

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΓΙΑ
ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΙ
ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΙΝΟΠΟΥΛΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΠΑΤΡΑ 2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά τις μεθόδους μη καταστροφικών ελέγχων (ΜΚΕ) οι οποίες κάνουν χρήση διαφόρων συχνοτήτων ηχητικών κυμάτων και είναι απαραίτητες για τον ποιοτικό έλεγχο γραμμών παραγωγής αλλά και διάφορων άλλων γενικών εφαρμογών. Η εργασία έχει ως στόχο επίσης να επεξηγήσει και να λειτουργήσει ως οδηγός για τη σωστή χρήση της συσκευής EPOCH LTC Flaw Detector της Olympus στα πλαίσια του Εργαστηρίου αντοχής Υλικών του τμήματός μας.

Η ανάπτυξη το θέματος γίνεται σε τέσσερις ενότητες. Αρχικά γίνεται θεωρητική ανάπτυξη των φαινομένων που καθιστούν ικανές τις διαδικασίες ελέγχου. Γίνεται αναφορά, περιγραφή και σύγκριση διάφορων μεθόδων και πειραματικών διατάξεων στον τομέα των ηχητικών και υπερηχητικών ελέγχων. Αναλύεται η λειτουργία και οι δυνατότητες του EPOCH LTC Ultrasonic Flaw Detector, που αποτελεί και το κυρίως τμήμα της εργασίας και τέλος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξα κατά την πορεία της συγγραφής της παρούσας πτυχιακής.

Ευχαριστώ θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Στέφανο Τσινόπουλο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., για την πολύτιμη βοήθεια του και πρόσβαση στο Εργαστήριο Αντοχής Υλικών του τμήματος καθώς και τον εξοπλισμό του. Επίσης ευχαριστώ τους γονείς μου για την αδιάκοπη υποστήριξη που προσέφεραν, πνευματική και οικονομική, σε μια από τις δυσκολότερες περιόδους της ζωής μου η οποία έτυχε να συμπίπτει με τη συγγραφή της παρούσας εργασίας.

Κουτσογιάννης Κωνσταντίνος
Οκτώβριος 2017

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής
(Ονοματεπώνυμο)

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά τις μεθόδους μη καταστροφικών ελέγχων υλικών για γραμμές παραγωγής αλλά και διαφορετικές γενικές εφαρμογές. Συγκεκριμένα αφορά τις μεθόδους που κάνουν χρήση ηχητικών κυμάτων διαφόρων συχνοτήτων, με περαιτέρω εστίαση στου υπέρηχους και τη χρήση της μετρητικής συσκευής EPOCH LTC Flaw Detector της Olympus. Ο τελικός σκοπός της δεν είναι να εξυπηρετήσει μόνο σαν μια θεωρητική ανάλυση του θέματος του οποίου διαπραγματεύεται αλλά να χρησιμεύσει και σαν οδηγός για την εκμάθηση της χρήσης του ανιχνευτή σφαλμάτων του εργαστηρίου της Αντοχής Υλικών του τμήματος Μηχανολογίας του Τ.Ε.Ι. Πατρών και να βοηθήσει στην επίλυση τυχών προβλημάτων που μπορεί να συναντήσουν μελλοντικοί χειριστές της συσκευής.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε τέσσερεις ενότητες με την κάθε μια να εστιάζει σε διαφορετικό τμήμα των αναφερθέντων τεχνολογιών καθώς και στην παροχή οδηγιών λήψης μετρήσεων για διάφορες εφαρμογές στον τομέα των υπερήχων με τη βοήθεια του EPOCH LTC.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύονται φυσικές αρχές που κάνουν δυνατή τη χρήση των ηχητικών και υπερηχητικών μεθόδων και τα διάφορα είδη των σχετικών ταλαντώσεων, καθώς και γίνεται αναφορά στην ιστορία και την προέλευση των μεθόδων αυτών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παραπείθονται και αναλύονται διάφορες μέθοδοι και διατάξεις ηχητικών ελέγχων, οι γενικές τους εφαρμογές καθώς και τα προτερήματα και μειονεκτήματά τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική περιγραφή των δυνατοτήτων του EPOCH LTC Flaw Detector των στοιχείων και τρόπων χρήσης του. Δίνονται λεπτομερείς οδηγίες για την συναρμολόγηση, κατανόηση και χρήση της συσκευής καθώς και συμβουλές για ορθότερες και γρηγορότερες λήψεις μετρήσεων.

Το τέταρτο κεφάλαιο αποτελεί λεπτομερή περιγραφή των διαδικασιών λήψης μετρήσεων, συμβουλές και οδηγίες για τη σωστή ερμηνεία των αποτελεσμάτων καθώς και τα προσωπικά μου συμπεράσματα συνολικά για το θέμα της εργασίας.

Εκπονώντας την παρούσα πτυχιακή εργασία και μελετώντας αναλυτικά τις μεθόδους λήψης διαφόρων μετρήσεων με τη χρήση υπερηχητικών μεθόδων, τα βασικότερα συμπεράσματα που λήφθηκαν είναι πως αφενός μεν η

παχυμέτρηση και ο εντοπισμός σφαλμάτων, καθώς και οι άλλες παρόμοιες τεχνικές, έχουν μικρό κόστος, οικονομικό όπως και χρονικό, αφετέρου δε απαιτούν εξαιρετικά υψηλό επίπεδο κατάρτισης, κατάλληλη εκπαίδευση και εμπειρία από τον χειριστή. Αυτό καθιστά μεθόδους σαν και τις παραπάνω χρήσιμες για απαιτητικές εφαρμογές μόνο με την προϋπόθεση ύπαρξης κατάλληλου προσωπικού για την ακριβή ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο:ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΚΥΜΑΤΩΝ</u>	8
<u>1.1</u> ΗΧΟΣ, ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	8
<u>1.2</u> Η ΑΡΧΗ ΤΩΝ ΥΠΕΡΗΧΗΤΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ – ΠΡΩΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ	11
<u>1.3</u> ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΚΥΜΑΤΩΝ	15
<u>1.3.1</u> ΕΙΔΗ ΚΥΜΑΤΩΝ	15
<u>1.3.2</u> ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΣΕ ΥΛΙΚΟΥΣ ΦΟΡΕΙΣ	17
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΗΧΗΤΙΚΟΥ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ</u>	22
<u>2.1</u> ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΑΝΤΙΧΗΣΗΣ (RESONANT INSPECTION)	22
<u>2.2</u> ΥΠΕΡΗΧΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΠΤΗΣΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ	24
<u>2.3</u> ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ	26
<u>2.4</u> ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ IRIS	27
<u>2.5</u> ΥΠΕΡΗΧΟΙ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΟΙΧΙΩΝ (PHASED ARRAY ULTRASONICS)	29
<u>2.5.1</u> ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ	29
<u>2.5.2</u> ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ	31
<u>2.5.3</u> ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	34

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ “ΕPOCH LTC ULTRASONIC FLAW DETECTOR”</u>	36
<u>3.1</u> ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ (TRANSDUCER)	36
<u>3.2</u> ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΕPOCH LTC	38
<u>3.2.1</u> ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ	39
<u>3.2.2</u> ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ	44
<u>3.2.2.1</u> ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΕΝΗΣ ΟΘΟΝΗΣ	45
<u>3.2.2.2</u> ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΛΗΡΟΥΣ ΟΘΟΝΗΣ	46
<u>3.2.2.3</u> LARGE A-SCAN (ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΑΡΩΣΗΣ)	46
<u>3.2.3</u> ΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	47
<u>3.3</u> ΒΑΘΜΟΝΟΜΙΣΗ ΤΟΥ ΕPOCH LTC	55
<u>3.3.1</u> ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑ	56
<u>3.3.2</u> ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΕΥΘΕΙΑΣ ΔΕΣΜΗΣ	56
<u>3.3.3</u> ΡΥΘΜΙΣΗ ΓΙΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΠΛΑΓΙΑΣ ΔΕΣΜΗΣ	59
<u>3.3.3.1</u> ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ	59
<u>3.3.3.2</u> ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ	60
<u>3.3.3.3</u> ΡΥΘΜΙΣΗ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ[RANGE]	61
<u>3.3.3.4</u> ΡΥΘΜΙΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	63
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΤΡΗΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ, ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ, ΙΔΙΕΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u>	65
<u>4.1</u> ΜΕΤΡΗΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΗΚΑΣΙΕΣ	66
<u>4.1.1</u> ΠΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ	66
<u>4.1.2</u> ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ ΜΕ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΠΡΟΣΠΤΩΣΗΣ	67

<u>4.1.3</u> ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ ΜΕ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΓΩΝΙΑΚΗΣ ΠΡΟΣΠΤΩΣΗΣ	68
<u>4.2</u> ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΥΛΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ	69
<u>4.3</u> ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72

Εισαγωγή

Για να αρχίσουμε να μελετάμε τους μη καταστροφικούς ελέγχους και στη συνέχεια τις μεθόδους χρήσης ηχητικών κυμάτων πρέπει πρώτα να είναι ξεκάθαρες μερικές βασικές έννοιες για την ορθή κατανόηση των μεθόδων, των πλεονεκτημάτων και των δυσκολιών που αυτές παρουσιάζουν.

Στον τομέα της μηχανολογίας, όπως και σε οποιοδήποτε άλλο επάγγελμα παροχής έργων, μια από της σημαντικότερες υποχρεώσεις του μηχανολόγου είναι η εξασφάλιση καταλληλότητας του τελικού προϊόντος για χρήση και ο συμβιβασμός με τις σχεδιαστικές του προδιαγραφές. Αυτό απαιτεί μια σειρά ελέγχων που εξαρτώνται κυρίως από το είδος του προϊόντος αλλά και της μεθόδους διεργασίας. Στην περίπτωση γραμμών παραγωγής με μεγάλο αριθμό ευτελών προϊόντων ο έλεγχος γίνεται με τη χρήση στατιστικών μεθόδων και χωρίς ιδιαίτερη ανάγκη για την διατήρηση του δείγματος κατά την εφαρμογή διεργασιών ελέγχου. Σε περιπτώσεις που τα προϊόντα είναι είτε μικρά σε αριθμό είτε πολύτιμα λόγω κόστους κατασκευής ή υλικών οι μέθοδοι αναγκαστικά μεταβάλλονται. Σε τέτοιες περιπτώσεις λοιπόν δημιουργείται η ανάγκη για μεθόδους ελέγχου από τις οποίες, εκτός από τις γενικές απαιτήσεις κοινές σε όλες, όπως η ακρίβεια, το μικρό κόστος και η μεγάλη ταχύτητα, δημιουργείται η ανάγκη για μια ακόμα απαίτηση η οποία είναι η μέθοδος να αφήνει το προς εξέταση δείγμα επαρκώς αναλλοίωτο ώστε να είναι δυνατή η προοριζόμενη χρήση του πέραν του ελέγχου καλής ποιότητάς. Σε αυτό είναι που υπερτερούν οι μη καταστροφικοί έλεγχοι συγκριτικά με τις στατιστικές και άλλες μεθόδους εξασφάλισης ποιότητας και από αυτή του την ιδιότητα λαμβάνουν και την ονομασία τους.

Για την επίτευξη μη καταστροφικών ελέγχων χρησιμοποιούνται διάφορων ειδών μεθοδολογίες βασιζόμενες σε διαφορετικά φυσικά φαινόμενα που εξυπηρετούν ελέγχους διαφορετικού είδους προδιαγραφών. Οι τρεις

κυριότερες και ποιο διαδεδομένες αυτών είναι οι οπτικοί έλεγχοι ή οπτικές επιθεωρήσεις, οι ραδιογραφικές μέθοδοι και φυσικά οι ηχητικές μέθοδοι πάνω στις οποίες βασίζεται και η παρούσα εργασία.

Συνοπτική αναφορά μεθόδων διαφορετικών φυσικών βάσεων:

· Μέθοδοι Οπτικών Επιθεωρήσεων

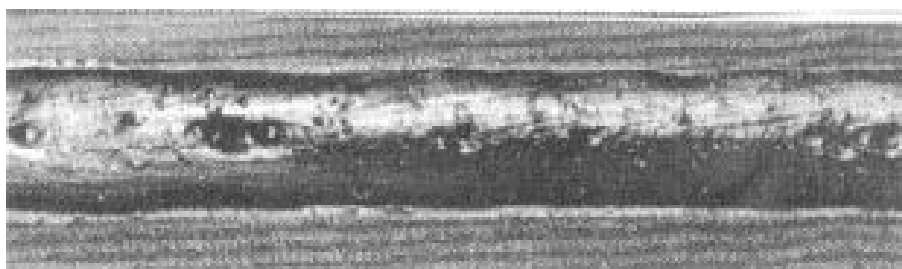
Η οπτική επιθεώρηση είναι ίσως η βασικότερη και αποδοτικότερη μέθοδος μη καταστροφικού ελέγχου, μερικώς λόγω του χαμηλού ως και ανύπαρκτου κόστους της καθώς και λόγω της δυνατότητας να ασκηθεί από τεχνικούς οι οποίοι ειδικεύονται κυρίως σε διαφορετικές μεθόδους ελέγχου.

Η μέθοδος βασίζεται στην εξέταση με οπτικά μέσα για την εξασφάλιση του συμβιβασμού του προϊόντος ή υλικού μας με τις προδιαγραφές ποιότητας που έχουν τεθεί για την καθαριότητα, τον τύπο, το μέγεθος και την απουσία ασυνεχειών ή ρωγμών. Ο συνήθης εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για οπτικό έλεγχο, στις περιπτώσεις που κρίνεται απαραίτητο, περιλαμβάνει μεγεθυντικούς φακούς, υποδεκάμετρα τσέπης, παχύμετρα και πολλές φορές ενδοσκόπια. Από τα παραπάνω τα ενδοσκόπια είναι ίσως τα πολυπλοκότερα του εξοπλισμού κάνοντας χρήση ψηφιακών οπτικών συστημάτων όπως μικρού μεγέθους κάμερες για να μας παρέχουν εικόνα των τμημάτων σε δύσκολα προσβάσιμα σημεία.

Παραδείγματα ατελειών ανιχνεύσιμα με μεθόδους οπτικής επιθεώρησης:



Σχήμα 0.01: Ρήγμα σε κόλληση σκελετού αυτοκινήτου



Σχήμα 0.02: Ατέλεια συγκολλήσεων, Επιφανειακοί Πόροι

Παραπάνω μπορούμε να δούμε διαφορετικές μορφές ατελειών που μπορούν να παρουσιαστούν είτε από φθορές στην περίπτωση του ρήγματος είτε από ακατάλληλη κατασκευή στην περίπτωση της κόλλησης. Τέτοιου είδους ατέλειες είναι εύκολα ανιχνεύσιμες με γυμνό μάτι και δεν απαιτούν την χρήση περίπλοκου εξοπλισμό η εξειδικευμένων μεθόδων. Υπάρχουν όμως και ατέλειες, κυρίως αυτές σε μικροσκοπική κλίμακα, τις οποίες το ανθρώπινο μάτι και τα συμβατικά εργαλεία είναι αδύνατον να ανιχνεύσουν. Για το λόγο αυτό βασιζόμαστε σε διάφορες διεργασίες των οποίων η χρησιμότητα δεν βρίσκεται τόσο στην ανίχνευση όσο στην εμφάνιση προηγούμενως αόρατων ατελειών για αν γίνει η ανίχνευσή τους με άλλα μέσα.

Μια από αυτές τις μεθόδους ονομάζεται **Μέθοδος Διεισδυτικών Υγρών** και εφαρμόζεται με τη χρήση υγρού διαλύματος που ψεκάζεται στην επιφάνεια ενδιαφέροντος εμποτίζοντας τις τυχόν ατέλειες και το οποίο με τη σειρά του εκτίθεται σε χημικούς εμφανιστές ή υπεριώδη φωτισμό εάν το υλικό εμποτισμού είναι φθορίζον όπως φαίνεται στο σχήμα 0.03.



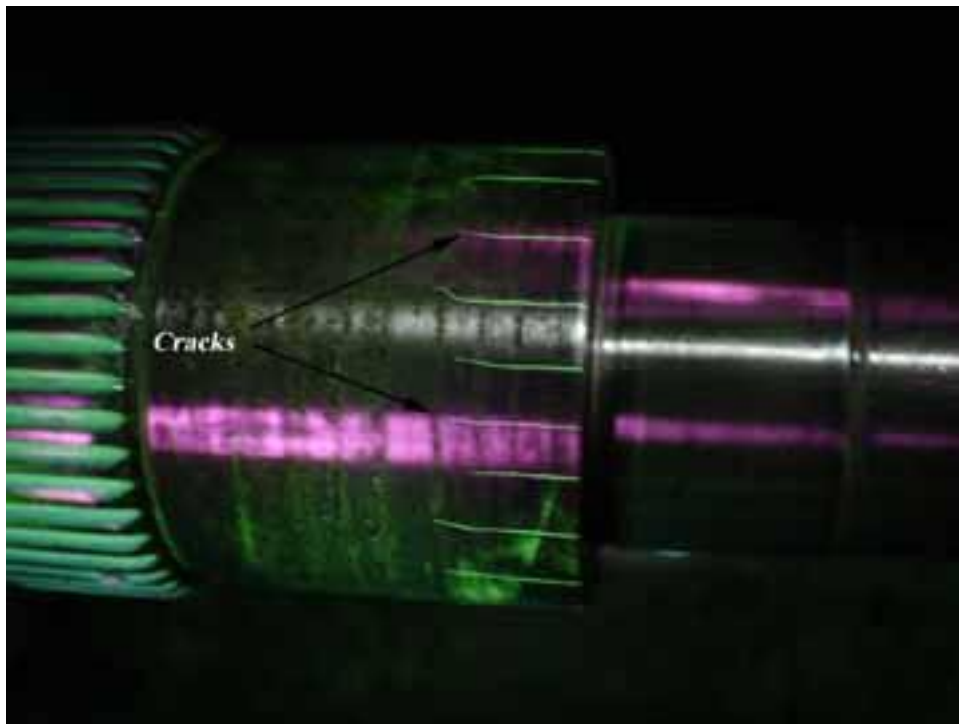
Σχήμα 0.03: Στάδια Μεθόδου Εντοπισμού Σφαλμάτων με Χρήση Διεισδυτικών Υγρών

Μια δεύτερη μέθοδος ονομάζεται **Μέθοδος Μαγνητικών Σωματιδίων** η οποία είναι παρόμοια με την παραπάνω στο γεγονός ότι χρησιμοποιούμε ένα δεύτερο μέσο για να εμφανίσουμε και να εντοπίσουμε ατέλειες στην επιφάνεια αλλά και κάτω από αυτή σε μικρό βάθος. Η μέθοδος αυτή είναι αποτελεσματική στον έλεγχο υλικών τα οποία μαγνητίζονται (φερρομαγνητικά).

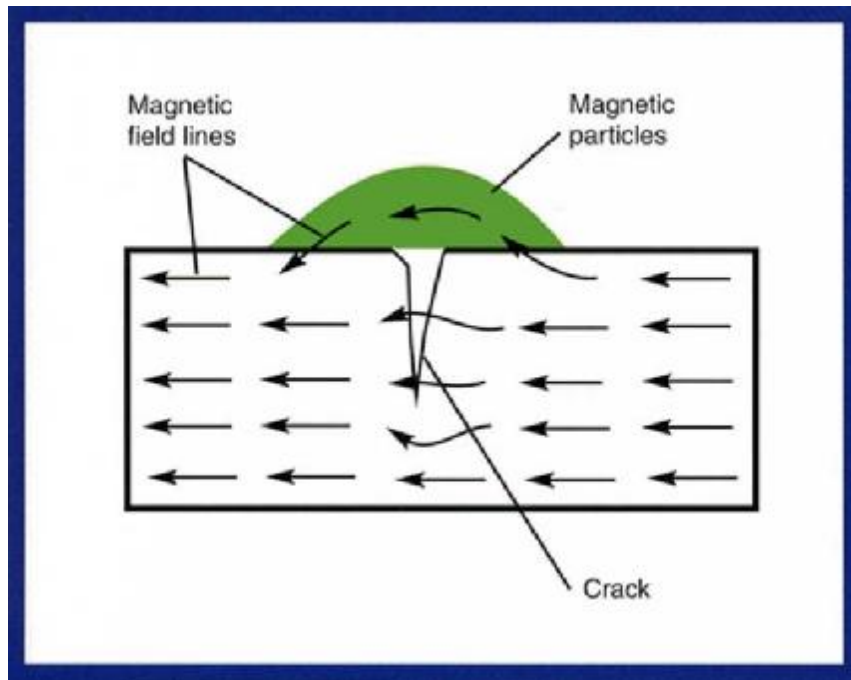
Για την επιτέλεση της μεθόδου κάνουμε χρήση μαγνητικών σωματιδίων τα οποία είτε τα διασκορπίζουμε στην επιφάνεια του δοκιμίου ως σκόνη είτε με τη βοήθεια κάποιο υγρού φορέα που τα περιέχει ως διάλυμα. Ως αποτέλεσμα έχουμε τη συγκέντρωση των σωματιδίων αυτών γύρω από ασυνέχειες και τυχόν ρωγμές οι οποίες προκαλούν διαταραχές στο μαγνητικό πεδίο που εκπέμπει το προς έλεγχο δοκίμιο όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα.



Σχήμα 0.04: Μαγνητικός Έλεγχος με Σωματίδια σε Μορφή Σκόνης



Σχήμα 0.05: Μαγνητικός Έλεγχος με Φθορίζοντα Σωματίδια Διαλυμένα σε Υγρό Φορέα



Σχήμα 0.06: Συμπεριφορά Μαγνητικού Πεδίου και Σωματιδίων

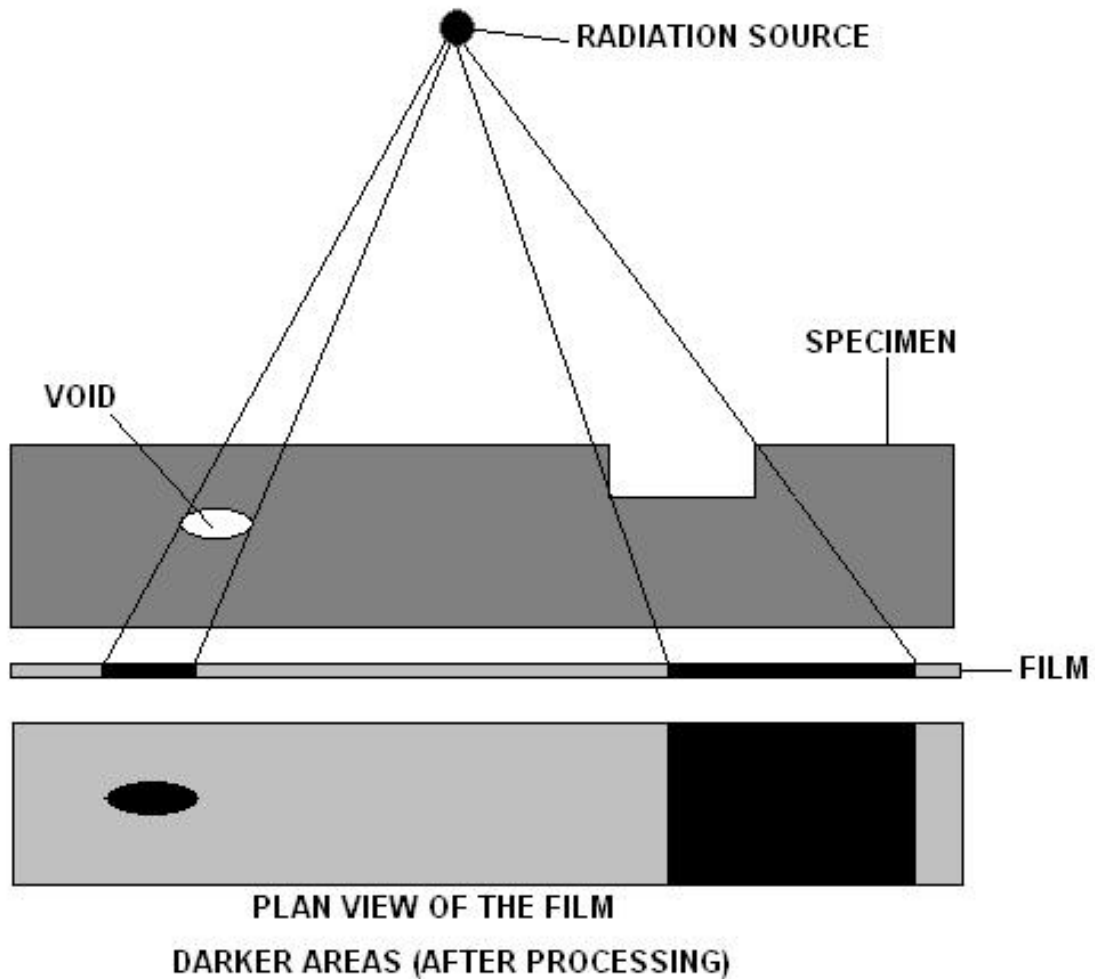
Οι βασικότερες μέθοδοι οπτικής επιθεώρησης οι οποίες δεν απαιτούν πειραματικό εξοπλισμό ή περιορίζονται σε βασικά εργαλεία χρησιμοποιούνται σχεδόν καθολικά σε συνδυασμό με οποιαδήποτε άλλη μέθοδο ελέγχου που απαιτεί ανθρώπινη παρέμβαση και δεν είναι πλήρως αυτοματοποιημένη. Οι πιο εξειδικευμένες μέθοδοι όπως ο μαγνητικός έλεγχος και τα διεισδυτικά υγρά έχουν πιο περιορισμένες εφαρμογές όπου είναι απαραίτητος ο εντοπισμός ρωγμών σε μικροσκοπική κλίμακα.

