ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ / ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ / ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

[Εφαρμογή της τεχνικής του απομακρυσμένου πεδίου (RFT) για τον έλεγχο σιδηρομαγνητικών σωλήνων εναλλακτών θερμότητας]

2013

[Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η δημιουργία ενός πειράματος που στόχο έχει την επίδειξη και την εκμάθηση της μεθόδου. Για τον σκοπό αυτό κατασκευάστηκε ένας μη λειτουργικός εναλλάκτης θερμότητας και δημιουργήθηκαν σφάλματα σε ορισμένους από τους σωλήνες βάση προτύπων]

Νίκος Μαντέλης

Υπεύθυνος Καθηγητής: Θεόδωρος Θεοδουλίδης
Επιβλέπων: Γιάννης Μαρτίνος

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε η τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου (RFT) για τον έλεγχο ενός εναλλάκτη θερμότητας με σιδηρομαγνητικούς σωλήνες. Για τις ανάγκες του πειράματος κατασκευάστηκε ένας μη λειτουργικός εναλλάκτης με 20 σωλήνες. Σε ορισμένους από αυτούς τους σωλήνες δημιουργήθηκαν σφάλματα βάσει προτύπων για τη βαθμονόμηση του συστήματος ελέγχου, ενώ σε κάποιους άλλους δημιουργήθηκαν τυχαία σφάλματα. Για τη διεξαγωγή του ελέγχου χρησιμοποιήθηκε το βιομηχανικό σύστημα MS5800 της εταιρείας Olympus.

Αποτέλεσμα της μελέτης αυτής ήταν το στήσιμο ενός πειράματος που θα δώσει την δυνατότητα στο εργαστήριο να διεξάγει σεμινάρια επίδειξης και εκμάθησης της τεχνικής του απομακρυσμένου πεδίου για χρήση στη βιομηχανία. Επίσης, δίνονται ορισμένες προτάσεις για μελλοντικές εργασίες που στοχεύουν στην βελτίωση του πειράματος. Ποιο συγκεκριμένα προτείνεται η κατασκευή δύο ακόμα εναλλακτών ώστε με τον ήδη υπάρχον να είναι τρεις στο σύνολο. Έτσι θα μπορούσε να γίνει η απαραίτητη κατηγοριοποίηση των σφαλμάτων σε Long Groove για τον έναν εναλλάκτη, Short Groove για τον δεύτερο και σε Differential για τον τρίτο. Επίσης, συνίσταται η κατασκευή σωλήνων με Holes και Flat Bottom Holes για τη βαθμονόμηση του Differential Channel. Είναι απαραίτητη ακόμη, η κατασκευή ενός Support Plate για τη βαθμονόμηση του Mixing Channel και τέλος, συνίσταται η αγορά ανιχνευτή περιβαλλοντικού θορύβου, ο οποίος είναι απαραίτητος για τη σωστή βαθμονόμηση του συστήματος πριν από κάθε έλεγχο.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή……..…….……5
1.1 Διάρθρωση της εργασίας…….……...……7
Κεφάλαιο 2: Περιγραφή του συστήματος ελέγχου……..……9
2.1 Περιγραφή της κεφαλής……..……..9
2.2 Τα ηλεκτρονικά μέρη του συστήματος ελέγχου…….……11
2.3 Η λειτουργία της κεφαλής στον έλεγχο του απομακρυσμένου πεδίου……12
2.4 Το σήμα του ανιχνευτή……13
2.5 Ευαισθησία……...……15
Κεφάλαιο 3: Περιγραφή της πειραματικής διάταξης…….……...…17
3.1 Περιγραφή του εναλλάκτη……..17
3.2 Το σύστημα ελέγχου……19
3.3 Λογισμικό βάσης δεδομένων CARTO……..……21
3.4 Κεφαλές RFT……...…….…...22
3.5 Χρήση του Matlab για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων…….23
Κεφάλαιο 4: Διεθνές πρότυπο ASTM……26
4.1 Σωλήνες βαθμονόμησης για την τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου…….27
Κεφάλαιο 5: Παρουσίαση και περιγραφή των μετρήσεων…….….36
5.1 Κεφαλή TRS-130-300-N20…….……37
5.2 Κεφαλή TRT-130-300-N20……45
5.3 Κεφαλή TRX-130-300-N20……53
5.4 Προτάσεις για μελλοντικές εργασίες…….……61
Κεφάλαιο 6: Παρουσίαση των παραγόμενων Reports……...……62
6.1 Reports για την κεφαλή TRS-130-300-N20……..……..63
6.1.1 Report: Heat Exchanger Status……....63
6.1.2 Report: Tube Inspection Results……...64
6.1.3 Report: List Of Inspected Tubes……...……66
6.1.4 Report: Distribution Of Tubes By Wall Loss……..……..68
6.1.5 Report: Heat Exchanger Status Report……...69
6.2 Reports για την κεφαλή TRT-130-300-N20……...…..71

6.2.1 Report: Tube Inspection Results……..….71
6.2.2 Report: List Of Inspected Tubes……..…..73
6.2.3 Report: Distribution Of Tubes By Wall Loss…….75
6.2.4 Report: Heat Exchanger Status Report……76
6.2.5 Report: Inspection Summary Report…….78
6.3 Reports για την κεφαλή TRX-130-300-N20…….…..80
6.3.1 Report: Tube Inspection Results……80
6.3.2 Report: List Of Inspected Tubes……....82
6.3.3 Report: Distribution Of Tubes By Wall Loss…….……84
6.3.4 Report: Heat Exchanger Status Report……..…….85
6.3.5 Report: Inspection Summary Report……..……..87

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

Εισαγωγή

Όλες οι μέθοδοι μη καταστροφικών ελέγχων επικεντρώνονται στη φυσική κατάσταση ενός αντικειμένου χωρίς όμως αυτές να επηρεάζουν τις ιδιότητες του και να του προκαλούν φθορά. Η ιδιότητα τους να μη φθείρουν τις καθιστά ως ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τον έλεγχο δομών και κατασκευών με σκοπό την πρόληψη και την αποφυγή αστοχιών. Η λειτουργία των μεθόδων αυτών βασίζεται στην εφαρμογή μιας μορφής ενέργειας στο προς εξέταση αντικείμενο και στην συνέχεια μετράτε η επίδραση μεταξύ της ενέργειας αυτής και του αντικειμένου, χρησιμοποιώντας διαφόρων μορφών ανιχνευτών (αισθητήρων).

Το ενδιαφέρον της παρούσας μελέτης είναι επικεντρωμένο στην τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου (Remote Field Testing / RFT). Η τεχνική αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλους τους συμβατικούς σιδηρομαγνητικούς σωλήνες, για όλες τις διαμέτρους και τα πάχη τοιχώματος. Για το λόγο αυτό η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται σε πολλούς τύπους εναλλακτών θερμότητας, που συναντώνται κυρίως στην χημική βιομηχανία.

Η τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου είναι δημοφιλής διότι έχει την δυνατότητα να ελέγξει όχι μόνο κοντά στην αισθητήρια κεφαλή αλλά και διαμέσου όλου του πάχους του υλικού. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι πολύ χρήσιμο ειδικά για τον έλεγχο λεπτών σιδηρομαγνητικών σωλήνων, όπου η τεχνική αυτή παρουσιάζει μεγάλη

ευαισθησία τόσο στην εσωτερική όσο και στην εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα. Για την τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου συχνά δεν απαιτείται καθαρισμός των σωλήνων και δεν παρουσιάζει ευαισθησία στις εσωτερικές επικαθήσεις. Από το 1970, η τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου έχει εξελιχθεί και πλέον αναγνωρίζεται ως μία από τις τεχνολογίες μη καταστροφικών ελέγχων. Το φαινόμενο του απομακρυσμένου πεδίου πρώτη φορά σημειώθηκε την δεκαετία του 1940 και έγινε πατέντα από τον W.R. MacLean το 1951. Στα τέλη της δεκαετίας του 1950, ο Thomas R.Schmidt ανακάλυψε ξανά την τεχνική αυτή και δημιούργησε ένα εργαλείο για τον έλεγχο σωληνώσεων λαδιού που χρησιμοποιούνται στις γεωτρήσεις κατά την εξόρυξη ορυκτών καυσίμων. Η Shell ανέπτυξε περεταίρω την πατέντα του MacLean και είχε εξαιρετική επιτυχία με αυτό το εργαλείο. Εκείνη την περίοδο δεν ήταν διαθέσιμες άλλες ηλεκτρομαγνητικές τεχνικές στον μη καταστροφικό έλεγχο εναλλακτών. Έτσι ο Schmidt που ήταν και αυτός που ανέπτυξε την τεχνική, της έδωσε το όνομα remote field eddy current testing (τεχνική των δινορρευμάτων απομακρυσμένου πεδίου) για να το διαχωρίσει από τον συμβατικό έλεγχο με δινορρεύματα. Η τεχνική αυτή όπως χρησιμοποιείται τώρα στην βιομηχανία αναφέρεται ως remote field testing (έλεγχος απομακρυσμένου πεδίου). Ο όρος αυτός ελαχιστοποίησε τη σύγχυση με το συμβατικό έλεγχο με δινορρεύματα και έδωσε έμφαση στον όρο του απομακρυσμένου πεδίου. Σύντομα αναγνωρίστηκε η σημασία της τεχνικής αυτής για τον έλεγχο εναλλακτών θερμότητας με σιδηρομαγνητικούς σωλήνες και έτσι ξεκίνησε η κατασκευή εξοπλισμού για τον έλεγχο με τη μέθοδο του απομακρυσμένου πεδίου.

Εδώ και πάνω από 20 χρόνια ο έλεγχος απομακρυσμένου πεδίου έχει τραβήξει το ενδιαφέρον των ερευνητών ανά τον κόσμο. Η αρχή έγινε από τον Schmidt’s με μία δημοσίευση του το 1984 πάνω στην χρήση των ανιχνευτών με συστοιχία πηνίων τοποθετημένα περιφερειακά της κεφαλής με διεύθυνση κάθετη στην αξονική διεύθυνση της κεφαλής. Ο Lord και οι συνεργάτες του, έδωσαν στην τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου την βασική θεωρία με την πρώτη σε βάθος δημοσίευση πάνω στα πεπερασμένα στοιχεία. Αργότερα οι Mackintosh και Atherton ανέπτυξαν πανίσχυρα εργαλεία ανάλυσης δίνοντας χαρακτήρα διάχυσης στην τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου. Καθώς βελτιωνόταν η κατανόηση για τον τρόπο λειτουργίας της τεχνικής του απομακρυσμένου πεδίου, αυξανόταν η αξιοπιστία της αλλά και η αποδοχή της. Μεγάλη ανάπτυξη σημειώθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Αναπτύχθηκαν κεφαλές για τον

εσωτερικό έλεγχο (internal probes) σωληνώσεων μεταφοράς αερίων και εναλλακτών θερμότητας. Η μετέπειτα εξέλιξη από το 1990 περιλαμβάνει τον έλεγχο επίπεδων πλακών, όπως για παράδειγμα το δάπεδο σε δεξαμενές αποθήκευσης και χαλύβδινους σωλήνες, με την χρήση κεφαλών εξωτερικού ελέγχου (external probes) οι οποίες χρησιμοποιούν μία τεχνική παρόμοια με αυτή του απομακρυσμένου πεδίου.

Παλιότερα, τα συστήματα ελέγχου με την τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου έμοιαζαν πολύ με τα συστήματα δινορρευμάτων της δεκαετίας του 1980. Και τα δύο χρησιμοποιούσαν αναλογικά κυκλώματα και αποθήκευαν τα δεδομένα σε χαρτί. Τα σύγχρονα όργανα χρησιμοποιούν υπολογιστές για την απεικόνιση και την αποθήκευση των σημάτων. Ενώ ακόμα πιο προχωρημένα συστήματα κάνουν αυτόματη επεξεργασία των σημάτων με ρουτίνες [1].

1.1 Διάρθρωση της εργασίας

Στο Κεφάλαιο 2, γίνεται μια γενική περιγραφή του συστήματος ελέγχου. Σε πρώτη φάση γίνεται αναφορά στα βασικά μέρη μιας κεφαλής και δίνεται ένα τυπικό σχεδιάγραμμα. Στην συνέχεια γίνεται αναφορά στα ηλεκτρονικά μέρη του συστήματος ελέγχου και δίνεται σχεδιάγραμμα για τον τρόπο με τον οποίο αυτά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Ακολούθως, περιγράφεται η λειτουργία της κεφαλής όπου δίνεται έμφαση στις παραμέτρους που μπορούν να επηρεάσουν τον έλεγχο. Στην συνέχεια γίνεται αναφορά στο σήμα του ανιχνευτή όπου δίνεται έμφαση στην περιγραφή του όρου απομακρυσμένο πεδίο, και τελειώνοντας το κεφάλαιο μιλάει για την ευαισθησία της μέτρησης και πως μπορεί αυτή να επηρεαστεί. Στο Κεφάλαιο 3, γίνεται αναφορά στον εξοπλισμό και περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο στήθηκε το πείραμα. Το Κεφάλαιο 4, κάνει μία αναφορά στα πρότυπα πάνω στα οποία βασιζόμαστε για την σωστή επιτέλεση ενός ελέγχου στην βιομηχανία. Στο Κεφάλαιο 5, παρουσιάζονται και σχολιάζονται οι μετρήσεις που έγιναν στον εναλλάκτη. Τέλος, στο Κεφάλαιο 6, παρουσιάζονται τα Reports (αναφορές) που εξάγαμε κατά την αξιολόγηση του εναλλάκτη και τελειώνοντας, δίνονται κάποιες προτάσεις για μελλοντικές εργασίες που σκοπό έχουν τη βελτίωση του πειράματος.

Αναφορές

1. Patrick O. Moore (ed.), *Nondestructive Testing Handbook, Vol. 5*, (American Society for Nondestructive Testing, Columbus Ohio, 2004).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

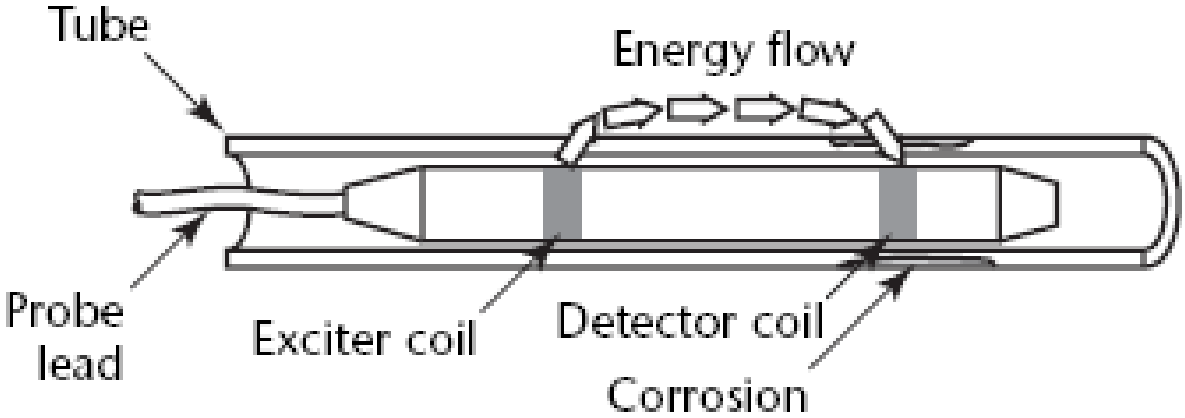
2

Περιγραφή του συστήματος ελέγχου

2.1 Περιγραφή της κεφαλής

Στην Εικόνα 1, παρουσιάζεται το σχεδιάγραμμα μιας τυπικής κεφαλής με ένα πηνίο διέγερσης και ένα πηνίο ανίχνευσης. Και τα δύο πηνία είναι τοποθετημένα κάθετα στην διεύθυνση της αξονικής συμμετρίας του σωλήνα και βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ τους μεγαλύτερη από δύο φορές την εξωτερική διάμετρο του σωλήνα. Αυτή η αξονική απόσταση δίνει και το ξεχωριστό χαρακτηριστικό στον έλεγχο του απομακρυσμένου πεδίου. Εάν το πηνίο ανίχνευσης βρισκόταν πολύ κοντά στο πηνίο διέγερσης, τότε θα μετρούσε αποκλείστηκα και μόνο το πεδίο που παράγεται από αυτό. Σε αυτή την περίπτωση θα ισοδυναμούσε με ένα τυπικό σύστημα δινορρευμάτων με δύο πηνία, όπου το ένα διεγείρει και το άλλο λαμβάνει.

Στην τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου μας ενδιαφέρει να παρατηρήσουμε αποκλειστικά το φαινόμενο της διάχυσης του πεδίου διαμέσου του τοιχώματος του σωλήνα. Για να το πετύχουμε αυτό πρέπει να τοποθετήσουμε το πηνίο ανίχνευσης σε μεγάλη απόσταση το πηνίο διέγερσης. Η απόσταση μεταξύ αυτών των δύο πηνίων εξαρτάται από την εφαρμογή και την κατασκευή της κεφαλής, όμως σε κάθε περίπτωση δεν πρέπει να είναι λιγότερο από δύο φορές την εξωτερική διάμετρο του σωλήνα. Το πεδίο σε αυτή την απόσταση από την διέγερση παρόλο που είναι αρκετά εξασθενημένο εμπεριέχει πληροφορίες για όλο το πάχος του τοιχώματος του σωλήνα [1].



Εικόνα 1. Τυπική κεφαλή για έλεγχο απομακρυσμένου πεδίου.

- Probe lead: Καλώδιο κεφαλής
- Exciter coil: Πηνίο διέγερσης
- Tube: Σωλήνας
- Detector coil: Πηνίο ανίχνευσης
- Energy flow: Ροή ενέργειας
- Corrosion: Σφάλμα

Οι διαστάσεις των πηνίων διαφέρουν από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Ο βαθμός πλήρωσης είναι ένας συντελεστής που υπολογίζεται διαιρώντας την επιφάνεια της διατομής ενός πηνίου της κεφαλής με την επιφάνεια της διατομής για την εσωτερική διάμετρο του σωλήνα. Ο βαθμός πλήρωσης μπορεί να είναι αρκετά μικρός, της τάξεως του 70%. Ωστόσο, συνήθως είναι παρόμοιος με τον βαθμό πλήρωσης των κεφαλών στον έλεγχο με δινορρεύματα, που είναι της τάξεως του 85% και πάνω. Ένας μικρότερος βαθμός πλήρωσης επηρεάζει λίγο την ευαισθησία για τις μικρότερες ασυνέχειες όπως θα δούμε παρακάτω, αλλά δεν επηρεάζει γενικότερα την ακρίβεια του ελέγχου. Η δυνατότητα να λειτουργεί η τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου με μικρό βαθμό πλήρωσης την καθιστά ιδιαίτερα ελκυστική για έλεγχο σωληνώσεων με εσωτερικές επικαθήσεις.

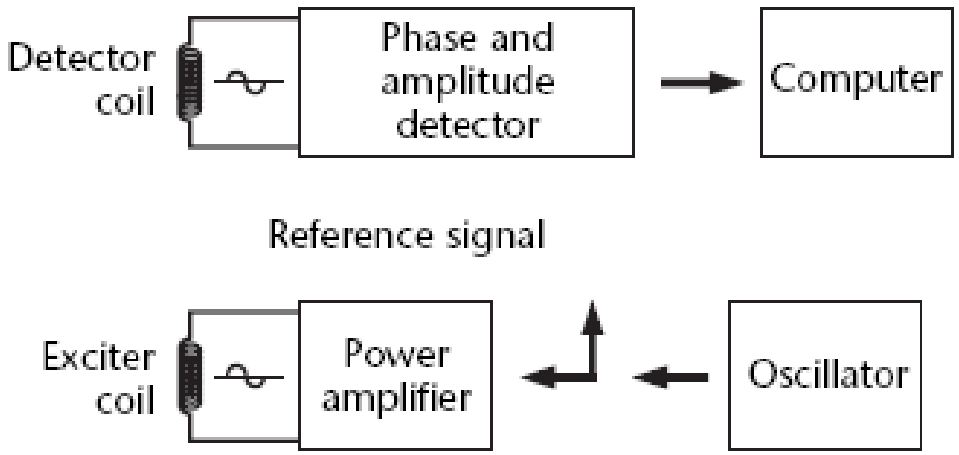
Οι RFT κεφαλές συχνά διαθέτουν μια συστοιχία πηνίων ανίχνευσης. Όλα τα πηνία της κεφαλής συνδέονται με το όργανο ελέγχου μέσο ομοαξονικών καλωδίων (coaxial cables). Τα καλώδια αυτά συνήθως βρίσκονται μέσα σε ένα σκληρό πλαστικό σωλήνα, του οποίου το μήκος μπορεί να ξεπερνά και τα 30 m. Ο πλαστικός σωλήνας μας βοηθά επίσης να σπρώχνουμε την κεφαλή μέσα στο σωλήνα.

2.2 Τα ηλεκτρονικά μέρη του συστήματος ελέγχου

Εκτός από την κεφαλή και το καλώδιο που την συνοδεύει, απαιτούνται 4 ακόμα στοιχεία για ένα σύστημα ελέγχου με την τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου [1].

1. Απαιτείται μια γεννήτρια σήματος (oscillator) για την τροφοδοσία του πηνίου διέγερσης που με τη σειρά του θα παράξει το σήμα διέγερσης (signal source), το οποίο λειτουργεί ως αναφορά για το σήμα ανίχνευσης (detector signal).
2. Ένας ενισχυτής ισχύος (power amplifier) ο οποίος ενισχύει το σήμα από την γεννήτρια σήματος, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην διέγερση.
3. Ένας ανιχνευτής φάσης και πλάτους (phase and amplitude detector) για την μέτρηση του σήματος από το πηνίο ανίχνευσης.
4. Ένας υπολογιστής για την επεξεργασία και την αποθήκευση των σημάτων.

Στην Εικόνα 2, φαίνεται πως τα ηλεκτρονικά μέρη του συστήματος αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.



Εικόνα 2. Τα ηλεκτρονικά μέρη ενός συστήματος ελέγχου με την τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου.

2.3 Η λειτουργία της κεφαλής στον έλεγχο του απομακρυσμένου πεδίου

Το πηνίο διέγερσης τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα σε συχνότητες που κυμαίνονται από τα 50 Hz μέχρι το 1 kHz για σιδηρομαγνητικά υλικά. Υψηλότερες συχνότητες χρησιμοποιούνται για μη σιδηρομαγνητικούς σωλήνες. Το πηνίο διέγερσης φέρει ρεύμα της τάξεως του 0.1 με 1.0 A. Το πόσο ισχυρό θα είναι το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο διέγερσης έχει να κάνει, με τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε αυτό και σε ορισμένες κεφαλές, με τον μαγνητικό κορεσμό του πυρήνα της κεφαλής. Το σήμα του πηνίου ανίχνευσης επηρεάζεται άμεσα από το ρεύμα και την συχνότητα του πηνίου διέγερσης. Ακολούθως, το βάθος διείσδυσης μπορεί να επηρεαστεί και αυτό από το ρεύμα και την συχνότητα στην διέγερση. Έτσι λοιπόν, μικρότερο βάθος διείσδυσης μπορεί να επιτευχθεί με την μείωση της συχνότητας ή του ρεύματος στην διέγερση. Οι παράμετροι σε μία δοκιμή ελέγχου, όπως είναι η συχνότητα και η τάση στην διέγερση, καθορίζονται λαμβάνοντας υπόψη ορισμένα στοιχεία όπως είναι, η ταχύτητα με την οποία θα κινείται η κεφαλή, η απαιτούμενη ευαισθησία στην ανίχνευση των ασυνεχειών, η μαγνητική διαπερατότητα του υλικού μ, η ηλεκτρική αγωγιμότητα του σωλήνα σ και το πάχος του τοιχώματος του σωλήνα t.

