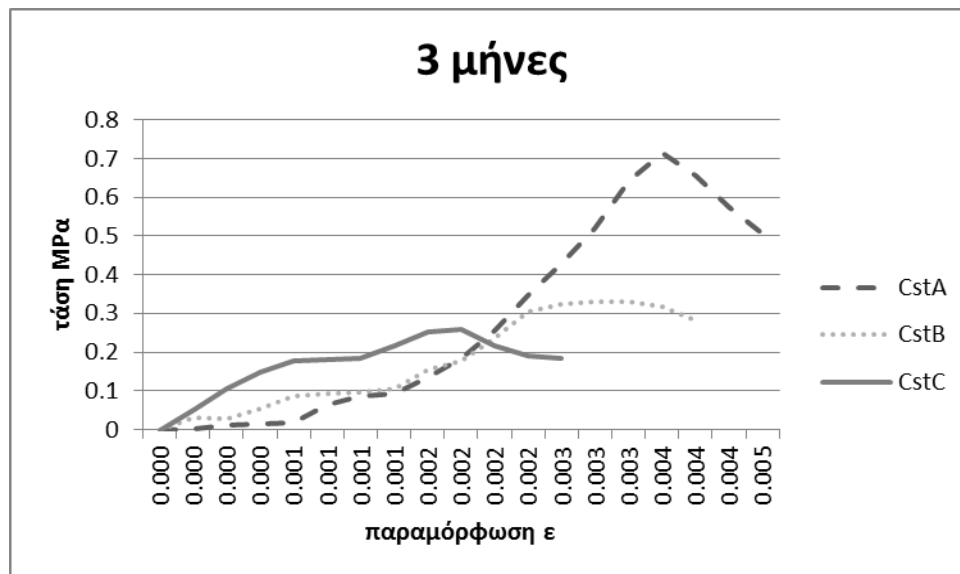
Σχήμα 5.5. Διάγραμμα τάσης συναρτήσει της παραμόρφωσης του δοκιμίου 7 ημερών



Σχήμα 5.6. Διάγραμμα τάσης συναρτήσει της παραμόρφωσης του δοκιμίου 28 ημερών



Σχήμα 5.7. Διάγραμμα τάσης συναρτήσει της παραμόρφωσης του δοκιμίου 60 ημερών



Σχήμα 5.8. Διάγραμμα τάσης συναρτήσει της παραμόρφωσης του δοκιμίου 90 ημερών

Στα παραπάνω διαγράμματα (5.5, 5.6, 5.7, 5.8) είναι εμφανές ότι τα δοκίμια τα οποία αποτελούνται από την κονία CstA (50% λαρνίτης, 50% πορτλανδίτης) έχουν υψηλότερη αντοχή στις εφελκυστικές δοκιμές, όπως και στις θλιπτικές δοκιμές όπου παρατηρήθηκε στο κεφάλαιο 5.1.

5.3. Σύνοψη αποτελεσμάτων μηχανικών αντοχών

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις δοκιμές αντοχής σε πίνακες(5.1, 5.2, 5.3) για τις περιεκτικότητες των κονιαμάτων CstA, CstB και CstC αντίστοιχα. Στο κάθε δείγμα έχει δοθεί και κωδικό όνομα το οποίο θα βοηθήσει αργότερα και στην αναγνώριση των ορυκτολογικών αναλύσεων.

δοκίμια CstA

Πίνακας 5.1: αντοχές δοκιμίων CstA

CstA	7 ημερών	28 ημερών	2 μηνών	3 μηνών
θλιπτική αντοχή MPa	1.7	3.772	3.472	4.713
εφελκυστική αντοχή MPa	0.309	0.493	0.577	0.607
κωδικό όνομα	2	6	12	10

δοκίμια CstB

Πίνακας 5.2: αντοχές δοκιμίων CstB

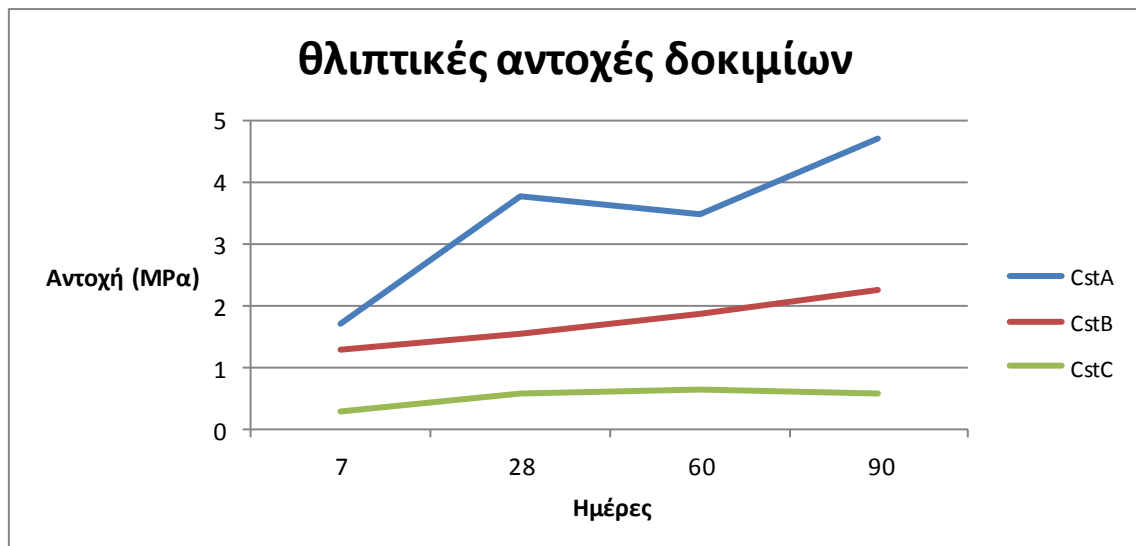
CstB	7 ημερών	28 ημερών	2 μηνών	3 μηνών
θλιπτική αντοχή MPa	1.285	1.538	1.866	2.264
εφελκυστική αντοχή MPa	0.128	0.36	0.357	0.344
κωδικό όνομα	7	5	4	3