Γενικά οι οπτικές μέθοδοι συναντούν σχεδόν καθολική χρήση ασχέτως του βασικού ελέγχου ανά την εκάστοτε εφαρμογή. Το γεγονός ότι μπορούν να εφαρμοστούν με μηδενικό κόστος, είτε χρονικό είτε πόρων, από μόνο του πολλαπλασιάζει την αποτελεσματικότητά τους.

· **Ραδιογραφικές Μέθοδοι**

Η πιο κοινή ραδιογραφική μέθοδος ελέγχου σε ευρεία κλίμακα δεν είναι άλλη από την κοινώς ονομαζόμενη ακτινογραφία, χρήσιμη για ιατρικές και άλλες διαγνώσεις. Οι ραδιογραφικές μέθοδοι, βασιζόμενοι είτε σε πυρηνική είτε σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, ακολουθούν την ίδια αρχή. Το προς εξέταση δοκίμιο τοποθετείται ανάμεσα σε μια πηγή της εκάστοτε ακτινοβολίας και σε ένα μέσο αποτύπωσης. Η ύπαρξη ατελειών ή άλλων ασυνεχειών στο δοκίμιο καθώς και η διαφορά στο πάχος, την πυκνότητα και τη σύνθεση του υλικού προκαλούν διαφοροποιήσεις στην εξερχόμενη ακτινοβολία οι οποίες είναι εμφανείς στο ραδιογραφικό film ή σε όποιο άλλο υλικό χρησιμοποιούμε ως μέσο αποτύπωσης. Τα είδη ακτινοβολίας που χρησιμοποιούνται είναι ακτινοβολία

εισχώρησης όπως ακτίνες X ή γ παραγόμενες από ηλεκτρικές λυχνίες ακτίνων X ή ραδιενεργά ισότοπα.



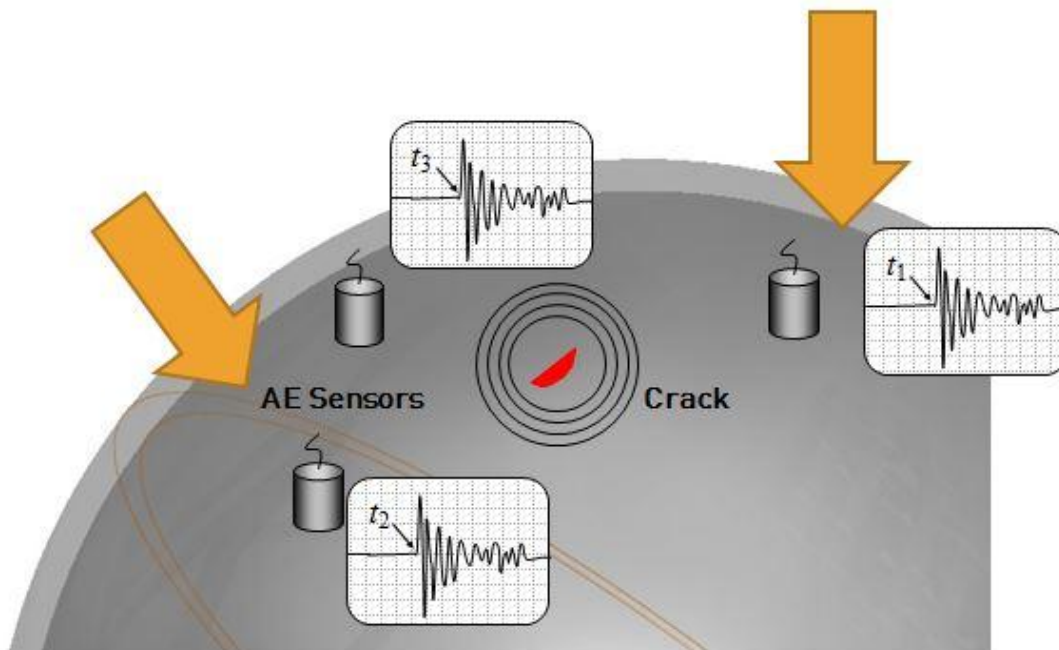
Σχήμα 0.07: Αρχή ραδιογραφικών μεθόδων

· Ηχητικές Μέθοδοι

Υπάρχουν διάφορες ηχητικές μέθοδοι οι οποίες βασίζονται σε διαφορετικούς τύπους ηχητικών κυμάτων και χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές εφαρμογές. Οι πιο διαδεδομένες ονομάζονται **Ακουστικών Εκπομπών** και **Υπερήχων**.

Η **Μέθοδος Ακουστικών Εκπομπών** βασίζεται στην ανίχνευση ηχητικών κυμάτων τα οποία εκπέμπονται από το προς έλεγχο δοκίμιο κατά την καταπόνηση του από απότομες μηχανικές ή θερμικές φορτίσεις. Οι εκπομπές αυτές πηγάζουν από πλαστικές παραμορφώσεις του δοκιμίου ή από την διάδοση προϋπάρχοντων ατελειών και εξαπλώνονται σε όλο το δοκίμιο με αποτέλεσμα να διεγείρουν μια πιεζοηλεκτρική κεφαλή. Στην συνέχεια τα δεδομένα συλλέγονται , αναλύονται, επεξεργάζονται και έτσι παίρνουμε τα

χαρακτηριστικά των ατελειών. Παρακάτω φαίνεται σχηματικά μια χωρική απεικόνιση της μεθόδου καθώς και το είδος της κυματομορφής που παράγεται από τα μετρητικά όργανα.



Σχήμα 0.08: Μέθοδος ακουστικών εκπομπών.

Η μέθοδος αυτή διαφέρει από τις άλλες καθώς αντί να ανιχνεύει την ύπαρξη ατελειών ανιχνεύει τη εξέλιξή τους, για αυτό το λόγο μειονεκτεί σε σχέση με τις άλλες μεθόδους στις περιπτώσεις που είναι απαραίτητο το δοκίμιο να είναι απόλυτα ελλιπές σφαλμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΚΥΜΑΤΩΝ

1.1 ΗΧΟΣ, ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Η Μέθοδος Εντοπισμού Σφαλμάτων με Υπερήχους (**Ultrasonic Flaw Detection**) έχει από τη φύση της μεγάλες ομοιότητες με την μέθοδο ακουστικών εκπομπών καθώς ο εντοπισμός των σφαλμάτων γίνεται με τη συλλογή και την επεξεργασία ηχητικών κυμάτων με παρόμοια όργανα. Η βασική διαφορά των δυο μεθόδων είναι ο τρόπος δημιουργίας των εκπομπών αυτών που επιτρέπουν την ανίχνευση. Με μεθόδους υπερήχων τα όργανα όχι μόνο λαμβάνουν και επεξεργάζονται τα ηχητικά σήματα αλλά είναι υπεύθυνα και για την εκπομπή τους. Αυτό επιτρέπει την ανίχνευση σφαλμάτων χωρίς καμία απολύτως αλλοίωση του εξεταζόμενου δοκιμίου ή υλικού καθώς τα ηχητικά κύματα που χρησιμοποιούνται δεν αφήνουν κατάλοιπα ούτε προκαλούν μόνιμες παραμορφώσεις καμία μορφής. Για αυτόν και για πολλούς άλλους λόγους που αναλύονται παρακάτω η χρήση υπερήχων είναι μια από τις αποτελεσματικότερες μεθόδους ανίχνευσης σφαλμάτων σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών.

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στις υπερηχητικές αυτές μεθόδους εντοπισμού αλλά για να προβούμε σε λεπτομερέστερες αναλύσεις και ποιο συγκεκριμένες μεθόδους πρέπει πρώτα να αναλυθούν οι βασικές φυσικές αρχές των οποίων γίνεται εκμετάλλευση για την λήψη χρήσιμων δεδομένων.

Ήχος

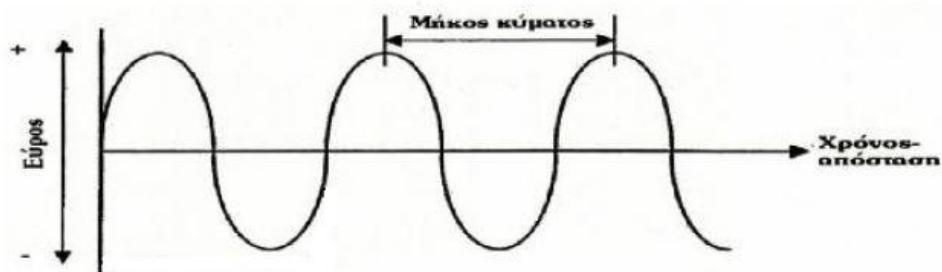
Ήχος ονομάζεται το φαινόμενο που προκαλείται από τη διάδοση ηχητικών κυμάτων μεταδιδόμενων εντός διαφορετικών υλικών φορέων η οποία προκαλεί ερέθισμα σε ακουστικά όργανα, οργανικά ή μηχανικά.

Χωρίζοντας και εξετάζοντας τα μέρη του παραπάνω ορισμού μπορούμε να καταλήξουμε σε μια πληθώρα συμπερασμάτων σχετικά με τη φύση και τις ιδιότητες του ήχου και για ποιο λόγο το φαινόμενο αυτό δίνεται προς εκμετάλλευση για Μ.Κ.Ε. Η πρώτη και βασικότερη πληροφορία που μας δίνεται από τον παραπάνω χαρακτηρισμό είναι η φύση του φαινομένου.

Ήχος ονομάζεται το ερέθισμα, το μέρος αυτό του φαινομένου που αντιλαμβανόμαστε, αγνοώντας όμως την αντίληψη μας αυτού κάθε ήχος δεν είναι παρά ένα κύμα, μια ταλάντωση ενός υλικού μέσου με ελαστικές ιδιότητες. Ως αποτέλεσμα το φαινόμενο αυτό έχει τα ίδια βασικά χαρακτηριστικά και κυβερνάται από τους ίδιους κανόνες όπως κάθε άλλη ταλάντωση. Αυτό μας οδηγεί με τη σειρά του στον ορισμό αυτού του είδους κυμάτων, αλλιώς γνωστών ως **ηχητικά κύματα**.

Ηχητικό κύμα ονομάζεται η περιοδική παλινδρομική μεταβολή της πυκνότητας ενός μέσου.

Ουσιαστικά αναφαινόμαστε σε μια ειδική περίπτωση μηχανικών ταλαντώσεων με τα ίδια αποτελέσματα μεταφοράς ενέργειας και, στην περίπτωση των κυμάτων, προσωρινής παραμόρφωσης του μέσου. Αυτό φυσικά σημαίνει πως έχει και τα ίδια χαρακτηριστικά στοιχεία με άλλες μηχανικές ταλαντώσεις.



Σχήμα1.1.01: Χαρακτηριστικά Μηχανικών Ταλαντώσεων

Τα στοιχεία που μας ενδιαφέρουν για την μελέτη των ηχητικών κυμάτων συγκεκριμένα είναι τα εξής.

- **Μήκος Κύματος (λ):** Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών του κύματος, διαφορετικά απόσταση δυο παρακείμενων σωματιδίων που βρίσκονται στην ίδια φάση.
- **Περίοδος (T):** Ο χρόνος που απαιτείται για μία πλήρη μεταβολή, ή κύκλο όπως ονομάζεται.

- **Συχνότητα (f):** Ο αριθμός κύκλων ανά μονάδα χρόνου. [Hz]
- **Ταχύτητα (c):** Η ταχύτητα με την οποία μεταδίδεται το κύμα. Το μέγεθος αυτό είναι χαρακτηριστικό του μέσου.
- **Πλάτος Ταλάντωσης (amplitude, A):** Η μέγιστη απομάκρυνση ενός σωματιδίου από τη θέση ισορροπίας. Εξαρτάται από το ποσό της παρεχόμενης στο μέσο ενέργειας και είναι ίσο με το μισό του εύρους.

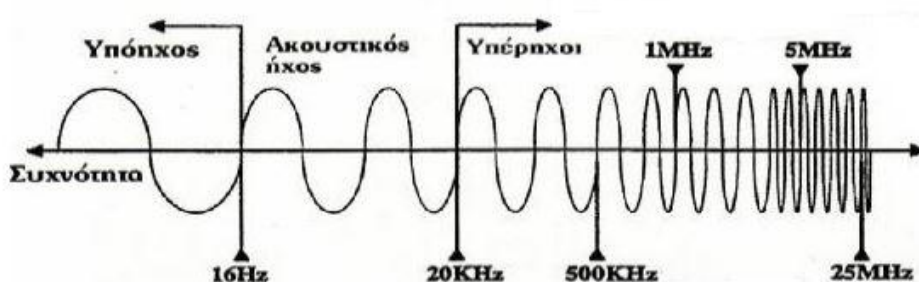
Όπως φαίνεται από την γραφική παράσταση του παραπάνω σχήματος τα παραπάνω είναι αλληλεξαρτώμενα και συνδέονται από τις απλές σχέσεις 1.1.01 και 1.1.02.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{Σχέση 1.1.01}$$

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{Σχέση 1.1.02}$$

Το χαρακτηριστικό μέγεθος που παίζει μεγάλο ρόλο για τον ορισμό των υπερήχων δεν είναι άλλο παρά η **συχνότητα (f)** της οποίας οι μονάδες ονομάζονται *Hertz* προς τιμήν του Γερμανού φυσικού Heinrich Rudolf Hertz ο οποίος απέδειξε την ύπαρξη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με σειρές πειραμάτων από το 1886 ως το 1889.

Η συχνότητα ενός ηχητικού κύματος καθορίζει την θέση αυτού σε ότι ονομάζουμε ηχητικό φάσμα. Το ηχητικό φάσμα δεν είναι τίποτα παραπάνω από μια κλίμακα συχνοτήτων με διαχωρισμούς ανά το “μήκος” της με σκοπό τον χαρακτηρισμό ηχητικών κυμάτων με διαφορετική συχνότητα.



Σχήμα 1.1.02: Ηχητικό Φάσμα

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα τα ηχητικά κύματα διαφοροποιούνται σε τρεις γενικές κατηγορίες βασισμένες στις ανθρώπινες ακουστικές ικανότητες.

- **Υποηχητικό Φάσμα:** Με συχνότητα $f < 16\text{Hz}$ η οποία είναι χαμηλότερη από ότι μπορεί να αισθανθεί το ανθρώπινο αυτί (αν και σε συνθήκες

εργαστηρίου και με τις σωστές προϋποθέσεις μπορούμε να ακούσουμε ως και 12Hz συνήθως οι χαμηλότερες συχνότητες βρίσκονται γύρω στα 20Hz).

- **Ακουστό Φάσμα:** Με συχνότητες περίπου $16\text{Hz} < f < 20\text{kHz}$ είναι το σύνολο των ηχητικών κυμάτων αντιληπτών από τον μέσο άνθρωπο χωρίς επιπλέον εξοπλισμό.
- **Υπερηχητικό Φάσμα:** Καλύπτοντας τις συχνότητες $f > 20\text{kHz}$ αποτελεί το σύνολο των ηχητικών κυμάτων που θα μας απασχολήσουν σχετικά με το είδος των μη καταστροφικών τεχνικών που θα μελετήσουμε. Είναι σε συχνότητες τέτοιες που χωρίς χρήση εξοπλισμού οι μόνοι οργανισμοί που μπορούν να τα εντοπίσουν είναι μερικά είδη νυχτερίδας, σκύλοι και διάφορα άλλα ζώα όλα περιορισμένα όμως στις χαμηλότερες συχνότητες αυτού του υποσυνόλου.

Οι συχνότητες χρήσιμες σε υπερηχητικούς ελέγχους εκτείνονται περίπου ανάμεσα σε $0.5\text{MHz} < f < 25\text{MHz}$ με το μικρότερο όριο να καθορίζεται από την ελάχιστη ακρίβεια που επιθυμούμε και το μέγιστο όριο από τους περιορισμούς των οργάνων μας.

Από τα παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα πού είναι η κύρια, άλλα όχι η μόνη, αιτία της χρήσης υπερηχητικών ελέγχων στους Μ.Κ.Ε. και αυτή είναι η **προβλεψιμότητα και εύκολη κατανόηση της συμπεριφοράς και των χαρακτηριστικών των ηχητικών κυμάτων**. Αυτό σε συνδυασμό με χαρακτηριστικά όπως το **μικρό μέγεθος εξοπλισμού, μηδαμινό κόστος διαδικασίας, μεγάλο βαθμό ακρίβειας και ασφαλείας των ελέγχων** τις τοποθετεί ανάμεσα στις χρησιμότερες και ευρέως διαδεδομένες μεθόδους Μ.Κ.Ε.

1.2 Η ΑΡΧΗ ΤΩΝ ΥΠΕΡΗΧΗΤΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ – ΠΡΩΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ

Στις 27 Μαΐου 1940 ο Αμερικάνος ερευνητής Δρ. Floyd Firestone του πανεπιστημίου του Μίσιγκαν έκανε αίτηση για προνόμιο εφευρέσεως για την πρώτη πρακτική μέθοδο υπερηχητικού ελέγχου. Η εφεύρεση εγκρίθηκε τον Απρίλιο του 1942 ονόματι “Flaw Detecting Device and Measuring Instrument” ή “Συσκευή Εντοπισμού Σφαλμάτων και Μετρητικό Όργανο”.

Σχήμα 1.2.01: Δρ. Floyd Firestone με το πρωτότυπο Υπερηχητικό Ριφλεκτοσκόπιο (Reflectoscope) Τύπου Α το 1945

April 21, 1942.

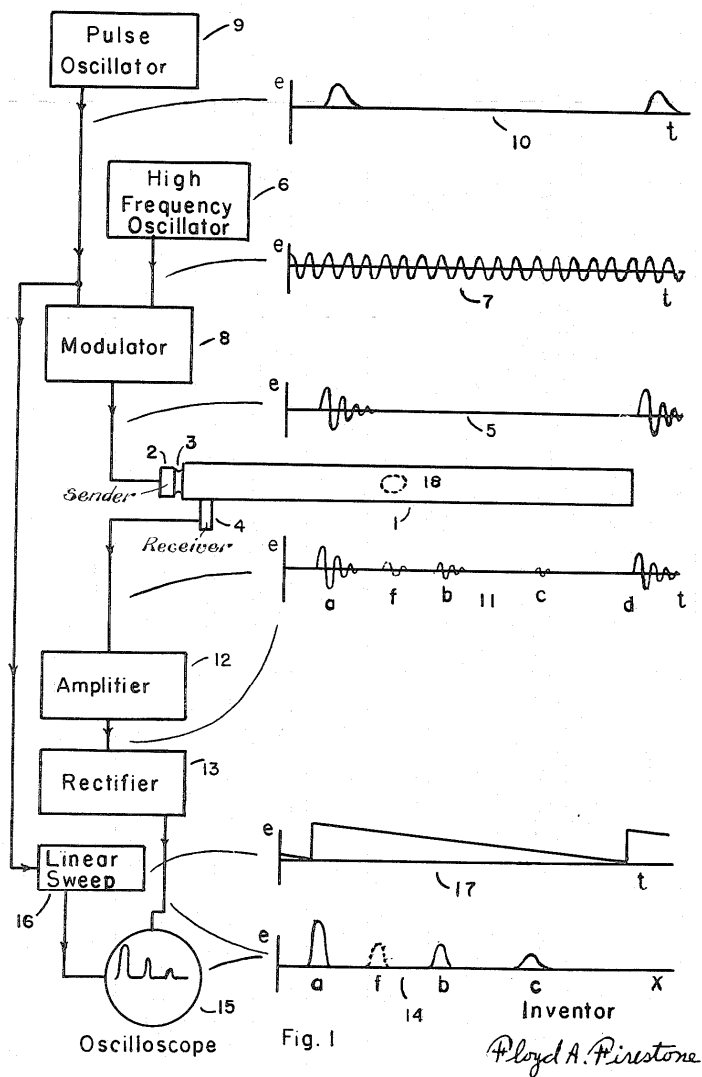
F. A. FIRESTONE

2,280,226

FLAW DETECTING DEVICE AND MEASURING INSTRUMENT

Filed May 27, 1940

2 Sheets-Sheet 1



Σχήμα 1.2.02: Αίτησης προνομίου ευρεσιτεχνίας, σ.1

April 21, 1942.

F. A. FIRESTONE

2,280,226

FLAW DETECTING DEVICE AND MEASURING INSTRUMENT

Filed May 27, 1940

2 Sheets-Sheet 2

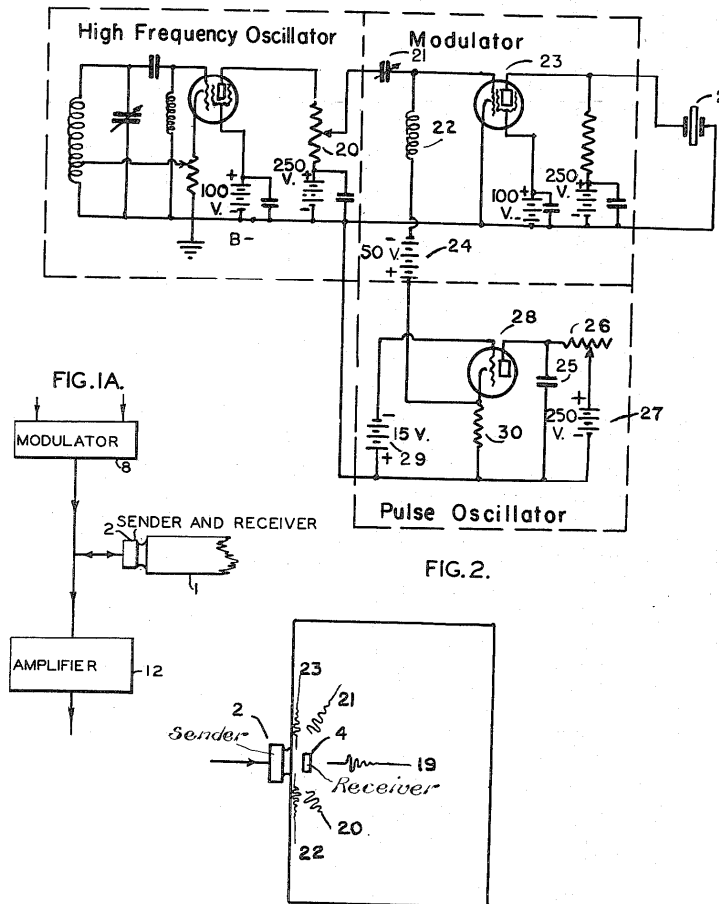


Fig. 3

Inventor
Floyd A. Firestone.

