



ΠΑΧΥΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΥΠΕΡΗΧΩΝ – ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΠΛΕΣ ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΠΑΧΥΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ, ΣΥΝΕΧΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΔΟΜΩΝ

9ο Εθνικό Συνέδριο ΜΚΕ της Ελληνικής Εταιρείας Μη Καταστροφικών Ελέγχων

Αθήνα, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, 11 Νοεμβρίου 2016

Δρ. Αθανάσιος Αναστασόπουλος, Δημήτριος Κουρούσης, Σοφία Μανουσάκη, Λάζαρος Μπουχάγιερ

Mistras Group Hellas A.B.E.E., Ελευθερίου Βενιζέλου 7 & Δελφών, 14452 Μεταμόρφωση, Αθήνα
e-mail: info@mistrasgroup.gr, Τηλ.: 210-2846801, Fax: 210-2846805, www.mistrasgroup.gr

Περίληψη

Η παχυμέτρηση με υπερήχους είναι η πλέον διαδεδομένη και συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος για την αποτίμηση της μείωσης πάχους λόγω διάβρωσης στη βιομηχανία. Στην παρούσα εργασία γίνεται σύντομη παρουσίαση της τεχνικής ελέγχου με τη μέθοδο των συμβατικών υπερήχων και των σχετικών δυσκολιών που αυτή παρουσιάζει για μετρήσεις σε δυσπρόσιτα σημεία ή σε περιπτώσεις υψηλών θερμοκρασιών. Αναλύεται η μετάβαση από τις απλές σημειακές παχυμετρήσεις στην εφαρμογή και χρήση σύγχρονων, ασύρματων συστημάτων και απαριθμούνται τα πλεονεκτήματα που η εξ αποστάσεως συνεχής παρακολούθηση εξασφαλίζει.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διάβρωση αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στη βιομηχανία και τις κατασκευές. Τα έξοδα συντήρησης και αντικατάστασης κατασκευών και μεταλλικών στοιχείων, λόγω διάβρωσης είναι τεράστια και συνεπώς γίνονται μεγάλες προσπάθειες τόσο για την ολοκληρωμένη αποτίμηση της κατάστασης κατασκευών αλλά και την προστασία τους.

Σχεδόν όλες οι μεταλλικές κατασκευές δύνανται να υποστούν διάβρωση. Ένα ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν πολλές βιομηχανίες είναι η μέτρηση του πάχους τοιχωμάτων σε σωλήνες ή δεξαμενές, τα οποία έχουν υποστεί διάβρωση στην εσωτερική επιφάνεια. Τέτοιου τύπου διάβρωση δεν είναι ανιχνεύσιμη με οπτικό έλεγχο χωρίς κοπή ή αποσυναρμολόγηση του σωλήνα ή της δεξαμενής. Μεταλλικές δοκοί που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή γεφυρών, υπόκεινται επίσης σε διάβρωση, που προκαλεί μείωση του πάχους. Κυρίως όμως αγωγοί καυσίμων που λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες. Τέτοιες κρίσιμες δομές, εάν δεν ελέγχονται συστηματικά, κινδυνεύουν να υποστούν βλάβες σοβαρές, όχι μόνο από πλευράς κόστους αποκατάστασης, αλλά και επικινδυνότητας για την γενική ασφάλεια.

Κατά συνέπεια, επιβάλλεται τακτική παχυμέτρηση και η μέθοδος των υπερήχων αποτελεί διεθνώς ενδεδειγμένη μη καταστροφική μέθοδο για τη διεξαγωγή αυτού του τύπου μετρήσεων. Ωστόσο, είναι αρκετές οι περιπτώσεις όπου ο επιτόπιος περιοδικός έλεγχος με σημειακές παχυμετρήσεις είτε δεν επαρκεί, είτε δεν είναι εφικτός και η μόνιμη εξ αποστάσεως παρακολούθηση αποτελεί τη λύση για την αποτελεσματική αξιολόγηση της διάβρωσης και των σχετικών επιπτώσεων.

2. ΠΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ

2.1 Σημειακές Μετρήσεις

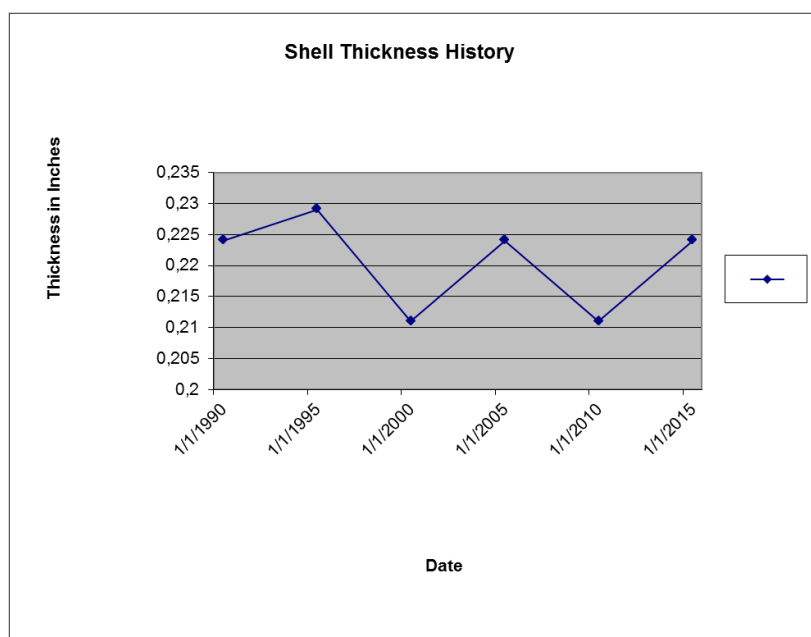
Η εφαρμογή των σημειακών παχυμετρήσεων χρησιμοποιείται ευρέως τουλάχιστον για τα τελευταία εβδομήντα χρόνια. Τα σημαντικά πλεονεκτήματα της την έχουν καταστήσει από τις πρώτες, αν όχι την πρώτη επιλογή των επιθεωρητών για τον προσδιορισμό της διάβρωσης και τη μέτρηση του πάχους τοιχωμάτων.

Το κόστος για τη συλλογή μεγάλου αριθμού μετρήσεων πάχους είναι χαμηλό, εφαρμόζεται σε μεγάλη γκάμα υλικών, σε ευρύ φάσμα θερμοκρασιών και καλύπτει μεγάλο εύρος παχών. Παρέχει καλή ακρίβεια και εφαρμόζεται εύκολα από επιθεωρητές χωρίς υψηλές απαιτήσεις εμπειρίας ή/και πιστοποιήσεων. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ακρίβεια των μετρήσεων, μια σειρά απαιτήσεων και προϋποθέσεων πρέπει να ισχύουν:

- Γνώση του υλικού
- Ασφαλής πρόσβαση στην περιοχή ελέγχου
- Κατάλληλη προετοιμασία της επιφάνειας
- Χρήση κατάλληλου μέσου σύζευξης
- Διόρθωση μετρήσεων σε περίπτωση υψηλών θερμοκρασιών
- Αξιολόγηση της διαδικασίας ελέγχου και του τεχνικού
- Επαλήθευση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων

Ωστόσο, ακόμη και έχοντας εξασφαλίσει τις παραπάνω προϋποθέσεις για έναν ολοκληρωμένο έλεγχο, η ίδια η εφαρμογή έχει αναπόφευκτα τους εξής περιορισμούς:

- Η ακρίβεια των μετρήσεων εξαρτάται από τις συνθήκες που ισχύουν κάθε φορά και μπορεί να διαφέρει από μέτρηση σε μέτρηση
- Ο χρόνος μεταξύ μετρήσεων ενδέχεται να είναι μεγαλύτερος από τον απαραίτητο για έγκαιρη διάγνωση προβλημάτων
- Υπάρχει δυσκολία στον έγκαιρο εντοπισμό προβλημάτων (περιπτώσεις επιταχυνόμενης διάβρωσης)
- Η πληροφορία που παρέχεται αφορά σε «στιγμιότυπο»



