

ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΥΛΙΚΩΝ

Οι μη καταστροφικοί έλεγχοι (ΜΚΕ) [non destructive testing, NDT], είναι έλεγχοι που γίνονται στα υλικά με σκοπό τη διαπίστωση της ακεραιότητας και κατάστασης ενός υλικού, μηχανής ή κατασκευής.

Οι μη καταστροφικοί έλεγχοι, διενεργούνται συνήθως μετά την παραγωγική διαδικασία, κατά τη φάση συναρμολόγησης ή λειτουργίας αυτών. Από τη φύση τους είναι έλεγχοι που δεν προκαλούν ζημιά στο υλικό. Σε αντίθεση με τους καταστροφικούς ελέγχους που διενεργούνται σε αντιπροσωπευτικό δείγμα υλικών, οι ΜΚΕ γίνονται όταν αυτό είναι εφικτό και απαραίτητο, σε κάθε κομμάτι υλικού που εξετάζεται. Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως μικρές και φορητές με δυνατότητα επιτόπιας εξέτασης των υλικών.

Οι κυριότερες μέθοδοι, οι δυνατότητες και οι εφαρμογές τους εμφανίζονται στο παρακάτω πίνακα:

Μέθοδος	Δυνατότητες	Εφαρμογές
Οπτικοί έλεγχοι	Ανίχνευση επιφανειακών ατελειών.	Εσωτερική επιφάνεια αγωγών, σωλήνων κλπ.
Διεισδυτικά υγρά	Ανίχνευση επιφανειακών ατελειών.	Για όλα τα μέταλλα, πολλά πλαστικά, γυαλί και εφυσωμένα κεραμικά.
Μαγνητοσκοπία	Ανίχνευση επιφανειακών ατελειών και πλησίον της επιφανείας ατελειών.	Μόνο σιδηρομαγνητικά υλικά. (σίδηρος, πολλοί χάλυβες)
Ηλεκτρικές μέθοδοι <ul style="list-style-type: none"> • Δινορρέυματα (Eddy currents) • Επαγωγικά ρεύματα. 	Ανίχνευση επιφανειακών ατελειών και ορισμένων ατελειών κάτω από την επιφάνεια. Μέτρηση πάχους μη αγώγιμων επικαλύψεων π.χ. πάχος βαφής μετάλλου , ανοδίωσης αλουμινίου κλπ.	Μόνο για μέταλλα.
Υπέρηχοι	Ανίχνευση εσωτερικών ατελειών. Μέτρηση πάχους υλικών που δεν υπάρχει πρόσβαση από τα δύο μέρη.	Πλήθος υλικών.
Ραδιογραφία	Ανίχνευση εσωτερικών και εξωτερικών ατελειών ατελειών. Έλεγχος σωστής συναρμολόγησης.	Πλήθος υλικών με περιορισμό το πάχος του υλικού
Θερμογραφία	Ανίχνευση ρωγμών, αποκολλήσεων.	Πλήθος υλικών.

Οι ΜΚΕ αποτελούν σήμερα σημαντικό εργαλείο στα χέρια του μηχανικού για την πρόληψη της αστοχίας των υλικών. Η χρήση των ΜΚΕ απαιτεί σωστή εκπαίδευση, μεγάλη εξειδίκευση και σημαντική εμπειρία.

ΑΣΚΗΣΗ 22

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΧΟΥΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ

Σκοπός

Σκοπός της άσκησης είναι η μέτρηση του πάχους επικάλυψης πάνω σε αγωγίμα -μαγνητικά ή μη - υλικά.

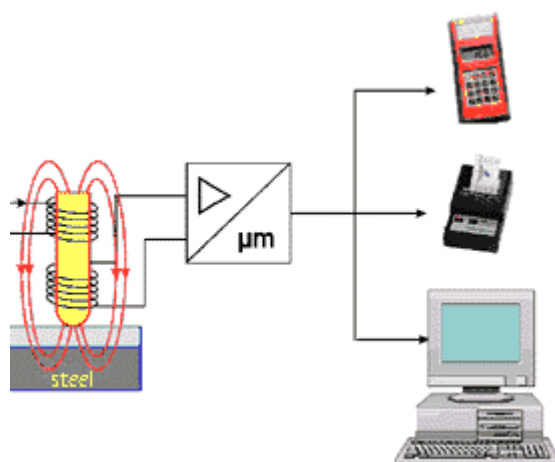
Χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του πάχους επικάλυψης σε μεταλλικές επιφάνειες, μαγνητικές ή μη, με την προϋπόθεση ότι η επικάλυψη δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες. Π.χ. μπορούμε να μετρήσουμε το πάχος του χρώματος σ'ένα μεταλλικό υπόστρωμα, το πάχος του ψευδαργύρου σ'ένα γαλβανισμένο σωλήνα ή λαμαρίνα, το πάχος της ανοδίσωσης του αλουμινίου (ΕΛΟΤ 566), το πάχος του υαλώματος κλπ.