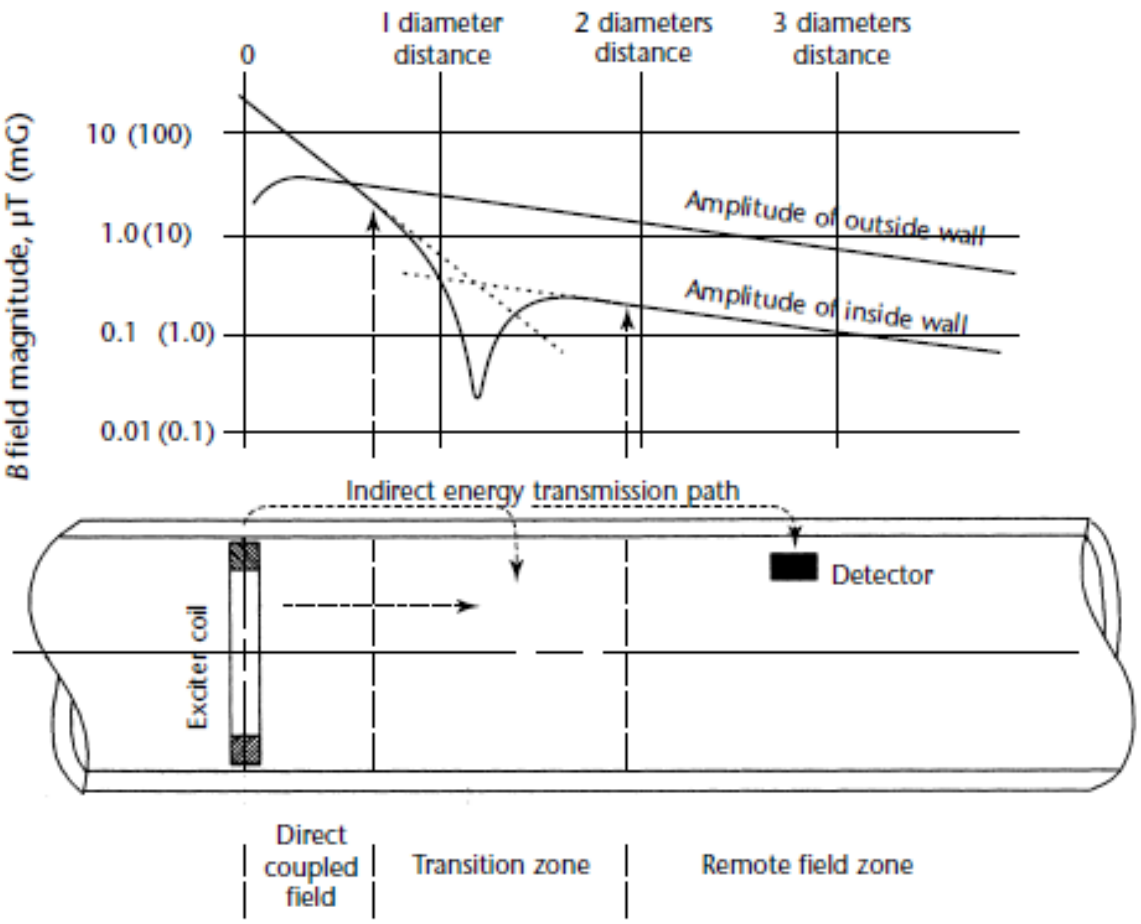
Σε γενικές γραμμές, σε σωλήνες με μεγάλο πάχος τοιχώματος και υψηλή μαγνητική διαπερατότητα χρησιμοποιούνται μικρές συχνότητες (μέχρι 250 Hz). Για μεγαλύτερη ευαισθησία είτε μεγαλύτερη ταχύτητα δοκιμής συνιστάται η χρήση υψηλότερης συχνότητας. Η συχνότητα που θα επιλεγεί θα είναι αρκετά υψηλή, λαμβάνοντας πάντα υπόψη την ταυτόχρονη μείωση του θορύβου και την παραμονή στην ζώνη του απομακρυσμένου πεδίου. Επειδή η τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου εμπεριέχει μια δυσκολία από την άποψη του ότι το πεδίο που ελέγχουμε είναι εξασθενημένο, είναι σημαντικό να γίνεται έλεγχος για την ύπαρξη οποιασδήποτε ηλεκτρομαγνητικής πηγής που θα μπορούσε να προκαλέσει παρεμβολές και θόρυβο, όπως είναι οι μηχανές συγκόλλησης, ηλεκτρικοί κινητήρες και οι αντλίες. Τέτοιες συσκευές τείνουν να δημιουργούν θόρυβο σε ένα εύρος συχνοτήτων. Στην σύγχρονη εποχή οι κατασκευαστές των συστημάτων ελέγχου του απομακρυσμένου πεδίου παρέχουν στον χρήστη έναν ανιχνευτή θορύβου, ο οποίος ανιχνεύει τον περιβαλλοντικό θόρυβο σε ένα εύρος συχνοτήτων. Ορισμένοι τεχνικοί προτιμούν να τοποθετούν την κεφαλή σε ένα μπλόκ με παχύ τοίχωμα για να προσδιορίσουν τον θόρυβο γραμμής βάσης (baseline noise) για μία δεδομένη συχνότητα.

Επειδή τα σήματα που λαμβάνουμε κατά τον έλεγχο απομακρυσμένου πεδίου είναι συχνά αρκετά μικρά (1 έως 10 μV) συνιστάται να αποφεύγεται η χρήση γραμμικών τάσεων και οι αρμονικές τους (60 Hz ή, 50 Hz για την Ευρώπη), που μπορεί να προκαλέσουν παρεμβολές. Ο επιθεωρητής θα πρέπει να ελαχιστοποιήσει τον περιβαλλοντικό θόρυβο έχοντας πάντα υπόψη να διατηρεί τους παράγοντες που αναφέραμε παραπάνω [1].

2.4 Το σήμα του ανιχνευτή

Σε μία κεφαλή απομακρυσμένου πεδίου, το σήμα που λαμβάνουμε από το πηνίο ανίχνευσης χωρίζεται σε ζώνες. Υπάρχουν δύο διακριτές ζώνες ανιχνεύσεως με μία ζώνη μετάβασης μεταξύ τους, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3. Οι τρείς αυτές ζώνες κατηγοριοποιούνται, στην ζώνη του άμεσου πεδίου (direct field zone), στην ζώνη μετάβασης (transition zone) και στην ζώνη του απομακρυσμένου πεδίου (remote field zone).

Καθώς η απόσταση μεταξύ του πηνίου διέγερσης και του πηνίου ανίχνευσης αυξάνεται, το κυρίαρχο ενεργειακό πεδίο αλλάζει από την ενεργειακή ζώνη της άμεσης σύζευξης (μεταξύ των πηνίων διέγερσης και ανίχνευσης, στο εσωτερικό του σωλήνα) στην ζώνη όπου η ενέργεια μεταδίδεται στον ανιχνευτή διαμέσου του τοιχώματος του σωλήνα, την οποία και χαρακτηρίζουμε ως έμμεση σύζευξη. Μεταξύ αυτών των δύο διακριτών ζωνών, υπάρχει μια μεταβατική ζώνη, όπου η άμεση και η έμμεση σύζευξη, είναι συγκρίσιμες σε μέγεθος. Η θέση της μεταβατικής ζώνης επηρεάζεται από την συχνότητα, το πάχος του τοιχώματος του σωλήνα, την διαπερατότητα και την αγωγιμότητα [1].



Εικόνα 3. Οι ζώνες στην τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου. Απεικονίζεται το πεδίο *B* μέσα και έξω από το τοίχωμα του σωλήνα ώστε να γίνει προσδιορισμός της ζώνης του άμεσου πεδίου, της μεταβατικής ζώνης και της ζώνης του απομακρυσμένου πεδίου.

2.5 Ευαισθησία

Η ακρίβεια της μέτρησης στην τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου στο ευθύγραμμο τμήμα ενός σωλήνα, τυπικά κυμαίνεται στο 10% του πάχους του τοιχώματος, στην περίπτωση σφάλματος όπου έχουμε μείωση πάχους. Η ακρίβεια στην περίπτωση όπου στον σωλήνα έχουμε καμπές, είτε βρίσκονται κοντά αγώγιμα αντικείμενα στο εξωτερικό του, είναι γενικά μικρότερη (20% του πάχους τοιχώματος). Αυτό συμβαίνει διότι αλλάζουν οι μαγνητικές ιδιότητες του σωλήνα κοντά σε μία καμπή, αλλά και των φαινομένων θωράκισης (shielding effect) λόγω της παρουσίας εξωτερικών αντικειμένων. Η ευαισθησία είναι ίδια στην περίπτωση που μετράμε δύο πανομοιότυπα σφάλματα, όπου το ένα βρίσκεται στην εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα και το άλλο στην εξωτερική. Αυτό κάνει αδύνατη τη διάκριση τους σε εσωτερικό και εξωτερικό σφάλμα. Ο μόνος τρόπος για να γίνει αυτή η διάκριση είναι με την υποβοήθηση επιπλέων πηνίων, τα οποία δεν υπάρχουν στο σχεδιάγραμμα της Εικόνας 1. Γενικά η τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου δεν επηρεάζεται από την παρουσία βρομιάς στο εσωτερικό του σωλήνα. Δεν απαιτείται μεγάλος βαθμός πλήρωσης, ούτε το κεντράρισμα της κεφαλής (όπως πρέπει να γίνεται για τον υπέρηχο, τα δινορρεύματα και την τεχνική διαρροής του μαγνητικού πεδίου). Ωστόσο, ένας μικρός βαθμός πλήρωσης θα οδηγούσε σε μικρή ευαισθησία για μικρές ασυνέχειες [1].

Αναφορές

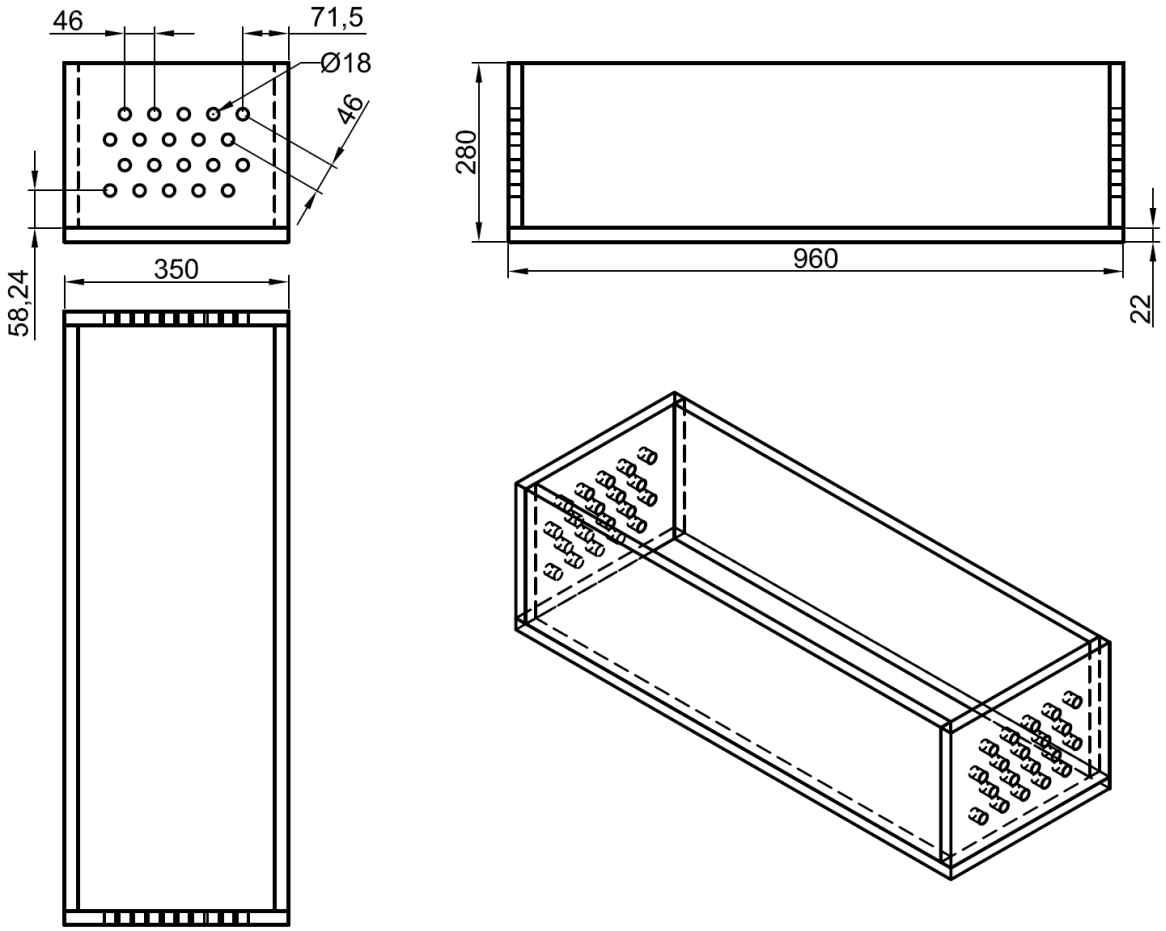
2. Patrick O. Moore (ed.), *Nondestructive Testing Handbook, Vol. 5*, (American Society for Nondestructive Testing, Columbus Ohio, 2004).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

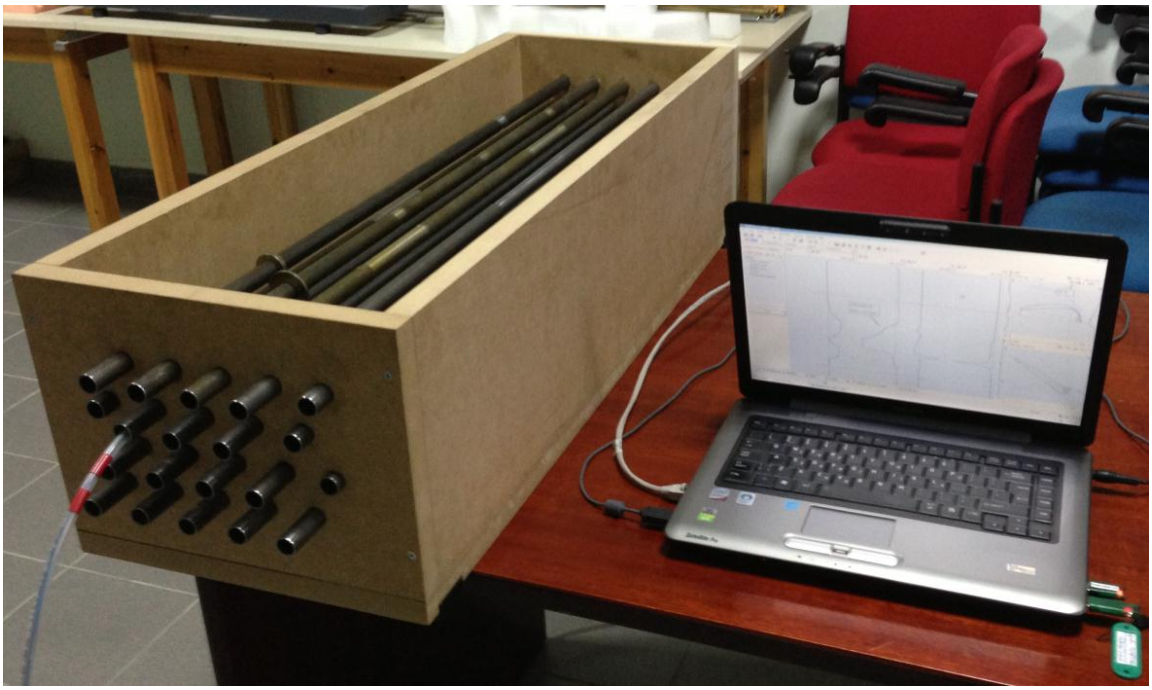
Περιγραφή της πειραματικής διάταξης

3.1 Περιγραφή του εναλλάκτη

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης προχωρήσαμε στην κατασκευή ενός μη λειτουργικού εναλλάκτη. Να σημειώσουμε πως με τον όρο -μη λειτουργικός- εννοούμε πως είναι σχεδιασμένος μόνο για επίδειξη και δεν μπορούν να ρέουν μέσα του ρευστά. Περιέχει 20 σιδηρομαγνητικούς σωλήνες σε διάταξη ODD (Εικόνα 4), με εξωτερική διάμετρο 18 mm και πάχος τοιχώματος 1.6 mm. Στην Εικόνα 4, δίνεται ένα λεπτομερές σχεδιάγραμμα του εναλλάκτη ενώ στην Εικόνα 5, δίνεται μία πραγματική του εικόνα. Το υλικό από το οποίο κατασκευάστηκε είναι συνθετικό ξύλο ΜΤΦ.



Εικόνα 4. Το σχεδιάγραμμα του εναλλάκτη θερμότητας.

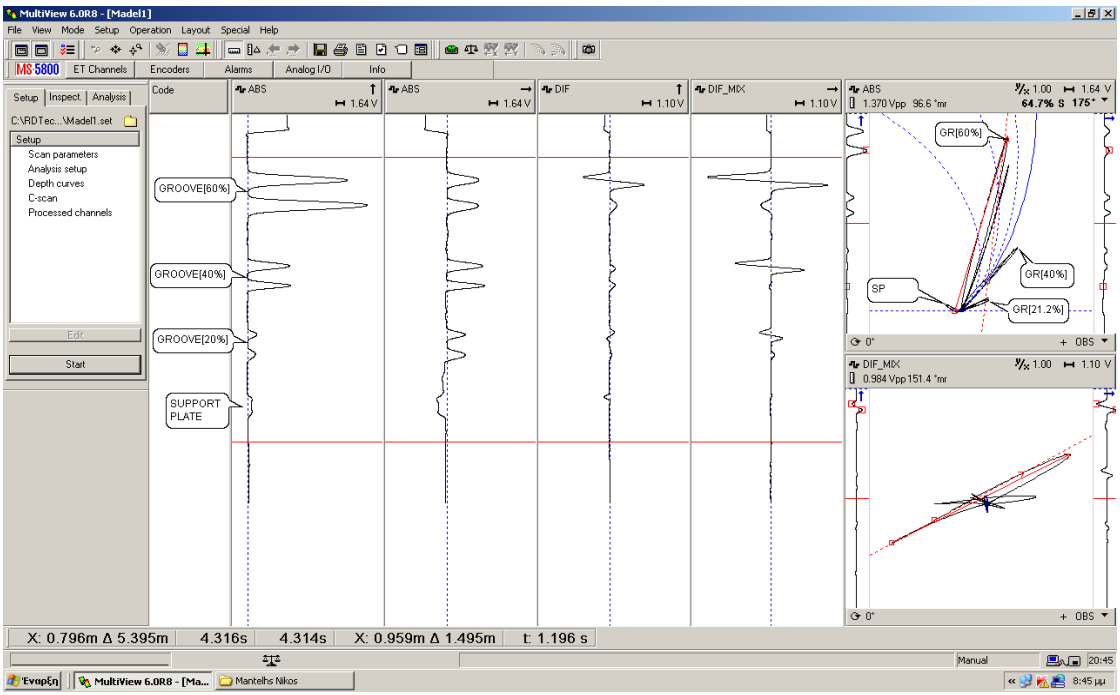


Εικόνα 5. Πραγματική εικόνα του εναλλάκτη θερμότητας.

3.2 Το σύστημα ελέγχου

Το σύστημα ελέγχου το οποίο χρησιμοποιήσαμε για τον έλεγχο με την τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου (RFT), είναι το MS5800 της εταιρείας Olympus, Εικόνα 6 [1].

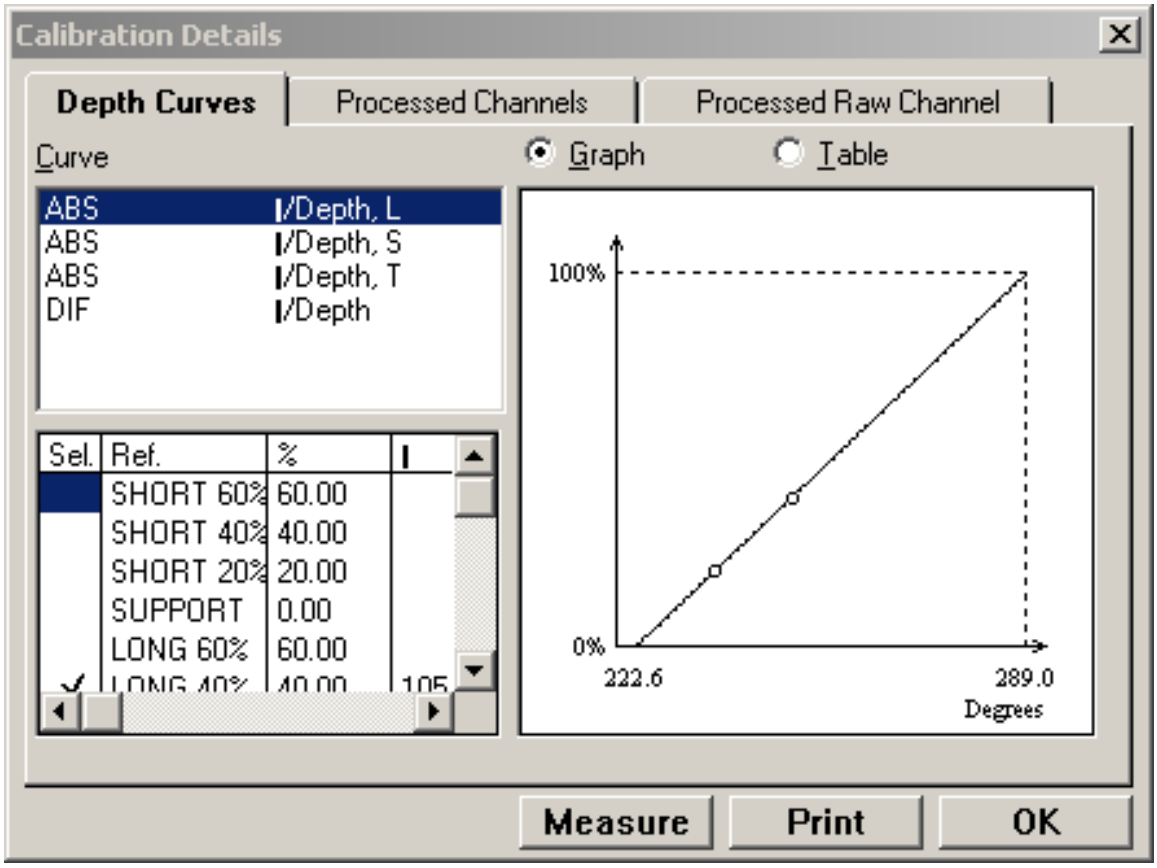
Εικόνα 6. Σύστημα ελέγχου MS5800.