δοκίμια CstC

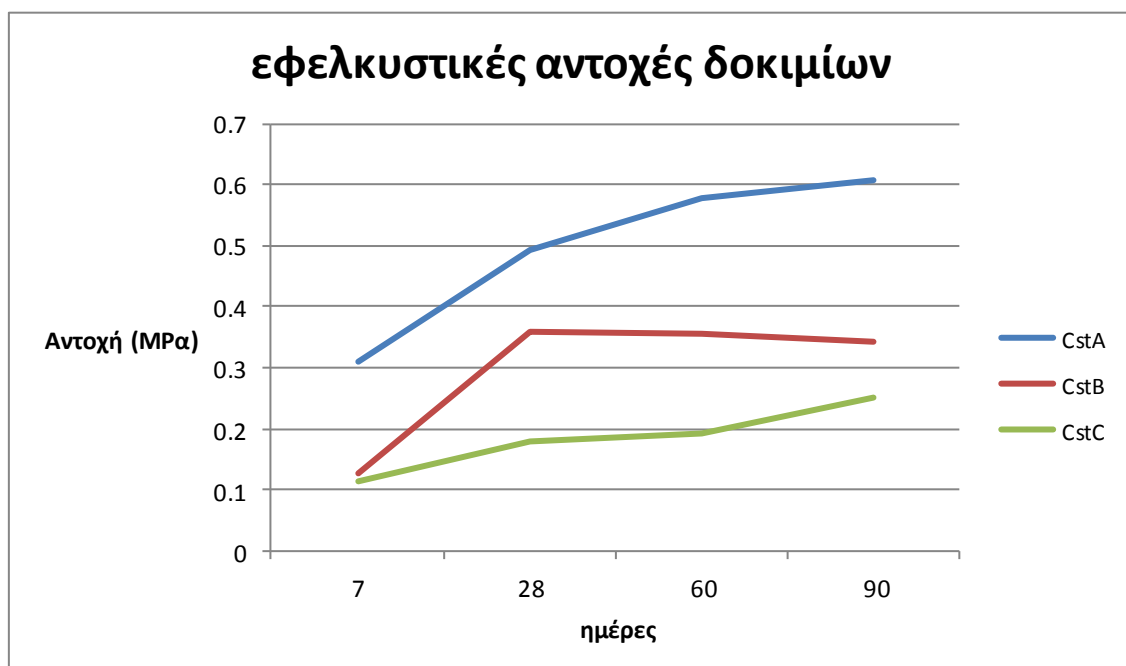
Πίνακας 5.3: αντοχές δοκιμίων CstC

CstC	7 ημερών	28 ημερών	2 μηνών	3 μηνών
θλιπτική αντοχή MPa	0.295	0.559	0.648	0.567
εφελκυστική αντοχή MPa	0.114	0.18	0.193	0.251
κωδικό όνομα	9	8	11	1

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των θλιπτικών και εφελυστικών αντοχών των δοκιμίων εν συναρτήσει του χρόνου ωρίμανσης , συνοψίζοντάς τα σε δύο διαγράμματα(σχήμα 5.9, σχήμα 5.10.):



Σχήμα 5.9. Διάγραμμα Θλιπτικών αντοχών των τριών ειδών δοκιμίων εν συναρτήσει του χρόνου ωρίμανσης.



Σχήμα 5.10. Διάγραμμα εφελκυστικών αντοχών των τριών ειδών δοκιμίων εν συναρτήσει του χρόνου ωρίμανσης.

Παρακάτω συχετίζεται η περιεκτικότητα των δοκιμίων σε λαρνίτη με την μηχανική αντοχή τους και το χρόνο ωρίμανσης τους. Η συσχέτιση εμφανίζεται στον πίνακα 5.4, καθώς και γραφικά (σχήμα 5.11),

Πίνακας 5.4. Θλιπτικές αντοχές ανάλογα με το χρόνο ωρίμανσης

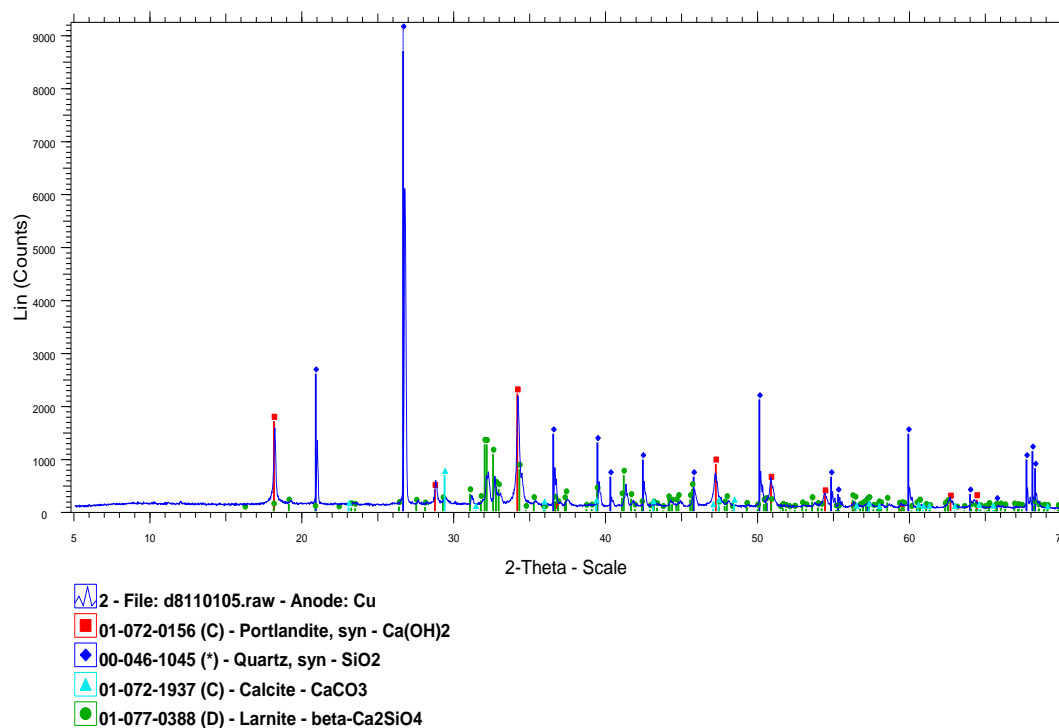
Θλιπτική Αντοχή MPa				
LARNITE	7 DAYS	28 DAYS	60 DAYS	90 DAYS
CstA 50	1.70	3.77	3.47	4.71
CstB 25	1.28	1.54	1.87	2.26
CstC 0	0.30	0.56	0.65	0.57

Σχήμα 5.11. Διάγραμμα συσχέτισης μηχανικής αντοχή με την περιεκτικότητα % σε λαρνίτη και τον χρόνο ωρίμανσης.

Από τις παραπάνω συσχετίσεις παρατηρείται ότι η μηχανικές αντοχές των δοκιμίων εξαρτώνται από το ποσοστό του λαρνίτη στην κάθε κονία αντίστοιχα, καθώς και από τον χρόνο ωρίμανσης.