Έμμεσα μπορούμε να μετρήσουμε και το πάχος λεπτών φύλλων υλικού, όπως χαρτί, αλουμίνιο, πλαστικό κλπ.

Αρχή λειτουργίας

* **Μαγνητική επαγωγή.** (σιδηρομαγνητικά υποστρώματα)

Η αρχή είναι ίδια με αυτή του μετασχηματιστή. Ένας ελεγχόμενος ταλαντωτής παράγει μια εναλλασσόμενη τάση που ενεργοποιεί μια σπείρα σ'ένα αισθητήριο πολλών σπειρών. Αυτό στη συνέχεια επάγει μια τάση στις γειτονικές σπείρες. Καθώς το μέγεθος της τάσης αυτής εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ του αισθητηρίου και του σιδηρομαγνητικού υποστρώματος, αυτή η τάση εκφράζει το πάχος της επικάλυψης. Η επαγόμενη τάση μετά από επεξεργασία εμφανίζεται στην οθόνη ως ένδειξη πάχους.

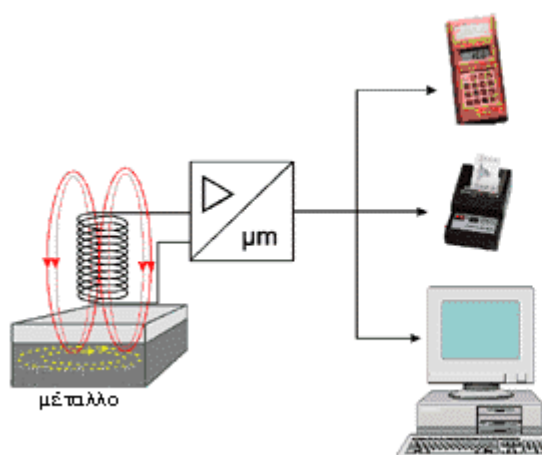


σχήμα 21.1 Αρχή λειτουργίας μέτρησης πάχους με μαγνητική επαγωγή.

- * **δινορεύματα (eddy currents).** (αγωγή μη-σιδηρομαγνητικά υποστρώματα)

Τα δινορεύματα είναι ρεύματα που δημιουργούνται σε ένα αγωγό που βρίσκεται μέσα σε μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο.

Υψηλής συχνότητας ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που παράγεται στο αισθητήριο δημιουργεί δινορεύματα (eddy currents) στο αγωγίμο υλικό επί του οποίου τοποθετείται η κεφαλή του αισθητήριου. Το μέγεθος των ρευμάτων αυτών είναι συνάρτηση του πάχους του επιστρώματος που υπάρχει μεταξύ του αγωγού και του αισθητήριου.



σχήμα 21.2 Αρχή λειτουργίας μέτρησης πάχους με δινορεύματα.

Πειραματικό μέρος

1. Επιλέγουμε το κατάλληλο αισθητήριο ανάλογα με τον τύπο της επικάλυψης και του υποστρώματος. Χρησιμοποιούμε αισθητήρια τύπου **F** για μη μαγνητικές, μη αγωγιμες επικαλύψεις (χρώματα, βερνίκια, υαλώματα, πλαστικά κλπ) ή μη μαγνητικές, αγωγιμες επικαλύψεις (κάδμιο, χρώμιο, χαλκός αλουμίνιο κλπ) πάνω σε σιδηρομαγνητικά υλικά (μαλακός χάλυβας, χυτοσίδηρος, μαγνητικός ανοξείδωτος χάλυβας κλπ). Για μετρήσεις μη αγωγιμων επικαλύψεων πάνω σε αγωγίμο, μη μαγνητικά υλικά (αλουμίνιο, χαλκός ορείχαλκος, τιτάνιο, ωστενιτικός ανοξείδωτος χάλυβας κλπ) χρησιμοποιούμε αισθητήρια τύπου **N**.
2. Συνδέουμε το αισθητήριο στην αριστερή υποδοχή του οργάνου, με το όργανο κλειστό.
3. Ανοίγουμε την συσκευή πιέζοντας το κουμπί **ON-BAT**. Για να ελέγξουμε την κατάσταση της μπαταρίας κρατούμε το κουμπί πατημένο. Αν η ένδειξη της

οθόνης βρίσκεται μεταξύ 100 - 140 συνεχίζουμε, διαφορετικά αλλάζουμε την μπαταρία του οργάνου.