Σχήμα 1.2.03: Αίτησης προνομίου ευρεσιτεχνίας, σ. 2

1.3 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΚΥΜΑΤΩΝ

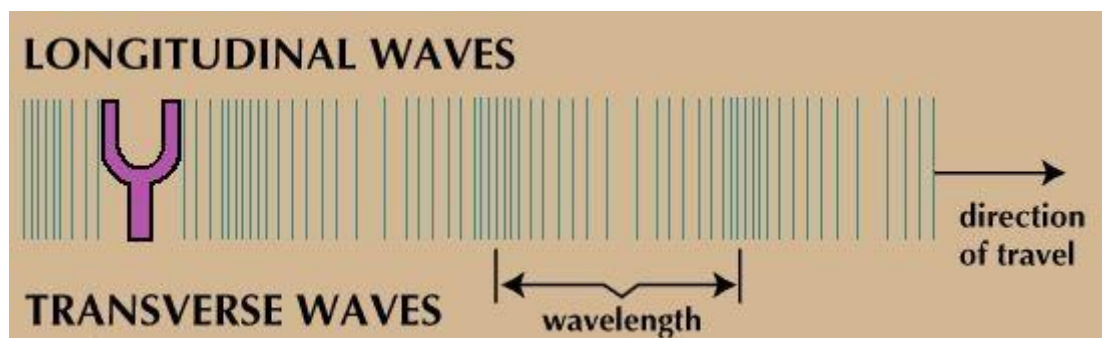
Για να γίνει σωστή επεξήγηση των διαφόρων μεθόδων ελέγχου και εντοπισμού σφαλμάτων με ηχητικά κύματα είναι πρώτα απαραίτητο να αναλυθούν περεταίρω οι διάφορες μορφές, οι ιδιότητές και ο τρόπος διάδοσής των κυμάτων αυτών σε διαφορετικούς φορείς. Αυτό θα συμβάλει στην ευκολότερη κατανόηση των διεργασιών πίσω από τις μεθόδους αυτές.

1.3.1 Είδη Κυμάτων

- **Υπερηχητικά Κύματα**

Τα υπερηχητικά κύματα τα οποία χρησιμοποιούμε για τον έλεγχο των υλικών χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες τρεις εκ των οποίων θα αναφερθούν και δυο αυτών θα αναλυθούν περεταίρω καθώς αυτές είναι που θα χρησιμοποιηθούν για τα παραδείγματα με τον ανιχνευτή EPOCH που θα χρησιμοποιήσουμε. Η κάθε κατηγορία έχει τα δικά της διαφορετικά χαρακτηριστικά και είναι κατάλληλη για διαφορετικές εφαρμογές και με τη χρήση δυο ή τριών από αυτών μπορούμε να ελέγξουμε σχεδόν πάσης φύσης υλικό για πολλά διαφορετικά είδη ατέλειας.

- **Διαμήκη Κύματα (Longitudinal Waves)**



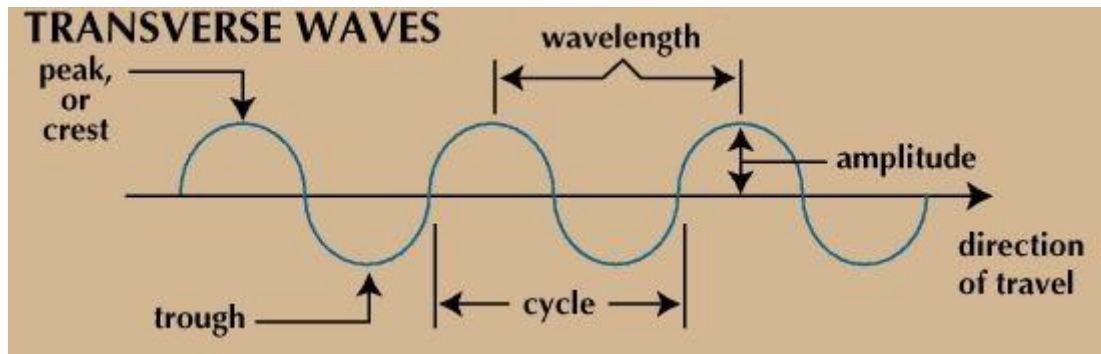
Σχήμα 1.3.1.01: Διαμήκη Κύματα

Αυτά είναι από τα χρησιμότερα είδη κυμάτων στον τομέα των Μ.Κ.Ε. και χρησιμοποιούνται συχνά στον εντοπισμό ασυνεχειών και στις τρεις φάσεις της ύλης. Αποτελούνται από πυκνώσεις και αραιώσεις της ύλης την οποία διατρέχουν και η διεύθυνση ταλάντωσης των μορίων συμπίπτει με τη διεύθυνση

διάδοσης του κύματος. Για αυτό το λόγο μερικές φορές αναφέρονται και ως συμπίεστικά κύματα καθώς στα ταλαντευόμενα μόρια δρουν δυνάμεις συμπίεσης και εφελκυσμού. Εκμεταλλευόμενοι τις ανακλάσεις και διαθλάσεις τέτοιων κυμάτων μπορούμε να εντοπίσουμε μη επιφανειακές ασυνέχειες σε συμπαγή ομογενή υλικά και να κάνουμε παχυμετρήσεις χωρίς τη χρήση ανακλαστήρων. Κύματα αυτού του είδους χρησιμοποιούνται από μετατροπείς ευθείας δέσμης, οι οποίοι εξηγούνται παρακάτω, και επιτρέπουν τον έλεγχο δοκιμίων βάθους ως δέκα μέτρων, ανά περίπτωση ίσως και περισσότερο.

Το βασικό μειονέκτημα των διαμήκους κυμάτων είναι η αδυναμία εντοπισμού ατελειών όταν αυτές βρίσκονται σε βάθος μικρότερου του μήκους κύματός τους, πράγμα που είναι ιδιαίτερα εμφανές σε περιπτώσεις που το δοκίμιο προς έλεγχο είναι μεγάλου βάθους και απαιτεί μεγάλο μήκος κύματος για σωστή επιθεώρηση.

- **Εγκάρσια Κύματα (Transverse/Shear Waves)**

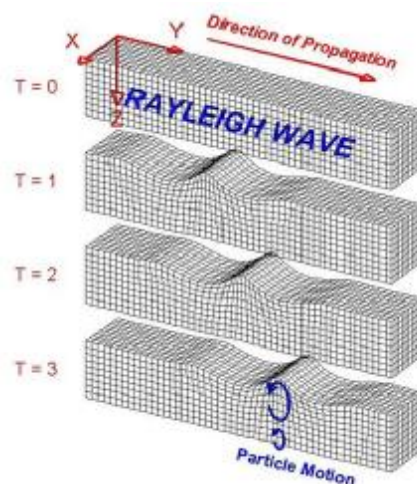


Σχήμα 1.3.1.02: Εγκάρσια Κύματα

Τα εγκάρσια ή διατμητικά, όπως αναφέρονται μερικές φορές, κύματα προκαλούν ταλαντώσεις κάθετες στην διεύθυνση διάδοσης του κύματος και υπάρχει δράση διατμητικών δυνάμεων σε αντίθεση με την προηγούμενη κατηγορία, εξ ου και η ονομασία τους. Έχουν δυνατότητα διάδοσης μόνο εντός μέσων ικανών να φέρουν διατμητικές τάσεις πράγμα που τα καθιστά ακατάλληλα για χρήση σε υγρά και αέρια μέσα. Παρ' όλα αυτά χρησιμοποιούνται ευρέως σε μη καταστροφικούς ελέγχους καθώς είναι απαραίτητα για τον προσδιορισμό των ελαστικών σταθερών ενός στερεού φορέα.

Τέτοιου είδους κύματα χρησιμοποιούνται κατά κόρων σε γωνιακούς μετατροπείς λόγω πρακτικών περιορισμών και χαρακτηρίζονται από πολύ μικρότερες ταχύτητες διάδοσης σε σύγκριση με τα διαμήκη κύματα. Είναι ιδανικά για εντοπισμό ασυνεχειών εφαρμογές όπως οι κολλήσεις και άλλες παρόμοιες στις οποίες έχουμε ιδιαίτερες εσωτερικές γεωμετρίες και τα σφάλματα δεν βρίσκονται παράλληλα με την επιφάνεια προσάρτησης του μετατροπέα.

- **Επιφανειακά κύματα ή κύματα Rayleigh.**



Σχήμα 1.3.1.03: Επιφανειακά κύματα Rayleigh

Τα κύματα Rayleigh δημιουργούνται όταν στην επιφάνεια ενός μέσου μεγάλου πάχους προσπίψουν διαμήκη κύματα υπό συγκεκριμένη (κρίσιμη) γωνία. Συνδυάζουν την εγκάρσια και διαμήκη κίνηση των δύο προηγούμενων κατηγοριών κυμάτων και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελλειπτική κίνηση των σωματιδίων του μέσου όπως φαίνεται στο σχήμα 1.3.1.03. Ο τρόπος διάδοσής τους καθώς και το γεγονός ότι διαδίδονται μόνο σε επιφάνειες τα καθιστά κατάλληλα για εντοπισμό σφαλμάτων σε μεγάλες επιφάνειες όπου ο οπτικός έλεγχος είναι ανεπαρκής.

1.3.2 Συμπεριφορά Ηχητικών Κυμάτων σε Υλικούς Φορείς

Έχοντας μια βασική ιδέα σχετικά με τα είδη κυμάτων που χρησιμοποιούνται στην πλειονότητα των διαδικασιών ελέγχου μπορούμε να προχωρήσουμε στην εξέταση της συμπεριφοράς τους σε διαφορετικούς φορείς ώστε να αναλυθούν περεταίρω οι μέθοδοι ελέγχου.

Κατά την μετάδοση ενός κύματος εντός ενός φορέα αυτό που μας επιτρέπει να κάνουμε ηχητικούς ελέγχους είναι ο εντοπισμός διαφοροποιήσεων και αποκλίσεων από το θεωρητικό τρόπο διάδοσης του εκπεμπόμενου κύματος.

Οι αποκλίσεις αυτές οφείλονται σε διάφορους παράγοντες μερικοί εκ των οποίων εξαρτώνται από τον φορέα και τη δομή του και άλλοι οι οποίοι είναι αποτέλεσμα των σφαλμάτων που αναζητούμε και μας βοηθούν να τα εντοπίσουμε.

Οι παράγοντες επηρεασμού της διάδοσης του κύματος προερχόμενοι από το υλικό οφείλονται στην κρυσταλλική δομή του στην περίπτωση ελέγχου μετάλλων και στις ελαστικές του ιδιότητες σε άλλες περιπτώσεις όπως και σε γενικότερα αίτια. Οι βασικότεροι παράγοντες είναι οι εξής:

Παράγοντες επηρεασμού συμπεριφοράς εξαρτώμενοι από κρυσταλλικές δομές:

- Διαφορετικός προσανατολισμός των κόκκων του υλικού με διαφορετικές ελαστικές ιδιότητες που οδηγούν σε αυτό που ονομάζουμε ανισοτροπία του υλικού.
- Μέγεθος κόκκων του προς έλεγχο υλικού.

Παράγοντες εξαρτώμενοι από γενικά αίτια:

- Η εξασθένηση του κύματος με αποτέλεσμα την αδυναμία ερμηνείας των δεδομένων λόγω μικρής ενέργειας στην επιστροφή. Το φαινόμενο αυτό είναι συνήθως αποτέλεσμα απορρόφησης ή διασκορπισμού.
- Η ακουστική αντίσταση του προς έλεγχο υλικού. Μερικά πορώδη υλικά δεν δίνονται στην εύκολη μεταφορά ενέργειας των κυμάτων.
- Η έλλειψη ομοιογένειας. Μερικά δοκίμια που αποτελούνται από δύο η παραπάνω υλικά που δεν έχουν αναμιχθεί σε μοριακό επίπεδο αλλάζουν τη συμπεριφορά του κύματος καθώς ταξιδεύει από υλικό σε υλικό με διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Μετάδοση κυμάτων μεταξύ ανόμοιων φορέων

Η μελέτη του τρόπου μετάδοσης ηχητικών κυμάτων μεταξύ ανόμοιων φορέων είναι το θεμέλιο των υπερηχητικών ελέγχων καθώς οι βασικότερες εφαρμογές της μεθόδου απευθύνονται είτε σε παχυμετρήσεις είτε σε εντοπισμό ασυνεχειών σε συμπαγή ομογενή υλικά. Προβλέποντας τη συμπεριφορά ενός κύματος εντός ενός υλικού μπορούμε να συγκρίνουμε την πρόβλεψη με τα δεδομένα που συλλέγουμε από τον εξοπλισμό μας. Εντοπίζοντας τις διαφοροποιήσεις και τη μορφή τους μπορούμε να κάνουμε εκτιμήσεις για τη φύση των ατελειών και έτσι να καταλήξουμε από τα απλούστερα συμπεράσματα, όπως το πάχος ενός στρώματος υλικού, ως εξαιρετικά πολύπλοκα, όπως η θέση, το σχήμα και η σύσταση μια ασυνέχειας.

Στον υπερηχητικό έλεγχο τα κύματα πάντα διαδίδονται σε δύο τουλάχιστον μέσα. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα δύο μέσα αυτά είναι το μέσο σύζευξης (couplant) ακολουθημένο από το προς εξέταση υλικό αν και σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να συναντήσουμε διαδοχικές στρώσεις υλικού. Το σημείο μετάβασης από το ένα υλικό στο άλλο ονομάζεται **επιφάνεια διαχωρισμού**. Όταν το υπερηχητικό κύμα συναντήσει τη διαχωριστική επιφάνεια ένα μέρος της ηχητικής ενέργειας του κύματος διαδίδεται στο εξεταζόμενο υλικό, ενώ το άλλο μέρος ανακλάται πίσω συνήθως προς το μέσο σύζευξης. Το φαινόμενο αυτό λαμβάνει χώρα οποτεδήποτε το υπερηχητικό κύμα συναντά διαχωριστικές επιφάνειες και είναι ιδιαίτερα έντονο σε εφαρμογές πάνω στα σύνθετα υλικά.

Το χαρακτηριστικό των υλικών που καθορίζει το ποσό της ακουστικής πίεσης, που θα ανακλαστεί από τη διαχωριστική επιφάνεια, ονομάζεται **ακουστική αντίσταση** και εκφράζει την αντίσταση που προβάλλουν τα δομικά σωματίδια ενός υλικού στη διάδοση του ηχητικού κύματος. Η ακουστική αντίσταση δίνεται από τη σχέση 1.3.2.01 και η τιμή της είναι χαρακτηριστική για κάθε υλικό.

$$Z = p * c \quad \text{Σχέση 1.3.2.01}$$

όπου p είναι η **πυκνότητα** του υλικού και c είναι η **ταχύτητα του ήχου** σε αυτό.

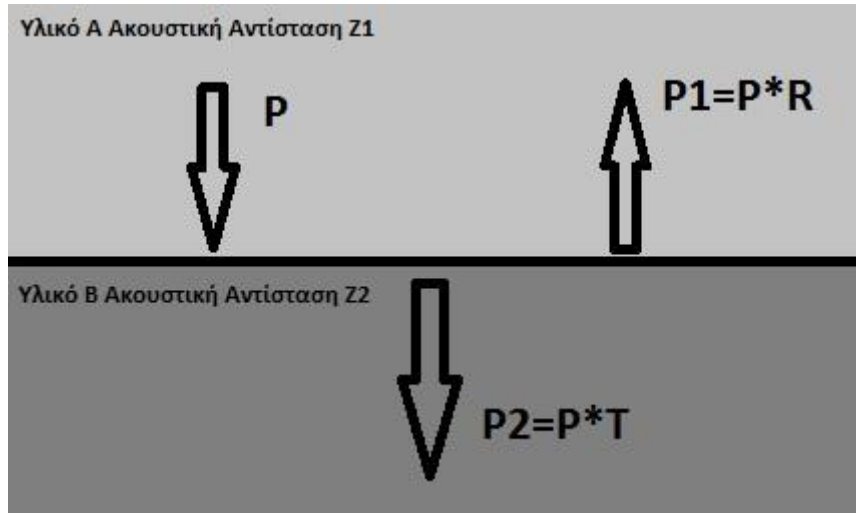
Κάθετη Πρόσπτωση

Όταν ένα ηχητικό κύμα διαδίδεται σ' ένα υλικό ακουστικής αντίστασης Z_1 και συναντήσει κάθετα τη διαχωριστική επιφάνεια με ένα άλλο υλικό ακουστικής αντίστασης Z_2 ορίζεται ο συντελεστής ανάκλασης (Reflection Coefficient) R σύμφωνα με τη σχέση:

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad \text{Σχέση 1.3.2.02}$$

Ο R είναι ποσοστό και η τιμή του μπορεί να κυμανθεί από μηδέν σε περίπτωση που τα δύο υλικά έχουν την ίδια ακουστική αντίσταση, πράγμα που θα έχει ως αποτέλεσμα την μετάδοση του συνόλου της ενέργειας του κύματος χωρίς απώλειες από το ένα υλικό στο άλλο, ή, στην περίπτωση εξαιρετικά μεγάλης διαφοράς των δυο ακουστικών αντιστάσεων, ο R μπορεί να έχει μέγιστη τιμή με αποτέλεσμα της ολικής ανάκλασης της ενέργειας του κύματος.

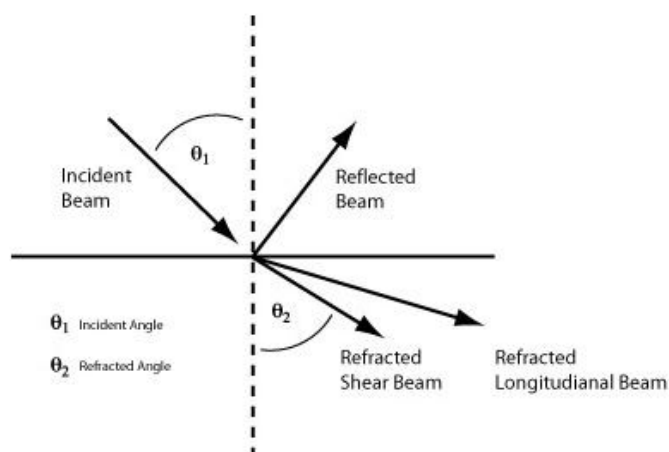
Αντίστοιχα έχουμε τον συντελεστή διάδοσης T (transmission coefficient) ο οποίος εκφράζει το ποσοστό της ενέργειας που εισέρχεται στο εξεταζόμενο υλικό και αφού οι δύο συντελεστές μαζί μας δίνουν το συνολικό ποσό της ενέργειας του κύματος μπορούμε να βρούμε τον συντελεστή T αφαιρώντας τον συντελεστή R από τη μονάδα.



Σχήμα 1.3.1.04: Κάθετη πρόσπτωση

Γωνιακή Πρόσπτωση

Οι ηχητικές δέσμες στους υπερηχητικούς ελέγχους είναι ιδιαίτερα κατευθυνόμενες, ξεκάθαρες και ευδιάκριτες. Σε περιπτώσεις που μια ηχητική δέσμη συναντά μια διαχωριστική επιφάνεια η συμπεριφορά της έχει μεγάλη ομοιότητα με τη συμπεριφορά δεσμών φωτός και κυβερνάται από όμοιους φυσικούς νόμους, συγκεκριμένα **το νόμο Διάθλασης του Snell**. Για μια ηχητική δέσμη που θα προσπέσει σε μια διαχωριστική επιφάνεια κάθετα θα έχουμε κάθετη ανάκλαση μέρους της ομοαξονική προς και από το σημείο πρόσπτωσης. Στην περίπτωση που η πρόσπτωση γίνει υπό γωνία μέρος της ακτίνας θα ανακλαστεί υπό την ίδια γωνία σε σχέση με έναν κάθετο άξονα στη διαχωριστική επιφάνεια που περνά από το σημείο πρόσπτωσης. Στην άλλη πλευρά της επιφάνειας η δέσμη θα χωριστεί σε δύο διαφορετικές, η μία από διαμήκη και η άλλη από εγκάρσια κύματα υπό διαφορετικές γωνίες σε σχέση με τον προαναφερθέντα άξονα.



Σχήμα 1.3.1.05: Γωνιακή πρόσπτωση, Νόμος Snell

Οι γωνίες διάθλασης συνδέονται με τις ταχύτητες του ήχου στο εκάστοτε υλικό με την σχέση 1.3.2.03.

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad \text{Σχέση 1.3.2.03}$$

Όπου:

- θ_1 και θ_2 οι γωνίες όπως φαίνονται στο σχήμα 1.3.1.05.
- v_1 και v_2 οι ταχύτητες του ήχου στο πρώτο και το δεύτερο υλικό αντίστοιχα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΗΧΗΤΙΚΟΥ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

2.1 ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΑΝΤΙΧΗΣΗΣ (RESONANT INSPECTION)

Επιθεώρηση αντήχησης ονομάζεται μια απλούστερη μέθοδος με εφαρμογές περιορισμένες σε περιπτώσεις γραμμών παραγωγής μικρών σχετικά τεμαχίων κατασκευασμένων κυρίως από διάφορα μέταλλα ή άλλα κρυσταλλικά υλικά. Η μέθοδος εκμεταλλεύεται την προβλεψιμότητα στην συμπεριφορά των ταλαντώσεων του εκάστοτε τεμαχίου για να κάνει το διαχωρισμό ανάμεσα σε αυτά που είναι κατάλληλα προς χρήση και αυτά που παρουσιάζουν αστοχίες και ιδιομορφίες.

Διαδικασία και Εξοπλισμός Ελέγχου



Σχήμα 2.1: Βιομηχανική πειραματική διάταξη επιθεώρησης αντήχησης

Στο παραπάνω σχήμα βλέπουμε μια πλήρως αυτοματοποιημένη διάταξη με σκοπό την επιθεώρηση αντήχησης και την ταχεία επιλογή τεμαχίων. Η διάταξη αποτελείται από έναν ιμάντα μεταφοράς των τεμαχίων εμπρός ενός εμβόλου το οποίο συγκρούεται με το εκάστοτε τεμάχιο προκαλώντας του ταλάντωση (όμοια με την ταλάντωση καμπάνας). Το μικρόφωνο δίπλα στο έμβολο καταγράφει την ηχητική ταλάντωση και την συγκρίνει με ένα πρότυπο το οποίο υπάρχει στον ηλεκτρονικό 'εγκέφαλο' της διάταξης. Εάν ο ήχος που καταγράφηκε παρουσιάζει ικανοποιητική ομοιότητα με το πρότυπο τότε σημαίνει πως το τεμάχιο ανταποκρίνεται επαρκώς στα κριτήρια καλής ποιότητας και είναι ιδανικό για χρήση. Σε αυτήν την περίπτωση ανάβει το πράσινο φως και το τεμάχιο εκβάλλεται από τον ιμάντα με τη βοήθεια ενός δεύτερου εμβόλου το οποίο βρίσκεται δίπλα στις ενδεικτικές λυχνίες. Σε περίπτωση που κατά τη σύγκριση του μοτίβου της ταλάντωσης με το ηχητικό πρότυπο ο εγκέφαλος κρίνει ότι δεν υπάρχει επαρκής ομοιότητα τότε ανάβει το κόκκινο ενδεικτικό φως της διάταξης και το δεύτερο έμβολο δεν ενεργοποιείται με αποτέλεσμα το εσφαλμένο τεμάχιο να συνεχίσει την πορεία του στον ιμάντα μεταφοράς και να αποτεθεί σε δοχείο συλλογής με σκοπό την απομάκρυνση ή την ανακύκλωσή του. Το σήμα για την ενεργοποίηση των εμβόλων δίνεται βάση της λήψης δεδομένων μίας κάμερας με επεξεργασία αυτών από λογισμικό το οποίο παρακολουθεί την πορεία των τεμαχίων στον ιμάντα σε σχέση με τη θέση των εμβόλων. Η διάταξη έχει μέσο όρο χρόνου ελέγχου τεμαχίου τρία δευτερόλεπτα και είναι ιδανική για έλεγχο εξαρτημάτων πάσης μηχανολογικής φύσεως.