Εικόνα 7. Λογισμικό MultiView.

Το σύστημα αυτό λειτουργεί αποκλειστικά με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή και συνοδεύεται με το λογισμικό MultiView. Το γραφικό περιβάλλον του MultiView φαίνεται στην Εικόνα 7.

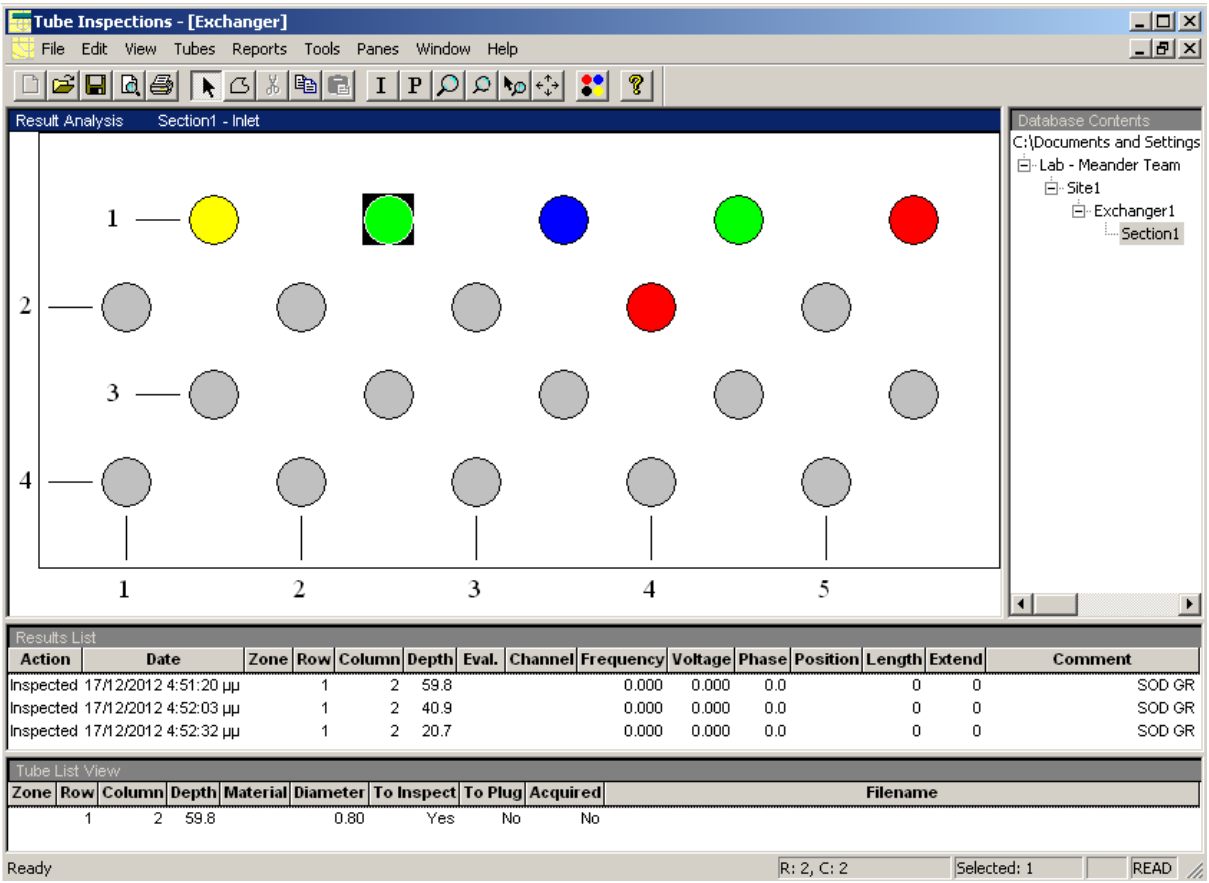
Το σύστημα ελέγχου είναι απαραίτητο να βαθμονομείται πριν από κάθε έλεγχο. Στην Εικόνα 8, φαίνεται πως γίνεται η βαθμονόμηση στο MultiView. Έχουμε τη δυνατότητα να ορίσουμε τέσσερεις καμπύλες βαθμονόμησης οι οποίες χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τα σφάλματα που αναμένεται να ανιχνεύσουμε στον εναλλάκτη. Οι τρείς πρώτες χρησιμοποιούν το απόλυτο κανάλι και αφορούν τα Long Grooves, Short Grooves και Tipp αντίστοιχα. Ενώ η τέταρτη χρησιμοποιεί το διαφορικό κανάλι και αφορά Through Holes, Flat Bottom Holes και Grooves με πολύ μικρό μήκος. Έτσι λοιπόν για κάθε μία από τις τέσσερεις καμπύλες χρησιμοποιούμε τον αντίστοιχο σωλήνα βαθμονόμησης. Μετά από τη μέτρηση του σωλήνα απομονώνουμε το σήμα που αντιστοιχεί σε ένα ορισμένο τύπο σφάλματος και το μετράμε όπως φαίνεται στην εικόνα 8 αφού πρώτα το έχουμε στρέψει στην κατάλληλη γωνία. Αφού τελειώσουμε με τη βαθμονόμηση, πλέον το σύστημα έχει τη δυνατότητα να συγκρίνει τα σήματα που λαμβάνουμε κατά τον έλεγχο του εναλλάκτη με τις καμπύλες βαθμονόμησης και να μας απεικονίζει το ποσοστό μείωσης πάχους τοιχώματος σωλήνα.



Εικόνα 8. Βαθμονόμηση στο MultiView.

3.3 Λογισμικό βάσης δεδομένων CARTO

Το CARTO είναι ένα λογισμικό που έχει σχεδιαστεί για τις απαιτήσεις των ελέγχων στους εναλλάκτες θερμότητας. Διαθέτει εργαλεία σχεδίασης με τα οποία σχεδιάζουμε την τομή του εναλλάκτη και επίσης, έχει την δυνατότητα να οργανώνει τις μετρήσεις και να εξάγει τις απαιτούμενες αναφορές (reports). Το CARTO έχει την δυνατότητα να συνεργαστεί με το MultiView. Σε αυτή την περίπτωση η βάση δεδομένων από το MultiView εισάγεται στο CARTO και κατασκευάζονται αυτόματα τα τελικά reports. Στην Εικόνα 9, φαίνεται το γραφικό περιβάλλον του CARTO. Επίσης, το σχεδιάγραμμα το οποίο απεικονίζεται στην εικόνα 9 αντιστοιχεί στην τομή του εναλλάκτη της παρούσας μελέτης [1].

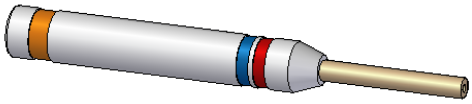


Εικόνα 9. Το γραφικό περιβάλλον του CARTO.

3.4 Κεφαλές RFT

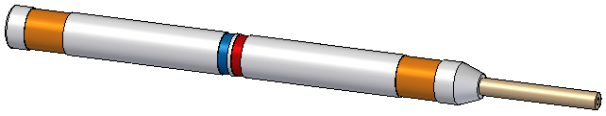
Χρησιμοποιήθηκαν τρείς τύποι κεφαλών για τον έλεγχο του εναλλάκτη [1].

- Κεφαλή μίας διέγερσης και μίας ανίχνευσης



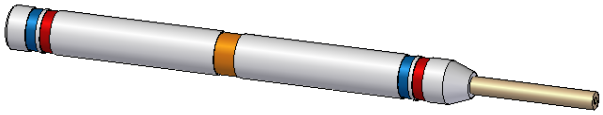
Εικόνα 10. TRS-130-300-N20 [Remote Field Single Probe, 13 mm (0.512 in) DIAM, 300 Hz CENTER FREQUENCY, 20 m (65 ft) NYLON CABLE]

- Κεφαλή διπλής διέγερσης και μίας ανίχνευσης



Εικόνα 11. TRX-130-300-N20 [Remote Field Dual Exciter Probe, 13 mm (0.512 in) DIAM, 300 Hz CENTER FREQUENCY, 20 m (65 ft) NYLON CABLE]

- Κεφαλή διπλής ανίχνευσης και μίας διέγερσης



Εικόνα 12. TRT-130-300-N20 [Remote Field Dual Pickup Probe, 13 mm (0.512 in) DIAM, 300 Hz CENTER FREQUENCY, 20 m (65 ft) NYLON CABLE]

3.5 Χρήση του Matlab για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων

Για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Matlab. Ακολούθως δίνεται ο αντίστοιχος κώδικας και ορισμένες επεξηγήσεις για καθένα από τα 5 τμήματα (Sections). Να σημειώσουμε πως όλες οι σχετικές πληροφορίες για τη λειτουργία των εντολών που χρησιμοποιήθηκαν είναι πολύ εύκολο να βρεθούν στη βοήθεια του Matlab.

```
%Plot Measurements
% Section 1
data = load ('001001.dtx');

% Section 2
R_abs_x = data(:,1);   R_abs_y = data(:,2);
R_abs2_x = data(:,3); R_abs2_y = data(:,4);
R_dif_x = data(:,5);     R_dif_y = data(:,6);
R_dif2_x = data(:,7);   R_dif2_y = data(:,8);

% Section 3
%X = R_abs_x; Y = R_abs_y;
%X = R_abs2_x; Y = R_abs2_y;
X = R_dif_x; Y = R_dif_y;
%X = R_dif2_x; Y = R_dif2_y;

% Section 4
th = 0.05;       %Rotasion
XX = X*cos(th)-Y*sin(th);   YY = X*sin(th)+Y*cos(th);

% Section 5
Pos_x = data(:,11);
figure(1); plot(XX,Pos_x*(-1),'b'); daspect([1 6 1]);
figure(2); plot(YY,Pos_x*(-1),'b'); daspect([1 6 1]);
figure(3); plot(XX,YY,'b'); daspect([1 1 1]);
```

Στο Section 1 εισάγουμε τα δεδομένα από το αντίστοιχο αρχείο με την εντολή ‘load’. Η μεταβλητή ‘data’ είναι ένας πίνακας δύο διαστάσεων στην οποία αποθηκεύονται τα δεδομένα του αρχείου. Στο Section 2 απομονώνουμε τα σήματα. Αρχικά στην οριζόντια συνιστώσα του απόλυτου σήματος (R_abs_x), στην συνέχεια στην κάθετη συνιστώσα του απόλυτου σήματος (R_abs_y), ομοίως για το ‘abs2’ και αντίστοιχα για τα διαφορικά σήματα. Στο Section 3 επιλέγουμε πιο σήμα θα απεικονιστεί. Τα σήματα που αποθηκεύουμε από το όργανο δεν είναι πάντα προσανατολισμένα στην σωστή γωνία (με βάση το ASTM Standard, κεφάλαιο 4), έτσι λοιπόν στο Section 4 περιστρέφουμε το αντίστοιχο σήμα όταν είναι απαραίτητο. Τέλος, στο Section 5 απεικονίζουμε το σήμα. Στην εικόνα 1 φαίνεται η οριζόντια συνιστώσα με τη θέση, στην εικόνα 2 η κάθετη συνιστώσα με τη θέση και στην εικόνα 3 η οριζόντια συνιστώσα με την κάθετη συνιστώσα.

Αναφορές

3. Olympus Corporation, *http://www.olympus-ims.com/en/*, 2013.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4

Διεθνές πρότυπο ASTM

Το διεθνές πρότυπο ASTM περιγράφει τις βασικές διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν κατά τον εσωτερικό έλεγχο σιδηρομαγνητικών σωλήνων σε εναλλάκτες θερμότητας, καθώς και τις βασικές αρχές για τη δημιουργία της τελικής έκθεσης. Σκοπός της τεχνικής του απομακρυσμένου πεδίου είναι να αξιολογηθεί η κατάσταση των σωλήνων κατά των έλεγχο. Το πρότυπο αυτό όμως, δεν παρέχει στον χρήστη τα κριτήρια με τα οποία θα γίνει η αποδοχή είτε η απόρριψη ενός σωλήνα με σφάλμα. Ο χρήστης πρέπει να βασιστεί στην χρήση του εξεταζόμενου εναλλάκτη για να ορίσει τα κριτήρια αποδοχής είτε απόρριψης ώστε να παράξει την τελική έκθεση της αναφοράς του.

Για την παρούσα μελέτη βασιστήκαμε στο πρότυπο ASTM για την βαθμονόμηση του συστήματος ελέγχου και την αξιολόγηση των σωλήνων του εναλλάκτη, επειδή όμως ο εναλλάκτης αυτός είναι μη λειτουργικός δεν μπορούμε να ορίσουμε τα κριτήρια αποδοχής είτε απόρριψης για τους σωλήνες με σφάλματα. Έτσι λοιπόν, στο κεφάλαιο 6 παρέχονται μόνο τα reports από την αξιολόγηση του εναλλάκτη. Αντίστοιχα για μία πραγματική εφαρμογή ο χρήστης μπορεί να βασιστεί σε αυτά τα reports για να παράξει την τελική του αναφορά.

4.1 Σωλήνες βαθμονόμησης για την τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου

Η βαθμονόμηση του οργάνου είναι απαραίτητο να γίνεται πριν από κάθε έλεγχο. Για την σωστή βαθμονόμηση απαιτείται να διαθέτουμε τις λεγόμενες καλύμπρες ή αλλιώς σωλήνες βαθμονόμησης. Κατά την κατασκευή των σωλήνων βαθμονόμησης συνιστάτε να χρησιμοποιούμε δείγμα σωλήνα από τον ίδιο τον εναλλάκτη που σκοπεύουμε να ελένξουμε. Αυτό γίνεται γιατί είναι απαραίτητο οι σωλήνες βαθμονόμησης να έχουν τις ίδιες διαστάσεις αλλά και τις ίδιες ιδιότητες με τους σωλήνες του εναλλάκτη. Τα σήματα από τους σωλήνες βαθμονόμησης δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για τον χαρακτηρισμό των σφαλμάτων, παρά μόνο στην περίπτωση που τα σφάλματα στον εξεταζόμενο εναλλάκτη αναμένεται να είναι συγκρίσιμα σε μέγεθος με αυτά των σωλήνων βαθμονόμησης. Τα τυπικά σφάλματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των σωλήνων βαθμονόμησης απεικονίζονται στις Εικόνες 13 και 14 [1].

Με την αγορά των κεφαλών ελέγχου συνήθως η εταιρεία παρέχει σχεδιαγράμματα για την κατασκευή των σωλήνων βαθμονόμησης. Τα σχεδιαγράμματα αυτά είναι βασισμένα στο πρότυπο ASTM και περιέχουν σφάλματα αντίστοιχα με αυτά των εικόνων 13 και 14. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήσαμε τα σχεδιαγράμματα που παρέχει η εταιρεία Olympus με την αγορά των κεφαλών, τα οποία φαίνονται στις Εικόνες 15 και 16 [2]. Στις Εικόνες 17 και 18 φαίνονται οι σωλήνες που κατασκευάστηκαν στο εργαστήριο. Από αυτούς οι σωλήνες με συντεταγμένες 01-01, 01-02 και 01-03 αποτελούν καλύμπρες ενώ οι υπόλοιποι περιέχουν τυχαία σφάλματα (Πίνακας 1).

Τα σήματα που λαμβάνουμε από τους σωλήνες βαθμονόμησης εμφανίζονται σε διαφορετική φάση και πλάτος πάνω στο επίπεδο σύνθετης αντίστασης. Έτσι λοιπόν, το σήμα από το διαφορικό κανάλι (Differential Chanel) για το Support Plate πρέπει να τοποθετηθεί στις 220^0. Το σήμα από το απόλυτο κανάλι (Absolute Chanel) για Long Groove, ομοίως και για Short Groove, πρέπει να τοποθετηθεί σε γωνία 105^0. Και τα σήματα από το διαφορικό κανάλι για Flat Bottom Holes και Through Holes πρέπει να τοποθετηθούν στις 90^0. Το επίπεδο σύνθετης αντίστασης χρησιμοποιείτε σαν χάρτης και μας βοηθά να καταλάβουμε σε ποια κατηγορία ανήκει το κάθε σφάλμα που ανιχνεύουμε στον εναλλάκτη [1].

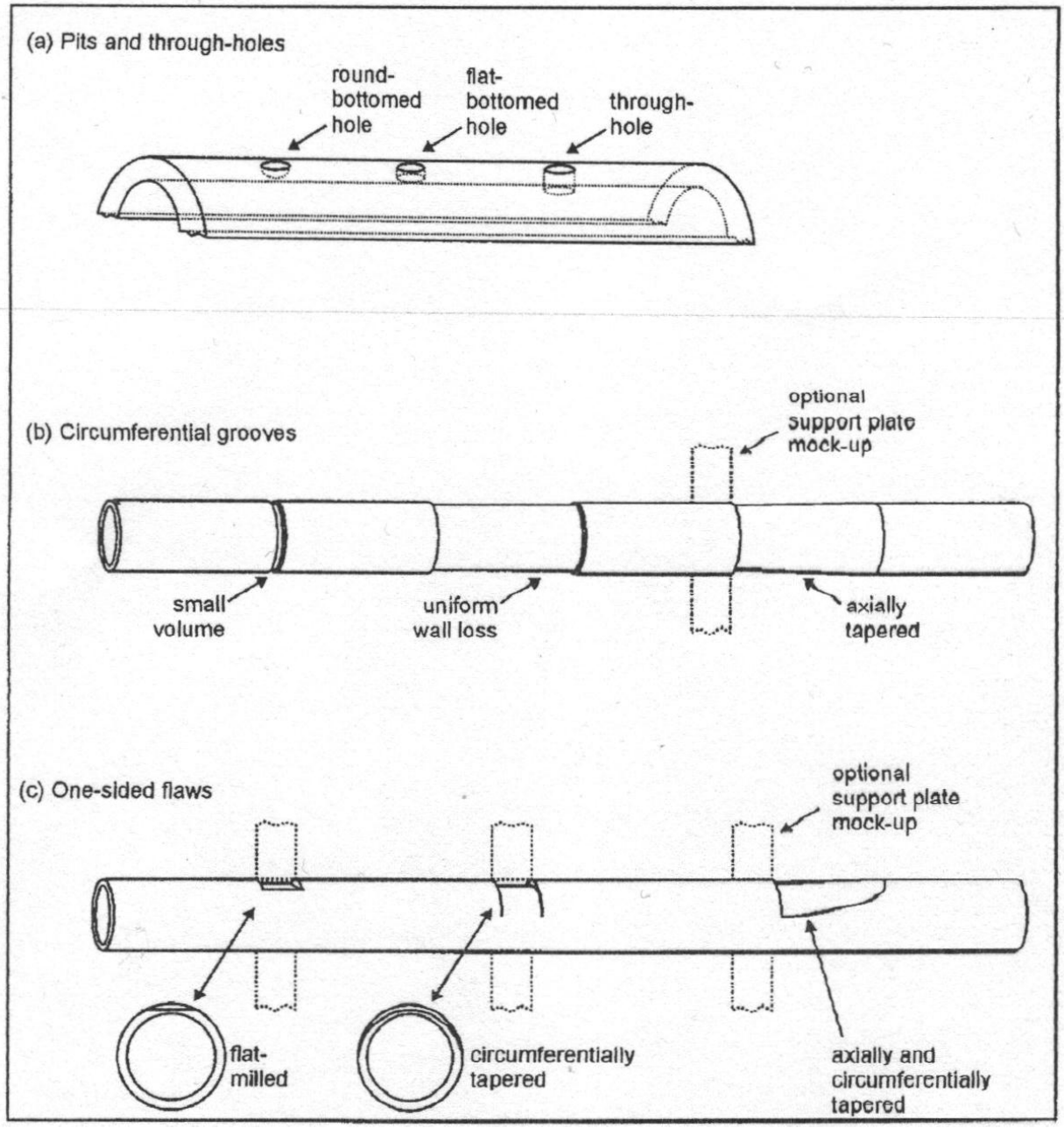
Ένας εναλλάκτης θερμότητας σε μία πραγματική εφαρμογή αναμένεται να εμφανίσει σφάλματα τα οποία ανήκουν σε μία ορισμένη κατηγορία, για παράδειγμα Short Groove. Ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει πριν από τον έλεγχο τα σφάλματα που αναμένεται να εμφανιστούν. Αυτό γίνεται με βάση την εμπειρία από παλαιότερους ελέγχους που έχουν πραγματοποιηθεί στον ίδιο τον εναλλάκτη.

Πίνακας 1. Τα σφάλματα που κατασκευάστηκαν στον εναλλάκτη

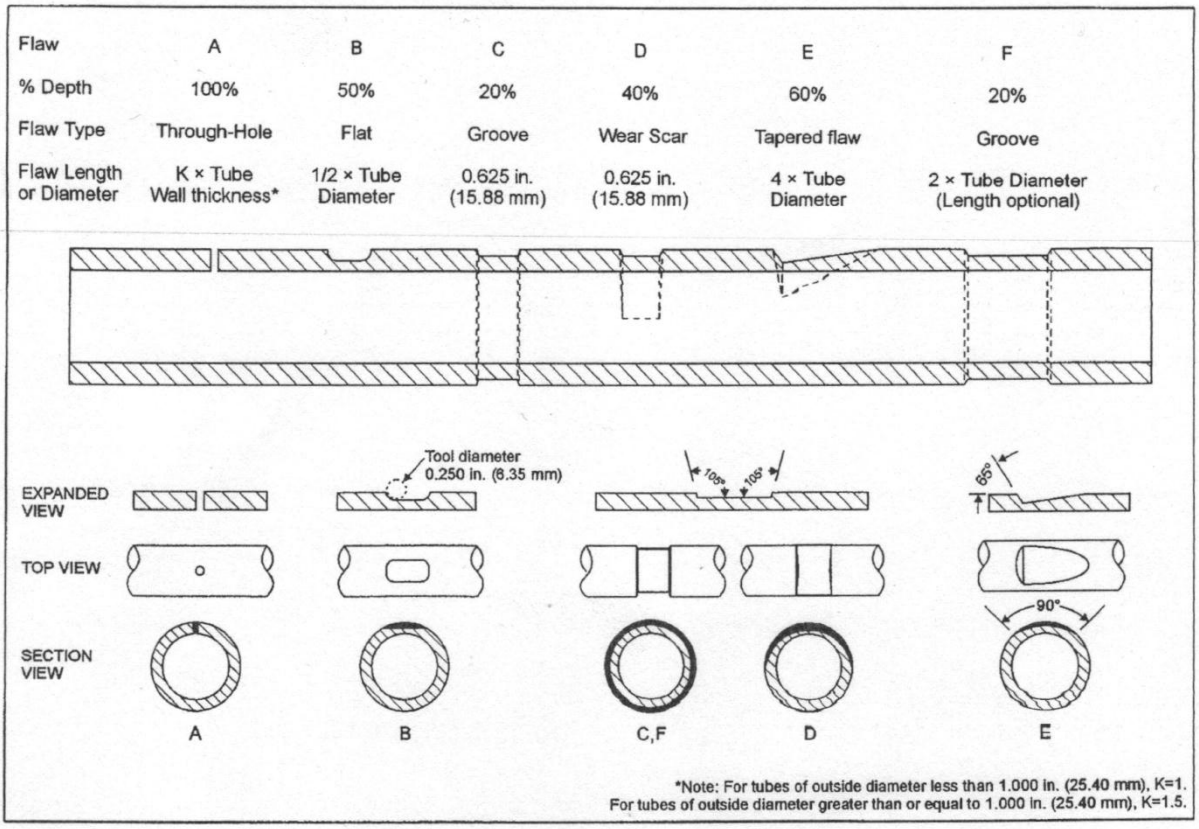
01-01	SG [50%], 4xHole [2mm] και SP
01-02	SG [60%], SG [40%], SG [20%] και SP
01-03	LG [40%] και LG [20%]
01-04	Axially Tapered + LG [50%]
01-05	4xHole [3mm]
02-01	LG [10%]
02-04	Hole [3mm]

- SG : Short Groove : Αυλάκι ή μείωση πάχους με μικρό μήκος
- LG : Long Groove : Αυλάκι ή μείωση πάχους με μεγάλο μήκος
- SP : Support Plate : Πλάκα στήριξης

4xHole [3mm] : 4 τρύπες με διάμετρο 3 mm τοποθετημένες ανά 90^0
Axially Tapered + LG : Σταδιακή μείωση πάχους ή κώνος και αμέσως μετά LG



Εικόνα 13. Τυπικά σφάλματα για την κατασκευή σωλήνων βαθμονόμησης και τον χαρακτηρισμό σφαλμάτων.