5.4. Αποτελέσματα περιθλασιμετρίας ακτίνων X

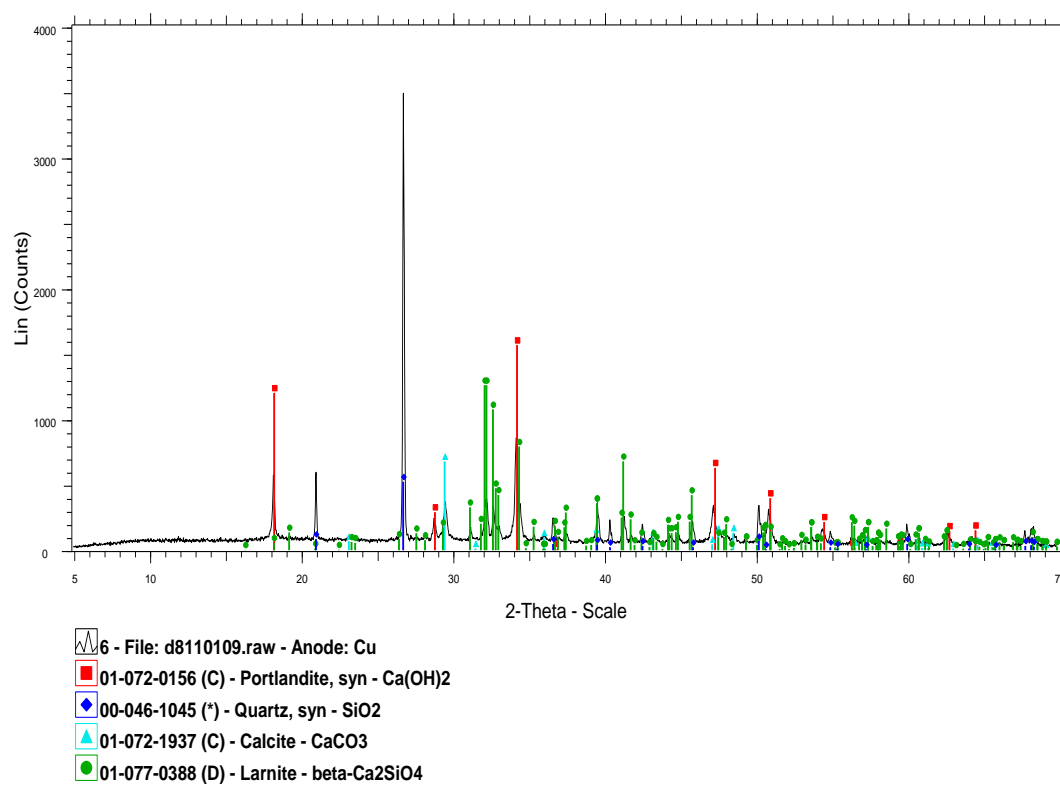
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα περιθλασιμετρίας ακτίνων X των δοκιμίων CstA των 7 ημερών (σχήμα 5.1), 28 ημερών (σχήμα 5.2), 60 ημερών (σχήμα 5.3) και 90 ημερών (σχήμα 5.4).



2

Σχήμα 5.1. Ακτινογράφημα του δείγματος CstA 7 ημερών

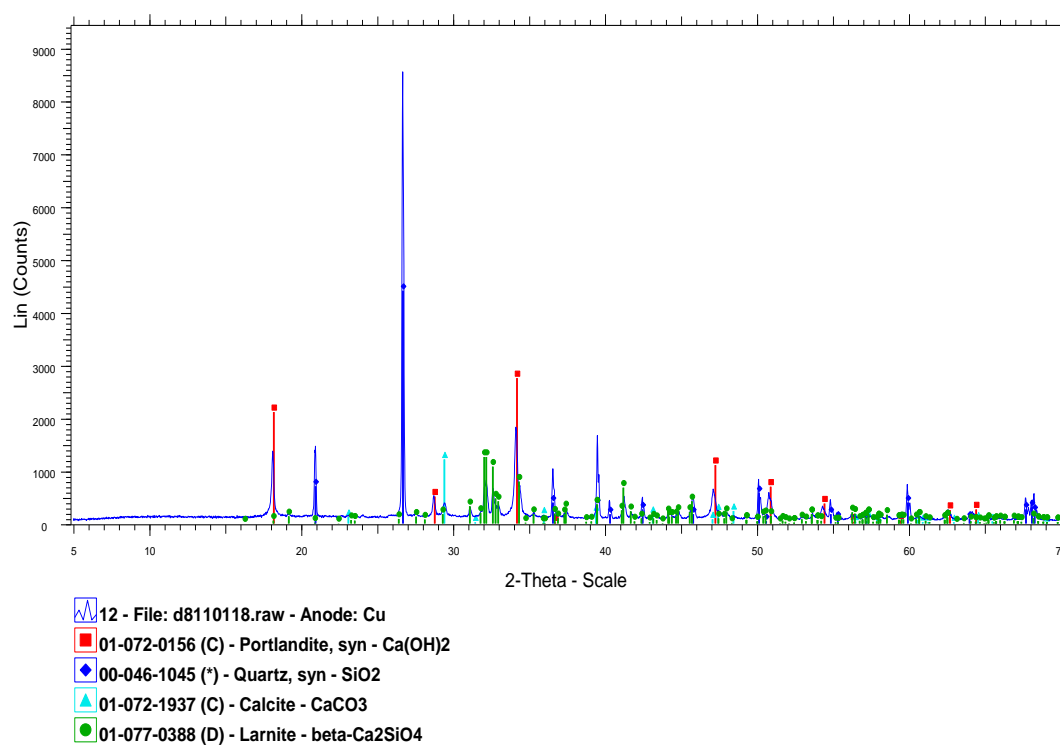
Στο ακτινογράφημα του δείγματος CstA 7 ημερών (Σχήμα 5.1), εμφανίζονται τα ορυκτά πορτλανδίτης, χαλαζίας, ασβεστίτης και λαρνίτης.



6

Σχήμα 5.2. Ακτινογράφημα του δείγματος CstA 28 ημερών

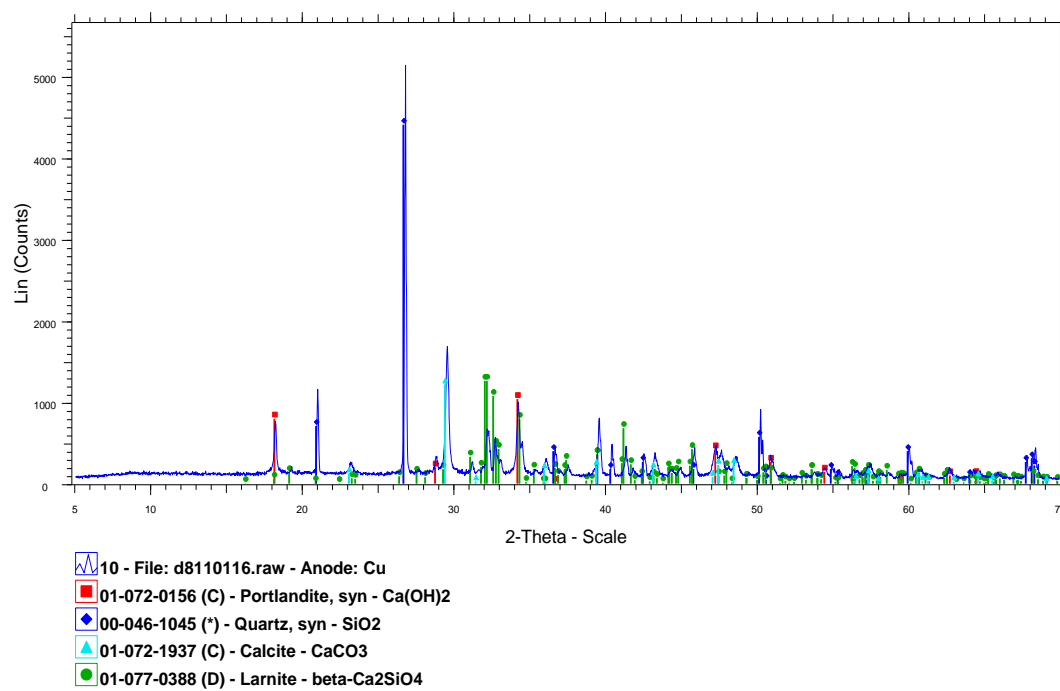
Στο ακτινογράφημα του δείγματος CstA 28 ημερών (Σχήμα 5.2), εμφανίζονται τα ορυκτά πορτλανδίτης, χαλαζίας, ασβεστίτης και λαρνίτης.