4. Καθαρίζουμε την μνήμη από προηγούμενες μετρήσεις πιέζοντας το κουμπί **CLEAR** και στη συνέχεια, όταν ανάψει στην οθόνη η ένδειξη **DEL**, το κουμπί **YES**.
5. Επιλέγουμε τις επιθυμητές μονάδες μέτρησης του πάχους -μικρά (μm) ή χιλιοστά της ίντσας (.001'') - πιέζοντας το κουμπί **UNITS**.
6. Βαθμονομούμε το όργανο με την βοήθεια υλικού χωρίς επικάλυψη και φύλλων μη αγώγιμων υλικών γνωστού πάχους. Η διαδικασία βαθμονόμησης γίνεται ως εξής:
 - με το αισθητήριο στον αέρα πιέζουμε το κουμπί **BASE**.
 - παίρνουμε μετρήσεις πάνω στο χωρίς επικάλυψη υλικό που θα ελέγξουμε. Η μέτρηση γίνεται πιέζοντας ελαφρά το αισθητήριο πάνω στην επιφάνεια του υλικού. Η μέτρηση θεωρείται γενομένη όταν ακουστεί ο χαρακτηριστικός ήχος.
 - όταν πάρουμε αρκετές μετρήσεις, έτσι που πρακτικά ο μέσος όρος των μετρήσεων να παραμένει αμετάβλητος, εισάγουμε την τιμή ' 0 ' από το πληκτρολόγιο και πατάμε στη συνέχεια **ENTER**.
 - με το αισθητήριο στον αέρα πιέζουμε το κουμπί **CAL** και στη συνέχεια παίρνουμε μετρήσεις τοποθετώντας ένα φύλλο γνωστού πάχους πάνω στο χωρίς επικάλυψη υλικό. Η επιλογή του φύλλου γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε το πάχος του να είναι μεγαλύτερο από το πάχος της επικάλυψης που θα μετρήσουμε στην συνέχεια.
 - όταν πάρουμε αρκετές μετρήσεις εισάγουμε από το πληκτρολόγιο τη σωστή τιμή πάχους του φύλλου.
7. Το όργανο είναι τώρα έτοιμο για μέτρηση επικαλύψεων πάνω σε βάση παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιήθηκε για τη βαθμονόμηση. Πριν προχωρήσουμε στις μετρήσεις φροντίζουμε να σβήσουμε από τη μνήμη τις τιμές της βαθμονόμησης, σύμφωνα με τη διαδικασία του σημείου 4.
8. Παίρνουμε αρκετές μετρήσεις πάνω στο υλικό του οποίου το πάχος επικάλυψης θέλουμε να μετρήσουμε. Στο τέλος πιέζοντας τα κουμπιά **No of Rdgs**, **Mean**, **Std Dev**, μπορούμε να δούμε τον αριθμό των μετρήσεων που κάναμε, τον μέσο όρο και την τυπική απόκλιση αυτών αντίστοιχα.

Παρατηρήσεις:

- όταν θελήσουμε να σβήσουμε την τελευταία μέτρηση που πήραμε πιέζουμε το κουμπί **CANCEL** .
- φροντίζουμε να μη σύρουμε την κεφαλή του αισθητηρίου πάνω στην επιφάνεια που θα μετρήσουμε.
- με αισθητήριο τύπου F μπορούμε να πάρουμε μετρήσεις μεταξύ 0 -1250 μm και με τύπου N μεταξύ 0 - 1000 μm.
- για να μετρήσουμε σε καμπύλες επιφάνειες (σωλήνες) χρησιμοποιούμε τον κατάλληλο υποδοχέα (V- adaptor) της κεφαλής.

ΑΣΚΗΣΗ 23

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΧΟΥΣ ΥΛΙΚΩΝ

Σκοπός της άσκησης είναι ο προσδιορισμός του πάχους των υλικών (μετάλλων και πλαστικών) με τη χρήση των υπερήχων.