Πλεονεκτήματα:

- Μικρό κόστος πειράματος χωρίς αναλώσιμα κατά τη διαδικασία και χωρίς ανάγκη για καμία προετοιμασία των τεμαχίων.
- Ταχεία και αξιόπιστα αποτελέσματα.
- Πλήρως αυτοματοποιημένη διαδικασία.
- Αφαιρώντας την ανθρώπινη παρέμβαση από τη διαδικασία αφαιρείται και η πιθανότητα για σφάλματα χειριστή.
- Εύκολη συλλογή δεδομένων για στατιστική ανάλυση και ποιοτικό έλεγχο.

Μειονεκτήματα:

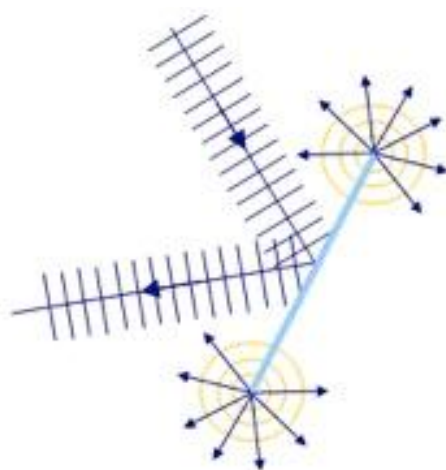
- Περιορισμός στο μέγεθος τεμαχίων.
- Περιορισμός σε τεμάχια από κεραμικά, μεταλλικά ή σύνθετα υλικά.
- Πιθανές παρεμβολές σε περιβάλλοντα με εξαιρετική ηχορύπανση.
- Χρήσιμο μόνο σε εφαρμογές αποδοχής/απόρριψης.

- Αδυναμία λεπτομερούς εντοπισμού αστοχίας.
- Αδυναμία ελέγχου συνθέσεων (assembly).

2.2 ΥΠΕΡΗΧΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΠΤΗΣΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ

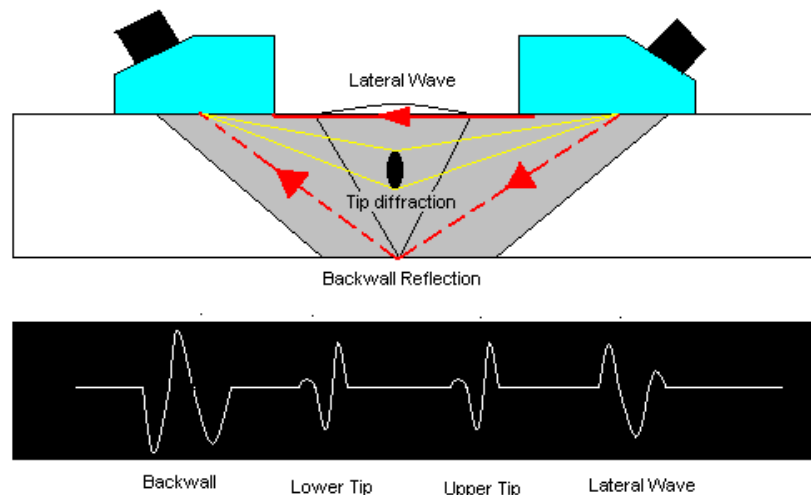
Η μέθοδος χρόνου πτήσης διάθλασης (Time-of-flight diffraction / TOFD) αποτελεί μέθοδο μη καταστροφικού ελέγχου μεγάλης ακρίβειας και έχει εφαρμογές συγκεκριμένα στον τομέα του ελέγχου ατελειών σε κολλήσεις. Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε προς το τέλος του 90 και στις αρχές του 2000 βλέποντας χρήση τα ακόλουθα χρόνια.

Η μέθοδος βασίζεται στη χρήση διαμήκους κυμάτων και τη διαφορετική συμπεριφορά τους κατά τη διάθλαση και ανάκλαση τους.



Σχήμα 2.2.01: Ανάκλαση και διάθλαση κυμάτων (με ανοιχτό μπλε η ατέλεια)

Με πομπό και δέκτη τοποθετημένους στην κάθε πλευρά της κόλλησης, ο πομπός εκπέμπει την ακτίνα εντός του υλικού και ο δέκτης την ανιχνεύει αφού έχει υποστεί μεταβολές από ανομοιογένειες στην εσωτερική γεωμετρία του υλικού. Όταν οι υπέρηχοι συναντήσουν μια ασυνέχεια μέρος τους θα ανακλαστεί στις επίπεδες επιφάνειες του μέσου και της ατέλειας και μέρος τους θα διαθλαστεί στα σημεία που η ατέλεια αρχίζει και τελειώνει καθώς και σε άλλες αιχμές. Μετρώντας το χρόνο πρόσπτωσης των κυμάτων που διαθλάστηκαν και εφαρμόζοντας βασική γεωμετρία μπορούμε να γνωρίζουμε με ακρίβεια την θέση, το βάθος και το σχήμα της ατέλειας. Εκμεταλλευόμενη την διαχυτική ικανότητα των υπερήχων η μέθοδος αυτή προσφέρει μεγάλη περιοχή κάλυψης.



Σχήμα 2.2.02: Γραφική απεικόνιση διαδρομής παλμού (soundpath) και διάγραμμα τροποποιημένου κύματος.

Πλεονεκτήματα:

- Βασίζεται στην διάθλαση, εξαλείφοντας την επιρροή του σχήματος της ατέλειας στην διαδικασία εντοπισμού.
- Μεγάλη ακρίβεια στον εντοπισμό θέσης, φύσης και σχήματος ατελειών.
- Ταχεία εγκατάσταση και χρόνος ελέγχου καθώς μία δέσμη προσφέρει μεγάλη περιοχή κάλυψης.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εντοπισμό διάβρωσης.

Μειονεκτήματα:

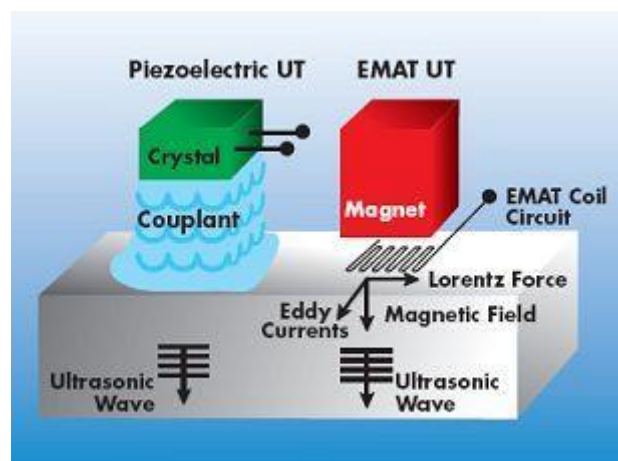
- Το ένα και βασικότερο μειονέκτημα της παραπάνω μεθόδου είναι πως λόγω του οριζόντιου κύματος (lateral wave) που ταξιδεύει κάτω από την επιφάνεια προς εξέταση έχουμε τη δημιουργία μιας ‘νεκρής’ περιοχής βάθους περίπου πέντε χιλιοστών στην οποία το όργανο δεν μπορεί να εντοπίσει ασυνέχειες. Αυτό το κενό πρέπει να καλυφθεί με διαφορετική μέθοδο εντοπισμού και έτσι συχνά η μέθοδος TOFD εφαρμόζεται παράλληλα με διαφορετικές μεθόδους καθώς συνιστάται περισσότερο σαν επιπρόσθετο μέτρο χάριν ακρίβειας.

Η μέθοδος TOFD είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη στην επιθεώρηση κολλήσεων σε συστήματα αγωγών και σωλήνων καθώς και οπουδήποτε χρειαστεί η επιθεώρηση μεγάλου μήκους κολλήσεων.

2.3 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ

Ο ηλεκτρομαγνητικός ακουστικός μετατροπέας (Electromagnetic Acoustic Transducer / EMAT) είναι μετατροπέας ηλεκτρικής ενέργειας σε ηχητικές ταλαντώσεις με τη χρήση μαγνήτη και πηνίου για την δημιουργία μαγνητικού πεδίου εντός του υλικού προς έλεγχο. Εντός του μετατροπέα βρίσκονται ένας μαγνήτης, ηλεκτρομαγνήτης ή μόνιμος ο οποίος παράγει ένα στατικό μαγνητικό πεδίο και ένα πηνίο στο οποίο δίνεται ενέργεια με μορφή εναλλασσόμενου ρεύματος σε υπερηχητικές συχνότητες συνήθως από 20kHz ως 10MHz. Έτσι πετυχαίνουμε παραγωγή ηχητικών ταλαντώσεων εντός του προς εξέταση υλικού με την αλληλεπίδραση των δύο μαγνητικών πεδίων.

Από τη φύση του μηχανισμού παραγωγής κυμάτων της παραπάνω μεθόδου μπορούμε να συμπεράνουμε πως η λειτουργία της είναι περιορισμένη σε αγώγιμα και φερρομαγνητικά υλικά λόγω των μαγνητικών τους ιδιοτήτων. Στην περίπτωση των αγώγιμων μετάλλων η ταλάντωση γίνεται με τη βοήθεια των δυνάμεων Lorenz των οποίων η εφαρμογή εξαρτάται από τη σχετική θέση υλικού και μετατροπέα, από τη μορφή του μαγνήτη και του πηνίου και από τις ιδιότητες του υλικού προς έλεγχο. Στην περίπτωση φερρομαγνητικών υλικών η ταλάντωση δημιουργείται λόγω της ιδιότητάς τους να μεταβάλουν τη γεωμετρία τους όταν βρίσκονται από την επιρροή μαγνητικών πεδίων και δυνάμεων (magnetostriction) με αποτέλεσμα να έχουμε εμφάνιση ταλαντώσεων με την συνεχή μεταβολή των γεωμετρικών ιδιοτήτων του υλικού που ακολουθούν τη μεταβολή της εναλλασσόμενης τάσης.



Σχήμα 2.3: Σύγκριση επιδράσεων πιεζοηλεκτρικού μετατροπέα με EMAT

Εξετάζοντας τα παραπάνω φαινόμενα γίνεται εμφανές ένα από βασικότερα πλεονεκτήματα των μετατροπέων EMAT το οποίο είναι η δυνατότητα λειτουργίας τους δίχως την παρουσία συζευκτικού μέσου (couplant) καθώς η παραγωγή των κυμάτων γίνεται κατευθείαν εντός του υλικού και δεν υπάρχει απώλεια ενέργειας στον ενδιάμεσο χώρο.

Πλεονεκτήματα:

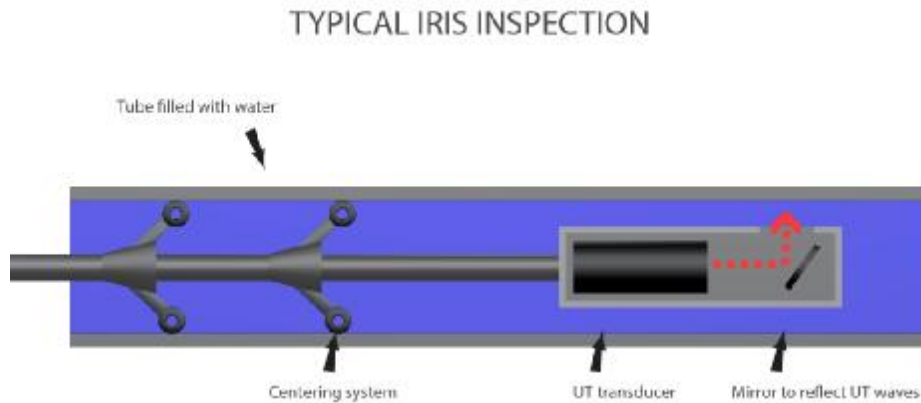
- Λειτουργία χωρίς συζευκτικό μέσο καθιστώντας τους ιδανικούς για επιθεωρήσεις σε θερμοκρασίες που θα άλλαζαν τη φάση του συζευκτικού ρευστού.
- Μικρότερες παρεμβολές σε περιπτώσεις που η επιφάνεια του υλικού είναι ανισόπεδη και ο μετατροπέας δεν έχει ιδανική επαφή με το υλικό.
- Ευκολότερη τοποθέτηση μετατροπέα σε σχέση με τους πιεζοηλεκτρικούς καθώς δεν έχουμε επιφανειακές επιρροές από το νόμο του Snell.

Μειονεκτήματα:

- Απαιτήση μεθόδων επεξεργασίας σήματος μεγαλύτερης ακρίβειας καθώς οι EMAT παράγουν κύματα μικρότερης εντάσεως με αποτέλεσμα το δυσκολότερο διαχωρισμό τους από περιβαλλοντικό 'θόρυβο'.
- Περιορισμός σε αγωγιμα ή φερρομαγνητικά υλικά.
- Απαιτούν απουσία εξωτερικών μαγνητικών πεδίων που μπορεί να είναι παρόντα στην περιοχή του ελέγχου (π.χ. μαγνήτες).

2.4 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ IRIS

Το εσωτερικό σύστημα επιθεώρησης (Internal rotary inspection system / IRIS) είναι μία πειραματική διάταξη με σκοπό τον μη καταστροφικό υπερηχητικό έλεγχο σωλήνων και άλλων αγωγών μεγάλου μήκους. Η διάταξη αποτελείται από έναν υπερηχητικό μετατροπέα, μια ανακλαστική επιφάνεια για την ανακατεύθυνση των ηχητικών κυμάτων στα τοιχώματα του σωλήνα και μια φτερωτή η οποία είναι υπεύθυνη για την περιστροφή της διάταξης.



Σχήμα 2.4: Γενική μορφή διάταξης IRIS

Όπως φαίνεται παραπάνω η μετατροπέας παραγάγει την ηχητική δέσμη η οποία ανακλάται από την επιφάνεια ανάκλασης και κατευθύνεται κάθετα προς το τοίχωμα του αγωγού. Μέρος της δέσμης ανακλάται από την εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια του αγωγού και επιστρέφει στο μετατροπέα από την ίδια διαδρομή. Η φτερωτή (δεν απεικονίζεται) με τη βοήθεια της κίνησης του νερού, το οποίο εξυπηρετεί και ως συζευκτικό μέσο, δίνει περιστροφική κίνηση στην ανακλαστική επιφάνεια καθώς εκείνη κινείται κατά μήκος του αγωγού και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πλήρη ελικοειδή επιθεώρηση των τοιχωμάτων. Για την παρούσα μέθοδο ελέγχου είναι κρίσιμο η απόσταση της διάταξης από τα τοιχώματα του αγωγού να είναι ίδια και σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος καθώς εάν το σύστημα δεν κεντραρισμένο σωστά η απεικόνιση ύστερα από την επεξεργασία δεδομένων θα επηρεαστεί εξαιρετικά. Για το λόγο αυτό γίνεται χρήση υποστηριγμάτων τα οποία κυλούν στα τοιχώματα του αγωγού. Η μέθοδος απαιτεί πιεζοηλεκτρικούς μετατροπείς υψηλών συχνοτήτων με εύρος από 10 ως 25MHz για να γίνει σωστά η ανάκλαση και στα δύο τοιχώματα του αγωγού.

Πλεονεκτήματα:

- Μεγάλη ακρίβεια αποτελεσμάτων (τάξης 0,13mm σε μετρήσεις πάχους)
- Λειτουργεί για αγωγούς σχεδόν πάσης φύσης υλικού.

Μειονεκτήματα:

- Η διάταξη πρέπει να διατηρήσει μικρή ταχύτητα κίνησης εντός του αγωγού για αξιόπιστα αποτελέσματα, περίπου 2.5cm/s.
- Υπάρχει περιορισμός στην ελάχιστη διάμετρο του προς εξέταση αγωγού της τάξης των 13mm.
- Απαιτεί καθαρισμό των εσωτερικών επιφανειών του αγωγού και καθαρό νερό πίεσης περίπου 60psi καθώς τυχόν ρίποι μπορεί να προκαλέσουν εμπλοκές και διαταραχές στην κίνηση του συστήματος.
- Αδυναμία εντοπισμού διαμπερών οπών καθώς και ατελειών παράλληλων με την ακτίνα του αγωγού.
- Δυνατότητα κίνησης εντός γωνιών των αγωγών αλλά αδυναμία λήψης δεδομένων από αυτές.

Το σύστημα αυτό είναι κυρίως χρήσιμο για την επιθεώρηση λεβήτων, εναλλακτών θερμότητας και πάσης φύσης ευθύγραμμων αγωγών αλλά για καθολικό έλεγχο ενός συστήματος σπάνια είναι αρκετό. Για αυτό το λόγο βλέπει χρήση παράλληλα με διαφορετικά συστήματα ελέγχου, κυρίως ηλεκτρομαγνητικά, και χρησιμοποιείται ως μέθοδος επαλήθευσης της ακρίβειας μετρήσεων.

2.5 ΥΠΕΡΗΧΟΙ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΟΙΧΙΩΝ (PHASED ARRAY ULTRASONICS)

2.5.1 Περιγραφή Διάταξης

Phased Array Ultrasonics (Υπέρηχοι Συγχρονισμένων Συστοιχιών) ονομάζεται ένα είδος διάταξης πολλαπλών μετατροπέων με σκοπό την συλλογή δεδομένων κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης ευκολότερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Στην περίπτωση τέτοιων συσκευών το μετατροπέας (transducer) δεν αποτελείται από ένα ή δύο στοιχεία/κρυστάλλους αλλά από 16 ως 256 διαφορετικούς κρυστάλλους οι οποίοι μπορούν να πάλλονται ταυτόχρονα ή ξεχωριστά. Αυτοί μπορούν να στοιχηθούν σε διαφορετικές παρατάξεις όπως γραμμικές, δακτυλίου, κυκλικές ή άλλες περισσότερο πολύπλοκες. Όπως και με τις απλούστερες διατάξεις λιγότερων κρυστάλλων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε άμεση επαφή, με τη χρήση γωνιακών εξαρτημάτων ή με την εμβάπτισή τους σε ρευστό. Οι συχνότητες εκπομπής τέτοιων διατάξεων συνήθως εκτείνονται από 2 MHz ως 10 MHz.



Σχήμα 2.5.1: Γραμμική Πολύ-κρυσταλλική Διάταξη

Η άλλη μεγάλη διαφορά τέτοιων διατάξεων είναι ο εξοπλισμός που είναι απαραίτητος για να γίνει η μετάφραση και η απεικόνιση. Σε τέτοιες περιπτώσεις οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την ερμηνεία των δεδομένων είναι εξειδικευμένα υπολογιστικά συστήματα που είναι ικανά να οδηγούν την πολύ-κρυσταλλική διάταξη, να δέχονται και να ψηφιοποιούν τα επιστρέφοντα κύματα και να απεικονίζουν την πληροφορία αυτών των κυμάτων με διαφορετικούς τρόπους.

Η λειτουργία τέτοιων διατάξεων βασίζεται στο πλήθος των στοιχείων που χρησιμοποιούνται καθώς και στον προβλέψιμο τρόπο με τον οποίον διαδίδονται και αλληλοεπιδρούν τα ηχητικά κύματα. Οι κρύσταλλοι της διάταξης πάλλονται σε ομάδες των 4 ως 32 με σκοπό να βελτιστοποιήσουν την ευαισθησία του οργάνου και με διαφορετικό χρονοισμό ο οποίος ελέγχεται από κατάλληλο λογισμικό έτσι ώστε να μεταβάλλεται το σχήμα της επιθυμητής δέσμης κυμάτων ανάλογα με τη γεωμετρία και τις ακουστικές ιδιότητες του εξεταζόμενου υλικού. Τα ξεχωριστά κύματα από το κάθε στοιχείο της διάταξης συνδυάζονται δημιουργώντας την μια παραπάνω δέσμη υπερήχων η οποία ταξιδεύει εντός του εξεταζόμενου υλικού ανακλώμενη από ρωγμές, ασυνέχειες, και άλλα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ομοίως με μια απλή δέσμη υπερήχων από απλούστερους μετατροπείς. Η δέσμη αυτή μπορεί να μεταβληθεί δυναμικά έτσι ώστε να καλύπτει διαφορετικές γωνίες, αποστάσεις και μεγέθη σημείου εστίασης με αποτέλεσμα να μπορεί εξεταστεί το υλικό από διαφορετικές προοπτικές. Αυτές οι δυναμικές μεταβολές συμβαίνουν με εξαιρετικά μεγάλες ταχύτητες με αποτέλεσμα να μπορεί να γίνει εκτενής σάρωση σε κλάσματα του δευτερολέπτου.

2.5.2 Μορφές και Τρόποι Απεικόνισης

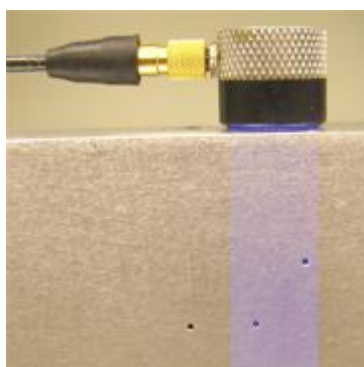
Με την επιστροφή των κυμάτων και την ανίχνευσή τους από ξεχωριστούς κρυστάλλους, ή ομάδες αυτών, το λογισμικό τα συνδυάζει ανάλογα με τον χρονισμό και το εύρος τους και είναι ικανό να τα προβάλει με διάφορες μορφές απεικόνισης χρήσιμες για διαφορετικές εφαρμογές.

- **Απεικόνιση A-scan**



Σχήμα 2.5.2.01: Απεικόνιση A-scan

Στο σχήμα 2.5.2.01 βλέπουμε τον κύριο τρόπο απεικόνισης υπερηχητικών κυμάτων που είναι κοινός για τις περισσότερες διατάξεις ηχητικών ελέγχων συμπεριλαμβανομένου και του ανιχνευτή Epoch LTC. Στην παραπάνω απεικόνιση μπορούμε να διακρίνουμε ξεκάθαρα δυο ατέλειες που παρουσιάζονται με τη μορφή ‘καρφιών’ στην κυματομορφή. Η τομή του εξεταζόμενου υλικού από το οποίο πάρθηκε η παραπάνω μέτρηση φαίνεται στο σχήμα 2.5.2.02.



Σχήμα 2.5.2.02: Τομή Εξεταζόμενης Επιφάνειας.

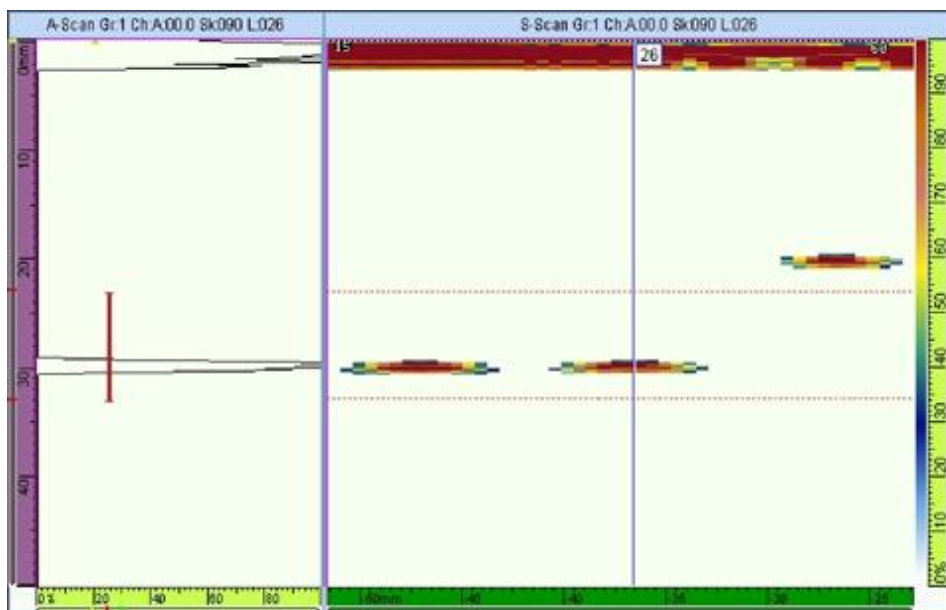
- **Απεικόνιση B-scan**

Η απεικόνιση B-scan παρουσιάζει μια κάθετη τομή του εξεταζόμενου υλικού δείχνοντας το βάθος των σημείων ανάκλασης σχετικά με τη γραμμική τους θέση. Για να πραγματοποιηθεί η απεικόνιση B-scan ο μετατροπέας πρέπει να κινηθεί κάθετα στο πεδίο της τομής που θέλουμε να ελέγξουμε οπότε στις περιπτώσεις συμβατικών ανιχνευτών σφαλμάτων πραγματοποιείται με μηχανικά μέσα ενώ σε περιπτώσεις συγχρονισμένων συστοιχιών γίνεται ψηφιακά με την τροποποίηση των ανεξάρτητων παλμών για τη σύσταση της δέσμης.