12

Σχήμα 5.3. Ακτινογράφημα του δείγματος CstA 60 ημερών

Στο ακτινογράφημα του δείγματος CstA 60 ημερών (Σχήμα 5.3), εμφανίζονται τα ορυκτά πορτλανδίτης, χαλαζίας, ασβεστίτης και λαρνίτης.

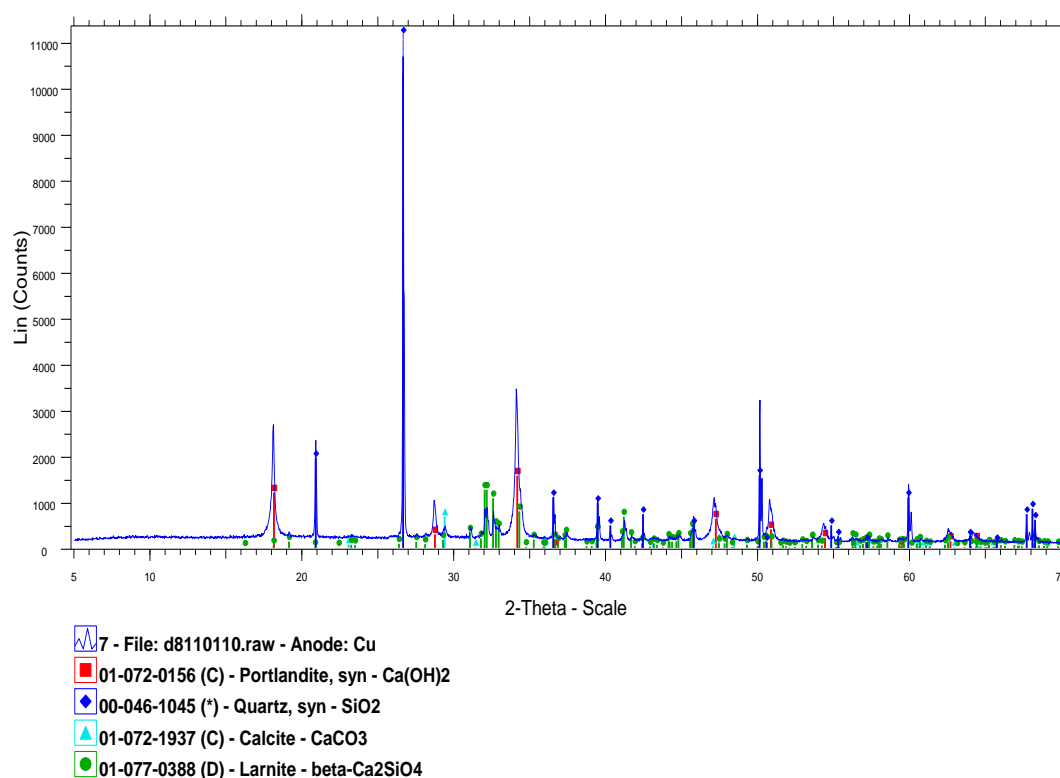


10

Σχήμα 5.4. Ακτινογράφημα του δείγματος CstA 90 ημερών

Στο ακτινογράφημα του δείγματος CstA 90 ημερών (Σχήμα 5.4), εμφανίζονται τα ορυκτά πορτλανδίτης, χαλαζίας, ασβεστίτης και λαρνίτης.

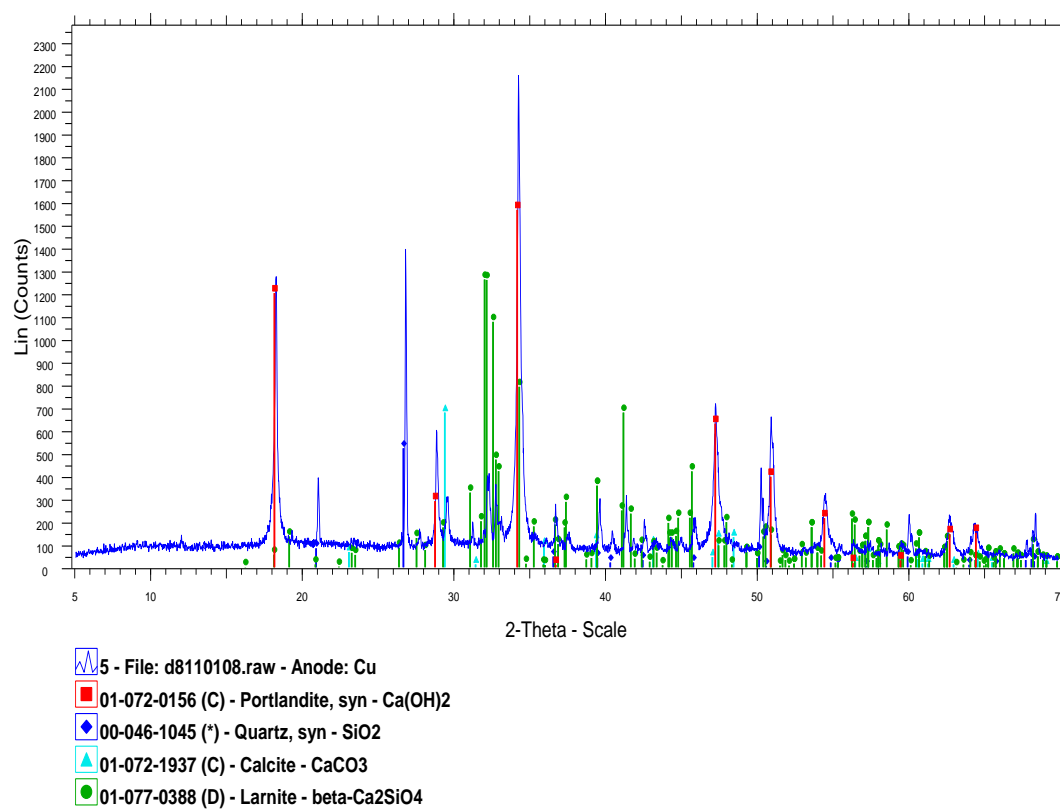
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ των δοκιμίων CstB των 7 ημερών (σχήμα 5.5), 28 ημερών (σχήμα 5.6), 60 ημερών (σχήμα 5.7) και 90 ημερών (σχήμα 5.8).