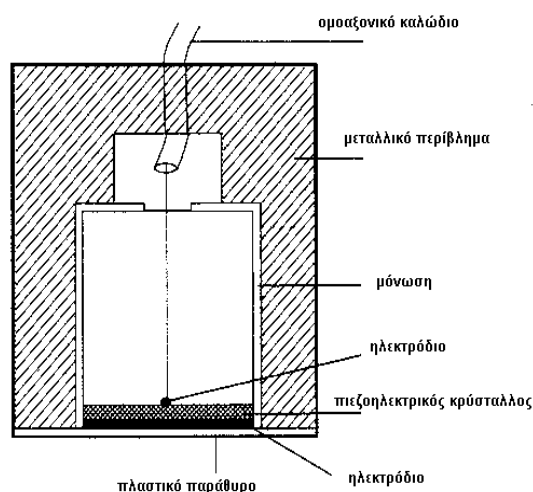
Η τεχνική των υπερήχων χρησιμοποιείται ευρύτατα σήμερα για τον εντοπισμό των εσωτερικών αλλά και εξωτερικών επιφανειακών ατελειών των υλικών. Ταυτόχρονα οι υπέρηχοι χρησιμοποιούνται και για μετρήσεις πάχους υλικών όπου δεν είναι εφικτή η πρόσβαση και από τις δύο πλευρές του υλικού, π.χ. έλεγχος πάχους τοιχωμάτων σωληνώσεων.

Αρχή λειτουργίας

Τα ηχητικά κύματα είναι ελαστικά κύματα που μπορούν να διαδοθούν και μέσα σε υγρά ή στερεά μέσα. Οι συχνότητες που το ανθρώπινο αυτί αισθάνεται βρίσκονται μεταξύ των 20 Hz και 20 kHz. Ελαστικά κύματα με συχνότητες μεγαλύτερες του ακουστικού πεδίου (audio range) ορίζονται ως **υπέρηχοι**.

Οι συχνότητες των υπερηχητικών κυμάτων που χρησιμοποιούνται για τους Μη Καταστροφικούς Ελέγχους των υλικών είναι μεταξύ των 500 kHz και 100MHz.

Οι υπέρηχοι δημιουργούνται από πιεζοηλεκτρικούς μετατροπείς όπως αυτόν του σχήματος 23.1. Ορισμένα κρυσταλλικά υλικά παρουσιάζουν το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο, δηλαδή έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την εφαρμογή εξωτερική μηχανικής τάσης σε ηλεκτρικό ρεύμα και αντίστροφα. Η τάση του ρεύματος που παράγεται είναι ανάλογη της εφαρμοζόμενης τάσης.



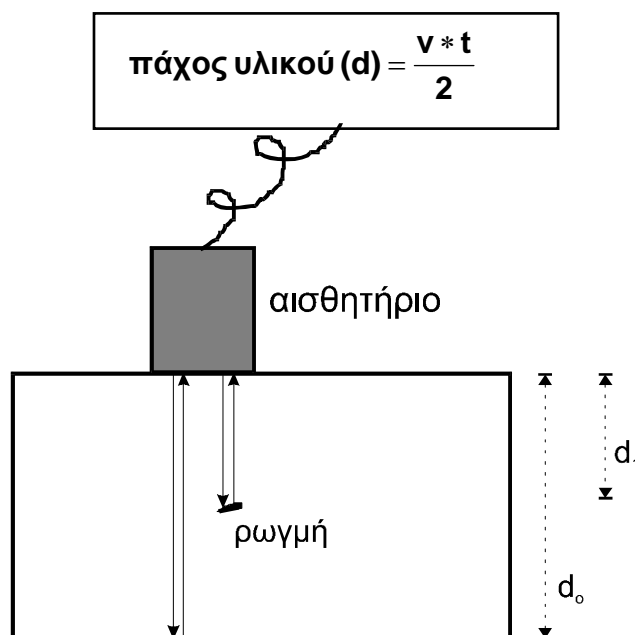
Σχήμα 23.1 Αισθητήριο συσκευής υπερήχων.