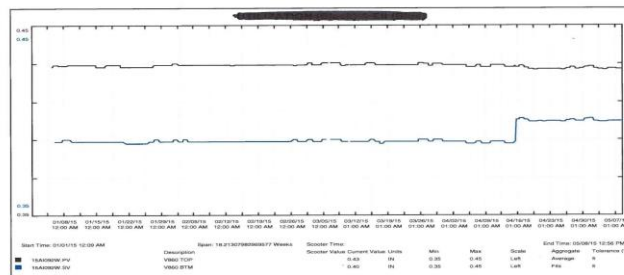
2.2 Μόνιμη Παρακολούθηση – Συνεχείς Παχυμετρήσεις με Υπερήχους

Η ανάγκη για ελαχιστοποίηση, αν όχι και εξάλειψη, των παραπάνω περιορισμών οδήγησε στην περαιτέρω εξέλιξη της εφαρμογής. Σύγχρονα συστήματα, στηριζόμενα στην διαχρονική και ευρέως αποδεκτή μέθοδο των υπερήχων, κατασκευάζονται για μόνιμη, πλέον, καταγραφή της μείωσης πάχους κρίσιμων δομών και παρακολούθηση της διάβρωσης.



Τα πλεονεκτήματα της μόνιμης παρακολούθησης είναι φανερά:

- Μεγάλη ακρίβεια μετρήσεων
- Σταθερή κατάσταση επιφάνειας
- Δεν είναι απαραίτητη η πρόσβαση του προσωπικού
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υψηλές θερμοκρασίες
- Πιο συχνές και τακτικές μετρήσεις
- Προσδιορισμός της διάβρωσης σε πρώιμο στάδιο
- Προσδιορισμός ρυθμού διάβρωσης
- Βελτιωμένη διαχείριση της διάβρωσης



Δεδομένα Αισθητήρα Μόνιμης Καταγραφής

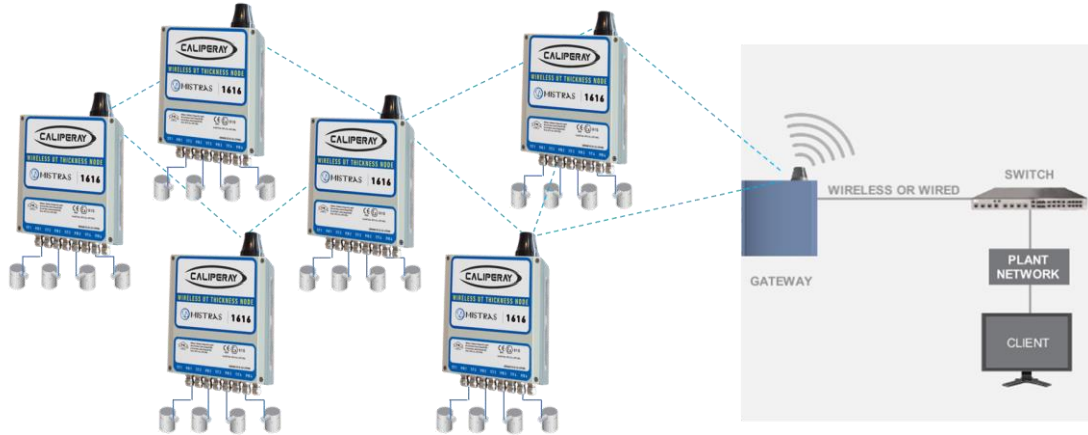
Η εγκατάσταση του κατάλληλου δικτύου αισθητήρων για συνεχή παρακολούθηση, σε συνδυασμό με την χρήση των σύγχρονων ασύρματων συστημάτων, όπως το Caliperay, επιτρέπουν τη βελτίωση της διαδικασίας μεταφοράς των δεδομένων και κατ' επέκταση την έγκαιρη αναγνώριση της κατάστασης, εξασφαλίζοντας την άμεση λήψη δεδομένων από κάθε ελεγχόμενη δομή σε ένα ολοκληρωμένο και συνεκτικό πρόγραμμα.