7

Σχήμα 5.5. Ακτινογράφημα του δείγματος CstB 7 ημερών

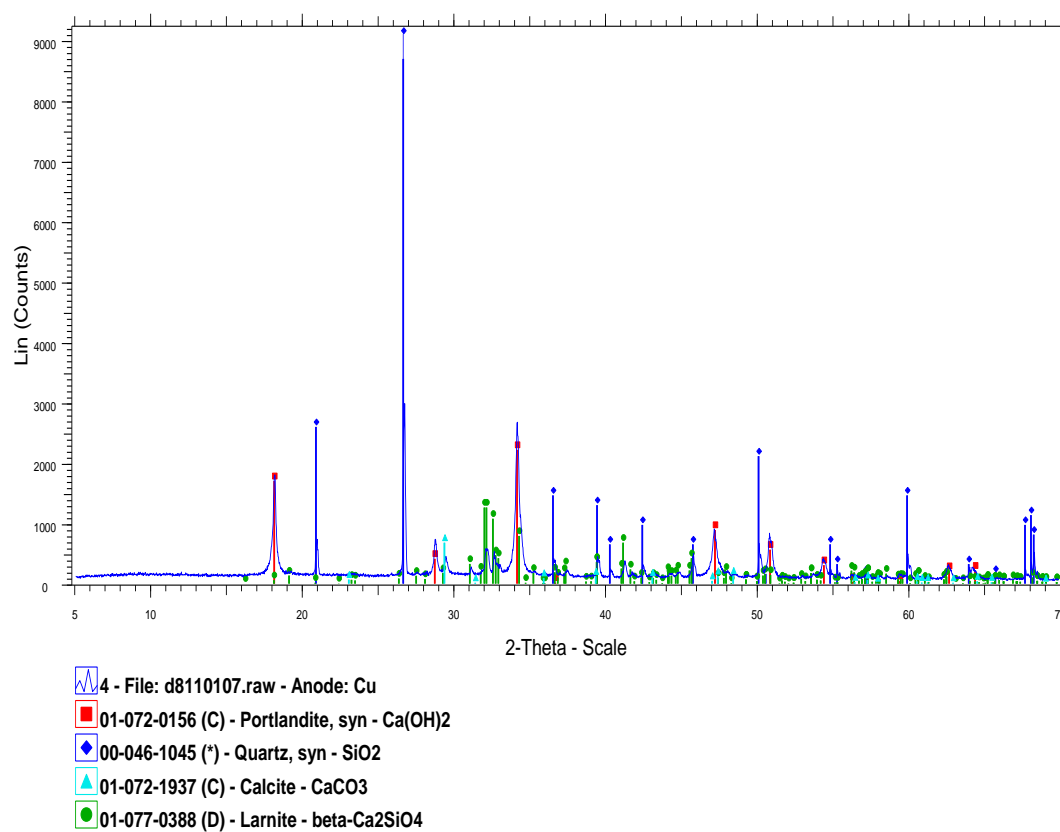
Στο ακτινογράφημα του δείγματος CstB 7 ημερών (Σχήμα 5.5), εμφανίζονται τα ορυκτά πορτλανδίτης, χαλαζίας, ασβεστίτης και λαρνίτης.



5

Σχήμα 5.6. Ακτινογράφημα του δείγματος CstB 28 ημερών

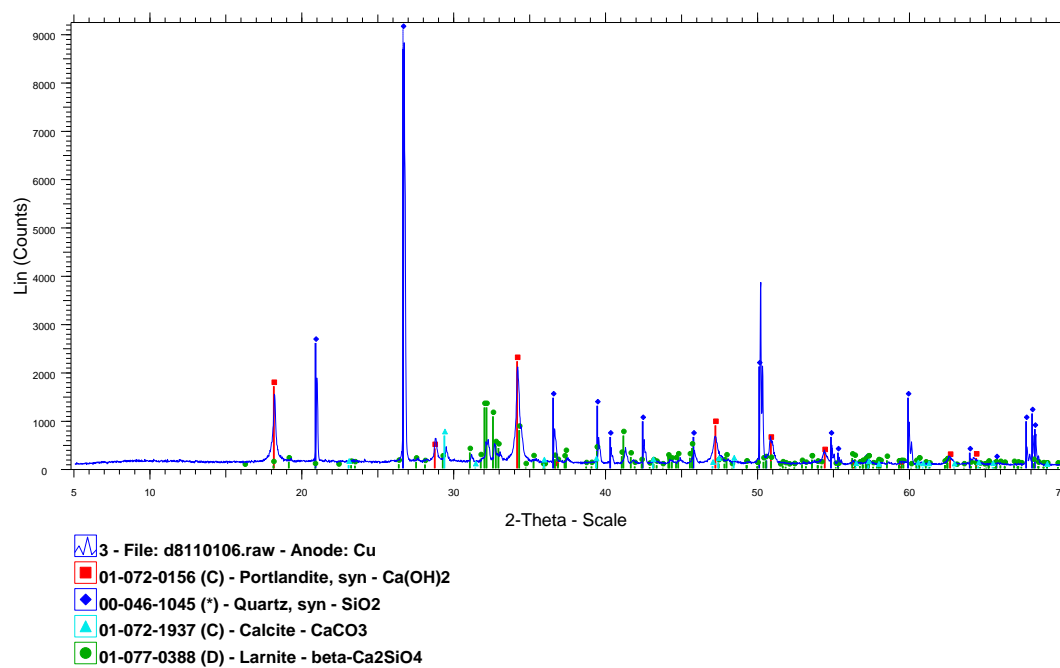
Στο ακτινογράφημα του δείγματος CstB 28 ημερών(Σχήμα 5.6), εμφανίζονται τα ορυκτά πορτλανδίτης, χαλαζίας, ασβεστίτης και λαρνίτης.



4

Σχήμα 5.7. Ακτινογράφημα του δείγματος CstB 60 ημερών

Στο ακτινογράφημα του δείγματος CstB 60 ημερών(Σχήμα 5.7), εμφανίζονται τα ορυκτά πορτλανδίτης, χαλαζίας, ασβεστίτης και λαρνίτης.