Όταν εφαρμόσουμε σ' ένα λεπτό δίσκο πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου μία εναλλασσόμενη τάση, ο κρύσταλλος πάλλεται με αποτέλεσμα τη δημιουργία ηχητικού κύματος. Αντίστροφα, όταν ένα υπερηχητικό κύμα προσπίπτει πάνω σ' ένα πιεζοηλεκτρικό μετατροπέα έχει ως αποτέλεσμα τη δόνηση του κρυστάλλου και την παραγωγή εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο κρύσταλλος λειτουργεί δηλαδή ως πομπός και δέκτης.

Όταν μια ηχητική δέσμη συναντήσει το διαχωριστικό επίπεδο μεταξύ δύο διαφορετικών υλικών, τότε μέρος αυτής ανακλάται και το υπόλοιπο μεταδίδεται στο άλλο υλικό. Στην περίπτωση που το ένα υλικό είναι αέρας και το άλλο είναι μέταλλο, τότε σχεδόν το 100% της προσπίπτουσας ηχητικής δέσμης ανακλάται. Για τον πιο πάνω λόγο είναι λοιπόν αναγκαία η χρήση κάποιου υγρού μέσου προσαγωγής (couplant), που να επιτρέπει τη μετάδοση του υπερηχητικού κύματος μεταξύ του πομπού (αισθητήριο) και του υλικού. Ως υλικό προσαγωγής χρησιμοποιείται συνήθως προπυλενογλυκόλη ή για καλύτερα αποτελέσματα γλυκερίνη. Μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν και νερό, λάδι, γράσσο, σιλικονούχα υγρά κ.ά.


Μετρώντας το χρόνο (t) που απαιτείται για να διανύσει κάποιο ηχητικό κύμα την απόσταση μεταξύ του αισθητηρίου και της διαχωριστικής επιφάνειας του υλικού με κάποιο άλλο μέσο (π.χ. αέρα) και επιστροφής αυτού είναι δυνατός ο υπολογισμός του πάχους των υλικών ή και ο προσδιορισμός εσωτερικών ατελειών αυτού. (σχήμα 23.2).

Απαραίτητη προϋπόθεση για σωστή μέτρηση είναι η γνώση της ταχύτητας διάδοσης του ηχητικού κύματος (v) στο συγκεκριμένο υλικό.



Σχήμα 23.2 Ανίχνευση εσωτερικών ατελειών σε υλικό με υπερήχους.

Πειραματικό μέρος

Ανοίγουμε τη συσκευή πιέζοντας το κουμπί 

Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη **C202** ακολουθούμενη από .

Επιλέγουμε πιέζοντας το κουμπί  το είδος του υλικού σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

Pr - 0	Μαλακός χάλυβας	Pr - 5	Χυτοσίδηρος (σφαιρ. Γραφ.)
Pr - 1	Ανοξειδωτος χάλυβας	Pr - 6	Χυτοσίδηρος φαιός
Pr - 2	Αλουμίνιο	Pr - 7	Nylon
Pr - 3	Χαλκός	Pr - 8	PVC (πολυβινυλοχλωρίδιο)
Pr - 4	Ορείχαλκος (70/30)	Pr - 9	Πολυπροπυλένιο

Αφού απομακρύνουμε κάθε ακαθαρσία από την επιφάνεια του προς εξέταση υλικού απλώνουμε στο σημείο της μέτρησης το μέσο προσαγωγής (couplant).

Πιέζουμε ελαφρά το αισθητήριο στην επιφάνεια του υλικού κα διαβάζουμε την ένδειξη του πάχους του υλικού (σε mm).

Παίρνουμε 3 μετρήσεις ανά σημείο προσέχοντας να μη σέρνουμε την πλαστική επιφάνεια του αισθητηρίου πάνω στο υλικό.

Ανά σημείο μέτρησης υπολογίζουμε το μέσον όρο και την τυπική απόκλιση.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες είναι οι βασικές διαφορές μεταξύ καταστροφικών και μη-καταστροφικών ελέγχων;
2. Ποια μέθοδο μη-καταστροφικού ελέγχου θα επιλέγατε για τον προσδιορισμό του πάχους χρώματος σ' ένα έλασμα χάλυβα;
3. Για ποιο λόγο είναι αναγκαία η χρήση μέσου προσαγωγής (couplant) κατά τη χρήση των υπερήχων στους ΜΚΕ;
4. Τι είναι ο πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος;
5. Πως μπορεί να προσδιορίσει κάποιος το πάχος λεπτού φύλλου πολυαιθυλενίου χωρίς να το καταστρέψει;
6. Τι είναι υπέρηχος;
7. Τι είναι τα δινορεύματα;