Εικόνα 14. Ομοίως με την εικόνα 13 ορισμένα σφάλματα για την κατασκευή σωλήνων βαθμονόμησης και τον χαρακτηρισμό σφαλμάτων.

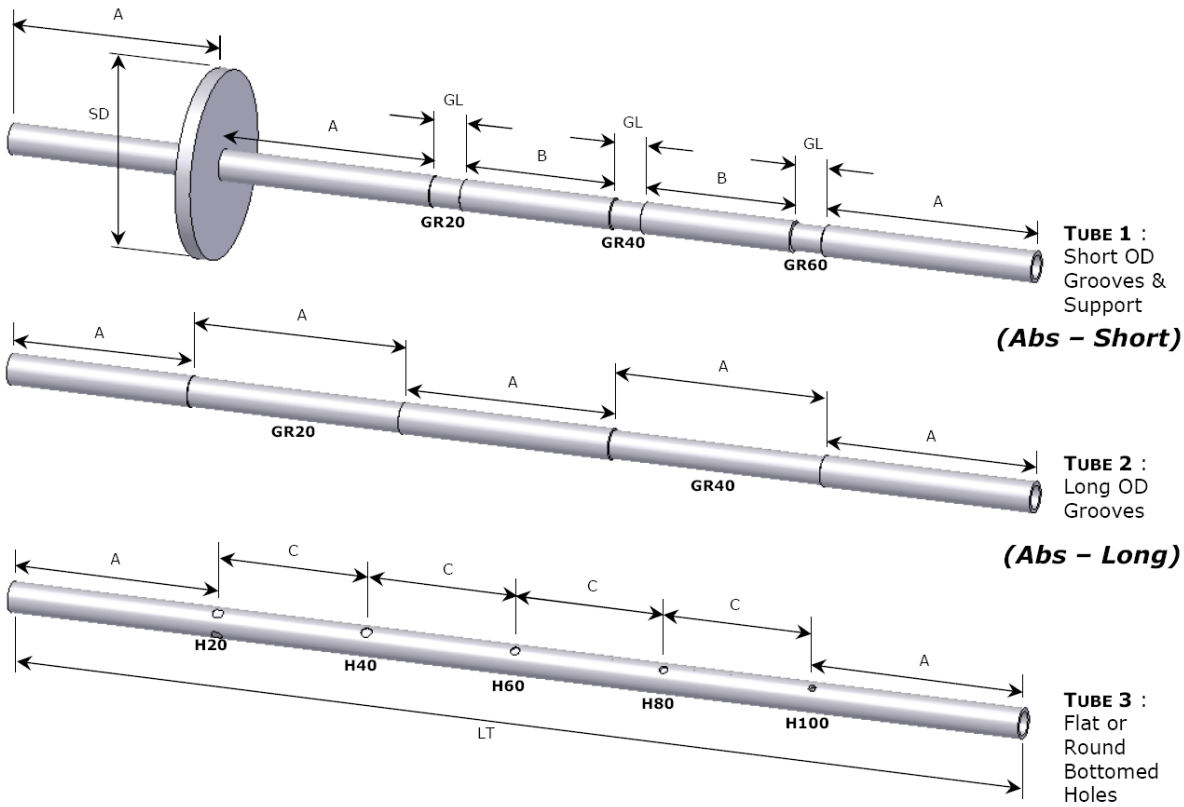
Olympus NDT Canada
505, boul. du Parc-Technologique
Québec (Québec) G1P 4S9
Canada

Tel. : (418) 872-1155
Fax. : (418) 872-5431
Web site : www.olympusndt.com

REMOTE FIELD: SINGLE/DUAL DRIVER PROBES

RECOMMENDED CALIBRATION TUBES

The best, complete system calibration is better performed with a set of 3 calibration tubes. Why 3? That is because the distance between defects has to be significantly larger for remote field probe proper calibration – to avoid signals to overlap, which would distort the signal phase used to build the phase-to-depth curves.



ARTIFICIAL DEFECT PARAMETERS IN FUNCTION OF TUBE WT

Defect	Depth (%WT)	Diameter	Defect	Depth (%WT)	Diameter
GR20	20 %	-	**H40**	40 %	OD / 3
GR40	40 %	-	**H60**	60 %	OD / 4
GR60	60 %	-	**H80**	80 %	OD / 5
H20	20 %	4 X OD / 3	**H100**	Thru	OD / 6

VARIABLE CHART IN FUNCTION OF TUBE OD

Variable	Value	Note	Variable	Value	Note
A	OD X 10	Min value of A is 7.5" (191mm). Has to be longer than the probe.	GL	OD	-
B	OD X 9	Min value of A is 6.75" (171mm)	SD	OD X 6	Has to be big enough to shield the magnetic field; useless if too small
C	OD X 7	Min value of A is 5.25" (133mm)	LT	≈OD X 50	Typical –Depend on A, B & C

Εικόνα 15. Single/Dual driver probe recommended calibration tubes.

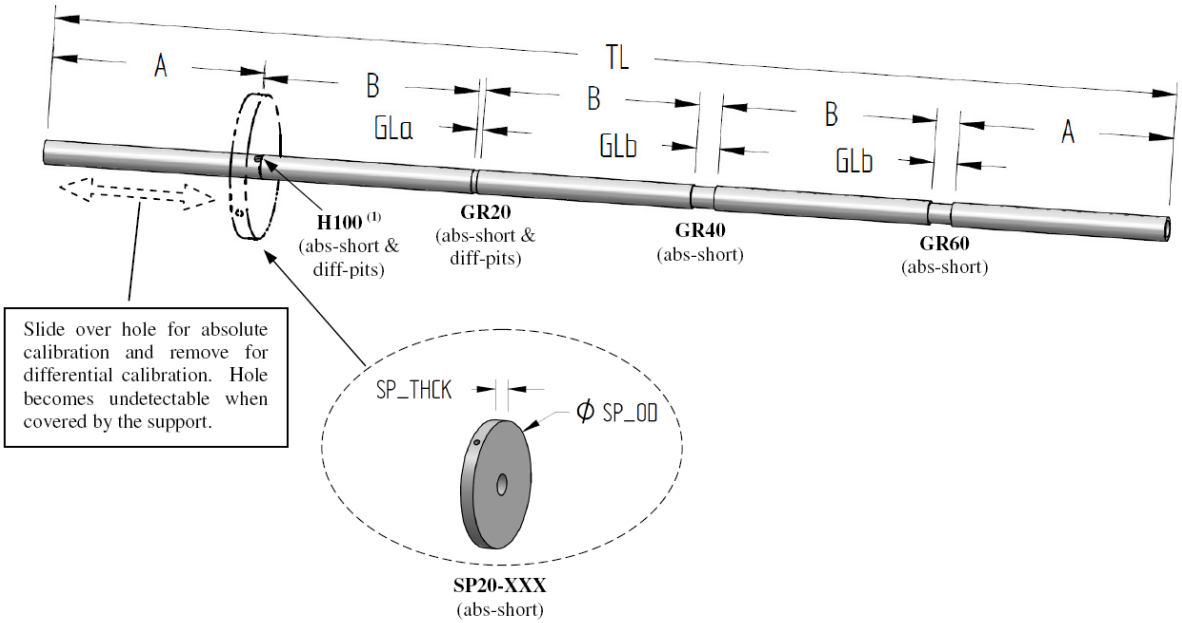
Olympus NDT Canada
505, boul. du Parc-Technologique
Québec (Québec) G1P 4S9
Canada

Tel. : (418) 872-1155
Fax. : (418) 872-5431
Web site : www.olympusndt.com

REMOTE FIELD: MIN. REQUIREMENTS CALIBRATION TUBE

RECOMMENDED CALIBRATION TUBES

It may be difficult sometimes to have access to the required material. The CT26 calibration tube provides the minimal required defects and tube length in order to perform calibration of single exciter, dual exciter and dual pickup RFT probes.



ARTIFICIAL DEFECT PARAMETERS IN FUNCTION OF TUBE WT AND OD

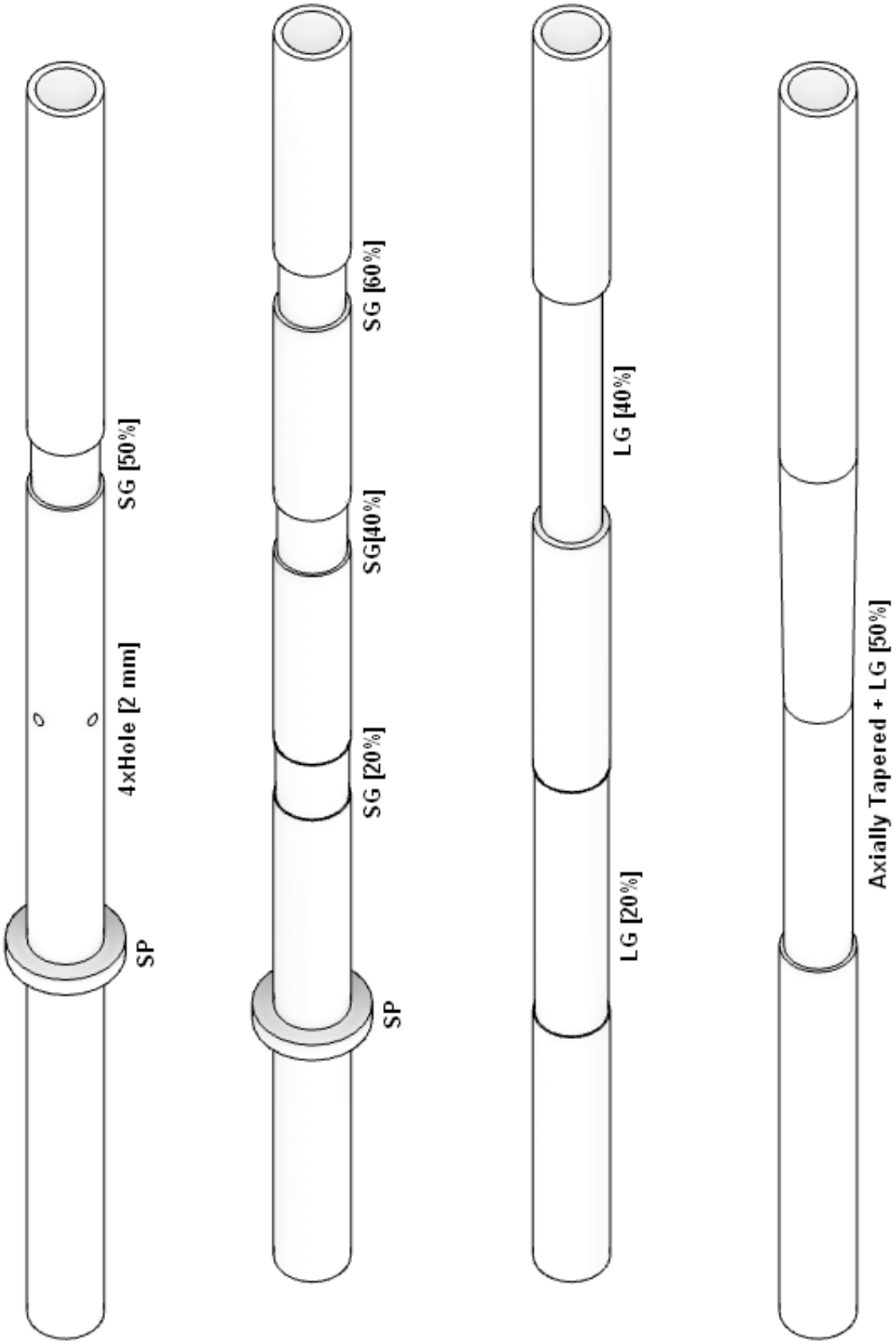
Defect	Depth (%WT)	Diameter
H100 [1]	Thru	OD / 6
GR20	20 %	-
GR40	40 %	-
GR60	60 %	-

[1]: The hole position is the same as the support so 2 calibrations are required. One with the support and the other without.

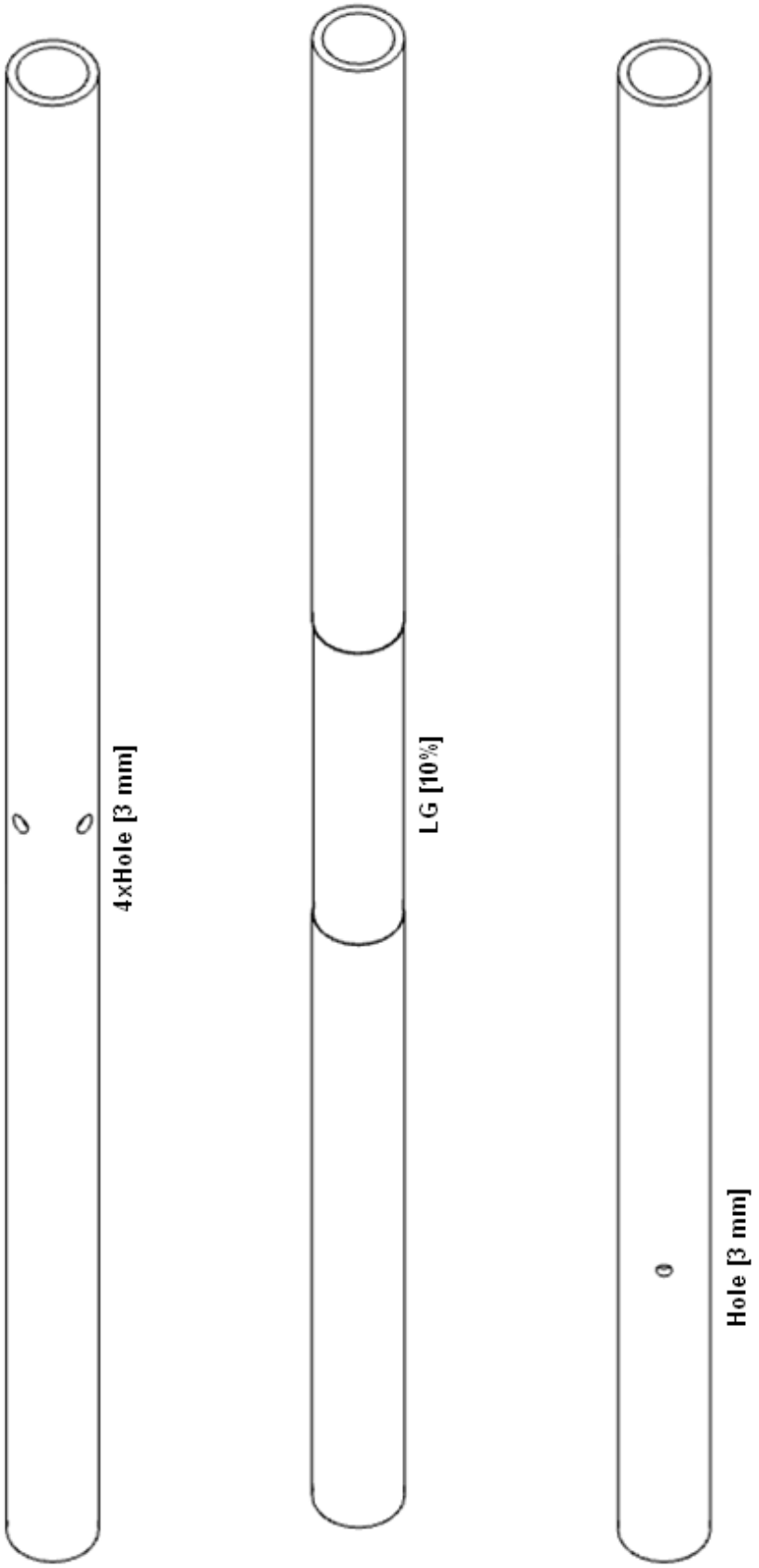
VARIABLE CHART IN FUNCTION OF TUBE OD

Variable	Value	Note	Variable	Value	Note
A	OD x 10	Min value of A is 7.5" (191mm)	GLa	OD / 4	-
B	OD x 9	Min value of A is 6.75" (171mm)	GLb	OD	-
TL	OD x 49.25	Min value of TL is 36.9" (937mm)	SP_OD	6 x OD	-
			SP_THCK	0.500"	(13mm)

Εικόνα 16. Minimum requirements calibration tubes.



Εικόνα 17. Σωλήνες με συντεταγμένες 01-01, 01-02, 01-03, 01-04, με σειρά από αριστερά στα δεξιά.



Εικόνα 18. Σωλήνες με συντεταγμένες 01-05, 02-01, 02-04, με σειρά από αριστερά στα δεξιά.

Αναφορές

4. ASTM International Standard, *Standard Practice for In Situ Examination of Ferromagnetic Heat Exchanger Tubes Using Remote Field Testing*, (100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States).
5. Olympus Corporation, *http://www.olympus-ims.com/en/*, 2013.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

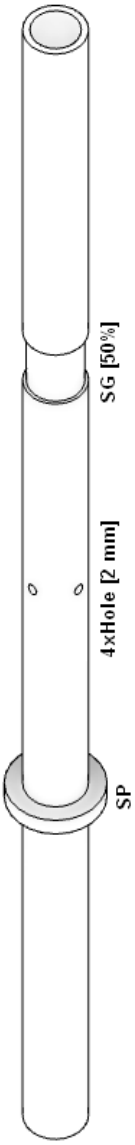
Παρουσίαση και περιγραφή των μετρήσεων

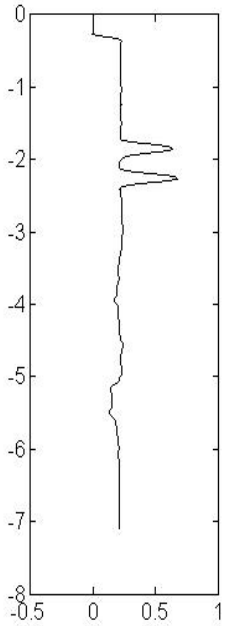
Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η εκμάθηση της τεχνικής του απομακρυσμένου πεδίου και η εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν την ακρίβεια του ελέγχου. Έτσι λοιπόν στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μετρήσεις που διεξάχθηκαν στον εναλλάκτη, για τους τρείς διαφορετικούς τύπους κεφαλών. Η επεξεργασία των σημάτων και η εξαγωγή των γραφημάτων έγινε με την βοήθεια του matlab.

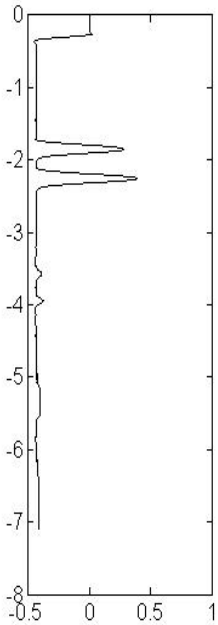
Κατά την διάρκεια του ελέγχου το όργανο λειτουργεί σε δύο συχνότητες τις οποίες και συνδυάζει στο κανάλι της μίξης για να καταστείλει το σήμα από το support plate. Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης όμως δεν είχαμε την δυνατότητα να κατασκευάσουμε support plate σύμφωνα με τις προδιαγραφές για την δημιουργία των σωλήνων βαθμονόμησης. Για δοκιμή κατασκευάστηκαν δύο support plates τα οποία απεικονίζονται στα γραφήματα, όμως δεν χρησιμοποιήθηκαν κατά την βαθμονόμηση του οργάνου, με αποτέλεσμα το κανάλι της μίξης να μην είναι βαθμονομημένο. Για το λόγο αυτό δεν χρησιμοποιήσαμε το κανάλι της μίξης για την αξιολόγηση των σωλήνων, παρά μόνο τα σήματα από το απόλυτο και το διαφορικό κανάλι. Κατά την αξιολόγηση το MultiView συγκρίνει το σήμα με την καμπύλη βαθμονόμησης και απεικονίζει το ποσοστό επί της εκατό μείωσης του πάχους τοιχώματος του σωλήνα. Σκοπός της αξιολόγησης ήταν να δούμε κατά πόσο τα νούμερα τα οποία δίνει το MultiView συμβαδίζουν με τα πραγματικά νούμερα.