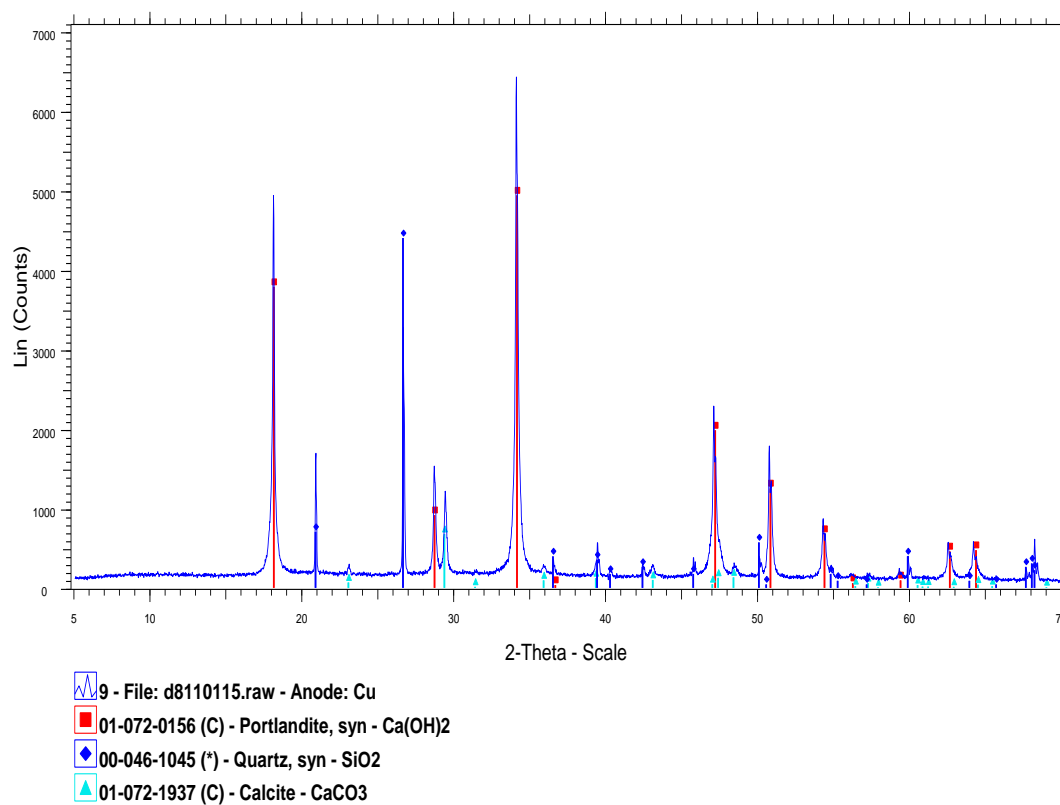


3

Σχήμα 5.8. Ακτινογράφημα του δείγματος CstB 90 ημερών

Στο ακτινογράφημα του δείγματος CstB 90 ημερών (Σχήμα 5.8), εμφανίζονται τα ορυκτά πορτλανδίτης, χαλαζίας, ασβεστίτης και λαρνίτης.

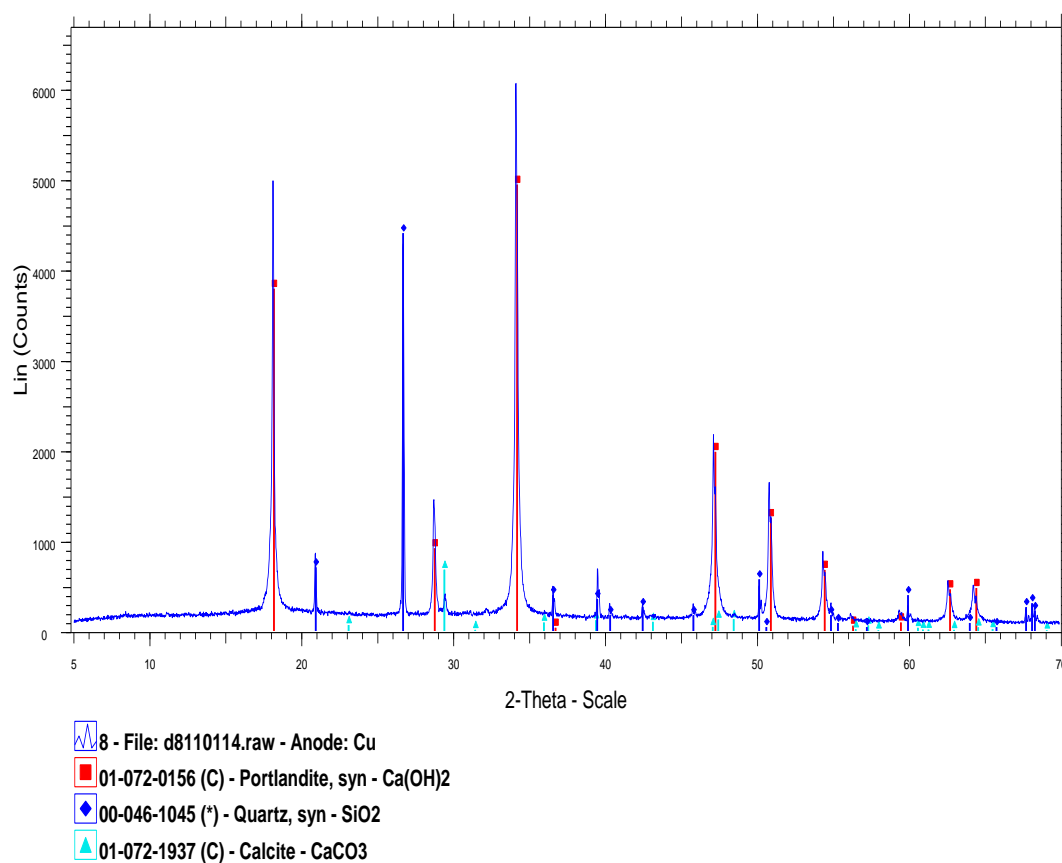
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ δοκιμίων CstC των 7 ημερών (σχήμα 5.9), 28 ημερών (σχήμα 5.10), 60 ημερών (σχήμα 5.11) και 90 ημερών (σχήμα 5.12).



9

Σχήμα 5.9. Ακτινογράφημα του δείγματος CstC 7 ημερών

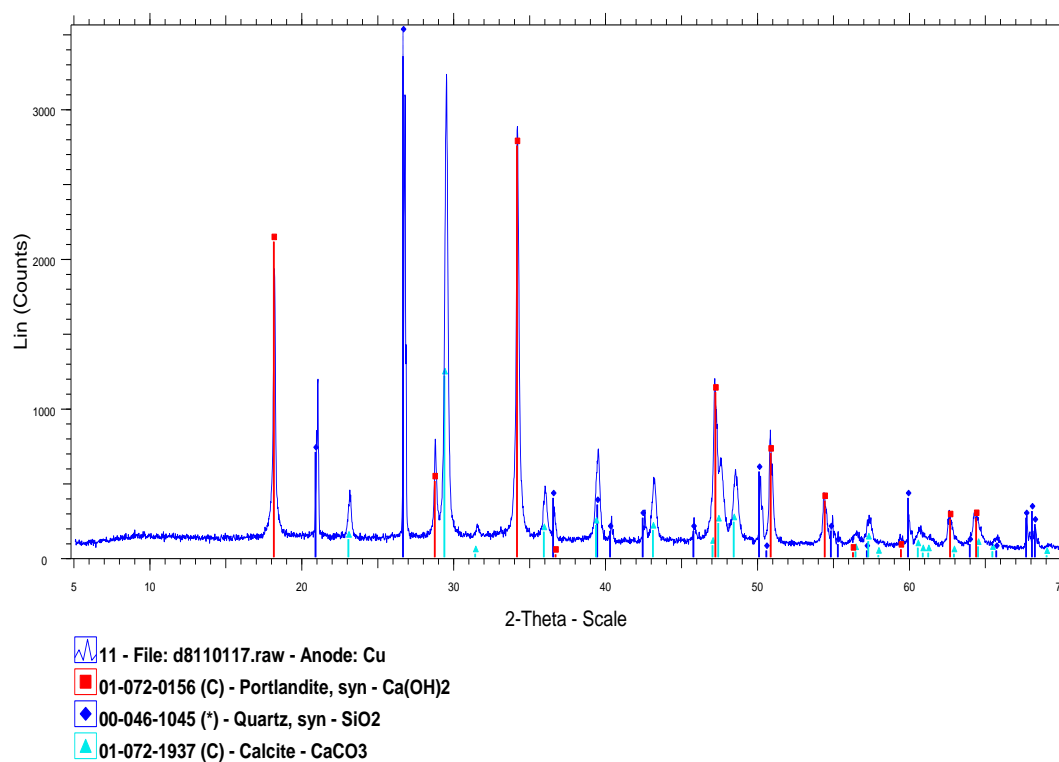
Στο ακτινογράφημα του δείγματος CstC 7 ημερών (Σχήμα 5.9), εμφανίζονται τα ορυκτά πορτλανδίτης, χαλαζίας και ασβεστίτης.