Το Caliperay σχεδιάστηκε για αυτόν ακριβώς το σκοπό: Να ενισχύσει τη διαδικασία ελέγχου με τρόπο ώστε να αποφεύγονται μεγάλα συμβάντα, παρέχοντας στους χρήστες μεγάλη εξοικονόμηση κόστους. Με τη μόνιμη καταγραφή δεδομένων, απλουστεύεται και βελτιώνεται η δημιουργία των χρονοδιαγραμμάτων συντήρησης και σχεδιασμού, επιτρέποντας στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις να εφαρμόσουν προληπτικά προγράμματα συντήρησης και διαχείρισης της διάβρωσης, συμβάλλοντας



στην ελαχιστοποίηση των επισκευών και σταματημάτων των βιομηχανικών μονάδων (shutdowns), των περιττών συντηρήσεων, των δαπανηρών συμβάντων και των ατυχών τραυματισμών του προσωπικού.

Αξιοσημείωτα επιπλέον χαρακτηριστικά που καθιστούν το Caliperay κατάλληλο για πληθώρα εφαρμογών αποτελούν τα τέσσερα (4) κανάλια υπερήχων που ενσωματώνει για τη βέλτιστη παχυμέτρηση των δομών και η δυνατότητα εφαρμογής σε επιφάνειες υψηλών θερμοκρασιών που μπορεί να φτάσουν έως και 350° C (662° F). Πολλαπλές τετρακάναλες μονάδες δύνανται να ενωθούν σε κοινό δίκτυο για την κάλυψη μεγαλύτερων επιφανειών όταν απαιτείται.



Προορισμένο να καλύψει το μέγιστο δυνατό εύρος εφαρμογών, το Caliperay είναι σύστημα αντικερηκτικού τύπου, πιστοποιημένο για χρήση σε επικίνδυνα περιβάλλοντα.

1 **EC-TYPE EXAMINATION CERTIFICATE** 

2 Equipment or Protective systems intended for use in Potentially Explosive Atmospheres - Directive 94/9/EC

3 EC-Type Examination Certificate No: FM15ATEX0043X

4 Equipment or protective system: 1616 Wireless UT Node (Type Reference and Name)

5 Name of Applicant: MISTRAS Group Inc.

6 Address of Applicant: 195 Clarksville Road Princeton Junction, NJ 08550- USA

7 This equipment or protective system and any acceptable variation thereto is specified in the schedule to this certificate and documents therein referred to.

8 FM Approvals Ltd, notified body number 1725 in accordance with Article 9 of Directive 94/9/EC of 23 March 1994, certifies that this equipment has been found to comply with the Essential Health and Safety Requirements relating to the design and construction of equipment intended for use in potentially explosive atmospheres given in Annex II to the Directive.

The examination and test results are recorded in confidential report number:
3051800 dated 29th February 2016

9 Compliance with the Essential Health and Safety Requirements, with the exception of those identified in item 15 of the schedule to this certificate, has been assessed by compliance with the following documents:
EN 60079-0:2012 +A11:2013, EN 60079-11:2012, and EN 60529:1992 + A2:2013

10 If the sign 'X' is placed after the certificate number, it indicates that the equipment is subject to special conditions for safe use specified in the schedule to this certificate.

11 This EC-Type Examination certificate relates only to the design, examination and tests of the specified equipment or protective system in accordance to the directive 94/9/EC. Further requirements of the Directive apply to the manufacturing process and supply of this equipment or protective system. These are not covered by this certificate.