Για την απεικόνιση της τομής του σχήματος 2.5.2.02 η απεικόνιση B-scan μπορεί να γίνει με τις δυο παρακάτω μορφές στα σχήματα 2.5.2.03 και 2.5.2.04.



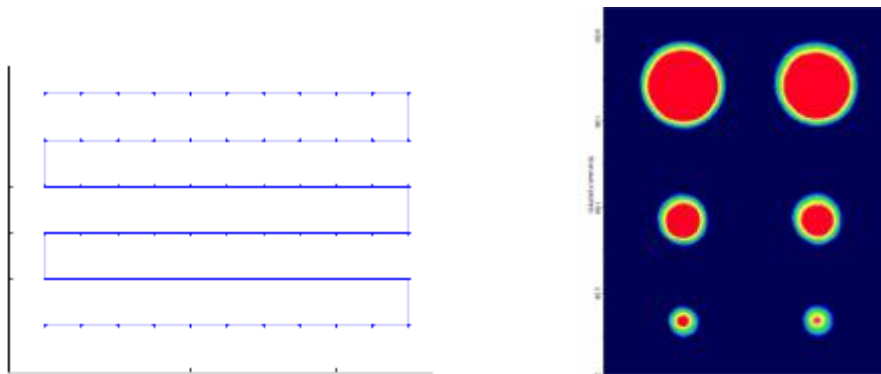
Σχήμα 2.5.2.03: Τυπική μορφή απεικόνισης B-scan



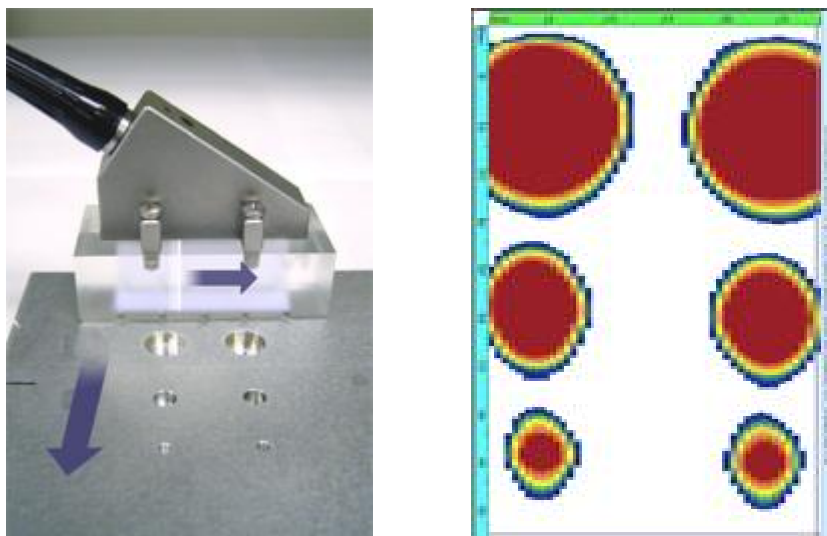
Σχήμα 2.5.2.04: Ηλεκτρονική γραμμική σάρωση που παρουσιάζει το βάθος και τη σχετική θέση των ατελειών του σχήματος 2.5.2.02 ανά το μήκος ενός μετατροπέα γραμμικής στοίχισης

- **Απεικόνιση C-scan**

Στην περίπτωση της απεικόνισης C-scan το αποτέλεσμα είναι μια κάτοψη του εξεταζόμενου υλικού στην οποία μπορούμε να εντοπίσουμε τις ατέλειες πάνω σε ένα σύστημα συντεταγμένων x-y όπως φαίνεται παρακάτω. Για την υλοποίηση τέτοιας σάρωσης ο μετατροπέας πρέπει να μετακινηθεί πάνω στο υλικό σε μοτίβο σάρωσης ράστερ (περιοδικές ταλαντώσεις στον έναν άξονα με σταθερή κίνηση στον κάθετο αυτού) ενώ στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούμε πολύ-κρυσταλλική διάταξη η μηχανική κίνηση γίνεται σταθερά πάνω στον έναν άξονα ενώ η διάταξη πραγματοποιεί ψηφιακά την ταλάντωση στον άλλον άξονα.



Σχήμα 2.5.2.05: Μοτίβο σάρωσης ράστερ και αποτέλεσμα σάρωσης για τυπικό μετατροπέα

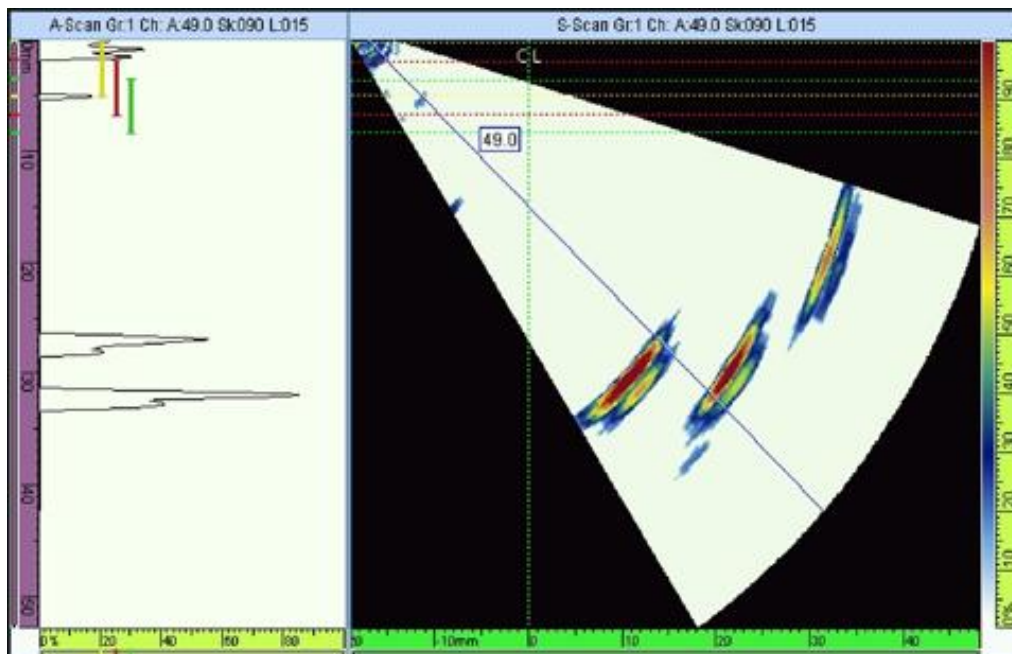


Σχήμα 2.5.2.06: C-scan συγχρονισμένης συστοιχίας.

Στο σχήμα 2.5.2.06 μπορούμε να δούμε πως σε περίπτωση πολύ κρυσταλλικών συστοιχιών η κίνηση γίνεται μόνο στον κάθετο άξονα αλλά στην απεικόνιση φαίνεται και το βασικό μειονέκτημα καθώς ο μετατροπέας δεν είναι αρκετά μεγάλος για να σαρώσει πλήρως τις οπές. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η σάρωση με το μοτίβο ράστερ χρειάστηκε αρκετά λεπτά αν ολοκληρωθεί ενώ η σάρωση με τη συγχρονισμένη συστοιχία χρειάστηκε μερικά δευτερόλεπτα.

· Απεικόνιση S-scan

Στην περίπτωση της απεικόνισης S-scan (τομεακή σάρωση) αναφερόμαστε σε μια δυσδιάστατη όψη διατομής υπολογισμένη από μια σειρά σαρώσεων A-scan σχεδιασμένες ανάλογα με την καθυστέρηση του επιστρεφόμενου κύματος και την γωνία ανάκλασης. Ο οριζόντιος άξονας απεικονίζει το πλάτος και ο κάθετος το βάθος της ατέλειας. Αυτού του είδους οι σαρώσεις είναι οι συνηθέστερες όσον αφορά τα ιατρικά υπερηχογραφήματα καθώς και τις βιομηχανικές εφαρμογές συγχρονισμένων συστοιχιών.



Εικόνα: Μορφή A-scan αριστερά και S-scan δεξιά

Η παραπάνω μέτρηση πάρθηκε τοποθετώντας τον μετατροπέα σε ένα μόνο σημείο παρουσιάζοντας έτσι την μεγαλύτερη ευρύτητα όσον αφορά το χώρο που προσφέρει αυτή η μέθοδος καθώς και την δυνατότητα λήψης μετρήσεων σε περιπτώσεις που η επιφάνεια του υλικού δεν επιτρέπει συνεχή και σταθερή κίνηση.

Οι Συσκευές Συγχρονισμένων Συστοιχιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για οποιαδήποτε εφαρμογή την οποία καλύπτουν οι τυπικοί υπερηχητικοί

ανιχνευτές. Χρησιμοποιούνται ευρέως στους τομείς της αεροναυπηγικής, της κατασκευής μεταλλικών αγωγών, των γραμμών παραγωγής και μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για μετρήσεις πάχους και διάβρωσης.

2.5.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

Το μεγάλο πλεονέκτημα των πολύ-κρυσταλλικών συστοιχιών είναι η δυνατότητά τους να μεταβάλουν τα χαρακτηριστικά και την τοποθεσία της δέσμης των κυμάτων ψηφιακά. Αυτό απλουστεύει τις διαδικασίες λήψης μετρήσεων και τις καθιστά ιδανικές υλικά με πολύπλοκα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και ασυνέχειες που απαιτούν σάρωση υπό συγκεκριμένες γωνίες για τον εντοπισμό τους.

Το κύριο μειονέκτημα είναι το ύψος του κόστους το οποίο προέρχεται από την πολυπλοκότητα της κατασκευής του μετατροπέα καθώς και από τις υψηλές απαιτήσεις σε υπολογιστική δύναμη από τον 'εγκέφαλο' του συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ “EPOCH LTC ULTRASONIC FLAW DETECTOR”

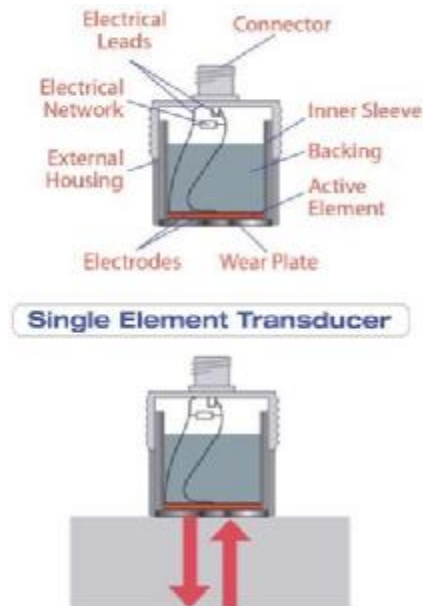
Η συσκευή που θα χρησιμοποιήσουμε για την επίδειξη των υπερηχητικών μεθόδων ελέγχου ονομάζεται **EPOCH LTC Ultrasonic Flaw Detector** και κάνει χρήση διαμηκών ηχητικών κυμάτων (longitudinal waves). Η συσκευή είναι φορητό όργανο μη καταστροφικού ελέγχου χρήσιμο για τον εντοπισμό σφαλμάτων σε κολλήσεις, αγωγούς και διάφορα άλλα υλικά και δοκίμια. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με πληθώρα μετατροπέων (transducers) σε εσωτερικά ή εξωτερικά περιβάλλοντα.

Η διάταξη αποτελείται από την κυρίως συσκευή η οποία είναι συνδεδεμένη με τη βοήθεια ενός καλωδίου με ένα στοιχείο το οποίο ονομάζεται μετατροπέας (transducer). Σε αυτό το κεφάλαιο αναφέρονται συνοπτικά τα στοιχεία της συσκευής και οι βασικές λειτουργίες έτσι ώστε να είναι ευκολότερο για τον αναγνώστη να αναγνωρίσει σε τι αναφερόμαστε αργότερα κατά την επεξήγηση των μετρητικών μεθόδων και να μπορέσει με μεγαλύτερη άνεση να ακολουθήσει τα βήματα.

3.1 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ (TRANSDUCER)

Ο μετατροπέας είναι το μέρος της διάταξης υπεύθυνο για την μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε υπερηχητικό σήμα, την εκπομπή του και, εξαιρώντας τις περιπτώσεις που ο έλεγχος γίνεται με διαφορετικό πομπό και δέκτη, την αναγνώριση των κυμάτων που επιστρέφουν λόγω ανακλάσεων και άλλων φαινομένων και τη μετατροπή τους πίσω σε ηλεκτρική ενέργεια με σκοπό την ερμηνεία τους από την κυρίως συσκευή.

Υπάρχουν διάφορα είδη μετατροπέων ανάλογα με το ρόλο τους στη διαδικασία καθώς και το είδος του ελέγχου και του υλικού που θέλουμε να εξετάσουμε. Στην περίπτωση των πειραμάτων που τελέστηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας έγινε χρήση μετατροπέα κωδικοποίησης **V541-SM της Panametrics NDT**.



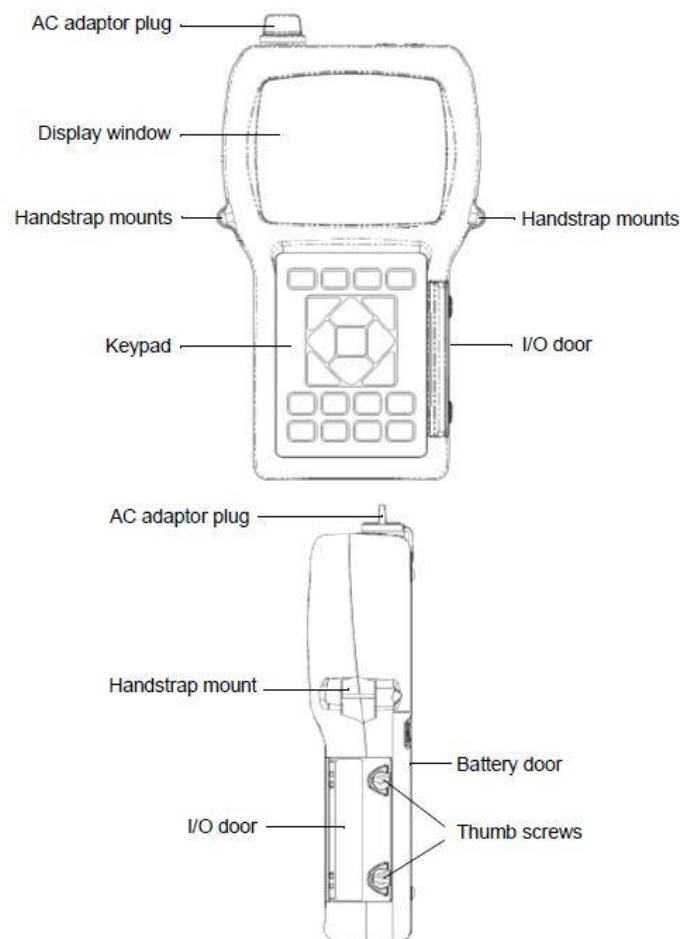
Σχήμα 3.1.01: Μετατροπέας μονού στοιχείου/κρυστάλλου (single element transducer)

Ο παραπάνω μετατροπέας ονομάζεται **Μετατροπέας μονού στοιχείου/κρυστάλλου** και αποτελείται από διάφορα μέρη εκ των οποίων άξιο αναφοράς είναι το ‘Active Element’ ή αλλιώς το ενεργό στοιχείο. Το μέρος αυτό του μετατροπέα είναι και αυτό που του δίνει το όνομά του (μονού κρυστάλλου) που σημαίνει ότι το στοιχείο υπεύθυνο για την εκπομπή των κυμάτων κάνει επίσης και την αναγνώριση αυτών στην επιστροφή. Το εν λόγω στοιχείο είναι είτε από κεραμικό, συχνά PZT ή άλλα κεραμικά με παρόμοιες ιδιότητες, ή από φυσικό κρυσταλλικό υλικό κυρίως φωσφορικό γάλλιο ή χαλαζία. Το ενεργό στοιχείο πάλλεται στέλνοντας διαμήκη κύματα κάθετα (ή και υπό γωνία ανάλογα με την εφαρμογή) στη επιφάνεια και στην επιστροφή τους, τα επηρεασμένα πλέον από το περιβάλλον τους κύματα μετατρέπονται σε ηλεκτρική ενέργεια και αποστέλλονται στην κυρίως συσκευή για αποκωδικοποίηση.

Ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή μπορούμε να πάρουμε μετρήσεις με διαφορετικούς μετατροπείς, όπως για παράδειγμα διπλών κρυστάλλων, όπου το ένα στοιχείο κάνει την εκπομπή και το άλλο τον εντοπισμό των επιστρεφόμενων κυμάτων, ή με διαφορετικούς μετατροπείς να εξυπηρετούν ως πομπός και δέκτης.

3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΕΡΟΧΗ LTC

Ο ανιχνευτής σφαλμάτων είναι ο ‘εγκέφαλος’ της διάταξης και είναι υπεύθυνος για την τροφοδοσία του μετατροπέα με ρεύμα, την μετατροπή του σήματος του από ηλεκτρική ενέργεια σε πραγματικού χρόνου μεταβαλλόμενο διάγραμμα για την ερμηνεία του από τον χειριστή καθώς και διάφορες άλλες λειτουργίες για ευκολότερη και πιστότερη συλλογή μετρήσεων.



Σχήμα 3.2.01: Εξωτερικά χαρακτηριστικά Epoch LTC

3.2.1 Περιγραφή λειτουργιών και οδηγίες χρήσης

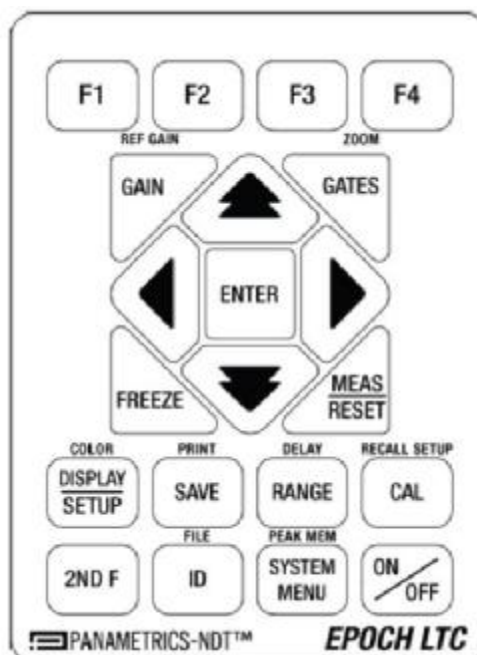
Παρακάτω αναλύεται βήμα προς βήμα η χρήση του ανιχνευτή EPOCH LTC από τη στιγμή που ενεργοποιείται η συσκευή μέχρι και την σωστή ερμηνεία των αποτελεσμάτων διαφόρων μετρήσεων.

ΕΝΑΡΞΗ

Αφού πιεστεί το κουμπί [ON/OFF] για την ενεργοποίηση της συσκευής θα ακουστεί ο ήχος και θα φανεί η οθόνη εκκίνησης. Η συσκευή θα επιτελέσει μια σειρά αυτό-διαγνωστικών ελέγχων και σε 10-15 δευτερόλεπτα θα είναι έτοιμη για χρήση.

ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΙΟ

Το πληκτρολόγιο του EPOCH LTC έχει απλοποιηθεί σε σχέση με τους άλλους ανιχνευτές της ίδιας σειράς μειώνοντας τον αριθμό πλήκτρων και φέρνοντας τα στο κέντρο για εύκολη χρήση με οποιοδήποτε χέρι. Το πληκτρολόγιο επιτρέπει άμεση πρόσβαση σε συχνά χρησιμοποιούμενες παραμέτρους κατά τη διάρκεια ελέγχων.



Σχήμα 3.2.1.01: EPOCH LTC Αγγλικό πληκτρολόγιο.

Με το πλήκτρο [DISPLAY SETUP] έχουμε πρόσβαση σε ξεχωριστή οθόνη οπου ο χειριστής μπορεί να επηρεάσει ρυθμίσεις για τις ταχύτητες, τις πύλες, τους πομπούς και τους δέκτες με ένα απλό μενού με καρτέλες.

Τα πλήκτρα με τη μεγαλύτερη χρήση ([GAIN], [FREEZE], [GATES], [ENTER], [MEAS/RESET], βέλη οδήγησης) βρίσκονται στο κέντρο του πληκτρολογίου για εύκολη πρόσβαση ασχέτως του κυρίαρχου χεριού του χειριστή.



Η πάνω σειρά περιλαμβάνει τα πλήκτρα [F1] ως [F4] για άμεση πρόσβαση σε διάφορες παραμέτρους αντικαθιστώντας τα βέλη κατεύθυνσης με σκοπό της οικονομία χρόνου.

Παρακάτω περιγράφονται τα ξεχωριστά τα πλήκτρα και οι λειτουργίες τους δίπλα στα αντίστοιχα εικονίδια.

[GAIN] Ρυθμίζει την ‘Ενίσχυση’ του συστήματος δηλαδή δυνατότητα της συσκευής να αυξήσει το εύρος του σήματος σε περιπτώσεις που αυτό είναι ιδιαίτερα αδύναμο για τη σωστή λήψη δεδομένων.

[2NDF], [GAIN] (REFGAIN)

Κλειδώνει το αναφορικό επίπεδο ευαισθησίας και επιτρέπει τη χρήση εύρους κατάλληλου για τη μέτρηση.

[DISPLAY SETUP] Αλλάζει του τρόπους απεικόνισης. Δίνει πρόσβαση στις καρτέλες ρυθμίσεων για Pulser (πομπό), Receiver (δέκτη) και χειρισμό πύλης.

[2NDF], [DISPLAY SETUP] (COLOR)

Δίνει πρόσβαση στις ρυθμίσεις χρώματος.

[FREEZE] Διατηρεί/Παγώνει στην οθόνη την κυματομορφή που απεικονίζεται μέχρι να πατηθεί ξανά το πλήκτρο.

[MEAS/RESET] Αυτό το πλήκτρο γενικής χρήσης επιτρέπει στο χρήστη να επιστρέψει στην οθόνη μετρήσεων πραγματικού χρόνου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βγούμε από μενού και να αποδεχούμε μετατροπές παραμέτρων.

[ENTER] Επιτρέπει την κίνηση ανάμεσα και την αποδοχή παραμέτρων.



[GATES]

Επιτρέπει στον χειριστή να ελέγχει και τις δύο πύλες στην οθόνη. (Η πύλη 2 είναι προαιρετική και δεν χρησιμοποιείται στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.)

[2NDF], [GATES] (ZOOM)

Εστιάζει και μεγαλώνει την απεικόνιση των περιεχομένων μια πύλης.

[SYSTEM MENU]


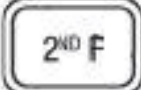


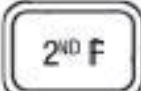

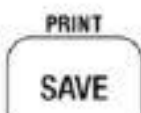


Επιτρέπει πρόσβαση στο μενού ρυθμίσεων του συστήματος.