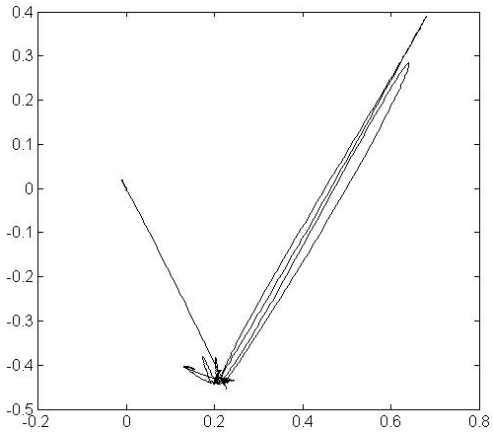
5.1 Κεφαλή TRS-130-300-N20

Θέση	Απόλυτο Κανάλι		
001001	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y

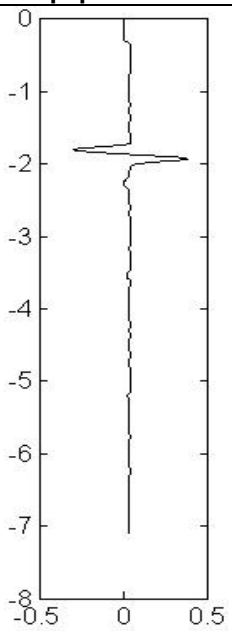


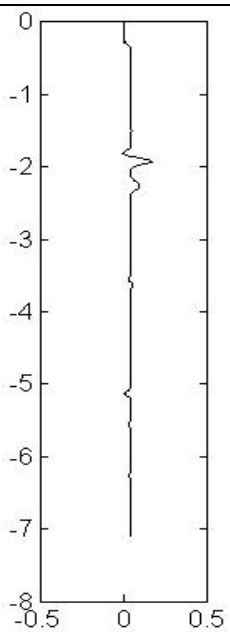


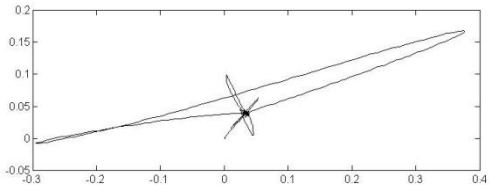




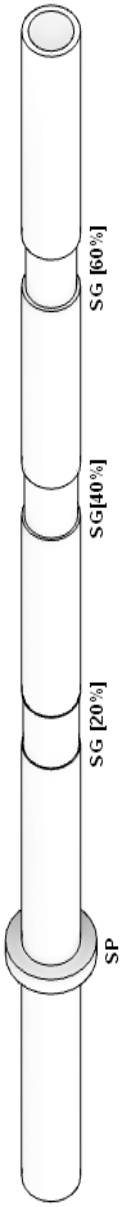
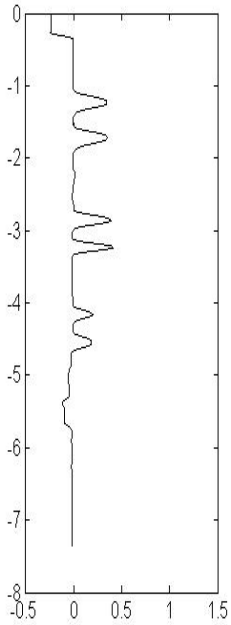
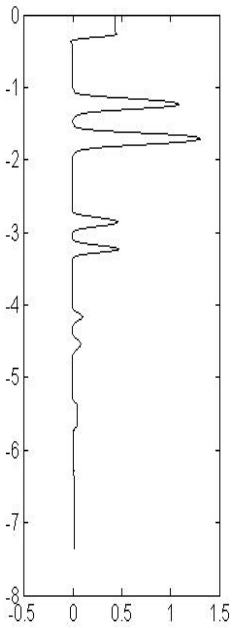
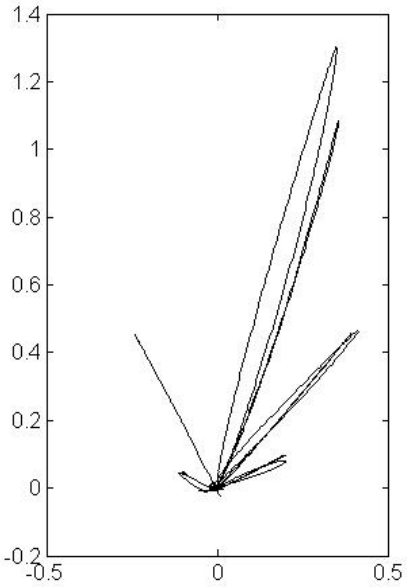
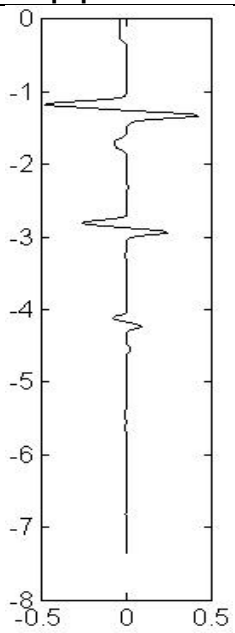
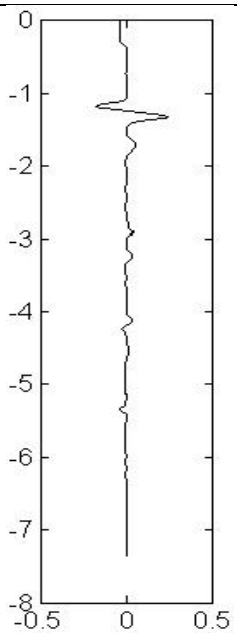
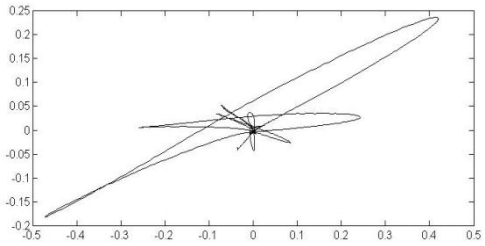
Διαφορικό Κανάλι



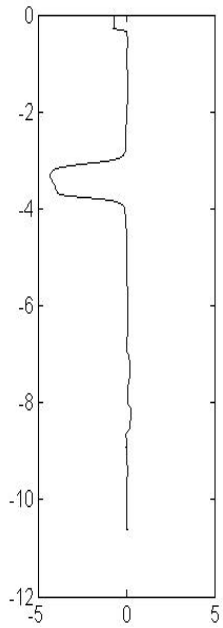
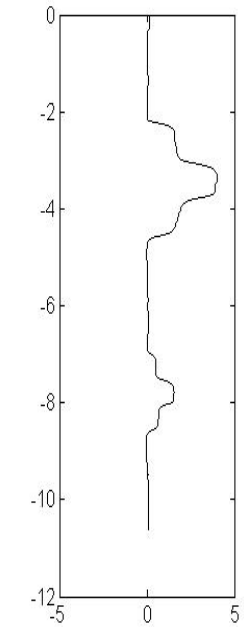
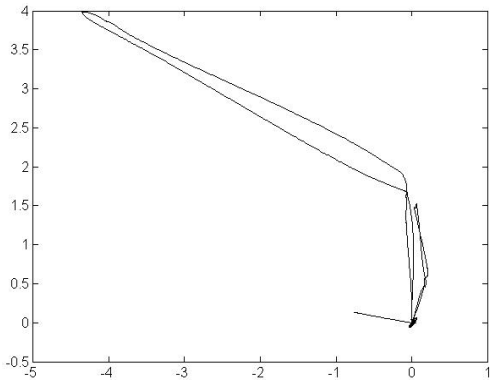
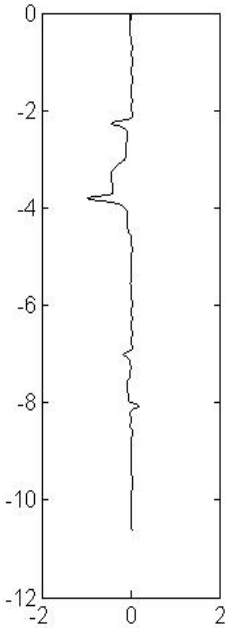
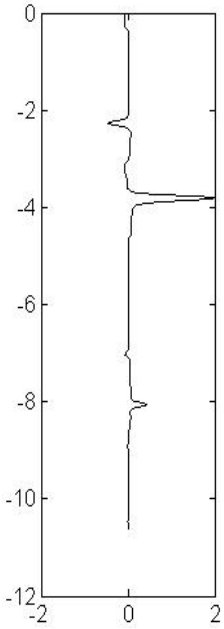
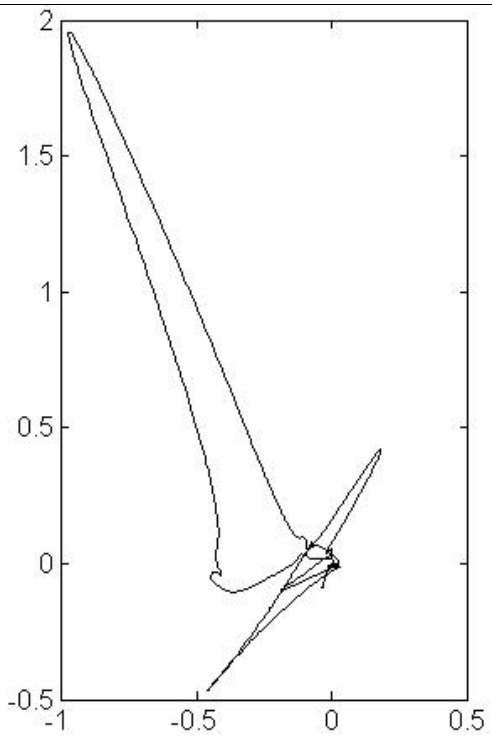




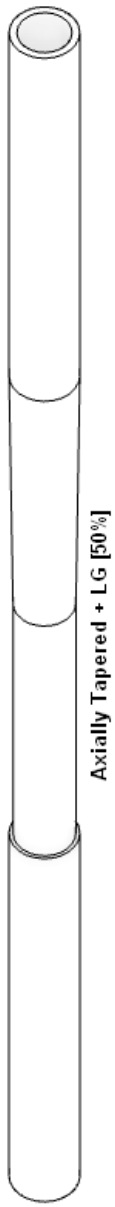
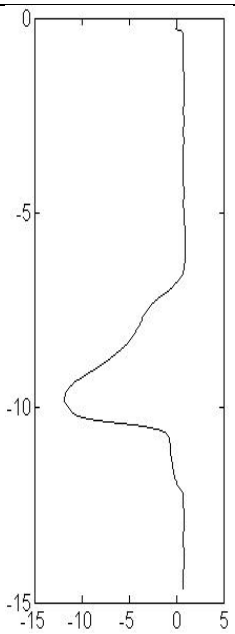
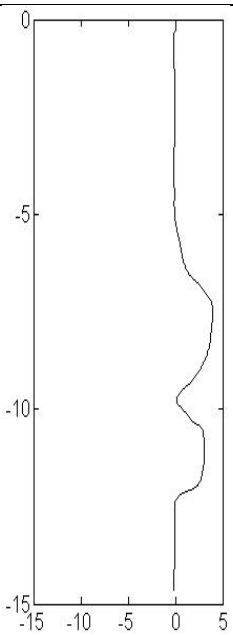
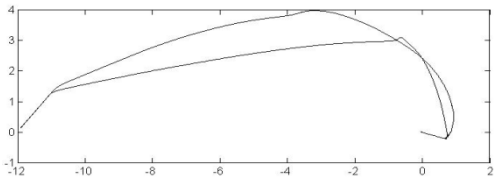
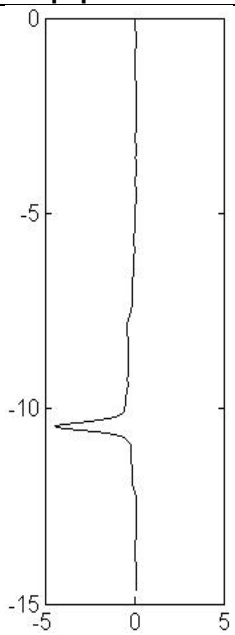
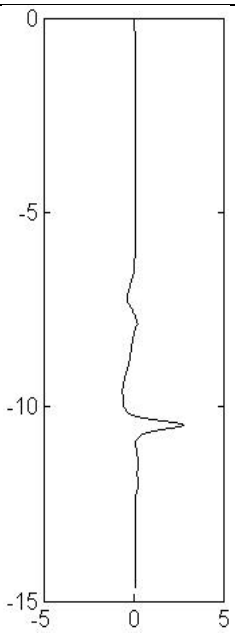
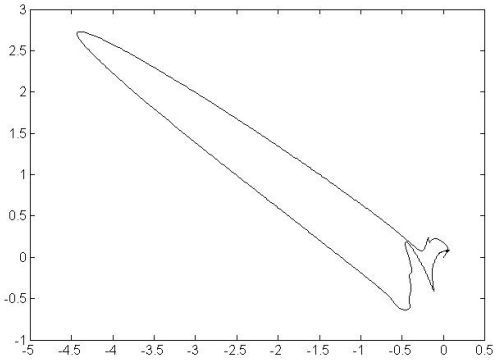
Σφάλμα	Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView
SG [50%]	49.7 %
4xHole [2 mm] [100%]	100 %
SP	?

Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
001002	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y
			
	Διαφορικό Κανάλι		
			

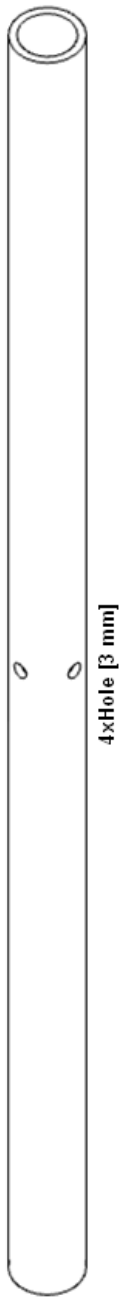
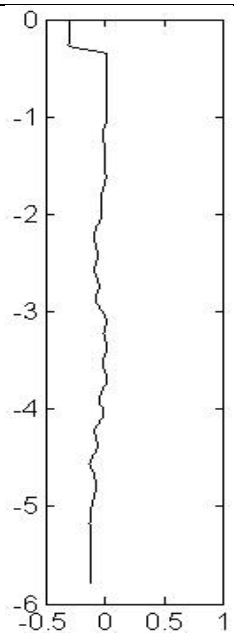
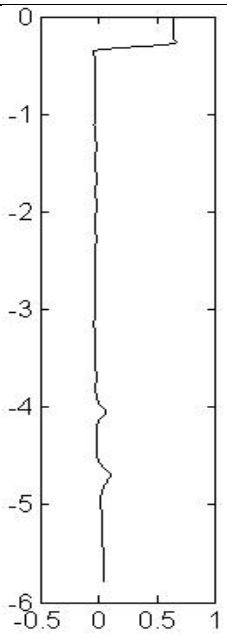
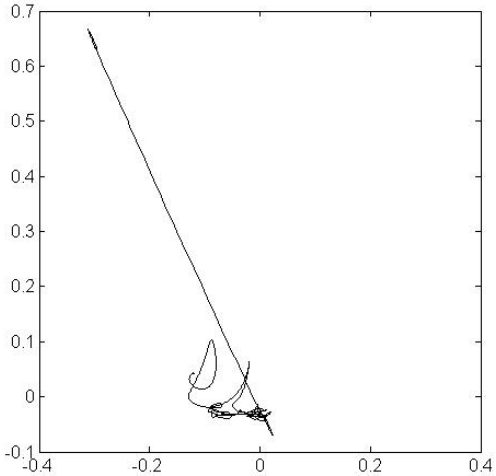
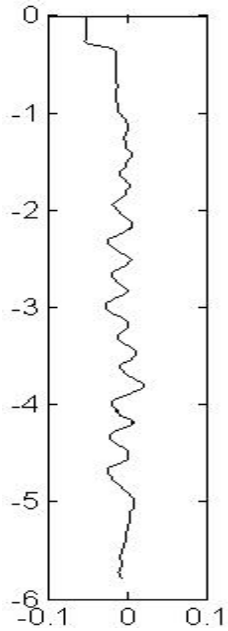
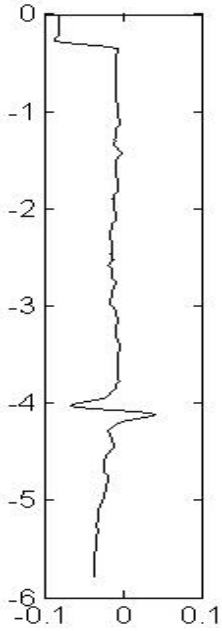
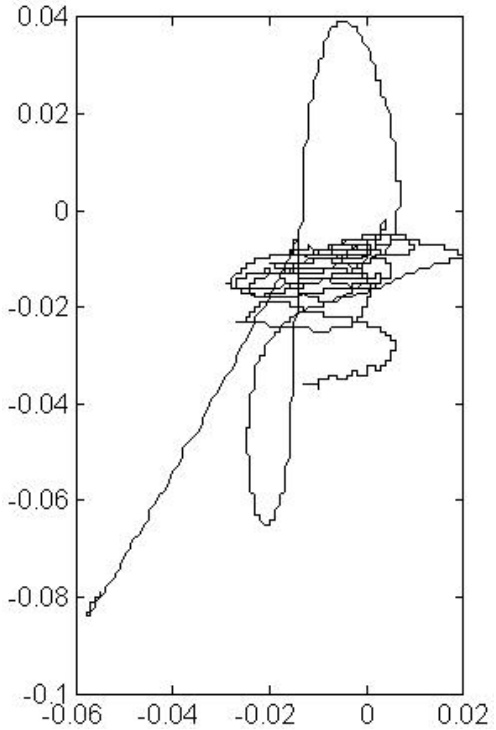
Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
SG [60%]	60 %
SG [40%]	40 %
SG [20%]	21.2 %
SP	?

Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
001003	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y
			
	Διαφορικό Κανάλι		
			

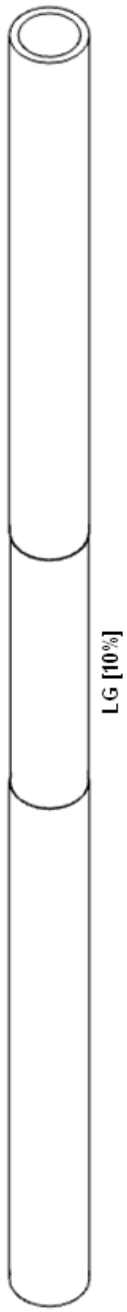
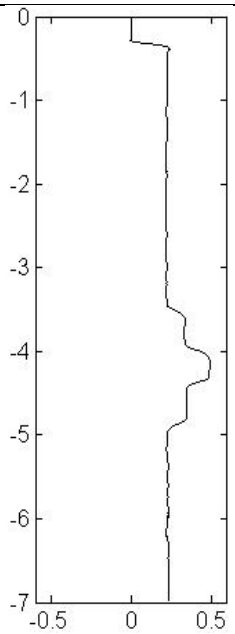
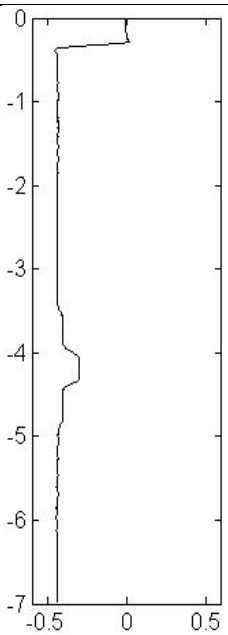
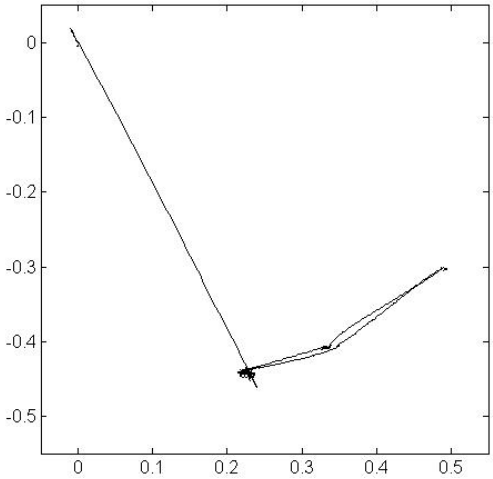
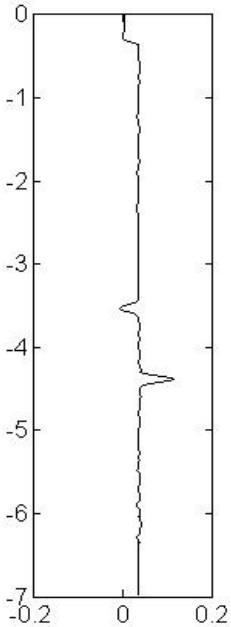
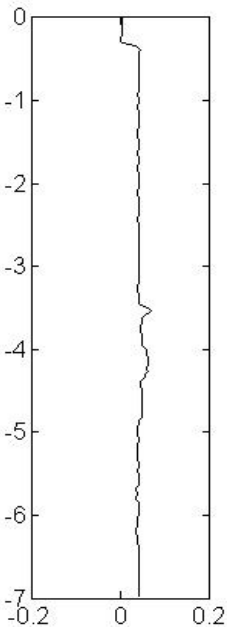
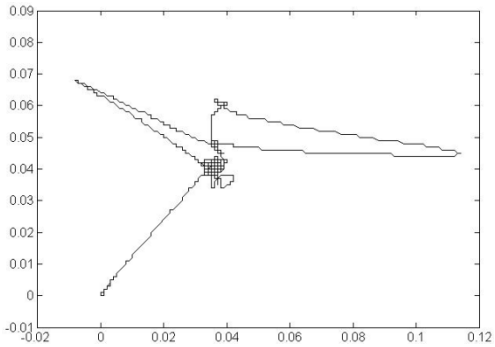
Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
LG [40%]	40 %
LG [20%]	20 %

Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
001004	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y
			
	Διαφορικό Κανάλι		
			

Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
Axially Tapered + LG [50%]	50.7 %

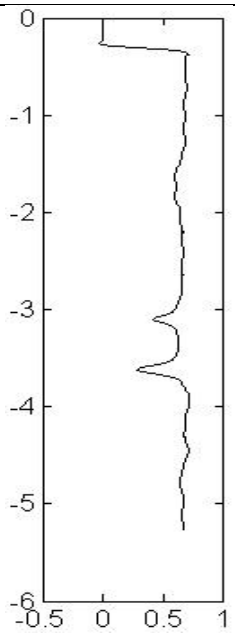
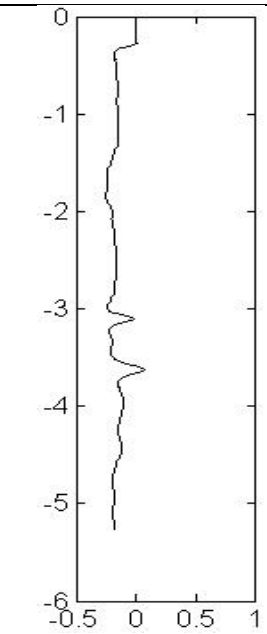
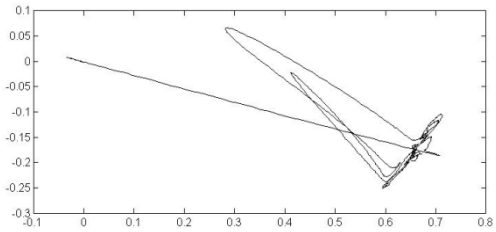
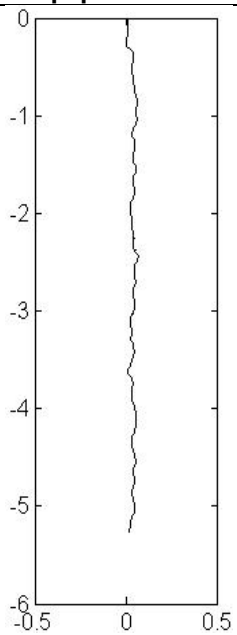
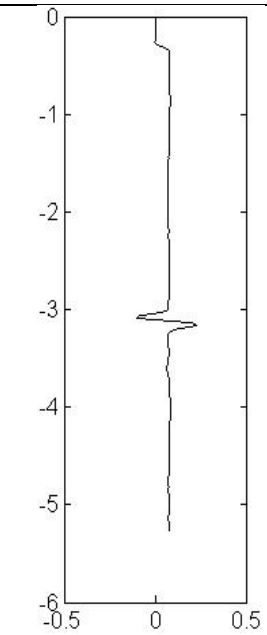
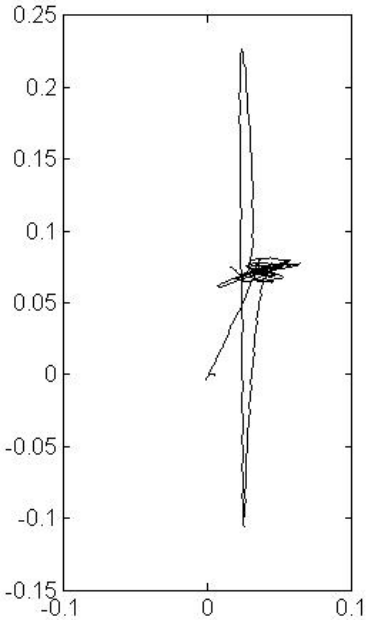
Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
001005	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y
			
	Διαφορικό Κανάλι		
			

Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
4 Hole [3 mm] [100%]	100 %

Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
002001	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y
			
	Διαφορικό Κανάλι		
			

LG [10%]

Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
LG [10%]	?