8

Σχήμα 5.10. Ακτινογράφημα του δείγματος CstC 28 ημερών

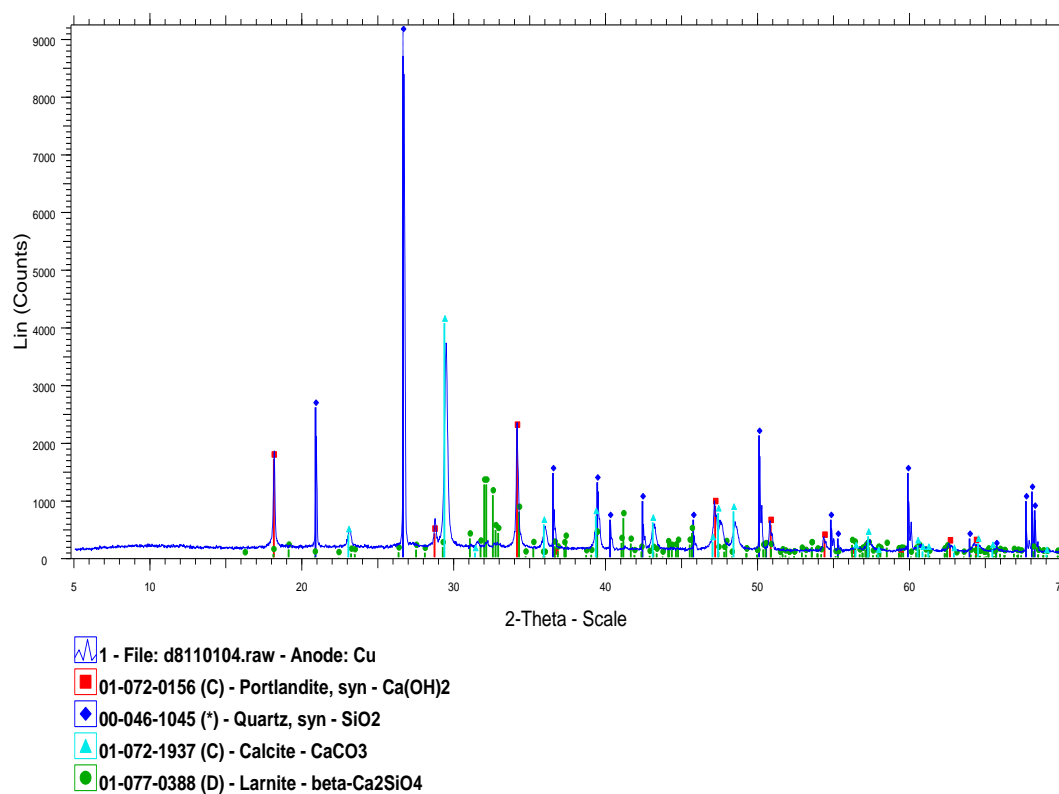
Στο ακτινογράφημα του δείγματος CstC 28 ημερών (Σχήμα 5.10), εμφανίζονται τα ορυκτά πορτλανδίτης, χαλαζίας και ασβεστίτης.



11

Σχήμα 5.11. Ακτινογράφημα του δείγματος CstC 60 ημερών

Στο ακτινογράφημα του δείγματος CstC 60 ημερών (Σχήμα 5.11), εμφανίζονται τα ορυκτά πορτλανδίτης, χαλαζίας και ασβεστίτης.



1

Σχήμα 5.12. Ακτινογράφημα του δείγματος CstC 90 ημερών

Στο ακτινογράφημα του δείγματος CstC 90 ημερών (Σχήμα 5.12), εμφανίζονται τα ορυκτά πορτλανδίτης, χαλαζίας και ασβεστίτης.

Σε κανένα από τα δείγματα CstC δεν παρατηρείται το ορυκτό λαρνίτης, και αυτό γιατί η κονία από την οποία κατασκευάστηκαν τα κονιάματα αυτά αποτελούνταν μόνο από πορτλανδίτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Βάση των ακτινογραφημάτων του κεφαλαίου 5, παρατηρείται ότι σε όλα τα δείγματα, εκτός της σειράς CstC, προσδιορίστηκαν τα ορυκτά χαλαζία, πορτλανδίτης, λαρνίτης και ασβεστίτης. Στην σειρά CstC προσδιορίστηκαν τα ορυκτά χαλαζία, πορτλανδίτης, και ασβεστίτης, δεδομένου ότι η σειρά αυτή δεν περιείχε λαρνίτη.

Τα ποσοστά λαρνίτη, πορτλανδίτη, ασβεστίτη διαφέρουν, ανάλογα της περιόδου ωρίμανσης του κονιάματος.

Δεν έγινε ακριβής ποσοτική ανάλυση, δεδομένου ότι το ποσοστό του χαλαζία, αν και σταθερό στο συνολικό δείγμα, διαφέρει από δείγμα σε δείγμα που αναλύθηκε με την μέθοδο περιθλασιμετρίας ακτίνων-X, μετά την κοσκίνηση, όπως αναφέρθηκε παραπάνω(κεφάλαιο 4.4), προκειμένου να εμπλουτιστεί το δείγμα στις φάσεις εκτός του χαλαζία και ιδιαίτερα στις φάσεις όπου σχηματίστηκαν στην περίοδο ωρίμανσης του κονιάματος .

Σύμφωνα με τον Περδικάτσης (2003), ο λόγος των εντάσεων δυο ορυκτών σε ένα διάγραμμα περιθλασιμετρίας κόνεως ακτίνων -X, αποδίδει και το λόγο των περιεκτικότητων τους.

Για την ποσοτική εκτίμηση του λόγου Πορτλανδίτη/ Ασβεστίτη χρησιμοποιήθηκε ο λόγος των εντάσεων $I_{\text{Portlandite}(d=488\text{\AA})}/I_{\text{Calcite}(d=3.02\text{\AA})}$.