[2NDF], [SYSTEM MENU] (PEAK MEM)

Επιτρέπει τη συνεχή συλλογή δεδομένων με σκοπό την απεικόνιση των μεγίστων τιμών μετρήσεων για ευκολότερο εντοπισμό ατελειών.

[CAL] Κάνει εκκίνηση της λειτουργίας αυτόματης ρύθμισης (calibration) του EPOCH LTC.

[2NDF], [CAL] (RECALL SETUP) Επιτρέπει γρήγορες ανακτήσεις αρχείων τύπου CAL, δηλαδή αποθηκεμένων ρυθμίσεων μετρήσεων από την τράπεζα δεδομένων του συστήματος.

[RANGE]

Τροποποιεί την εμβέλεια του οργάνου ανάλογα με το επίπεδο του ήχου.

[2NDF], [RANGE] (DELAY)

Εικονιζόμενη καθυστέρηση που δεν επηρεάζει την ρυθμισμένη απόσταση από το μηδέν.

[ID]

Ο χρήστης μπορεί χειροκίνητα να εισάγει ή να τροποποιήσει ένα ID (αναγνωριστικό/όνομα) εντός του παρόντος ενεργού αρχείου.

[2NDF], [ID] (FILE)

Επιτρέπει πρόσβαση στην τράπεζα δεδομένων του οργάνου.

[SAVE]

Σώζει στο επιλεγμένο αρχείο και ID.

[2NDF], [SAVE] (PRINT)

Επιτρέπει άμεση εκτύπωση με συμβατούς εκτυπωτές USB.

3.2.2 Τρόποι Απεικόνισης

Η κύρια απεικόνιση του EPOCH LTC μπορεί να παρουσιαστεί με τρεις μορφές.

1. Διαχωρισμένη οθόνη (βοηθά στην ρύθμιση της συσκευής για τη λήψη μετρήσεων)
2. Πλήρη Οθόνη με Μετρήσεις
3. Large A-scan (απεικόνιση σάρωσης)

Η διαχωρισμένη οθόνη απεικονίζει παράλληλα τις μετρήσεις A-scan σε πραγματικό χρόνο και ένα μενού καρτελών με όλες τις όλες τις τροποποιήσιμες παραμέτρους του συστήματος και της μέτρησης.

Η πλήρης οθόνη με απεικόνιση μετρήσεων χρησιμοποιείται συχνά σε ελέγχους που απαιτούν χρήση πυλών. Αυτή η απεικόνιση κρύβει το μενού καρτελών για να μεγιστοποιήσει το μέγεθος απεικόνισης της A-scan και επιτρέπει στον χρήστη να βλέπει τέσσερα πεδία μετρήσεων. Όλες οι ρυθμιστικές παράμετροι είναι προσβάσιμες με το πλήκτρο [ENTER].

Η απεικόνιση Large A-scan είναι σχεδιασμένη για να μεγιστοποιεί το μέγεθος της A-scan στην οθόνη και χρησιμοποιείται για μετρητικές διαδικασίες που δεν απαιτούν μετρήσεις με τη χρήση πυλών

Η εναλλαγή μεταξύ των τριών απεικονίσεων γίνεται με το πλήκτρο [DISPLAYSETUP].



Σχήμα 3.2.2.01: Περιβάλλον χρήστη EPOCH LTC σε απεικόνιση διαχωρισμένης οθόνης

3.2.2.1 Απεικόνιση Διαχωρισμένης Οθόνης

- Κορυφή της οθόνης

Εδώ απεικονίζονται πάντα το ενεργό ID και η ενίσχυση.

- Μέση της οθόνης

Στην αριστερή πλευρά της οθόνης παρατίθενται τα εικονίδια μετρήσεων των πυλών. Αυτά τα εικονίδια ενημερώνουν το χρήστη για το είδος της μέτρησης για κάθε πύλη και αναβοσβήνουν σε περίπτωση που ενεργοποιηθεί ειδοποίηση.

Αριστερά και κάτω των εικονιδίων απεικονίζονται ειδοποιήσεις οι οποίες ενημερώνουν τον χειριστή στις περιπτώσεις που είναι ενεργές επιλογές και ρυθμίσεις όπως το [FREEZE] και διάφορες άλλες.

Στο κέντρο έχουμε την απεικόνιση της μέτρησης A-scan. Με τη δυνατότητα επιλογής πλέγματος φόντου για τη διευκόλυνση του χειριστή.

Στη δεξιά πλευρά της οθόνης παρατίθενται τέσσερα, ρυθμιζόμενα από το χρήστη, κελιά εξόδου δεδομένων. Τα κελιά αυτά μας δίνουν τις μεταφρασμένες από το μηχάνημα μετρήσεις στο σημείο στο οποίο έχουμε τοποθετήσει την πύλη (κόκκινη μπάρα που διατρέχει την κυματομορφή στο κέντρο της οθόνης).

Ανάλογα με το είδος της μέτρησης που χρειαζόμαστε ρυθμίζουμε το κάθε κελί με διαφορετικά στοιχεία εξόδου. Στην περίπτωση παχυμετρήσεων χρειαζόμαστε μόνο ένα κελί το οποίο δίνει κατευθείαν την τιμή πάχους που ζητάμε καθώς το μηχάνημα μπορεί από μόνο του να υπολογίσει την απόσταση που διανύθηκε βάση της ταχύτητας του ηχητικού κύματος και του

χρόνου που έκανε ο παλμός να επιστρέψει στον μετατροπέα. Σε περιπτώσεις εντοπισμού σφαλμάτων κάνουμε χρήση παραπάνω κελιών απόδοσης δεδομένων καθώς χρειαζόμαστε στοιχεία όπως η απόσταση που διανύει το ηχητικό κύμα από τον πομπό ως το στοιχείο που προκαλεί την ανάκλαση (**soundpath**), το βάθος του στοιχείου σε σχέση με το μετατροπέα (**depth**), την οριζόντια απόσταση του στοιχείου από τον πομπό (**surface distance**) και το εύρος (**amplitude**) του σήματος σε ποσοστό του συνολικού μεγέθους της οθόνης στην οποία προβάλλεται η κυματομορφή.

Στα δεξιά και κάτω από τα κελιά εξόδου δεδομένων μπορούμε να βρούμε το κελί ρύθμισης **RANGE** ή διαφορετικά το κελί που ρυθμίζει το μήκος του άξονα x της κυματομορφής για να μπορούμε να έχουμε καθαρότερη και πιο αναλυτική εικόνα αυτής.

Στο κάτω μέρος της οθόνης εμφανίζονται οι καρτέλες **BASE**, **GATES**, **PULSER** και **RECEIVER** οι οποίες επεξηγούνται αναλυτικά αργότερα.

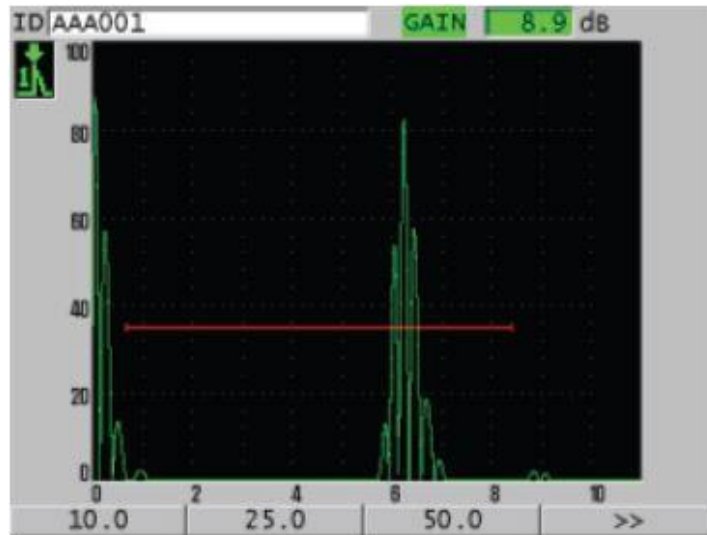
3.2.2.2 Απεικόνιση Πλήρους Οθόνης



Σχήμα 3.2.2.2.01: Απεικόνιση πλήρους οθόνης

Αυτός ο τρόπος απεικόνισης προσφέρει λιγότερες δυνατότητες εύκολης τροποποίησης παραμέτρων, καθώς λείπουν οι καρτέλες στο κάτω μέρος της οθόνης, με σκοπό την μεγέθυνση της κυματομορφής. Αυτό είναι χρήσιμο σε περιπτώσεις που δεν χρειάζονται άλλες τροποποιήσεις στις δευτερεύουσες παραμέτρους καθώς οι μόνες εύκολα προσβάσιμες είναι το εύρος, η ενίσχυση και η ταχύτητα. Με την απόκρυψη των καρτελών παραμέτρων μένει περισσότερος χώρος για την κυματομορφή που ευνοεί τον χρήστη κατά την ερμηνεία της. Τα υπόλοιπα στοιχεία στην οθόνη παραμένουν τα ίδια όπως προηγουμένως.

3.2.2.3 Large A-Scan (Απεικόνιση Σάρωσης)



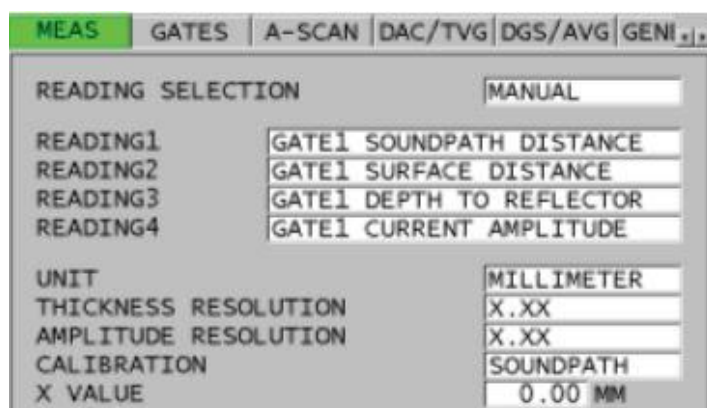
Σχήμα 3.2.2.3.01: Large A-Scan

Σε αυτή την διαμόρφωση της οθόνης παρατηρούμε πως όλες η ρυθμιζόμενες παράμετροι απουσιάζουν με μόνη εξαίρεση την ενίσχυση. Αυτού του είδους η απεικόνιση χρησιμοποιείται κυρίως για τον εντοπισμό σφαλμάτων είτε όταν η τοποθεσία (βάθος και απόσταση από τον μετατροπέα) δεν απασχολεί το χρήστη, είτε σε περιπτώσεις που είναι σημαντική μόνο η γενική τοποθεσία του σφάλματος ή ο χειριστής ενδιαφέρεται περισσότερο για το είδος του σφάλματος και πρέπει να κάνει εκτιμήσεις βάσει της μορφής του κύματος στην οθόνη (διαφορετικά είδη σφαλμάτων παρουσιάζουν διαφορετικές κυματομορφές ανάλογα με τη σύσταση ή μορφή του υλικού που δημιουργεί την ασυνέχεια).

3.2.3 Μενού Συστήματος

Το κυρίως μενού του συστήματος είναι δομημένο σε καρτέλες με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται γρήγορη πρόσβαση σε σημαντικές ρυθμίσεις. Οι καρτέλες περιέχουν ομάδες παραμέτρων διαχωρισμένες ανάλογα με το είδος τους και η πλοήγηση γίνεται με τα πλήκτρα κατεύθυνσης και το πλήκτρο [ENTER]. Πρόσβαση στο μενού αυτό, οποιαδήποτε στιγμή, επιτυγχάνεται με τη χρήση του πλήκτρου [MEAS/RESET]

- ΚΑΡΤΕΛΑ MEAS



Σχήμα 3.2.3.01: Καρτέλα MEAS

Η καρτέλα αυτή προσφέρει δυνατότητα τροποποίησης διαφόρων στοιχείων που προβάλλονται στην οθόνη, συγκεκριμένα τροποποιεί τα παρακάτω:

READING SELECTION – Αυτή η παράμετρος δίνει επιλογές manual και automatic. Η επιλογή manual επιτρέπει την ελεύθερη διαμόρφωση των εικονιζόμενων μετρήσεων ανάλογα με την επιθυμία του χειριστή. Η επιλογή automatic κάνει αυτόματη επιλογή των εικονιζόμενων παραμέτρων κατά τη διάρκεια των μετρήσεων βασιζόμενη σε επιλογές παραμέτρων που έχει κάνει ο χρήστης (όπως για παράδειγμα η γωνία).

READING 1-4 – Αυτές οι παράμετροι ελέγχουν τις μετρήσεις που απεικονίζονται στα τέσσερα κελιά στα δεξιά της οθόνης κυματομορφής. Ανάλογα με το σκοπό κάθε διαφορετικού είδους σάρωσης απαιτούνται διαφορετικά είδη αποτελεσμάτων.

UNIT – Μονάδες. Ο EPOCH LTC υποστηρίζει διάφορα συστήματα μονάδων ανάλογα με τις προτιμήσεις του χειριστή.

THICKNESS RESOLUTION – Επιλογή ανάμεσα σε προκαθορισμένη ή μειωμένη ανάλυση μέτρησης χρόνου/πάχους.

AMPLITUDE RESOLUTION – Ο EPOCH LTC μετρά το εύρος του κύματος με 0.25% FSH (full screen height). Ο χρήστης μπορεί να το αλλάξει σε 0.5% ή 1% εάν επιθυμεί.

CALIBRATION – Ο EPOCH LTC επιτρέπει στο χρήστη να κάνει ρύθμιση της συσκευής για γωνιακή δέσμη βάση είτε της κάθετης απόστασης (βάθους) από το στοιχείο ανάκλασης είτε της άμεσης (ευθείας) απόστασης (soundpath) που διανύει η δέσμη από τον μετατροπέα ως το στοιχείο ανάκλασης.

X VALUE – Αυτή η τιμή είναι η απόσταση από την εμπρόσθια ακμή της ‘σφήνας’ ως το σημείο εξόδου (Beam Index Point / BIP) της υπερηχητικής δέσης. Αυτή η επιλογή υπάρχει για συγκεκριμένες διορθώσεις σε μερικές

περιπτώσεις μετρήσεων με χρήση σφηνοειδούς εξαρτήματος (συνήθως για εντοπισμό ατελειών με δέσμη υπό γωνία).

Ο EPOCH LTC έχει τη δυνατότητα να προβάλει μέχρι τέσσερεις μετρήσεις ταυτόχρονα στην οθόνη οι οποίες φαίνονται στην πάνω δεξιά πλευρά της οθόνης στο σχήμα 3.2.2.01. Οι μετρήσεις αυτές μπορεί να είναι επιλέγονται από τις παρακάτω στην καρτέλα MEAS.

GATE1 THICKNESS	1TH	-Πάχος πύλης 1/2. Δεν χρησιμοποιείται με υπό γωνία μετρήσεις.
GATE2 THICKNESS	2TH	
GATE1 SOUNDPATH DISTANCE	1↘	-Απόσταση από στοιχείο ανάκλασης (άμεση/γωνιακή). Πύλη 1/2.
GATE2 SOUNDPATH DISTANCE	2↘	
GATE1 DEPTH TO REFLECTOR	1↓	-Βάθος στοιχείου ανάκλασης πύλης 1/2. (χρήση με γωνιακή δέσμη)
GATE2 DEPTH TO REFLECTOR	2↓	
GATE1 SURFACE DISTANCE	1→	-Οριζόντια απόσταση μετατροπέα από το στοιχείο ανάκλασης (χρήση με εξάρτημα γωνιακής δέσμης). Πύλη1/2.
GATE2 SURFACE DISTANCE	2→	
GATE1 SURFACE DIST - X VAL	1⇔	
GATE2 SURFACE DIST	2⇔	

-Οριζόντια απόσταση μείον την απόσταση X (απόσταση του BIP από την ακμή του σφηνοειδούς αντάπτορα). Πύλη 1/2 (χρήση με εξάρτημα γωνιακής δέσμης).

-Ελάχιστο βάθος σε πύλες 1/2. Επαναφέρεται με κάθε τροποποίηση πύλης, με τις περισσότερες τροποποιήσεις πομπού/δέκτη και με το πάτημα του πλήκτρου [MEAS/RESET].

-Μέγιστο βάθος σε πύλες 1/2. Επαναφέρεται με κάθε τροποποίηση πύλης, με τις περισσότερες τροποποιήσεις πομπού/δέκτη και με το πάτημα του πλήκτρου [MEAS/RESET].

GATE1 CURRENT AMPLITUDE	1%
GATE2 CURRENT AMPLITUDE	2%
GATE1 MAXIMUM AMPLITUDE	1%†
GATE2 MAXIMUM AMPLITUDE	2%†
GATE1 MINIMUM AMPLITUDE	1%‡
GATE2 MINIMUM AMPLITUDE	2%‡
GATE1 AMPLITUDE TO CURVE	1%⊘
GATE2 AMPLITUDE TO CURVE	2%⊘
GATE1 DB TO CURVE	1dB⊘
GATE2 DB TO	2dB⊘

-Εύρος μέτρησης στην πύλη 1/2. Δηλώνεται ως ποσοστό του συνολικού ύψους της απεικόνισης του κύματος (FSH, Full Screen Height).

-Μέγιστο εύρος πύλης 1/2. Επαναφέρεται με κάθε τροποποίηση πύλης, με τις περισσότερες τροποποιήσεις πομπού/δέκτη και με το πάτημα του πλήκτρου [MEAS/RESET].

-Ελάχιστο εύρος πύλης 1/2. Επαναφέρεται με κάθε τροποποίηση πύλης, με τις περισσότερες τροποποιήσεις πομπού/δέκτη και με το πάτημα του πλήκτρου [MEAS/RESET].

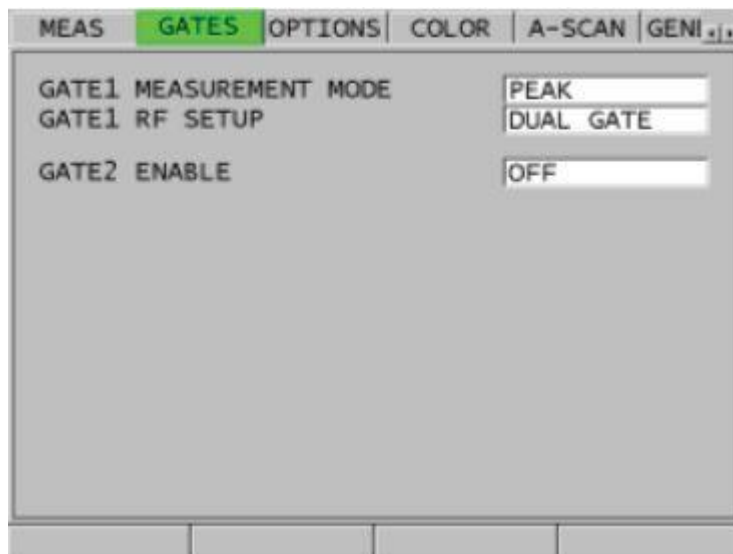
-Μέτρηση εύρους πύλης 1/2. Εμφανίζει το ύψος της αντήχησης σαν ποσοστό του ύψους των καμπυλών DAG/TVG.

-Μέτρηση εύρους πύλης 1/2. Εμφανίζει την τιμή της αντήχησης σε dB συγκριτικά με το ύψος της καμπύλης στο σημείο όπου εκείνη ισούται με 0dB.

-Πάχος πύλης 1 μείον το πάχος της πύλης 2. Μέτρηση Echo-to-Echo.

· ΚΑΡΤΕΛΑ ΕΠΙΛΟΓΩΝ ΠΥΛΩΝ (GATES TAB)

Η καρτέλα αυτή προσφέρει τη δυνατότητα να ρυθμίσουμε διαφορετικά είδη μετρήσεων επηρεάζοντας τις πύλες 1 και 2. Η ρυθμίσεις της πύλης 1 είναι πάντα διαθέσιμες όπως στο σχήμα .



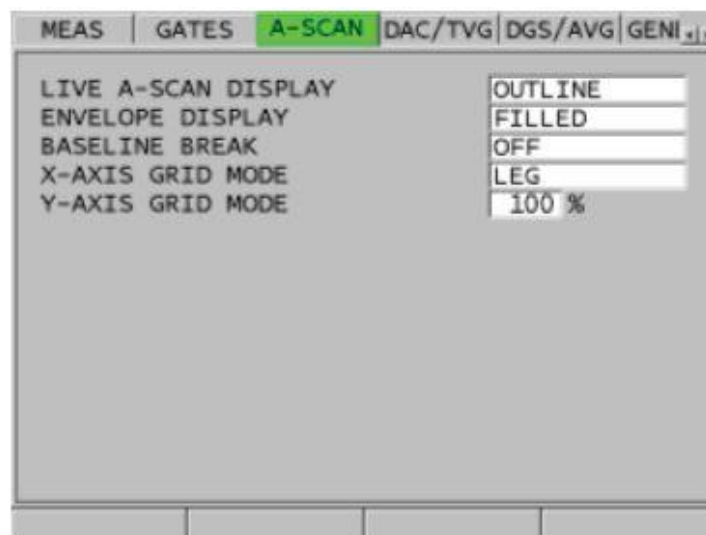
Σχήμα 3.2.3.02: Καρτέλα επιλογών πυλών

GATE 1 MEASUREMENT MODE – Επιλογή είδους μέτρησης ανάμεσα σε PEAK και EDGE.

GATE 1 RF SETUP – Όταν η ανόρθωση του EPOCH LTC έχει τεθεί στο RF ο χειριστής έχει τρεις επιλογές για τοποθέτηση της πύλης. POSSITIVE, NEGATIVE και DUALGATE. Στη διαμόρφωση POSSITIVE η πύλη θα εμφανιστεί πάνω από την γραμμή των αξόνων, σε NEGATIVE κάτω από τη γραμμή των αξόνων και σε μορφοποίηση DUALGATE θα αντικατοπτρίζεται και από τις δύο πλευρές της αξονικής γραμμής.

GATE 2 ENABLE – Ενεργοποίηση της δεύτερης πύλης η οποία θα αλλάξει την καρτέλα έτσι ώστε να παρέχει τις ίδιες παραπάνω ρυθμίσεις και για τις δύο πύλες καθώς και την επιλογή Echo-to-Echo για επιλογή τέτοιου τύπου μετρήσεων.

· ΚΑΡΤΕΛΑ A-SCAN



Σχήμα 3.2.3.03: Καρτέλα A-Scan

Η καρτέλα αυτή υπάρχει με σκοπό την τροποποίηση της κυματομορφής σε μετρήσεις A-Scan ανάλογα με τις απαιτήσεις του χειριστή ή της επιθεώρησης.

Παρέχει τις παρακάτω επιλογές:

LIVE A-SCAN DISPLAY

- **OUTLINE** – Η πραγματικού χρόνου μέτρηση A-Scan διαγράφεται ως μια μοναδική γραμμή.
- **FILLED** – Ο χώρος κάτω από την γραμμή της μέτρησης A-Scan γεμίζεται με χρώμα. Αυτή η ρύθμιση παρέχεται για άνεση σε συγκεκριμένες συνθήκες φωτισμού

ENVELOPE DISPLAY – Αυτή η ρύθμιση επηρεάζει την μορφή των μετρήσεων A-Scan που καταγράφονται με τη λειτουργία peak memory. Η λειτουργία αυτή κρατάει τιμές κατά όλη τη διάρκεια της μετρητικής διαδικασίας και τις εμφανίζει παράλληλα με την ζωντανή μέτρηση για σύγκριση. Όπως παραπάνω έχει επιλογές **OUTLINE** και **FILLED** με όμοια αποτελέσματα.

X-AXIS GRID MODE – Προσφέρει τις επιλογές **GRID OFF**, **STANDARD**, **SOUND PATH**, **LEG** όλες εκ των οποίων μεταβάλουν τον άξονα x του πλέγματος πίσω από την κυματομορφή για μεγαλύτερη διευκόλυνση του χρήστη ανάλογα με την εφαρμογή.