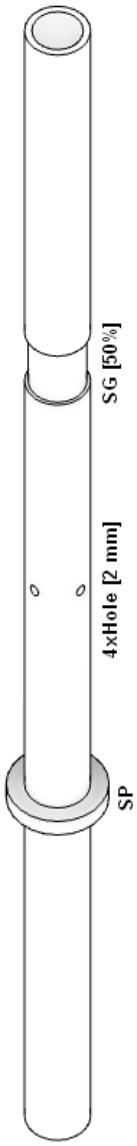
Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
002004	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y
			
	Διαφορικό Κανάλι		
			

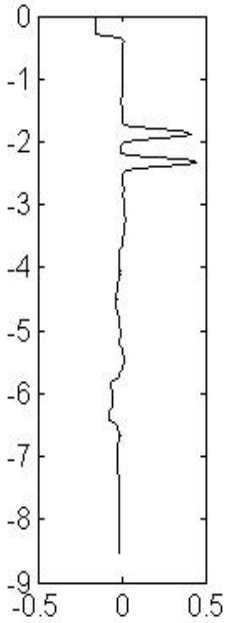
Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
Hole [3 mm] [100%]	69.8 %

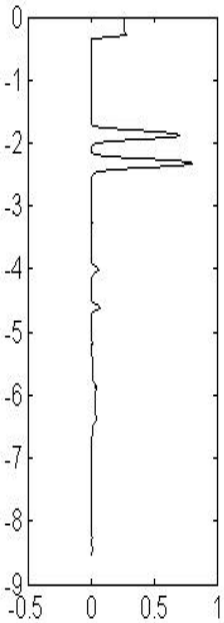
Από την σύγκριση των τιμών που απέδωσε το MultiView για τα ποσοστά μείωσης πάχους τοιχώματος του σωλήνα με τις πραγματικές τιμές, βλέπουμε πως σε ορισμένα σφάλματα έχει αποδώσει την πραγματική τιμή, σε ορισμένα άλλα έχει μία μικρή απόκλιση, ενώ σε κάποια δεν έχει αποδώσει τιμή. Τα σφάλματα για τα οποία δεν έχει αποδώσει τιμή είναι, τα support plates στους σωλήνες 001001 και 001002 και το SG [10%] στο σωλήνα 002001. Αυτό οφείλεται στο ότι τα αντίστοιχα σήματα είναι μικρά και δεν μπορούσε το MultiView να τα συγκρίνει με την καμπύλη βαθμονόμησης. Τα σήματα για τα οποία το MultiView απέδωσε την πραγματική τιμή αντιστοιχούν στα σφάλματα 4xHole [2 mm], 4xHole [3 mm], SG [60%], SG [40%], LG [40%] και LG [20%]. Μια πολύ μικρή απόκλιση εμφανίζεται στα σήματα SG [50%], SG [20%] και Axially Tapered + LG [50%], της τάξεως του 0.3, 1.2 και 0.7 ποσοστιαίες μονάδες αντίστοιχα. Οι αποκλίσεις αυτές θεωρούνται αμελητέες διότι στην τεχνική του απομακρυσμένου πεδίου, αποκλίσεις της τάξεως των 10-15 ποσοστιαίων μονάδων θεωρείται πως είναι σε λογικά πλαίσια. Ενώ η μεγαλύτερη απόκλιση εμφανίστηκε για το σφάλμα Hole [3 mm], που είναι της τάξεως του 30.2 ποσοστιαίων μονάδων. Αντίστοιχα με τα SP και το LG [10%] και εδώ το σήμα θεωρείτε μικρό και για το λόγο αυτό η σύγκρισή του με την καμπύλη βαθμονόμησης δεν απέδωσε την πραγματική τιμή.

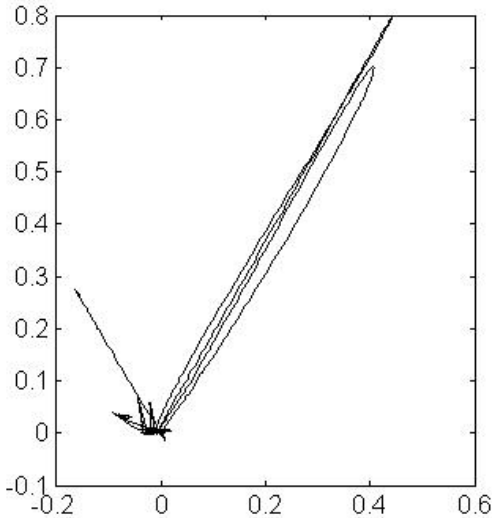
5.2 Κεφαλή TRT-130-300-N20

Θέση	Απόλυτο Κανάλι		
001001	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y

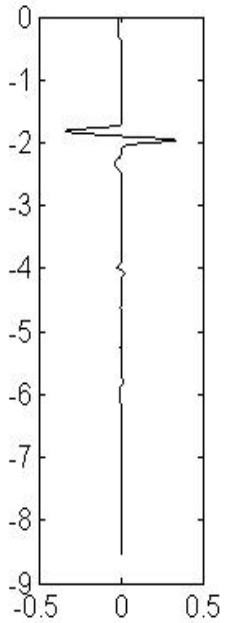


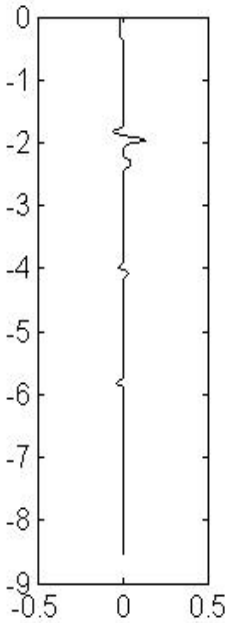


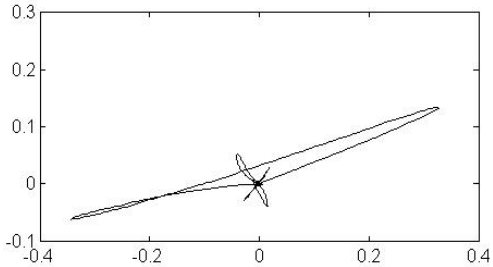




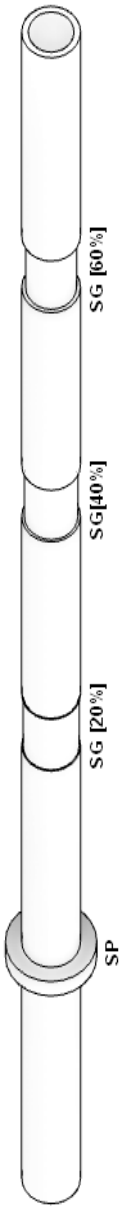
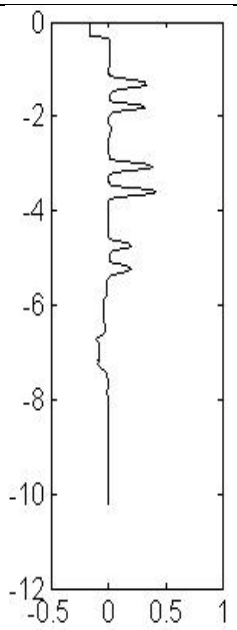
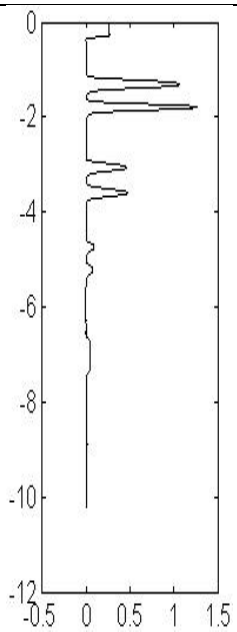
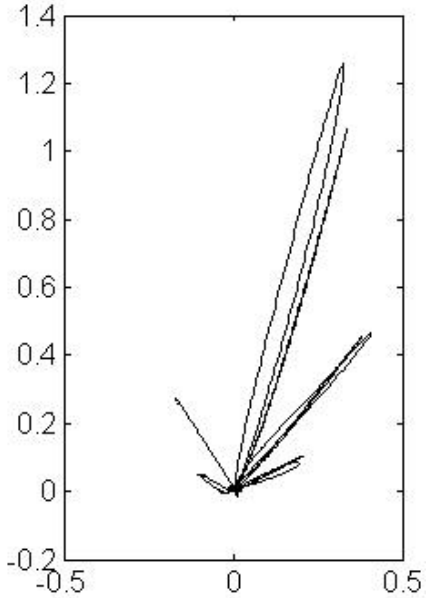
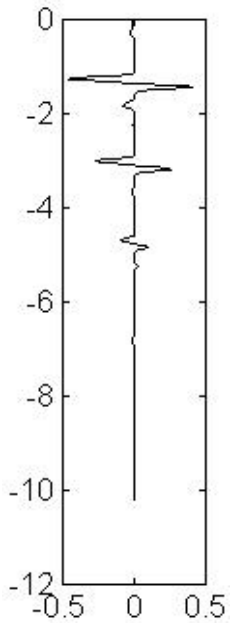
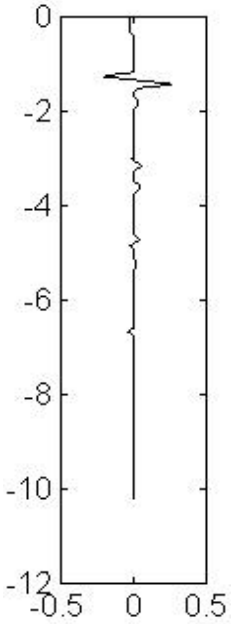
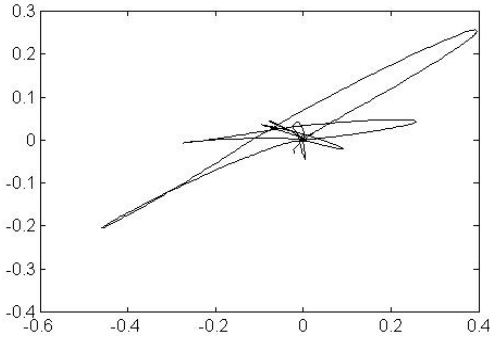
Διαφορικό Κανάλι





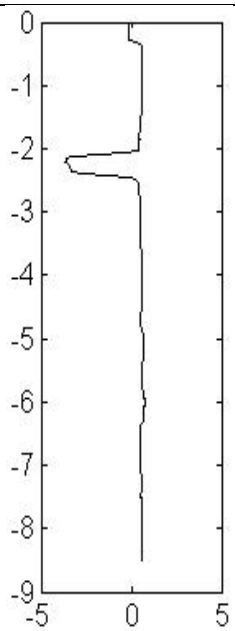


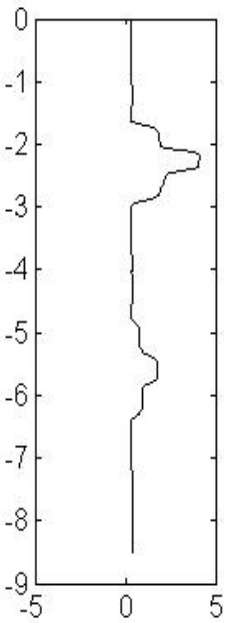
Σφάλμα	Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView
SG [50%]	45%
4xHole [2 mm] [100%]	100 %
SP	?

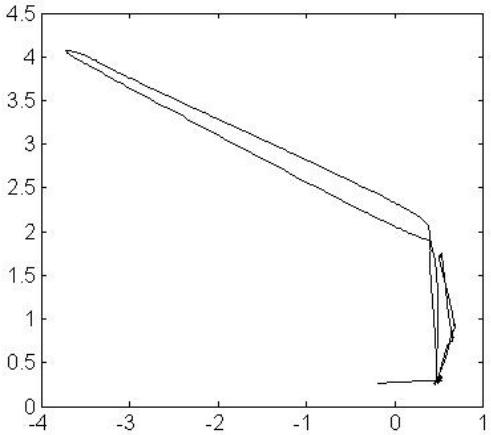
Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
001002	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y
			
	Διαφορικό Κανάλι		
			

Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
SG [60%]	60 %
SG [40%]	40 %
SG [20%]	21 %
SP	?

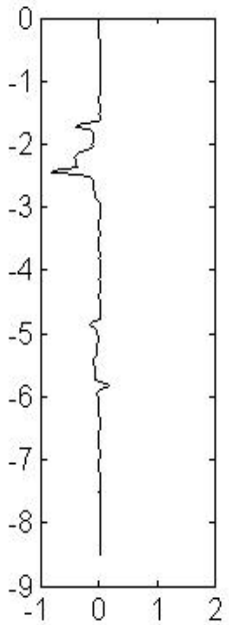
Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
001003	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y

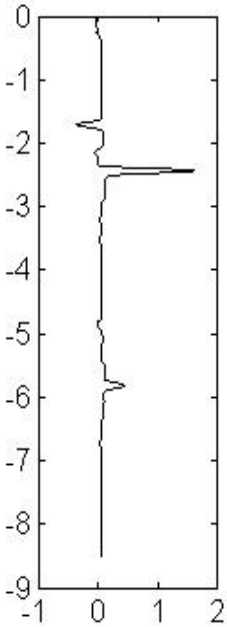


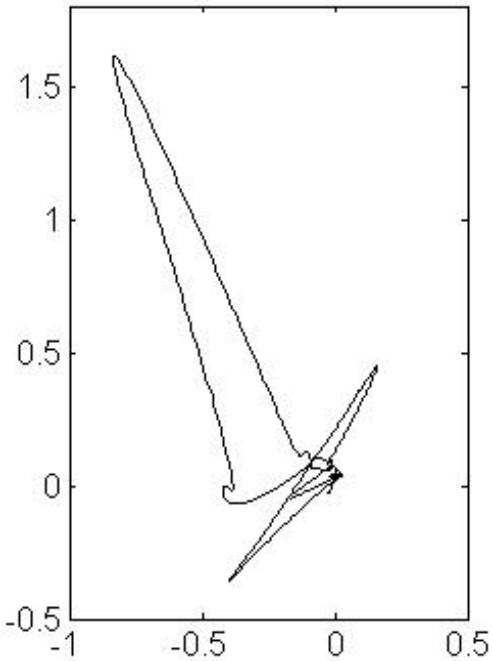




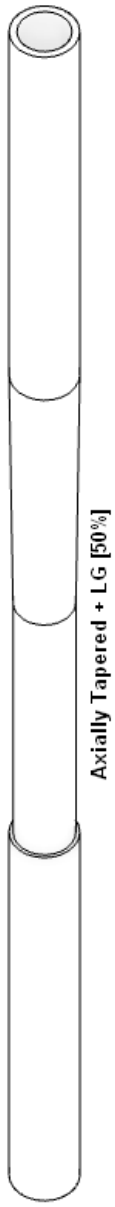
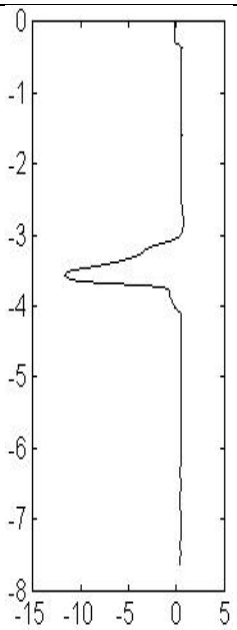
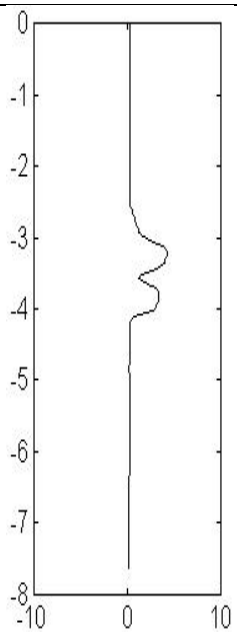
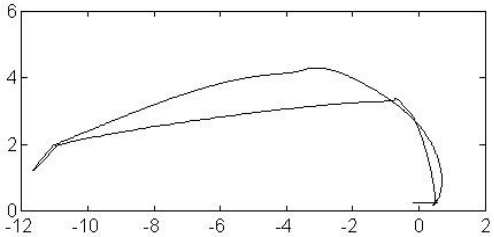
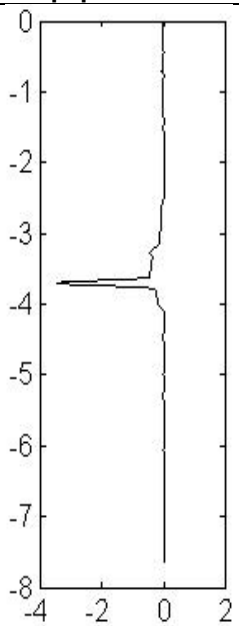
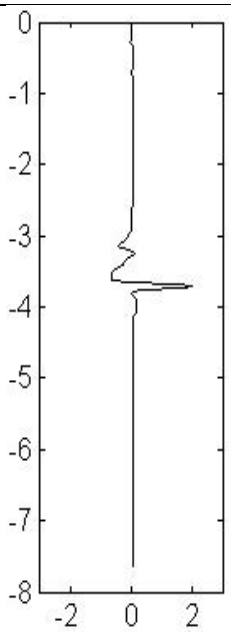
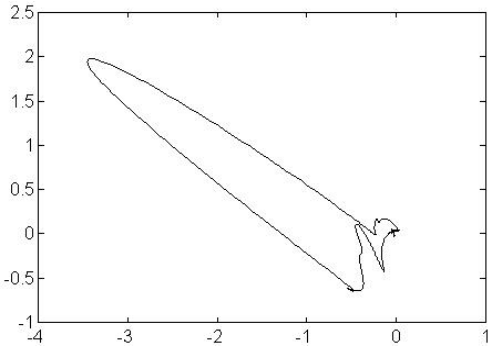
Διαφορικό Κανάλι



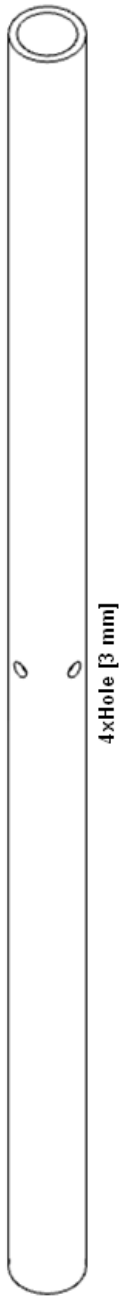
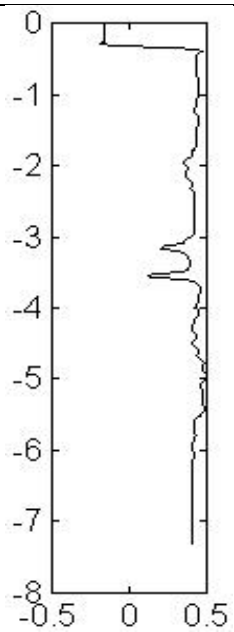
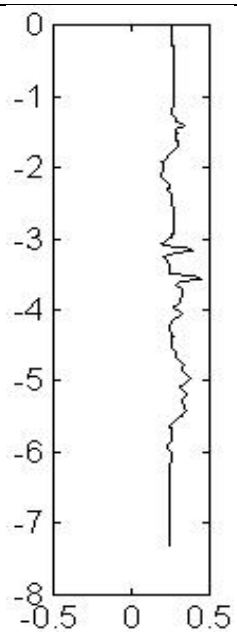
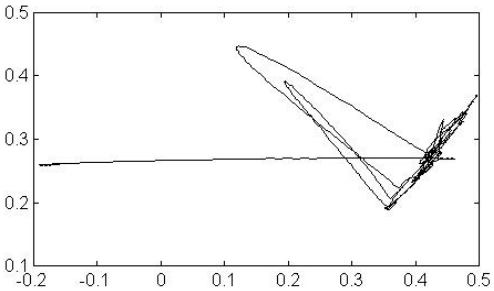
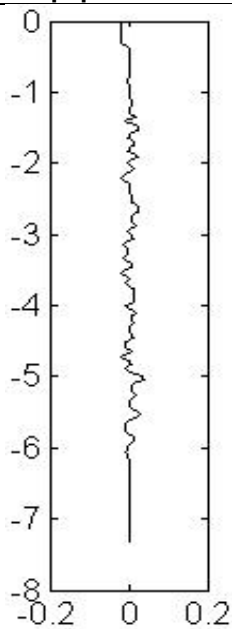
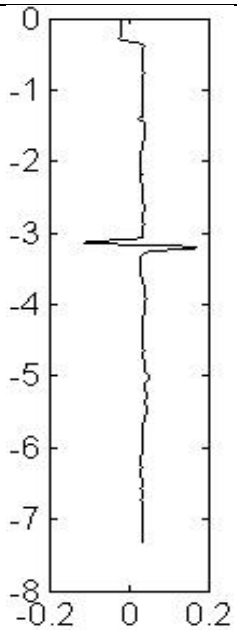
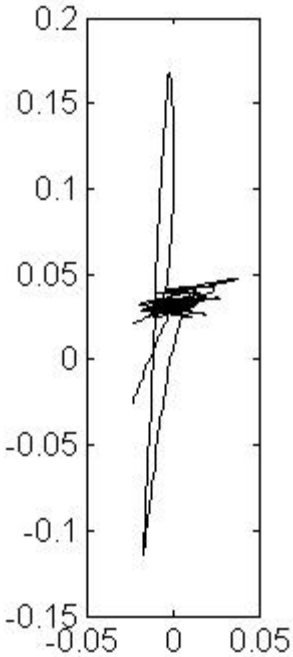