Τα αποτελέσματα από την ορυκτολογική ανάλυση σε συνδυασμό με το χρόνο ωρίμανσης που μετρήθηκαν, είναι τα εξής (πίνακας 6.1):

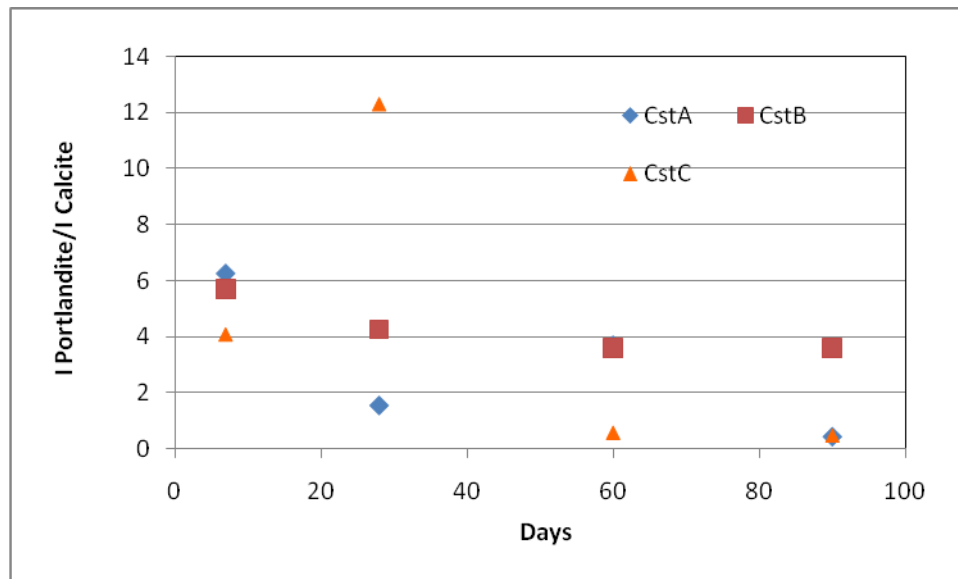
Πίνακας 6.1: Ποσοτική εκτίμηση του λόγου Πορτλανδίτη/ Ασβεστίτη σε σχέση τον χρόνο ωρίμανσης

	CstA	CstB	CstC
	I Portlandite(d=488)/I Calcite(d=3.02)	I Portlandite(d=488)/I Calcite(d=3.02)	I Portlandite(d=488)/I Calcite(d=3.02)
days			
7	6.25	5.70	4.10
28	-----	4.25	----
60	3.70	3.57	0.60
90	0.45	3.57	0.50

Στη σειρά CstA για 28 ημέρες και στην σειρά CstC για 28 ημέρες παρατηρείται αστοχία στο δείγμα για την ορυκτολογική ανάλυση και δεν πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Από το παρακάτω σχήμα(6.1) προκύπτει ο λόγος Portlandite (d=488)/I Calcite (d=3.02) σχετίζεται άμεσα με το ποσοστό του λαρνίτη στο αρχικό κονίαμα και την **ταχύτητα** μετατροπής του πορτλανδίτη σε ασβεστίτη. Αυτό σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό του λαρνίτη τόσο μεγαλύτερο είναι και το ποσοστό του δευτερογενούς πορτλανδίτη που προέρχεται από την διάσπαση του λαρνίτη. Ο δευτερογενής πορτλανδίτης μετατρέπεται άμεσα σε ασβεστίτη και **ταχύτερα** από τον πρωτογενή πορτλανδίτη του κονιάματος.

Εάν ο σχηματισμός του ασβεστίτη εξαρτόταν από το ποσοστό του πορτλανδίτη στο αρχικό κονίαμα, τότε στη σειρά CstC θα έπρεπε να είχαμε τους μεγαλύτερους λόγους των εντάσεων, που θα σήμανε ταχύτερη μετατροπή πορτλανδίτη σε ασβεστίτη.



Σχήμα 6.1. Διάγραμμα του λόγου Portlandite ($d=488$)/I Calcite ($d=3.02$) σε σχέση με το χρόνο ωρίμανσης.

Επιπλέον από τα αποτελέσματα του υποκεφαλαίου 5.3, και συγκεκριμένα από τον πίνακα 5.4 καθώς και από το σχήμα 5.11, αποδεικνύεται ότι η θλιπτική αντοχή (MPa) των δοκιμίων εξαρτάται από το ποσοστό(%) του λαρνίτη στην κονία κατασκευής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αγιουτάντης Γ.Ζ., (2002). Στοιχεία Γεωμηχανικής. Μηχανική Πετρωμάτων, Εκδόσεις ΙΩΝ, ISBN 960-411-213-9.

Αποστολάκη Χρύσα (2011), Διδακτορική Διατριβή «Σύνθεση και έλεγχος συμβατότητας υδραυλικών κονιαμάτων με δομικά υλικά κατασκευής ιστορικών κτιρίων και μνημείων», Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2011.

Αποστολάκη Χρύσα (2005), Μεταπτυχιακή Διατριβή «Μελέτη ρωμαϊκών κονιαμάτων και χρωστικών τοιχογραφιών από την Αρχαία Κόρινθο», Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2005.

Βαγενάς, Ν., (2009), Ανάπτυξη μεθοδολογίας βασισμένης σε τεχνικές Raman και IR για την ποσοτική ανάλυση των κρυσταλλικών φάσεων του άνυδρου ανθρακικού ασβεστίου, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Φαρμακευτικής, Πάτρα

Περδικάτης Β., (2003). Ποσοτική Ορυκτολογική Ανάλυση με Περιθλασιμετρία Ακτίνων-X (Κλασικές Μέθοδοι- Μέθοδος Rietveld), Σημειώσεις μεταπτυχιακού μαθήματος ΜΗΧΟΠ, Χανιά.

Λεγάκης Α. Αντωνίου, (1954), «Δομικά Υλικά», Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα.

Θ. Ν. Σκουλικίδης, (2000), «Διάβρωση και Συντήρηση των Δομικών Υλικών των Μνημείων», Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο Κρήτης.

Θ. Ν. Σκουλικίδης, (2000), «Βλαβερές και αβλαβείς μέθοδοι και υλικά δομικής συντήρησης της επιφάνειας μνημείων και κτιρίων», πρακτικά 1ου Εθν. Συνεδρίου 'Ηπιες επεμβάσεις και προστασία ιστορικών κατασκευών', Θεσσαλονίκη.

Βιαζής Γ., (2003), «Τεχνολογία Δομικών Υλικών», Αθήνα

Καραβίτη Ελ. (2003), «Αξιολόγηση ποζολανικών υλικών για παρασκευή συμβατών κονιαμάτων με δυνατότητα εφαρμογής σε επεμβάσεις συντήρησης και αναστήλωσης», Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.

Μωχάμεντ Μ., (1996), «Παρασκευή νέων κονιαμάτων με παραδοσιακά υλικά για εφαρμογές συντήρησης ενετικών μνημείων-Μελέτη της συμβατότητας των δομικών λίθων, της αντοχής και της θαλάσσιας διάβρωσής τους», Μεταπτυχιακή Εργασία. Πολυτεχνείο Κρήτης, τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Μωχαμεντ Μ. (1994), «Μελέτη των φυσικοχημικών ιδιοτήτων μεσαιωνικών και παραδοσιακών κονιαμάτων και των πρώτων υλών παρασκευής τους», Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.

Wendehorst R., (1975-Hannover), «Δομικά Υλικά», μετάφραση από τα γερμανικά, εκδόσεις Μ. Γκιούρδας (1981-Αθήνα).

Ράκα Σ., (2002), «Μελέτη παλαιών και νέων κονιαμάτων του Ιερού Ναού Αγίου Πέτρου Δομηνικανών Ηρακλείου και εκτίμηση της ανθεκτικότητας τους σε θαλάσσια διάβρωση με τη βοήθεια συστήματος αλατονέφωσης», Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.