BASELINE BREAK – Η επιλογή αυτή μεταβάλλει την εικονιζόμενη κυματομορφή σε οθόνη A-Scan με σκοπό τον ευκολότερο εντοπισμό μικρών ατελειών που μπορεί να βρίσκονται κοντά στην γραμμή των αξόνων και να επισκιάζονται από τις πιο επιφανείς.

Y-AXIS GRID MODE – Μεταβάλλει τον άξονα y του πλέγματος και το πώς θα προβάλλεται στην οθόνη.

• ΚΑΡΤΕΛΕΣ DAC/TVG ΚΑΙ DSG/AVG

Οι καρτέλες αυτές αφορούν και ρυθμίζουν τη σύνδεση της συσκευής με διαφορετικά μέσα απεικόνισης. Καθώς η οθόνη της ίδιας της συσκευής είναι υπεραρκετή για κάθε δικιά μας εφαρμογή δεν υπάρχει λόγος να εμβαθύνουμε στην περίπτωσή τους. Περαιτέρω πληροφορίες εμπεριέχονται στις οδηγίες λειτουργίας του κατασκευαστή.

• ΚΑΡΤΕΛΑ ΓΕΝΙΚΩΝ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ (GENERAL TAB)

Η καρτέλα αυτή περιέχει γενικές ρυθμίσεις σχετικά με τις προτιμήσεις του χειριστή, τη γλώσσα και την τοποθεσία.



Σχήμα 3.2.3.04: General tab

FILTER GROUP – Με τις επιλογές STANDARD και OTHER FILTER GROUPS ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει ανάμεσα στα προεγκατεστημένα βασικά φίλτρα δέκτη που έρχονται με τη συσκευή ή σε εξειδικευμένα φίλτρα που προσφέρει η εταιρία κατασκευής μετά από ειδική παραγγελία.

KEY BEEP – Ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της ηχητικής ειδοποίησης κάθε φορά που ο χρήστης πιέζει ένα πλήκτρο.

ALARM BEEP - Ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της ηχητικής ειδοποίησης των ειδοποιήσεων της συσκευής.

ALL LOCK – Με την ενεργοποίηση αυτής της ρύθμισης απενεργοποιούνται όλα τα πλήκτρα εκτός από τα [SYSTEM MENU] και [ON/OFF]. Η ενεργοποίησή του εμφανίζεται με τη μορφή λουκέτου στην κύρια οθόνη.

CAL LOCK – Με την ενεργοποίηση αυτής της ρύθμισης απενεργοποιούνται τα πλήκτρα [GAIN], [CAL] και [RANGE] καθώς και οι καρτέλες BASE, PULSE και RECEIVER.

TEMP CAL – Αλλάζει ανάμεσα σε αυτόματη και χειροκίνητη ρύθμιση θερμοκρασίας.

LANGUAGE – Εναλλάσσει τη γλώσσα του συστήματος ανάμεσα σε Αγγλικά, Ισπανικά, Γερμανικά, Ιταλικά, Ιαπωνικά, Κινέζικα, Ρώσικα, Νορβηγικά και Σουηδικά.

RADIX TYPE – Επιλογή ανάμεσα σε ‘,’ και ‘.’ Στην περίπτωση αριθμών.

DATE MODE – Επιλογή μορφής εμφάνισης ημερομηνίας.

· ΚΑΡΤΕΛΑ ΡΟΛΟΓΙΟΥ

Εδώ ρυθμίζονται η ώρα και η ημερομηνία του συστήματος οι οποίες συμπεριλαμβάνονται και στην ονομασία των αρχείων αποτελεσμάτων μετρήσεων ύστερα από λήψη αυτών με τη συσκευή.

- ΚΑΡΤΕΛΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (STATUS TAB)

Η καρτέλα αυτή παρέχει χρήσιμες πληροφορίες στο χρήστη σχετικά με την ίδια τη συσκευή όπως εσωτερική θερμοκρασία, φόρτιση μπαταρίας, έκδοση λογισμικού και έκδοση συσκευής.

- ΚΑΡΤΕΛΑ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ (EDITPAR TAB)

Στην καρτέλα αυτή τροποποιούνται οι τιμές που αντιστοιχούν στα πλήκτρα [F1]-[F4] κατά την τροποποίηση των παρακάτω παραμέτρων:

- GAIN
- GAIN STEP – Καθολική ρύθμιση για την ευαισθησία των πλήκτρων κατεύθυνσης κατά την ρύθμιση παραμέτρων.
- REJECT
- ZERO
- VEL
- RNG
- DLY
- ANGLE
- THICKNESS
- AUTO-XX

- ΚΑΡΤΕΛΑ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ (RESETS TAB)

Η καρτέλα επαναφοράς επιτρέπει στο χειρίστη να επαναφέρει διάφορες ρυθμίσεις στις εργοστασιακές τους προεπιλογές. Παρέχει επιλογές για επαναφορά μετρήσεων (Measurements Reset), αποθηκευτικού χώρου (Storage Reset) και καθολική επαναφορά (Master Reset).

- ΚΑΡΤΕΛΑ SW DIAG (Διαγνωστική)

Η καρτέλα αυτή καταγράφει τυχόν προβλήματα λογισμικού που μπορεί να επηρεάζουν την λειτουργία της συσκευής και υπάρχει σαν εργαλείο επισκευής της ίδιας της συσκευής.

3.3 ΒΑΘΜΟΝΟΜΙΣΗ ΤΟΥ EPOCH LTC

Βαθμονόμηση είναι η διαδικασία προσαρμογής της συσκευής έτσι ώστε να δίνει ακριβείς μετρήσεις για συγκεκριμένα υλικά, με συγκεκριμένους μετατροπείς και σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες. Για αυτό το λόγο πρέπει να ρυθμιστεί η αντιστάθμιση (το σημείο μηδέν του γραφήματος) και η ταχύτητα. Η αντιστάθμιση, η οποία μερικές φορές αναφέρεται και ως καθυστέρηση μετατροπέα, υπάρχει για να αντισταθμίσει το χρόνο που χρειάζεται ο αρχικός ηχητικός παλμός για να εισέλθει στο δοκίμιο προς έλεγχο. Η σωστή ρύθμιση της ταχύτητας είναι απαραίτητη για λόγους ευνόητους που φαίνονται και στην βασική σχέση που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της απόστασης που διένυσε ο παλμός και εξηγούνται στο Κεφάλαιο 1.

Ο EPOCH LTC προσφέρει δυνατότητες αυτόματης βαθμονόμησης παρόμοιες αλλά ελαφρώς διαφορετικές ανάλογα με τη διάταξη του μετατροπέα όπως περιγράφονται παρακάτω.

3.3.1 Προκαταρκτικά

Βήμα 1: Επιλέξτε Απεικόνιση Διαχωρισμένης Οθόνης

Βήμα 2: Με χρήση του πλήκτρου [GAIN] επιλέξτε κατάλληλη τιμή ενίσχυσης για την παρούσα εφαρμογή. Εάν η τιμή είναι άγνωστη ρυθμίστε στα 20(dB) με επιφύλαξη περεταίρω τροποποιήσεων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.

Βήμα 3: Από την καρτέλα [BASE] ρυθμίστε την κατάλληλη ταχύτητα. Εάν η τιμή είναι άγνωστη συμβουλευτείτε τον κατάλληλο πίνακα στο παράρτημα Α του εγχειριδίου της συσκευής. *Σε περιπτώσεις παχυμετρήσεων η ταχύτητα είναι ο άγνωστος παράγοντας που καθορίζει την ακρίβεια των μετρήσεών μας. Για αυτό το λόγο είναι εξαιρετικά σημαντικό να είναι ακριβέστατη και βρίσκεται με διαφορετική διαδικασία που περιγράφεται παρακάτω.*

Βήμα 4: Με χρήση του πλήκτρου [RANGE] ρυθμίστε το εύρος της γραφικής παράστασης έτσι ώστε να ξεπερνά τη μεγαλύτερη απόσταση (soundpath) που θα ταξιδέψει το κύμα της μέτρησης.

Βήμα 5: Στην καρτέλα [BASE] ορίστε την παράμετρο [ZERO] ως μηδενική.

Βήμα 6: Στη ίδια καρτέλα ορίστε την κατάλληλη γωνία διάθλασης με τη βοήθεια της παραμέτρου [ANGLE]. 0° σε περιπτώσεις μέτρησης με μετατροπέα ευθείας δέσμης ή 90°, ή με τις ανάλογες μοίρες σε περιπτώσεις μετατροπέα ανάμεσα στις δύο παραπάνω επιλογές.

Βήμα 7: Όταν ο μετατροπέας έχει συζευχτεί με το δοκίμιο τροποποιείστε της ρυθμίσεις του πομπού και δέκτη έτσι ώστε να γίνει ξεκάθαρα η απεικόνιση A-scan.

3.3.2 Βαθμονόμηση με χρήση Μετατροπέα Ευθείας Δέσμης

Η διαδικασία για βαθμονόμηση με μετατροπέα ευθείας δέσμης είναι αυτοματοποιημένη έτσι ώστε να μπορεί να γίνει γρήγορα χωρίς τη χρήση εξωτερικών πηγών πληροφοριών όπως πίνακες ή άλλα βοηθητικά. Ο σκοπός της διαδικασίας είναι η εύρεση της ακριβούς ταχύτητας του ήχου εντός του προς έλεγχο υλικού, πράγμα που απαιτεί τουλάχιστον δύο επιφάνειες του υλικού μετρήσιμες με άλλα μέσα, όπως για παράδειγμα ένα παχύμετρο, έτσι ώστε το σύστημα να υπολογίσει τη σωστή ταχύτητα αυτόματα. Αυτό φυσικά σημαίνει πως τυχόν σφάλματα μεταφέρονται, από το μετρητικό όργανο που θα μας δώσει τις δύο αυτές αποστάσεις, στις μετρήσεις του ανιχνευτή μας. Για αυτό το λόγο είναι σημαντικό να έχουμε μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας όσον αφορά τις αποστάσεις που θα χρησιμοποιήσουμε για τη βαθμονόμηση του οργάνου για την εξασφάλιση περαιτέρω ακρίβειας σε μελλοντικές μετρήσεις.

Η διαδικασία ακολουθεί τα εξής βήματα:

Βήμα 1: Πιέστε το πλήκτρο [CAL] το οποίο θα εμφανίσει τις επιλογές CAL THIN [F1], CAL THICK [F2] και CANCEL [F3].

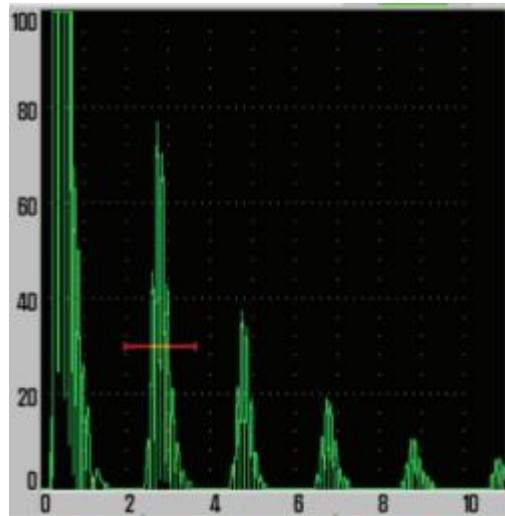
Βήμα 2: Κάντε σύζευξη του μετατροπέα με το δοκίμιο στο σημείο της μικρότερης γνωστής απόστασης (πάχους) όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3.2.01. Ανάλογα με τη συχνότητα του παλμού υπάρχει δυνατότητα χρήσης εξαιρετικά λεπτών επιφανειών για αυτό το σκοπό.



Σχήμα 3.3.2.01: Σύζευξη σε λεπτή επιφάνεια.

Βήμα 3: Τοποθετήστε την πύλη 1 έτσι ώστε να τέμνεται από την πρώτη ανάκλαση της πίσω επιφάνειας του δοκιμίου (το δεύτερο ‘καρφί’ στην

απεικόνιση στο σχήμα 3.3.2.02) και να φτάνει σε ύψος 80% FSH όπως φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 3.3.2.02: Πύλη τοποθετημένη στην ανάκλαση της πίσω επιφάνειας

Βήμα 4: Όταν η μέτρηση σταθεροποιηθεί πιέστε το πλήκτρο F1 το οποίο θα εμφανίσει ένα κελί στο οποίο πρέπει να εισαχθεί η πραγματική τιμή του πάχους στο σημείο στο οποίο είναι συζευγμένος ο μετατροπέας.

Βήμα 5: Αφού εισάγεται το σωστό, γνωστό πάχος πιέστε ξανά F1 για συνέχεια.

Βήμα 6: Χωρίς αλλαγές στη μεθοδολογία ή στις ρυθμίσεις της συσκευής επαναλάβετε τα βήματα 2, 3 και 4 κάνοντας σύζευξη του μετατροπέα με το δοκίμιο στο σημείο του μεγαλύτερου γνωστού πάχους, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3.2.03, και εισάγοντας την κατάλληλη τιμή.



Σχήμα 3.3.2.03: Σύζευξη σε παχιά επιφάνεια.

Βήμα 7: Πιέστε F1 για να ολοκληρώσετε τη διαδικασία. Η αντιστάθμιση και η ταχύτητα τροποποιούνται αυτόματα και πλέον το σωστό πάχος σε οποιοδήποτε σημείο σύζευξης θα εμφανίζεται στη θέση 1 στα δεξιά της οθόνης σε προβολή Διαχωρισμένη Απεικόνιση.

Είναι δυνατών να γίνει βαθμονόμηση της συσκευής γνωρίζοντας ένα και μοναδικό πάχος και χρησιμοποιώντας την πρώτη και τη δεύτερη ανάκλαση του πίσω τοιχίου (ή οποιαδήποτε άλλη ανάκλαση) εισάγοντας ως πάχη το σωστό για την πρώτη και το κατάλληλο πολλαπλάσιο για τις επόμενες (x2 για τη δεύτερη x3 για την τρίτη κ.ο.κ.). Αυτή η μέθοδος όμως, όπως αναφέρεται και αργότερα, απαιτεί επιφάνειες εξαιρετικής καθαρότητας και ευθύτητας καθώς και απουσία επικαλυπτικών στρωμάτων όπως χρώματα, σκουριά και άλλα υλικά. Ο λόγος για αυτό είναι πως σε κάθε επιστροφή του κύματος τυχών διαφορές λόγω σφαλμάτων πολλαπλασιάζονται μαζί με την πραγματική διάσταση του μετρήσιμου σημείου. Προσθέτοντας σε αυτό και το σφάλμα που προέρχεται από τις διαφορετικές ακουστικές ιδιότητες του υλικού της επικάλυψης μπορεί να οδηγήσει σε ιδιαίτερα λανθασμένες μετρήσεις και ως αποτέλεσμα συμπεράσματα.

3.3.3 Ρύθμιση για Μετατροπέα Πλάγιας Δέσμης

Μετρήσεις με γωνιακή δέσμη γίνονται στις περιπτώσεις που είναι απαραίτητος ο εντοπισμός σφαλμάτων αλλά είναι αδύνατη η τοποθεσία του μετατροπέα κάθετα πάνω από το προς έλεγχο σημείο. Τέτοιες περιπτώσεις περιλαμβάνουν κολλήσεις όπου η επιφάνεια δεν είναι επίπεδη και δεν μπορεί να γίνει κατάλληλη σύζευξη δοκιμίου-μετατροπέα και περιπτώσεις που η γεωμετρία του ίδιου του δοκιμίου δεν επιτρέπει την πρόσβαση με τον μετατροπέα.

Η παρακάτω διαδικασία επιτελείται συγκεκριμένα με χαλύβδινο δοκίμιο ρύθμισης *Olympus NDT IWW Type I*.

Βήμα 1: Στην καρτέλα [BASE] ορίστε την τιμή της γωνίας σε αυτή που αντιστοιχεί στο γωνιακό εξάρτημα που χρησιμοποιείτε.

Ανάλογα με την εφαρμογή μπορεί να χρειαστούν εξαρτήματα που εκτρέπουν τη δέσμη κατά διαφορετικές γωνίες από 0° ως 90°. Για το παράδειγμα αυτό υποθέτουμε πως γίνεται χρήση **γωνιακού μετασχηματιστή 45°**.

Βήμα 2: Εισάγετε προσεγγιστικά την ταχύτητα του ήχου για το υλικό προς σάρωση.

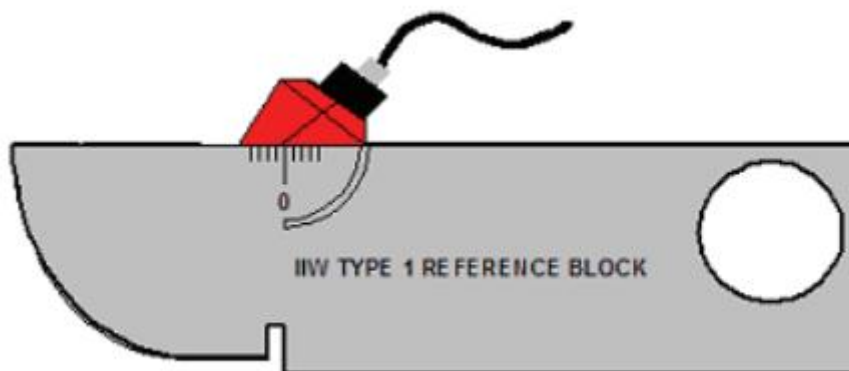
Βήμα 3: Εισάγετε το κατάλληλο εύρος ([RANGE]) για το δοκίμιο προς σάρωση.

3.3.3.1 Εύρεση του Σημείου Μέγιστης Ισχύος

Σημείο μέγιστης ισχύος, διαφορετικά σημείο εξόδου δέσμης ή Beam Index Point, ονομάζεται το σημείο αυτό επάνω στον μετατροπέα από το οποίο εξέρχεται το κυρίως σώμα της υπερηχητικής δέσμης. Είναι το κεντρικό σημείο της εκπομπής και αυτό το καθιστά ιδανικό για τη στόχευση της δέσμης στην περιοχή που τη χρειαζόμαστε. Είναι λοιπόν σημαντικό να ξέρουμε ακριβώς που βρίσκεται διότι όλες οι μετρήσεις της συσκευής χρησιμοποιούν αυτό ως σημείο αναφοράς.

Για να γίνει εντοπισμός του BIP εκτελούνται τα παρακάτω βήματα:

Βήμα 1: Σύζευξη του μετατροπέα στο σημείο 0 του δοκιμίου ρύθμισης όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3.3.1.01.



Σχήμα 3.3.3.1.01: Σύζευξη μετατροπέα/δοκιμίου.

Βήμα 2: Μετακινήστε τον μετατροπέα μέχρι να εμφανιστεί σήμα μεγάλου εύρους ύστερα από τον αρχικό παλμό. Το σήμα αυτό είναι η ανάκλαση από την μεγάλη καμπύλη στα αριστερά του δοκιμίου.

Βήμα 3: Μετακινήστε τον μετατροπέα ως ότου η ανάκλαση να φτάσει στο μέγιστο δυνατό εύρος.

Βήμα 4: Κρατώντας τον μετατροπέα σταθερό σημειώστε επάνω στο γωνιακό μετασχηματιστή το σημείο ακριβώς πάνω από το σημείο 0 του δοκιμίου. Το σημείο αυτό είναι το BIP οπού η δέσμη εξέρχεται από το μετασχηματιστή και εισέρχεται στο δοκίμιο με μέγιστη ισχύ.

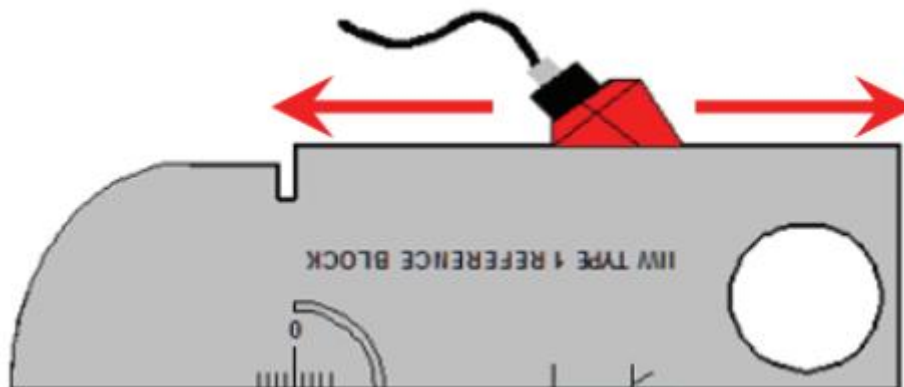
Για την παραπάνω διαδικασία είναι εξαιρετικά χρήσιμη η λειτουργία **peak memory** της συσκευής καθώς αφήνει ένα μπλε αποτύπωμα στην απεικόνιση που ενδεικνύει το μέγιστο μετρηθέν εύρος σε μια σειρά μετρήσεων απαιτώντας από τον χειριστή μόνο τη σωστή κίνηση του μετατροπέα.

3.3.3.2 Επαλήθευση της Γωνίας Διάθλασης

Παρ' όλο που η γωνία διάθλασης έχει ήδη εισαχθεί στη συσκευή παράγοντες όπως φθορά στο μετασχηματιστή ή οι ακουστικές ιδιότητες του υλικού μπορεί να επηρεάσουν την πραγματική τιμή της γωνίας. Για να διαφυλαχθεί η ακεραιότητα των μετρήσεων είναι σημαντικό να επαληθευτεί η τιμή της γωνίας διάθλασης καθώς και να γίνουν διορθώσεις στην τιμή αν αυτές είναι απαραίτητες.

Για την επαλήθευση της γωνίας απαιτούνται τα παρακάτω βήματα:

Βήμα 1: Τοποθετήστε τον μετατροπέα έτσι ώστε το BIP να βρίσκεται ακριβώς πάνω στο σημείο με την κατάλληλη σημείωση γωνίας στο δοκίμιο όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3.3.2.01.



Σχήμα 3.3.3.2.01: Σύζευξη μετατροπέα/δοκιμίου.

Βήμα 2: Μετακινήστε τον μετατροπέα όπως φαίνεται παραπάνω μέχρι να βρεθεί η μέγιστη τιμή της αντανάκλασης που δημιουργείται από την κυλινδρική τρύπα στα δεξιά του σχήματος.

Βήμα 3: Κρατώντας τον μετατροπέα σταθερό σημειώστε την ένδειξη μοιρών στο δοκίμιο που ευθυγραμμίζεται καλύτερα με το BIP. Αυτή είναι η πραγματική γωνία διάθλασης (Beta) για αυτό το συνδυασμό μετατροπέα, μετασχηματιστή και υλικού. Εάν η τιμή διαφέρει από αυτή που συμπληρώθηκε στο όργανο νωρίτερα εισάγετε την σωστή γωνία στην κατάλληλο κελί στην καρτέλα [BASE].

3.3.3.3 Ρύθμιση για Διαφορετικές Αποστάσεις [RANGE]

Η διαδικασία αυτή επιτρέπει στη συσκευή να αποδώσει ακριβείς μετρήσεις μήκους ηχητικής δέσμης (soundpath) επιτρέποντας έτσι τη σωστή εκτίμηση της θέσης μελλοντικών ανιχνεύσιμων σφαλμάτων. Για τα βήματα που ακολουθούν γίνεται χρήση χαλύβδινου δοκιμίου *Olympus NDT IIW Type I (TB7541-1)*.

Βήμα 1: Τοποθετήστε το μετατροπέα έτσι ώστε το BIP να βρίσκεται ακριβώς πάνω στο σημείο '0'. Μην μετακινήσετε τον μετατροπέα καθόλου κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας.

Βήμα 2: Πατήστε το πλήκτρο [CAL] και ύστερα τοποθετήστε την πύλη 1 έτσι ώστε να τέμνεται από την ανάκλαση της καμπύλης του δοκιμίου στα 101,6mm (4in). (Αναφερόμαστε στην πρώτη ανάκλαση στην οθόνη μετά την ανάκλαση εισόδου της δέσμης στο δοκίμιο.)