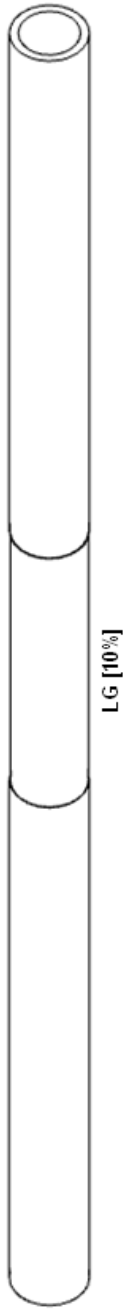
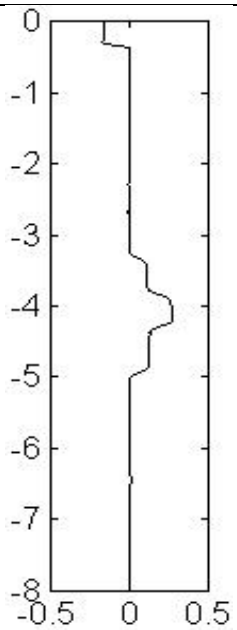
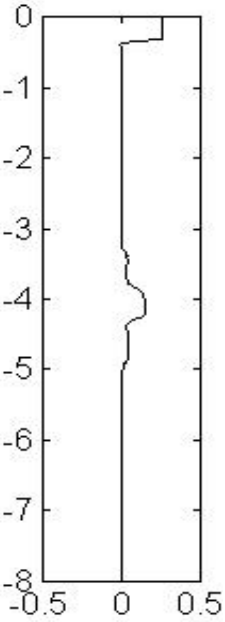
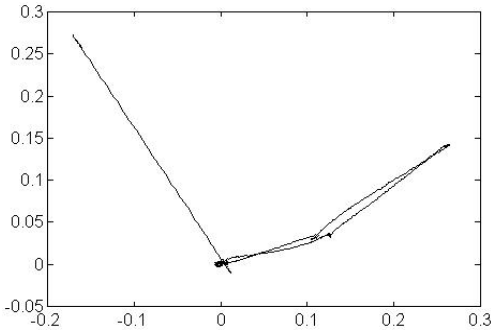
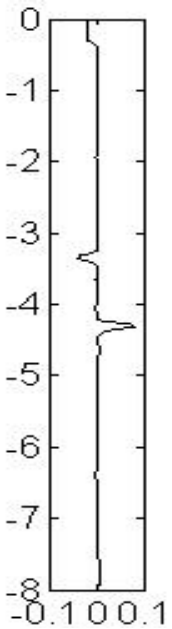
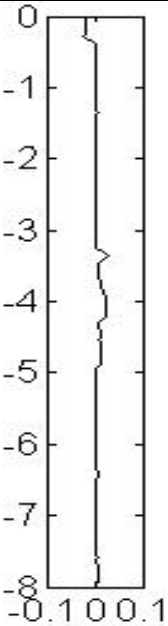
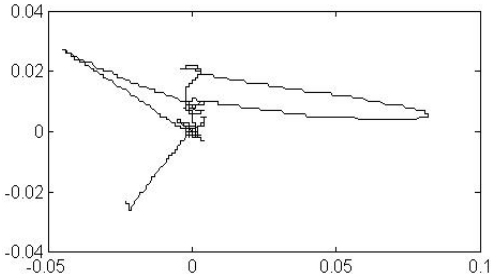
Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
LG [40%]	40 %
LG [20%]	20 %

Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
001004	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y
			
	Διαφορικό Κανάλι		
			

Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
Axially Tapered + LG [50%]	50.5 %

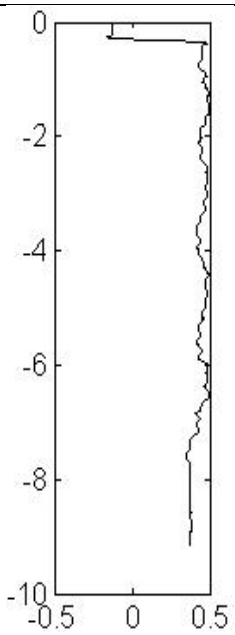
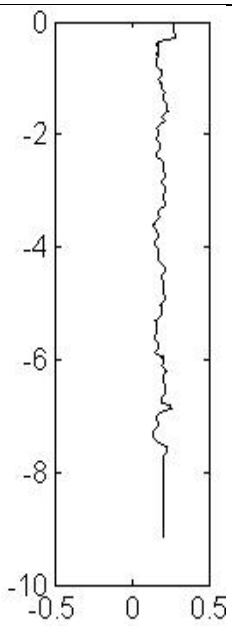
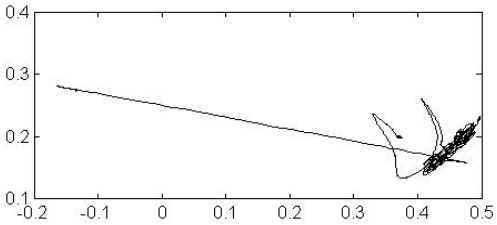
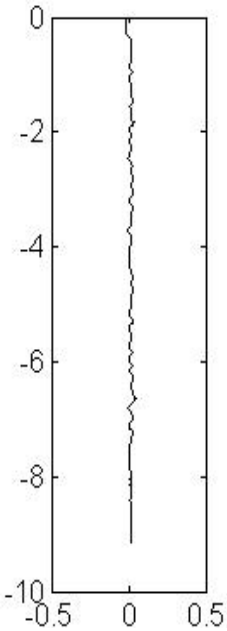
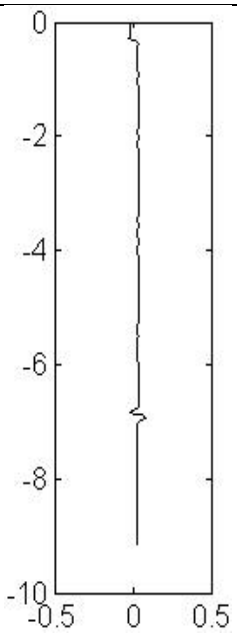
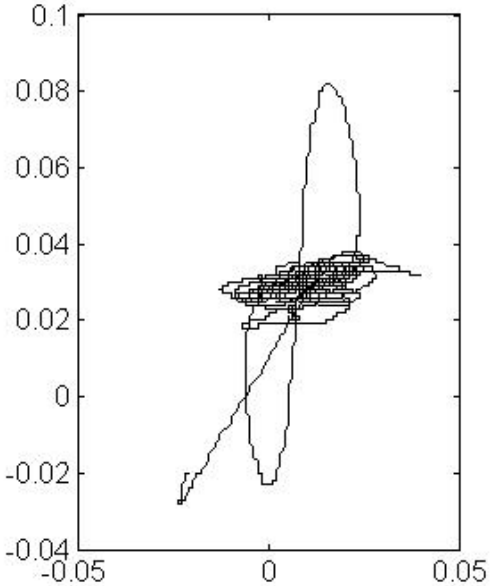
Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
001005	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y
			
	Διαφορικό Κανάλι		
			

Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
4 Hole [3 mm] [100%]	100 %

Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
002001	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y
			
	Διαφορικό Κανάλι		
			

LG [10%]

Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
LG [10%]	?

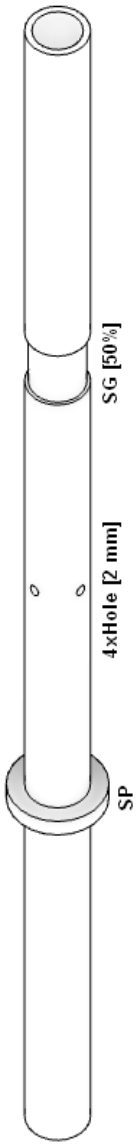
Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
002004	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y
			
	Διαφορικό Κανάλι		
			

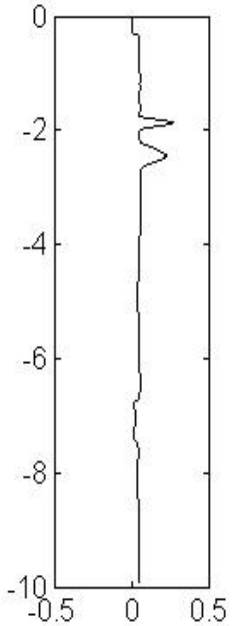
Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
Hole [3 mm] [100%]	?

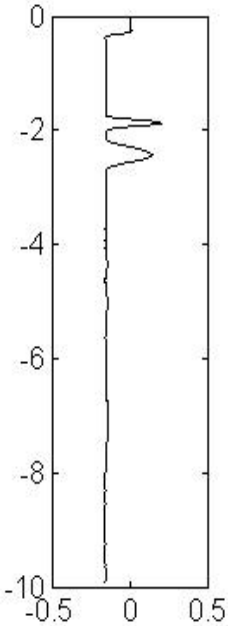
Από την σύγκριση των τιμών που απέδωσε το MultiView για τα ποσοστά μείωσης πάχους τοιχώματος του σωλήνα με τις πραγματικές τιμές, παρατηρούμε και εδώ παρόμοια συμπεριφορά με την κεφαλή TRS. Τα σφάλματα για τα οποία δεν έχει αποδώσει τιμή είναι, τα support plates στους σωλήνες 001001 και 001002, το SG [10%] στο σωλήνα 002001 και Hole [3 mm] στο σωλήνα 002004. Τα σήματα για τα οποία το MultiView απέδωσε την πραγματική τιμή αντιστοιχούν στα σφάλματα 4xHole [2 mm], 4xHole [3 mm], SG [60%], SG [40%], LG [40%] και LG [20%]. Μια πολύ μικρή απόκλιση εμφανίζεται στα σήματα SG [50%], SG [20%] και Axially Tapered + LG [50%], της τάξεως του 5, 1 και 0.5 ποσοστιαίες μονάδες αντίστοιχα.

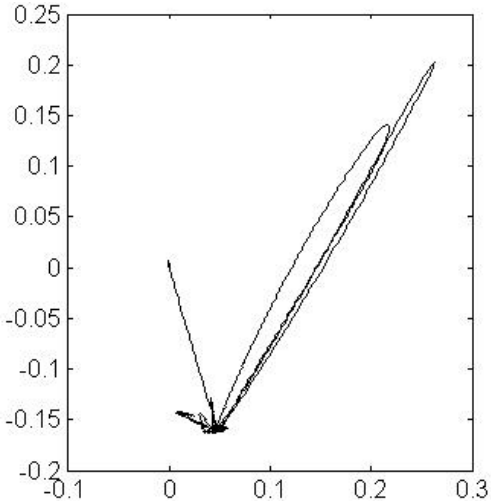
5.3 Κεφαλή TRX-130-300-N20

Θέση	Απόλυτο Κανάλι		
001001	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y

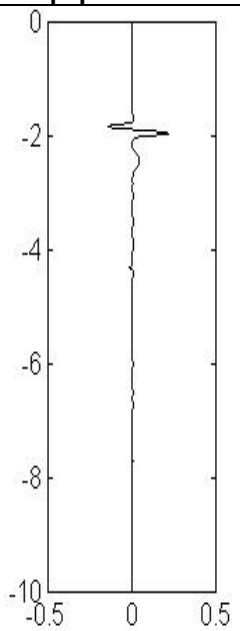


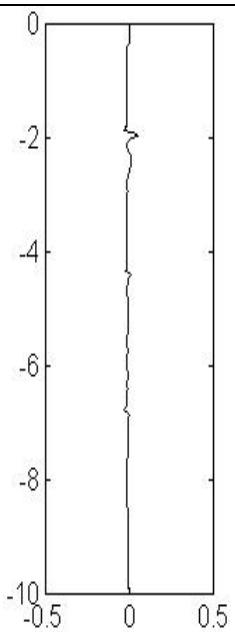


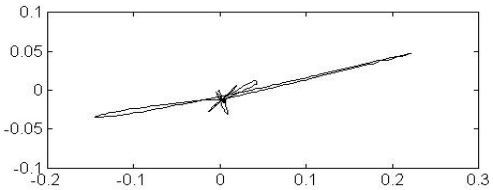




Διαφορικό Κανάλι

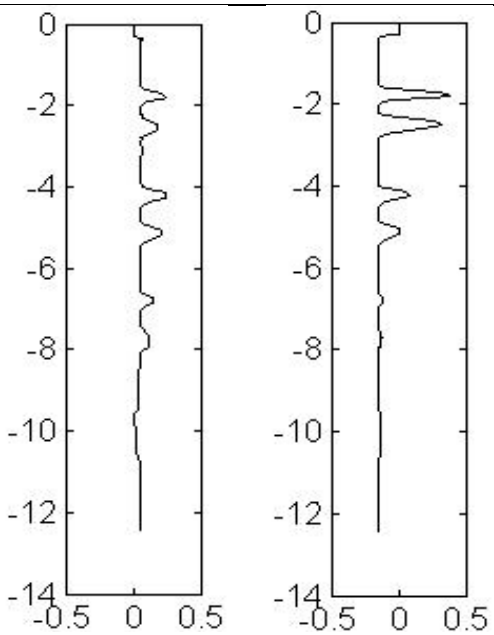


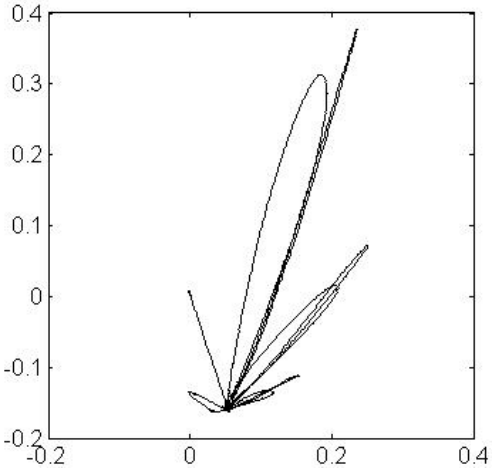




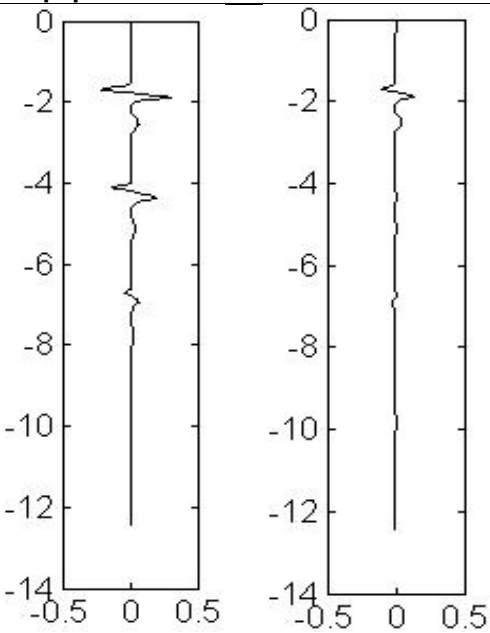
Σφάλμα	Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView
SG [50%]	50 %
4xHole [2 mm] [100%]	100 %
SP	?

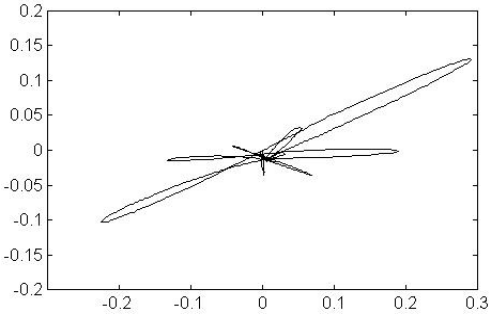
Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
001002	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y





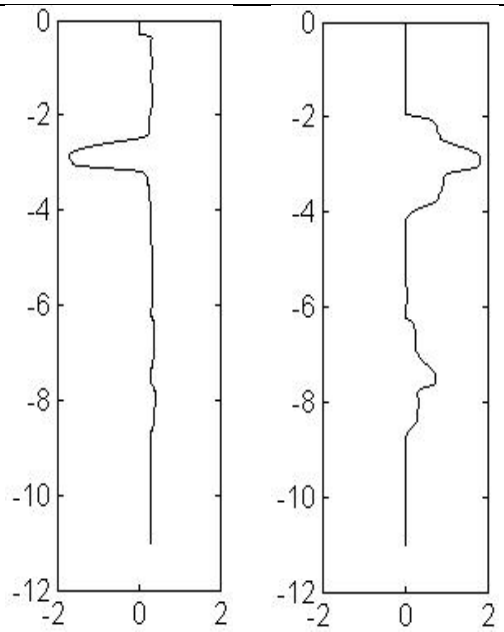
Διαφορικό Κανάλι

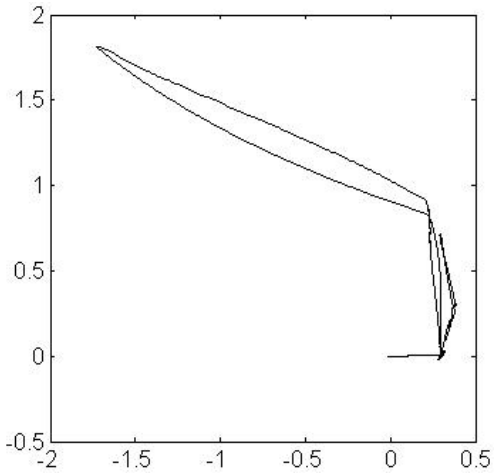




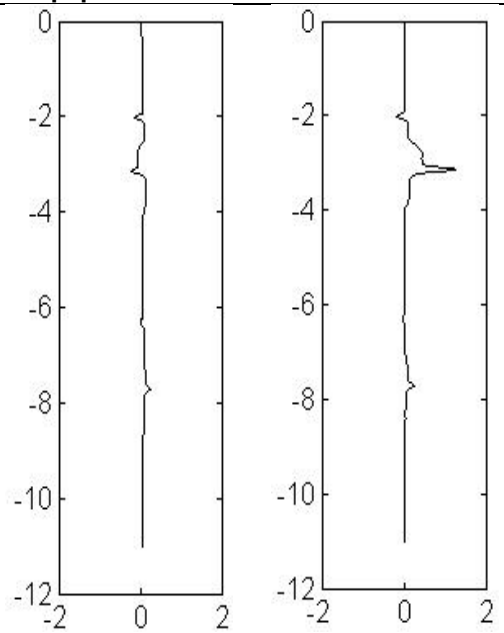
Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
SG [60%]	60 %
SG [40%]	41,5 %
SG [20%]	21,6 %
SP	?

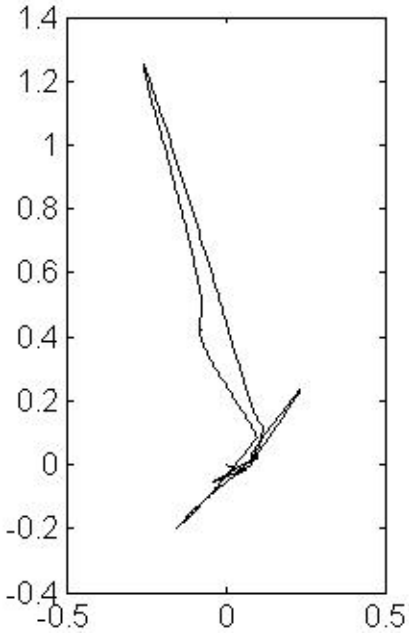
Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
001003	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y



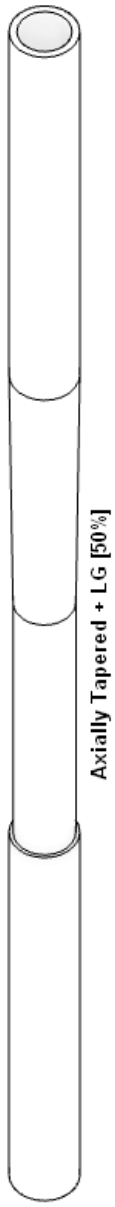
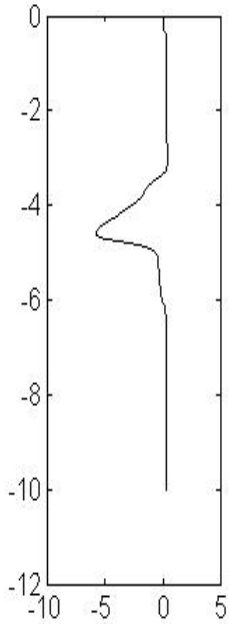
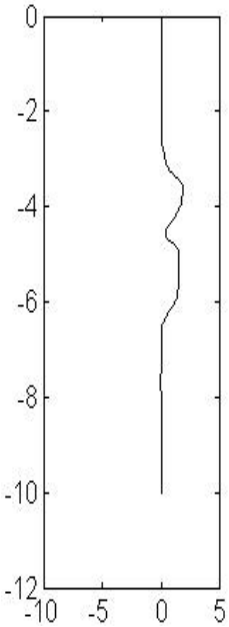
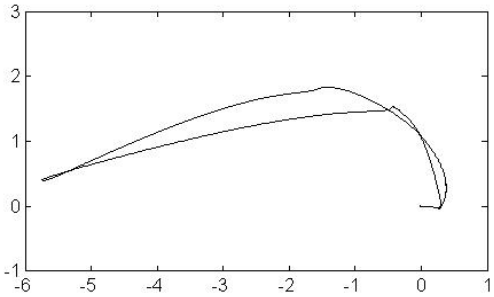
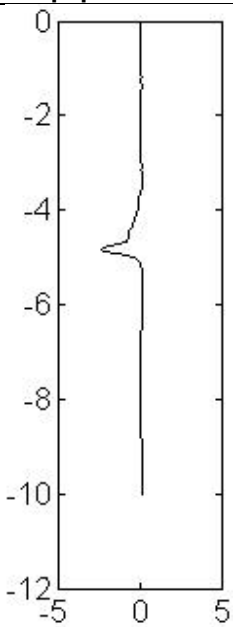
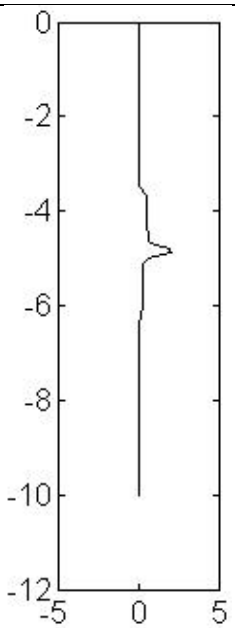
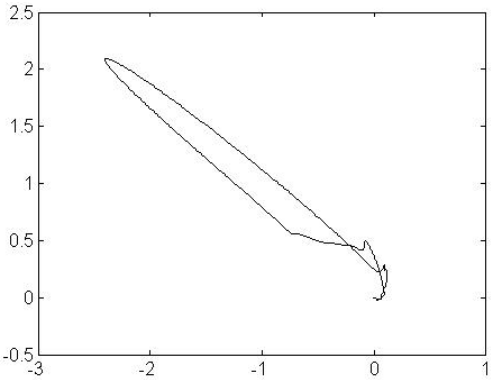