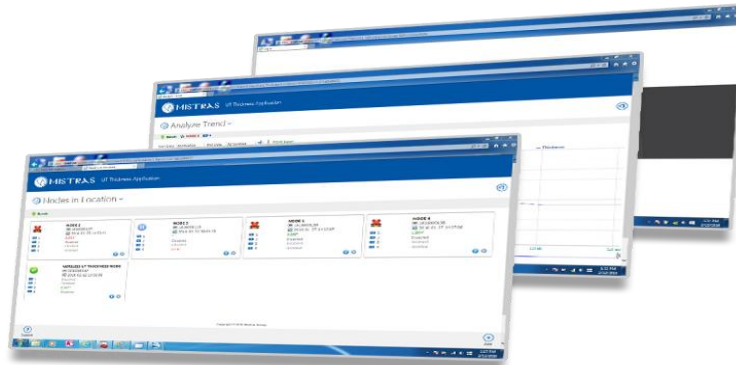
12 The marking of the equipment or protective system shall include:

 II 1 G Ex ia IIC T4; Ta = -55°C to +55°C; IP66

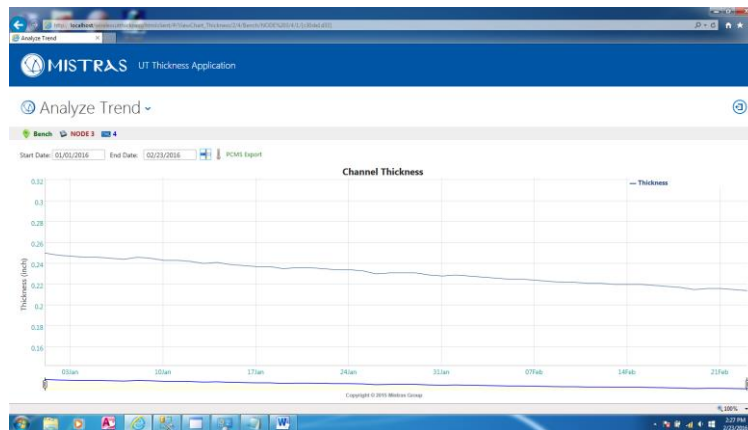
ATEX IS Certificate 1



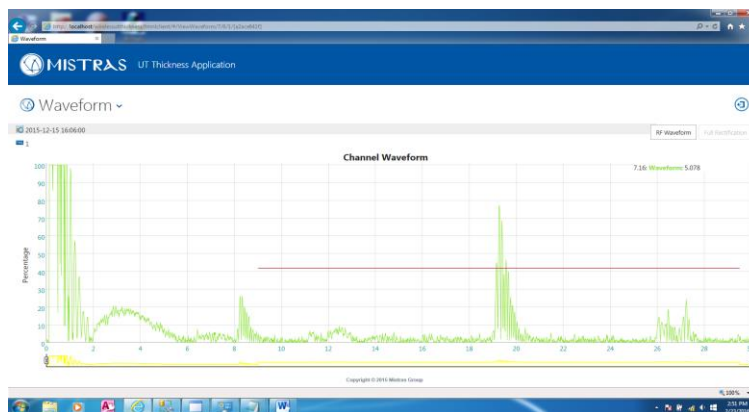
Το Caliperay συνδυάζει κύκλωμα συνεχούς on-line παρακολούθησης με προηγμένο λογισμικό, που επιτρέπει στους υπευθύνους των βιομηχανικών εγκαταστάσεων την από απόσταση ανίχνευση, συλλογή και σύγκριση σε πραγματικό χρόνο προηγούμενων με τρέχουσες μετρήσεις για τον άμεσο προσδιορισμό της κατάστασης μιας δομής.