Βήμα 3: Τροποποιείστε την ενίσχυση έτσι ώστε η ανάκλαση να φτάνει περίπου το 80% FSH όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3.3.3.01.



Σχήμα 3.3.3.3.01: Ρύθμιση απόστασης.

Βήμα 4: Όταν σταθεροποιηθεί η ένδειξη στο πρώτο κελί μετρήσεων στα δεξιά της οθόνης πιάστε το πλήκτρο F1 και με τη χρήση των πλήκτρων κατεύθυνσης εισάγετε την πραγματική απόσταση δέσμης (101,6mm) στο παράθυρο που εμφανίζεται.

Βήμα 5: Αφού πατήσετε F1 για συνέχεια και επιστρέψετε στην απεικόνιση A-scan τοποθετήστε την πύλη 1 έτσι ώστε να τέμνεται από την ανάκλαση της καμπύλης απόστασης 25,4mm (1in). Η ανάκλαση αυτή εμφανίζεται στο δεξί μέρος της κυματομορφής και είναι συνήθως η τρίτη συμπεριλαμβανομένης της ανάκλασης εισόδου.

Βήμα 6: Τροποποιήστε την ενίσχυση έτσι ώστε το ‘καρφί’ να έχει ύψος περίπου 40% FSH όπως στο σχήμα 3.3.3.3.02.



Σχήμα 3.3.3.3.02: Ρύθμιση απόστασης.

Βήμα 7: Πιέστε το πλήκτρο F1 αφού σταθεροποιηθεί η ένδειξη στο πρώτο κελί μετρήσεων στα δεξιά της οθόνης και εισάγεται τη γνωστή απόσταση δέσμης (228.6mm) στο κατάλληλο κελί. Ύστερα πιέστε F1 για ολοκλήρωση της ρύθμισης.

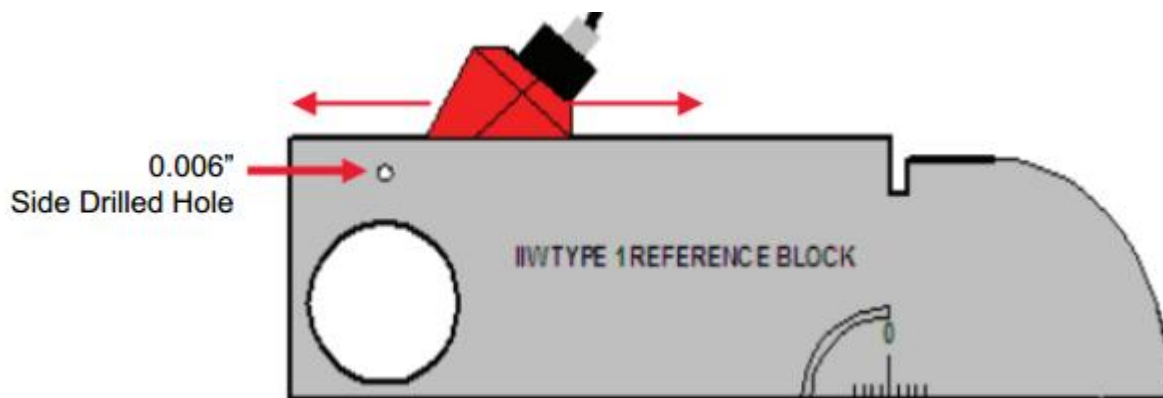
Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία η τιμές των παραμέτρων [ZERO] και ταχύτητας προσαρμόζονται αυτόματα και μπορούν πλέον να ληφθούν σωστές μετρήσεις απόστασης δέσμης.

3.3.3.4 Ρύθμιση Ευαισθησίας

Το τελευταίο βήμα των ρυθμίσεων για μετρήσεις με δέσμη υπό γωνία είναι η ρύθμιση της ενίσχυσης που επιτρέπει τον καθορισμό ενίσχυσης αναφοράς (reference gain) για μελλοντικές μετρήσεις. Για την διαδικασία χρησιμοποιήθηκε το ίδιο δοκίμιο με αυτό της ρύθμισης αποστάσεων, *Olympus NDT IIW Type I (TB7541-1)*.

Για την ολοκλήρωση της ρύθμισης απαιτούνται τα παρακάτω βήματα:

Βήμα 1: Τοποθετήστε τον μετατροπέα έτσι ώστε η υπερηχητική δέσμη να στοχεύεται στην τρύπα διαμέτρου 1,524mm που θα χρησιμοποιηθεί ως στοιχείο ανάκλασης αναφοράς, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3.3.4.01.



Σχήμα 3.3.3.4.01: Ρύθμιση ευαισθησίας.

Βήμα 2: Μετακινήστε τον μετατροπέα μέχρι να βρεθεί η θέση μέγιστης ισχύος σήματος επιστροφής (ανάκλασης).

Βήμα 3: Τροποποιήστε την ενίσχυση του συστήματος στο σημείο αυτό σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο στην οθόνη (80% FSH για το συγκεκριμένο παράδειγμα). Ύστερα πιέστε [2NDF], [GAIN] (REF) για ολοκλήρωση.

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας έχουμε πλέον τη δυνατότητα να αυξάνουμε και να μειώνουμε την ενίσχυση της συσκευής ως συνάρτηση της ενίσχυσης αναφοράς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΤΡΗΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ, ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ, ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την προϋπόθεση πως η βαθμονόμηση και οι άλλες απαραίτητες ρυθμίσεις έχουν γίνει σωστά οι μετρητικές διαδικασίες κάνοντας χρήση του EPOCH LTC είναι ιδιαίτερα απλές και γρήγορες. Παρακάτω έχουμε περιγραφή αυτών κατά τη διάρκεια πειράματος που επιτελέστηκε στο καινούργιο λιμάνι της Πάτρας στο ναυάγιο του Ρ/Κ ΛΥΔΙΑ το οποίο είδε εκτενή χρήση κατά τις διαδικασίες κατασκευής του λιμένα.



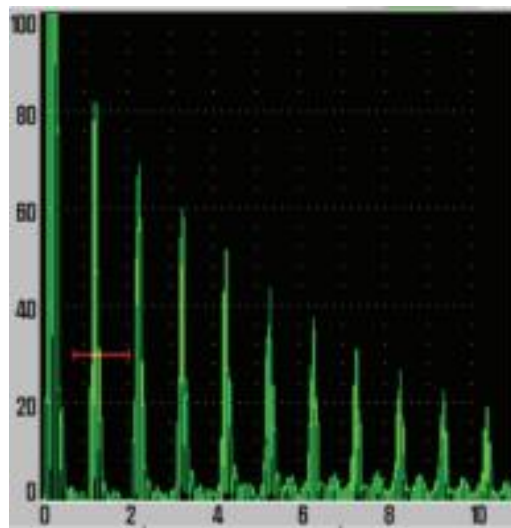
Σχήμα 4.0.01: Ρ/Κ ΛΥΔΙΑ

4.1 ΜΕΤΡΗΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ

Για τη λήψη μετρήσεων πάχους η διαδικασία ρύθμισης της συσκευής για το εκάστοτε υλικό και τελική λήψη χρήσιμων αποτελεσμάτων είναι σχετικά απλή καθώς ένα από τα βασικά προτερήματα του EPOCH LTC είναι η φορητότητα και γρήγορη χρήση.

4.1.1 Παχυμέτρηση

Έχοντας ολοκληρώσει σωστά τις ρυθμιστικές διαδικασίες που περιγράφονται στο Κεφάλαιο 3 η λήψη μετρήσεων πάχους οποιουδήποτε δοκιμίου είναι ζήτημα μερικών δευτερολέπτων.



Σχήμα 4.1.1.01: Απεικόνιση διαδικασίας παχυμέτρησης

Όπως βλέπουμε στην κυματομορφή του σχήματος 4.1.1.01, ανά σταθερές περιόδους έχουμε ‘καρφιά’, σημεία της γραφικής απεικόνισης που συμβολίζουν τον εντοπισμό μιας ανάκλασης του κύματος. Το πρώτο καρφί το οποίο βρίσκεται και εξαιρετικά κοντά στην αρχή των αξόνων δημιουργείται καθώς ο ήχος περνά μέσα από το συζευκτικό μέσο και ανακλάται πάνω στην εξωτερική επιφάνεια στην οποία ακουμπάμε τον μετατροπέα. Το δεύτερο καρφί είναι και η ανάκλαση που μας ενδιαφέρει. Στην περίπτωση της παχυμέτρησης και αφού θεωρούμε πως το υλικό προς μέτρηση είναι ομογενές και χωρίς ατέλειες, το δεύτερο καρφί είναι η ανάκλαση που κάνει το υπερηχητικό κύμα από την δεύτερη επιφάνεια που συναντάει περνώντας μέσα από το προς μέτρηση υλικό,

που είναι και το όριο του πάχους που ψάχνουμε. Εκεί λοιπόν πρέπει να τοποθετήσουμε την πύλη πάνω στην γραφική απεικόνιση έτσι ώστε με το χρόνο και την ταχύτητα γνωστά η συσκευή να μας δώσει την απόσταση.

Η διαδικασία των υπολογισμών είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και έτσι η μόνη ενέργεια που απαιτείται από την χειριστή πέραν της ρυθμίσεως είναι η σωστή τοποθέτηση του μετατροπέα στην επιφάνεια του υλικού και η τοποθέτηση της πύλης στο σωστό σημείο της κυματομορφής.

Η ζητούμενη μέτρηση του πάχους αναγράφεται στο πρώτο κελί δεδομένων στα δεξιά της οθόνης.

4.1.2 Εντοπισμός ασυνεχειών με μετατροπέα κάθετης πρόσπτωσης

Στην περίπτωση του εντοπισμού σφάλματος με μετατροπείς κάθετης πρόσπτωσης η υπερηχητική δέσμη ταξιδεύει με ευθεία πορεία κάθετα στην επιφάνεια του μετατροπέα και του υλικού προς έλεγχο. Αυτό το δεδομένο από μόνο του προδίδει τη θέση τυχών σφάλματος στο επίπεδο που έχουμε κάνει τη σύζευξη καθώς το σφάλμα μπορεί μόνο να βρίσκεται ακριβώς από κάτωθεν της θέσης του μετατροπέα. Για πλήρη γνώση της θέσης της ασυνέχειας είναι όμως απαραίτητη και η απόστασή της στον τρίτο άξονα του χώρου, δηλαδή το βάθος. Όπως και στην περίπτωση της παχυμέτρησης η υπερηχητική δέσμη θα ταξιδέψει κάθετα στο υλικό ως ότου συναντήσει ένα στοιχείο που θα προκαλέσει ανάκλαση. Όταν μετράμε πάχος το στοιχείο αυτό είναι η οπίσθια επιφάνεια του δοκιμίου ενώ σε περίπτωση ανίχνευσης σφαλμάτων το στοιχείο αυτό είναι το ίδιο το σφάλμα. Περνώντας λοιπόν τον μετατροπέα πάνω από την επιφάνεια κάτω από την οποία κρύβεται η ασυνέχεια, το πρώτο ‘καρφί’ μετά την ανάκλαση της εμπρόσθιας επιφάνειας προδίδει το βάθος της πρώτης ανάκλασης που συναντά η δέσμη και αναγράφεται στο πρώτο κελί στα δεξιά της οθόνης. Αν αυτό το βάθος είναι διαφορετικό από το πάχος του τεμαχίου προς εξέταση τότε ξέρουμε πως στο συγκεκριμένο βάθος κάτω από τη θέση του μετατροπέα μας υπάρχει κάποιου είδους ασυνέχεια.

Διαφορετικού είδους ασυνέχειες παρουσιάζουν διαφορετικά μοτίβα ‘καρφιών’ στην οθόνη. Στις περισσότερες περιπτώσεις το μόνο που μας απασχολεί είναι η τοποθεσία της ασυνέχειας και όχι το είδος της και έτσι η διαδικασία ελέγχου είναι απλή. Στις υπόλοιπες που το είδος είναι εξίσου σημαντικό είναι απαραίτητο να γίνει ο έλεγχος από ειδικά εκπαιδευμένο χειριστή με την κατάλληλη εμπειρία για τη σωστή διερμηνεύση της κυματομορφής.

4.1.3 Εντοπισμός ασυνεχειών με μετατροπέα γωνιακής πρόσπτωσης

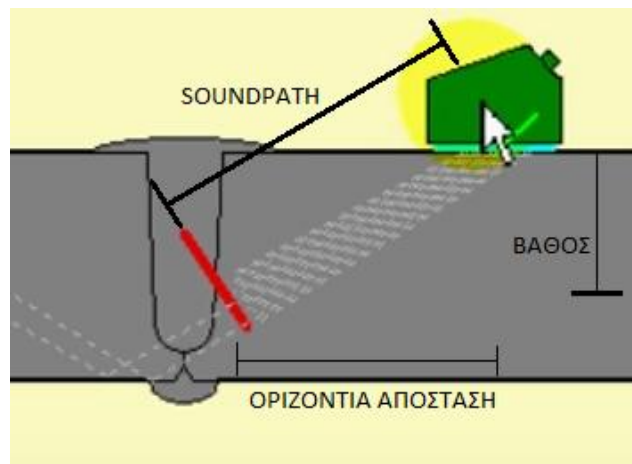
Στην περίπτωση αυτή κάνουμε χρήση εξαρτήματος για τη μεταβολή της γωνίας εισχώρησης της υπερηχητικής δέσμης από 0° σε σχέση με τον κάθετο στην επιφάνεια προσάρτησης άξονα σε οποιαδήποτε τιμή ως 90° . Αυτό, όπως προαναφέρθηκε επιτρέπει τον εντοπισμό ασυνεχειών σε σημεία που η επιφάνεια είναι ακατάλληλη για την σωστή σύζευξη του μετατροπέα. Έχοντας κάνει σωστά τις ρυθμίσεις που περιγράφονται στο Κεφάλαιο 3 τα κελιά μετρήσεων στο δεξί μέρος της οθόνης θα πρέπει να παρουσιάζουν της πληροφορίες όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1.2.01, με την προϋπόθεση ότι έχουμε τοποθετήσει την πύλη σωστά πάνω από το πρώτο ‘καρφί’ ύστερα από την επιφανειακή ανάκλαση.



Σχήμα 4.1.2.01: Κελιά εξόδου δεδομένων.

Οι πληροφορίες που δίνονται από επάνω προς τα κάτω χαρακτηρίζονται από τα σύμβολά τους και περιγράφονται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 3.2.3.

Ξέροντας λοιπόν την άμεση απόσταση της ασυνέχειας (soundpath), το βάθος και την απόσταση στον οριζόντιο άξονα από το ΒΙΡ, με πολύ απλή τριγωνομετρία είναι γνωστή και η θέση της ατέλειας σε σχέση με τον μετατροπέα όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1.2.02.



Σχήμα 4.1.2.02: Τομή απεικόνισης αποστάσεων.

Από την διαφορά ανάμεσα στην έκταση των οδηγιών για την ρύθμιση του ανιχνευτή σφαλμάτων σε σχέση με αυτή της επιτέλεσης των τελικών μετρήσεων μπορούμε να συμπεράνουμε και το σκεπτικό σχεδιασμού της ίδια της συσκευής. Η διεξοδική και χρονοβόρα ρύθμιση της κάθε ξεχωριστής παραμέτρου εξασφαλίζει την ελαχιστοποίηση τυχών μεταγενέστερων σφαλμάτων αποτελεσμάτων και είναι απαραίτητη μια φορά στην αρχή του πειράματος. Η διαδικασία για τη λήψη μετρήσεων ύστερα όμως της ρυθμίσεως είναι άμεση και ταχύτατη με σκοπό την γρήγορη λήψη αποτελεσμάτων από μεγάλες εκτάσεις υλικού ή μεγάλο αριθμό δοκιμίων. Ο συνδυασμός αυτός επιτυγχάνει τη μέγιστη λήψη μετρήσεων στο μικρότερο δυνατό χρόνο χωρίς όμως να χρειάζεται να θυσιάσει τον τομέα της ακρίβειας.

4.2 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΥΛΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ

Μια διαφορετική και ίσως ανορθόδοξη χρήση του EPOCH LTC μπορεί να πραγματοποιηθεί για να επιβεβαιώσουμε το είδος ενός υλικού **1** ή να κάνουμε υποθέσεις ως προς τις ιδιότητές του με μέτρο σύγκρισης τις ιδιότητες ενός διαφορετικού αλλά παρόμοιας φύσης υλικού **2**. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί αφού έχουμε δώσει ρυθμίσεις για ένα υλικό **2** τις οποίες γνωρίζουμε ως ορθές και αφού με τις ρυθμίσεις μετρήσουμε το διαφορετικό υλικό **1** για το οποίο θέλουμε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα. Μετρώντας το πάχος ενός υλικού **1** με ταχύτητα κύματος κατάλληλη για ένα άλλο θα πάρουμε, λανθασμένες φυσικά, μετρήσεις τις οποίες θα πρέπει να μπορούμε να επαληθεύσουμε με κάποιο άλλο όργανο για να βγάλουμε σωστά συμπεράσματα.

Στην περίπτωση που οι μετρήσεις έχουν μικρή απόκλιση από το πραγματικό μέγεθος υπάρχει πιθανότητα να εξετάσουμε είτε ίδιο είδος υλικού και σε περίπτωση μετάλλων πολλές φορές πανομοιότυπο σε σύσταση, που έχει όμως υποστεί διαφορετικές κατεργασίες, κυρίως θερμικές, αλλάζοντας έτσι την κρυσταλλική του δομή. Το άλλο ενδεχόμενο όταν έχουμε μικρές αποκλίσεις είναι να έχουμε γενικά σφάλματα στη μέτρηση από παράγοντες όπως σκουριά, ακαθαρσίες στις επιφάνειες του δοκιμίου ή τοπικές εσωτερικές ατέλειες. Σε περίπτωση μεγάλων αποκλίσεων έχουμε σχεδόν αποκλειστικά διαφορετικά υλικά και ανάλογα με το εάν η τιμή της συσκευής είναι μεγαλύτερη η μικρότερη της πραγματικής μπορούμε να εστιάσουμε ακόμα περισσότερο τις εκτιμήσεις μας.

Στις περιπτώσεις που η πραγματική τιμή είναι μικρότερη από αυτή που μας έδωσε ο ανιχνευτής μπορούμε να συμπεράνουμε πως το υλικό το οποίο μετράμε είναι μεγαλύτερης πυκνότητας του υλικού του οποίου χρησιμοποιούμε την ταχύτητα. Αυτό μπορεί να ενδεικνύει μεγαλύτερη πυκνότητα σε περίπτωση διαφορετικών υλικών ή αυστηρότερη κρυσταλλική δομή περιορίζοντας έτσι την κίνηση των σωματιδίων και καθιστώντας ευκολότερη την μετάδοση της ενέργειας. Σε τέτοια περίπτωση και αν ξέρουμε πως και τα δύο υλικά είναι ίδια σύστασης, όσον αφορά τα μέταλλα τουλάχιστον, μπορούμε να κάνουμε εκτιμήσεις για τις σχετικές μηχανικές του ιδιότητες.

Όπως ο εντοπισμός και η αναγνώριση σφαλμάτων έτσι και η παραπάνω μέθοδος εντάσσεται στο σύνολο αυτών που χρειάζονται ένα βαθμό εμπειρίας για να φτάσουμε στα σωστά συμπεράσματα. Παρ' όλα αυτά ασχέτως εμπειρίας και επιδεξιότητας του χειριστή μπορούμε με βεβαιότητα να μάθουμε εάν δύο υλικά είναι όμοια με την προϋπόθεση ευνοϊκών συνθηκών κατά τη διάρκεια της μέτρησης (απώλεια μετρητικών σφαλμάτων).

Η δοκός του σχήματος 4.2.01 χρησιμοποιήθηκε για τη επίδειξη της παραπάνω μεθόδου στην οποία η τιμή πάχους που λήφθηκε με υπέρηχους ταχύτητας κατάλληλης για τη σωστή μέτρηση των υφάλων του πλοίου ήταν **13,24[mm]** ενώ με το παχύμετρο ήταν **10,2[mm]**.



Σχήμα 4.2.01: Δοκός στήριξης αγνώστου υλικού.

Παρατηρούμε απόκλιση της τάξης του **32%** η οποία οφείλεται επί το πλείστον στο στρώμα σκουριάς που κάλυπτε κάθε μη ανοξειδωτή επιφάνεια του ΛΥΔΙΑ καθώς και στο ότι τα δύο υλικά ήταν διαφορετικά κράματα σιδήρου. Το πάχος που βρήκαμε με τους υπερήχους ήταν μεγαλύτερο διότι το κύμα χρειάστηκε περισσότερο χρόνο να φτάσει την πίσω επιφάνεια και να επιστρέψει στον μετατροπέα που υποδηλώνει μικρότερο ρυθμό μεταφοράς ενέργειας. Αυτό κατά πάσα πιθανότητα οφείλεται σε μικρότερη πυκνότητα του κράματος της δοκού, ή στους χαλαρότερους δεσμούς ανάμεσα στα μόρια στην κρυσταλλική δομή του μετάλλου, το οποίο είναι λογικό εάν λάβουμε υπόψιν μας ότι στην κατασκευή της δοκού το υλικό επιλέχθηκε με βάση της μηχανικές του ιδιότητες ενώ στο ΛΥΔΙΑ το βάρος έπαιξε εξίσου σημαντικό ρόλο για λόγους καλύτερης πλευστότητας.

4.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έχοντας αφιερώσει ένα σεβαστό χρονικό διάστημα στη μελέτη μη-καταστροφικών μεθόδων επιθεώρησης και συγκεκριμένα στις ηχητικές και υπερηχητικές μεθόδους, για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, μπορώ χωρίς επιφυλάξεις να ισχυριστώ πως οι ηχητικοί υπερηχητικοί έλεγχοι βρίσκονται στην κορυφή των ΜΚΕ από πλευράς ταχύτητας, ευκολίας, κόστους, φορητότητας και ευελιξίας. Κάνοντας χρήση απλών μαθηματικών και ήχου, ενός κοινού φαινομένου που μας περιτριγυρίζει κάθε στιγμή στις καθημερινές μας ζωές, καταφέρνουν να μας δώσουν πληροφορίες για διαφορετικά απρόσιτα σημεία του χώρου διατηρώντας την ακεραιότητα του γενικότερου συνόλου.

Με την προϋπόθεση εξάλειψης εξωτερικών παραγόντων επιρροής των μετρητικών οργάνων οι υπερηχητικές μέθοδοι ΜΚΕ εγγυούνται υψηλής ακρίβειας αποτελέσματα βασισμένα σε φυσικές σταθερές. Αυτός ο λόγος και πολλοί άλλοι που αναφέρθηκαν νωρίτερα εγγυούνται υψηλή αν όχι κορυφαία θέση των ηχητικών μεθόδων στην ιεραρχία των διαδικασιών με καταστροφικών ελέγχων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ιστοσελίδα: NDT Resource Center, www.nde-ed.org
2. Ιστοσελίδα: Pegasus Corporation, www.pegasusinspections.com
3. Εργασία: «Μη καταστροφικοί έλεγχοι υλικών», Μελέτη Ευαγγελία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών
4. Διπλωματική Εργασία: «Μη καταστροφικός έλεγχος πολύστρωτων σύνθετων υλικών ναυπηγικών εφαρμογών με τη χρήση αυτοματοποιημένης διάταξης υπερήχων εμβαπτιζομένου ελέγχου», Χασιώτης Θεόδωρος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, 2012
5. Εργασία: «Μη καταστροφικοί έλεγχοι», ΑΤΕΙ Λάρισας, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, ΓΤΘΕ, Εργαστήριο Δομικών Υλικών, Άγνωστος συγγραφέας
6. Πτυχιακή Εργασία: «Χρήση των υπερήχων στο μη καταστροφικό έλεγχο των υλικών και κατασκευών», Γεώργιος Μαρτίνος, ΑΤΕΙ Πατρών, ΣΤΕ, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., 2014