Software and On-Line Monitoring PCMS™



Trending Over Time



Waveform Analysis

3. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΥΠΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

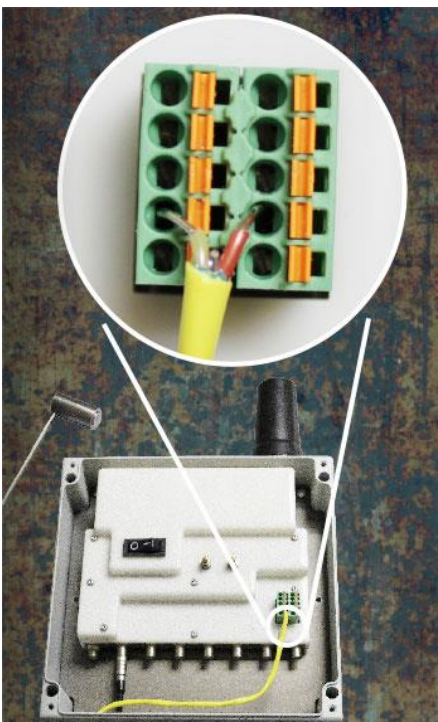
Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζεται η διαδικασία εγκατάστασης ενός συστήματος συνεχούς παρακολούθησης. Να σημειωθεί η δυνατότητα ταυτόχρονης μέτρησης θερμοκρασίας για τις απαραίτητες διορθώσεις και σωστή σύγκριση των αποτελεσμάτων.



Προετοιμασία Επιφάνειας



Τοποθέτηση Αισθητήρων



Καλωδίωση για μέτρηση θερμοκρασίας



Ολοκλήρωση Εγκατάστασης



4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επιτακτική ανάγκη για αποφυγή επικίνδυνων για την ασφάλεια συμβάντων, αλλά και η απαίτηση για μείωση των δαπανηρών επισκευών, τείνουν να καθιερώσουν την τεχνική μόνιμης παρακολούθησης με υπερήχους για τον έλεγχο της διάβρωσης, ως ιδανική λύση για την παχυμέτρηση κρίσιμων δομών, πολύ περισσότερο όταν αυτές βρίσκονται σε δυσπρόσιτες περιοχές ή σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα σύγχρονα συστήματα παρέχουν τη δυνατότητα συνεχούς, από απόσταση, γρήγορη και με ακρίβεια παρακολούθησης πάχους, προλαμβάνοντας ατυχή περιστατικά.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Non-destructive Testing Handbook, Volume 7, “Ultrasonic Testing”, ASNT 1991.
- [2] ASTM, E214-01, “Standard Practice for Immersed Ultrasonic Examination by the Reflection Method Using Pulsed Longitudinal Waves”, 2001.
- [3] European Standard, EN 14127, “Non-destructive testing – Ultrasonic thickness measurement”, 2004.
- [4] Α. Αναστασόπουλος, Α. Τσιμόγιαννης, R. Kazares, M. Calva , “Χαρτογράφηση Διάβρωσης Με Υπέρηχους”, Πρακτικά 3^{ου} Εθνικού Συνεδρίου της ΕΛΕΜΚΕ, με τίτλο “ΜΚΕ: Εμπειρίες, Εφαρμογές, Καινοτομίες”, Θεσσαλονίκη, ΕΙΜ 9 Ιουνίου 2001, pp. 83-88
- [5] A. Anastasopoulos, S. Kattis, D. Kourousis, “Fusion of NDT Data From Modern Inspection Methods”, CD-Proceedings, 10th European Conference on NDT, Moscow, June 7-11, 2010
- [6] A. Tsimogiannis, A. Anastasopoulos, S. Kattis, “Ultrasonic Processing Methodologies With Alternative Thickness Computation For Massive Corrosion Mapping Tests”, Proceedings of the 9th European Conference on NDT, Berlin 25-29, 2006, DGZfP, Proceedings BB 103-CD, Paper P208, ISBN 3-931381-86-2
- [7] Envirocoustics ABEE, “UTIA 3.0 Users Manual”, 2005.
- [8] NDT Automation, “Ultrawin Manual”, 2005.
- [9] NDT Automation, Large Structure Inspection System Manual.
- [10] NDT Automation, Caliperay Users Manual.