Διαφορικό Κανάλι

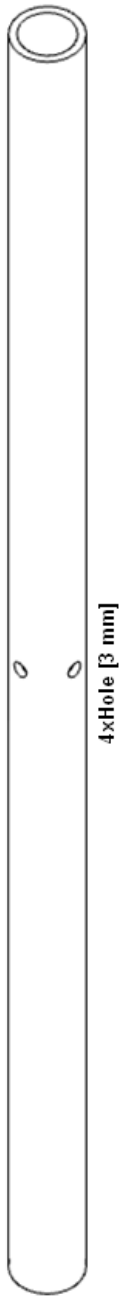
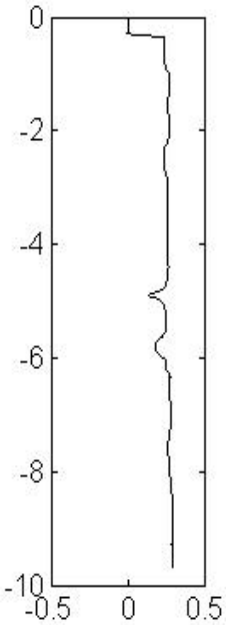
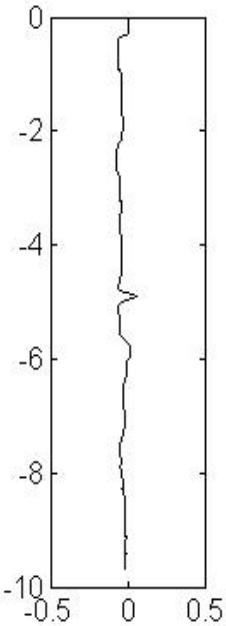
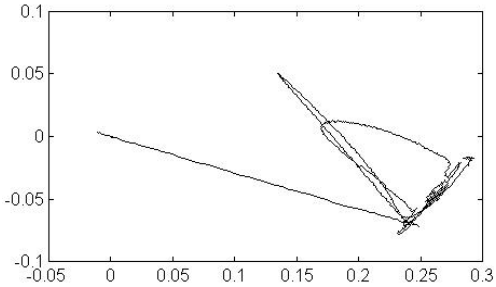
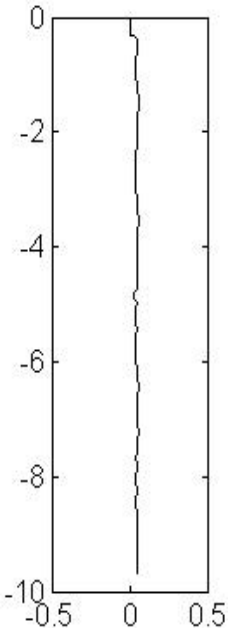
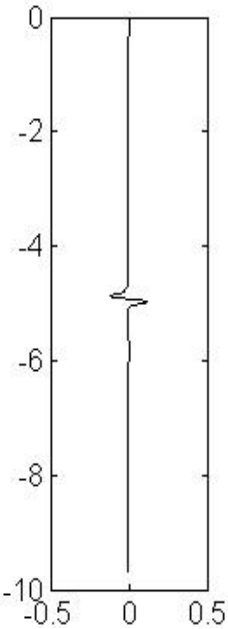
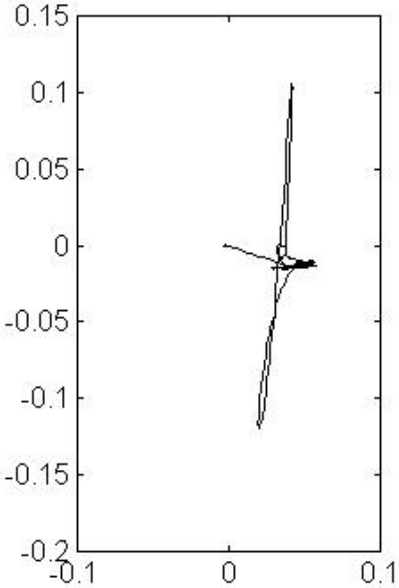




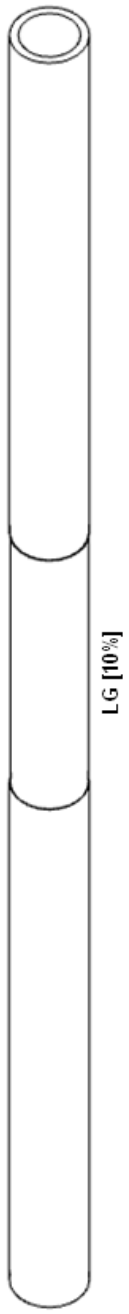
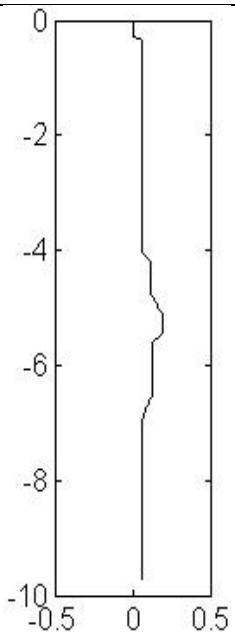
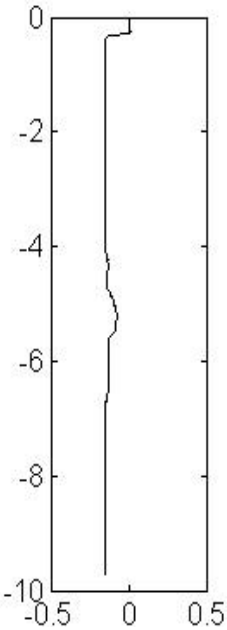
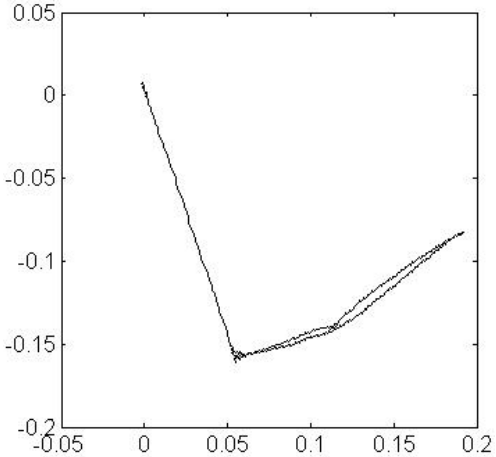
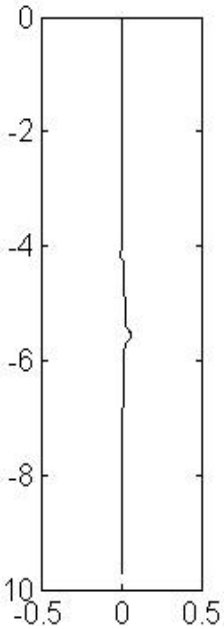
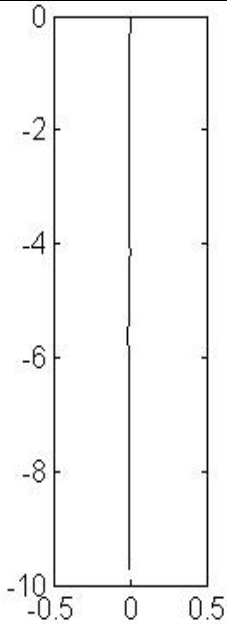
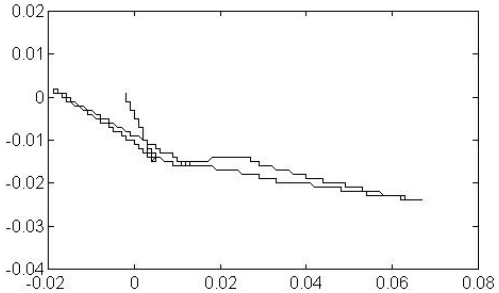
Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
LG [40%]	40 %
LG [20%]	20 %

Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
001004	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y
			
	Διαφορικό Κανάλι		
			

Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
Axially Tapered + LG [50%]	50.8 %

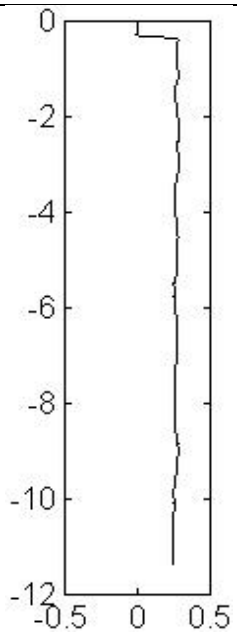
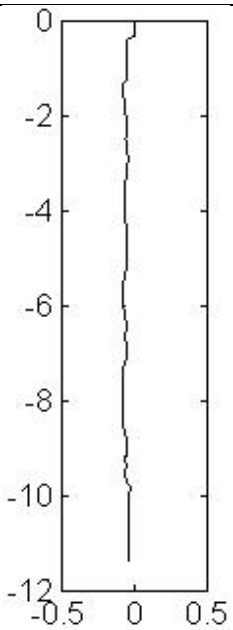
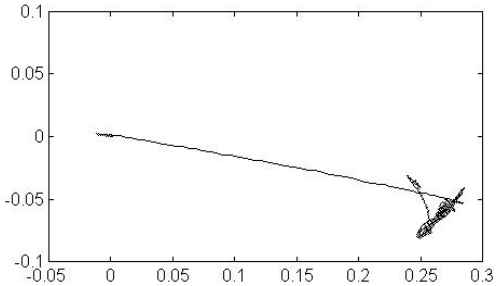
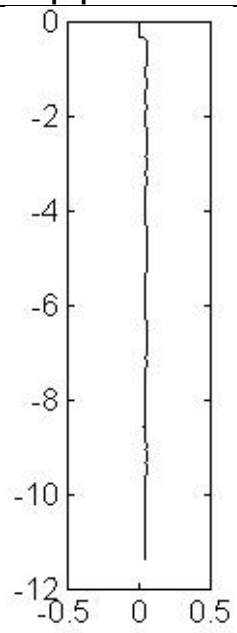
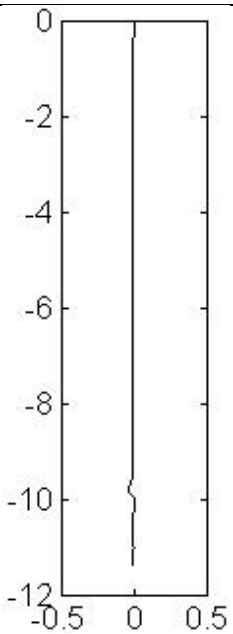
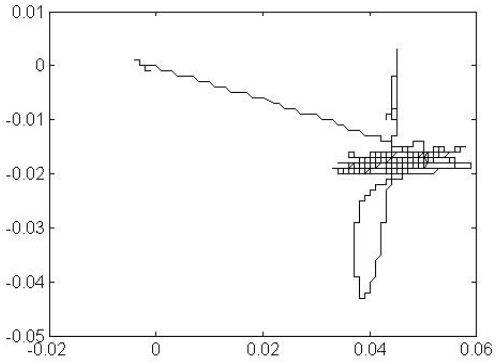
Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
001005	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y
			
	Διαφορικό Κανάλι		
			

Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
4 Hole [3 mm] [100%]	100 %

Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
002001	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y
			
	Διαφορικό Κανάλι		
			

LG [10%]

Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
LG [10%]	?

Θέση	**Απόλυτο Κανάλι**		
002004	ABS-X	ABS-Y	ABS-X-Y
			
	Διαφορικό Κανάλι		
			

Σφάλμα	**Ποσοστό μείωσης πάχους από το MUltiView**
Hole [3 mm] [100%]	94 %

Από την σύγκριση των τιμών που απέδωσε το MultiView για τα ποσοστά μείωσης πάχους τοιχώματος του σωλήνα με τις πραγματικές τιμές, παρατηρούμε και εδώ παρόμοια συμπεριφορά με τις προηγούμενες δύο κεφαλές. Τα σφάλματα για τα οποία δεν έχει αποδώσει τιμή είναι, τα support plates στους σωλήνες 001001 και 001002 και το SG [10%] στο σωλήνα 002001. Τα σήματα για τα οποία το MultiView απέδωσε την πραγματική τιμή αντιστοιχούν στα σφάλματα 4xHole [2 mm], 4xHole [3 mm], SG [50%], SG [60%], LG [40%] και LG [20%]. Μια πολύ μικρή απόκλιση εμφανίζεται στα σήματα SG [40%], SG [20%] και Axially Tapered + LG [50%], της τάξεως του 1, 1.6 και 0.8 ποσοστιαίες μονάδες αντίστοιχα.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των τριών κεφαλών, βλέπουμε πως με καμία από τις τρείς κεφαλές το MultiView δεν μπόρεσε να αποδώσει τιμή για το LG [10%], ενώ για το Hole [3 mm] μόνο με την κεφαλή TRT δεν αποδόθηκε τιμή. Επίσης, με την κεφαλή TRX πήραμε τιμές για τα ποσοστά μείωσης πάχους πιο κοντά στις πραγματικές, για τα περισσότερα από τα σφάλματα του εναλλάκτη. Σαν αποτέλεσμα η κεφαλή TRX είναι η επικρατέστερη για χρήση.

5.4 Προτάσεις για μελλοντικές εργασίες

Στην παρούσα εργασία δεν είχαμε την δυνατότητα να κατασκευάσουμε support plate με αποτέλεσμα η βαθμονόμηση του οργάνου να ήταν ελλιπής. Για αυτό το λόγο δεν λάβαμε υπόψιν το κανάλι της μίξης, το οποίο χρησιμοποιείται για την καταστολή του σήματος από το support plate. Προτείνουμε λοιπόν, για μελλοντικές εργασίες να κατασκευαστεί ένα support plate για την ολοκληρωμένη βαθμονόμηση του οργάνου. Επίσης, προτείνουμε την κατασκευή σωλήνων βαθμονόμησης με flat bottom holes για την βαθμονόμηση του differential channel. Ακολούθως, ενδείκνυται η κατασκευή τριών εναλλακτών ώστε να γίνει ο απαραίτητος διαχωρισμός των σφαλμάτων σε short grooves, long grooves και holes, διότι σε μία πραγματική εφαρμογή αναμένεται ο εναλλάκτης να παρουσιάσει μία ορισμένη κατηγορία σφαλμάτων. Τέλος, συνίσταται η αγορά ανιχνευτή περιβαλλοντικού θορύβου, ο οποίος είναι απαραίτητος για τη σωστή βαθμονόμηση του συστήματος πριν από κάθε έλεγχο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Παρουσίαση των παραγόμενων Reports

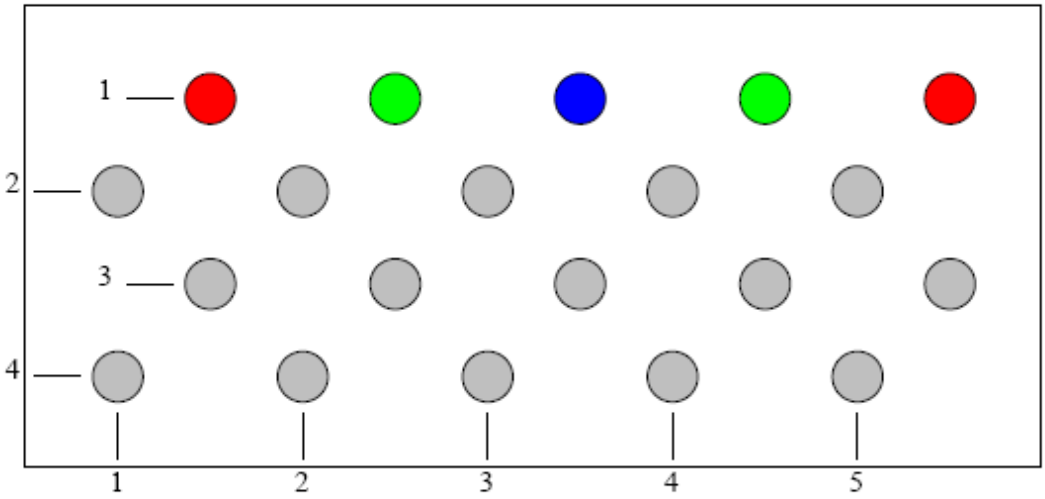
Στο κεφάλαιο αυτό θα δοθούν τα reports από την αξιολόγηση του εναλλάκτη για κάθε μία από τις τρείς κεφαλές, τα οποία και έχουν κατασκευαστεί με την βοήθεια του Carto. Δεν δίνεται η τελική έκθεση, διότι στα πλαίσια της παρούσας εργασίας ο εναλλάκτης που κατασκευάστηκε ήταν μη λειτουργικός με αποτέλεσμα να μην διαθέτουμε τα κριτήρια αποδοχής είτε απόρριψης.

6.1 Reports για την κεφαλή TRS-130-300-N20

6.1.1 Report: Heat Exchanger Status

Heat Exchanger Status 17/12/2012

Client:	Lab
Site:	Site1
Exchanger:	Exchanger1
Section:	Section1 - Inlet



0	PLG: Plugged	1	20 < Defect <= 40
2	80 < Defect <= 100	0	0 < Defect <= 20
0	60 < Defect <= 80	15	No Defect Detected
2	40 < Defect <= 60	0	Not Tested

6.1.2 Report: Tube Inspection Results

Tube Inspection Results 2012-12-17

CARTO Version 2.3R0 - Exchanger RFT.mdb Page 1 of 2

Client: Lab
Meander Team
Greece
50100

Site: Site1

Exchanger: Exchanger1
Ferromagnetic Tube

Section: Section1

Zone	Row	Column	Outage	Defect	ID/OD	Eval.	Position	Length	Comment
	1	1	2012	49%	OD			0.00	SOD GR
	1	1	2012	89%	OD			0.00	4xH[2mm]
			Maximum defect:	*89%*					
	1	2	2012	60%	OD			0.00	SOD GR
	1	2	2012	39%	OD			0.00	SOD GR
	1	2	2012	20%	OD			0.00	SOD GR
			Maximum defect:	*60%*					
	1	3	2012	40%	OD			0.00	LOD GR
	1	3	2012	20%	OD			0.00	LOD GR
			Maximum defect:	*40%*					
	1	4	2012	52%	OD			0.00	LOD GR & AXIALLY TAPERED
			Maximum defect:	*52%*					
	1	5	2012	97%	-			0.00	4xH[3mm]
			Maximum defect:	*97%*					
	2	1	2012	0%	-			0.00	
			Maximum defect:	*0%*					
	2	2	2012	0%	-			0.00	
			Maximum defect:	*0%*					
	2	3	2012	0%	-			0.00	
			Maximum defect:	*0%*					
	2	4	2012	0%	-			0.00	
			Maximum defect:	*0%*					

2	5	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
3	1	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
3	2	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
3	3	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
3	4	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
3	5	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
4	1	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
4	2	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
4	3	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
4	4	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
4	5	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		

6.1.3 Report: List Of Inspected Tubes

List Of Inspected Tubes 2012-12-17

CARTO Version 2.3R0 - Exchanger RFT.mdb Page 1 of 2

Client: Lab
Meander Team
Greece
50100

Site: Site1

Exchanger: Exchanger1
Ferromagnetic Tube

Section: Section1

Inspection:

Outage:	2012
Begin:	2012/12/17 11:41:48.00
End:	2012/12/17 17:47:01.00
Operator:	
Analyst:	
Contract:	
Method:	
System:	
Probe:	
Comment:	

Zone	Row	Column	Defect	ID/OD	Eval.	Position	Length
	1	1	49%	OD			0.00
	1	1	89%	OD			0.00
	1	2	60%	OD			0.00
	1	2	39%	OD			0.00
	1	2	20%	OD			0.00
	1	3	40%	OD			0.00
	1	3	20%	OD			0.00
	1	4	52%	OD			0.00
	1	5	97%	-			0.00
	2	1	0%	-			0.00
	2	2	0%	-			0.00
	2	3	0%	-			0.00
	2	4	0%	-			0.00
	2	5	0%	-			0.00
	3	1	0%	-			0.00
	3	2	0%	-			0.00
	3	3	0%	-			0.00
	3	4	0%	-			0.00
	3	5	0%	-			0.00
	4	1	0%	-			0.00
	4	2	0%	-			0.00
	4	3	0%	-			0.00
	4	4	0%	-			0.00

4	5	0%	-	0.00

Maximum defect : 97% Inspected tubes: 24

6.1.4 Report: Distribution Of Tubes By Wall Loss

Distribution Of Tubes By Wall Loss 2012-12-17

CARTO Version 2.3R0 - Exchanger RFT.mdb Page 1

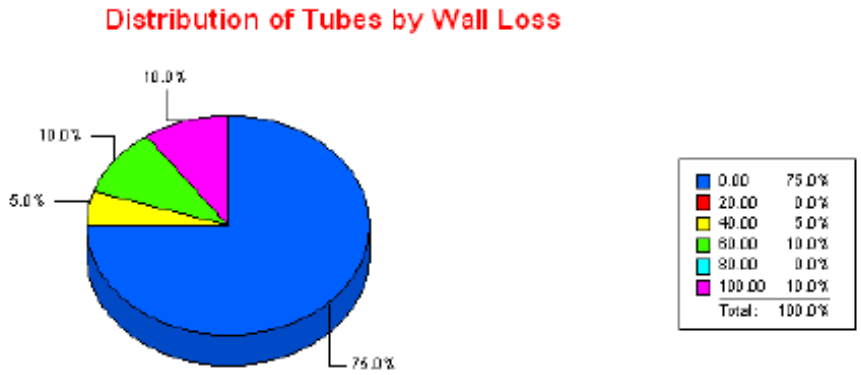
Client: Lab
Meander Team
Greece

Site: Site1

Exchanger: Exchanger1
Ferromagnetic Tube

Section: Section1

Wall Loss	Tubes	Percent
x = 0%	15	75.0%
0% < x <= 20%	0	.0%
20% < x <= 40%	1	5.0%
40% < x <= 60%	2	10.0%
60% < x <= 80%	0	.0%
80% < x <= 100%	2	10.0%
	20	



6.1.5 Report: Heat Exchanger Status Report

Heat Exchanger Status Report 2012-12-17

CARTO Version 2.3R0 - Exchanger RFT.mdb Page 1 of 2

Client: Lab
Meander Team
Greece
50100

Site: Site1

Exchanger: Exchanger1
Ferromagnetic Tube

Section 1 Section1

Number of tubes:	20
Tubes inspected:	20
Tubes never inspected:	0

Feature code statistics

	Number of tubes:	(total)	(inspected)
( )	20	100.00%	100.00%
Inaccessible (INA)	0	0.00%	0.00%
Inspected (INS)	20	100.00%	100.00%
Plugged (PLG)	0	0.00%	0.00%
Restricted (RST)	0	0.00%	0.00%
Sleeved (SLE)	0	0.00%	0.00%
To Inspect (TI)	0	0.00%	0.00%
To Plug (TP)	0	0.00%	0.00%

Result code statistics

	Number of tubes:	(total)	(inspected)
Bulge (BLG)	0	0.00%	0.00%
Cracking (CRK)	0	0.00%	0.00%
Dented (DNT)	0	0.00%	0.00%
Dist. Sup. Ind. (DSI)	0	0.00%	0.00%
Erosion (ERO)	0	0.00%	0.00%
Thru-wall Hole (HOLE)	0	0.00%	0.00%
Internal Corr. (ID_CORR)	0	0.00%	0.00%
Internal Pit. (ID_PIT)	0	0.00%	0.00%
Incomplete Test (INC)	0	0.00%	0.00%
No defect (NDD)	0	0.00%	0.00%
No Access (NO_ACC)	0	0.00%	0.00%
Non-Quantif. (NQI)	0	0.00%	0.00%
Obstructed (OBS)	0	0.00%	0.00%
External Corr. (OD_CORR)	0	0.00%	0.00%

External Pit. (OD_PIT)	0	0.00%	0.00%
Positive Ind. (PID)	0	0.00%	0.00%
Pitting (PIT)	0	0.00%	0.00%
Permeability (PVN)	0	0.00%	0.00%
Re-test Data (RBD)	0	0.00%	0.00%
Restricted (RES)	0	0.00%	0.00%
Re-test Number (RNC)	0	0.00%	0.00%
Stress Cracking (SCC)	0	0.00%	0.00%
Wear (WAR)	0	0.00%	0.00%
Wall loss long (WLL)	0	0.00%	0.00%
Wall loss short (WLS)	0	0.00%	0.00%
Wall loss taper (WLT)	0	0.00%	0.00%

Defect Range statistics

	Number of tubes:	(total)	(inspected)
Defect = 0.00%	15	75.00%	75.00%
0.00% < Defect <= 20.00%	0	0.00%	0.00%
20.00% < Defect <= 40.00%	1	5.00%	5.00%
40.00% < Defect <= 60.00%	2	10.00%	10.00%
60.00% < Defect <= 80.00%	0	0.00%	0.00%
80.00% < Defect <= 100.00	2	10.00%	10.00%

6.2 Reports για την κεφαλή TRT-130-300-N20

6.2.1 Report: Tube Inspection Results

Tube Inspection Results 2013-01-23

CARTO Version 2.3R0 - Exchanger.mdb Page 1 of 2

Client: Lab
Meander Team
Greece
50100

Site: Site1

Exchanger: Exchanger1
Ferromagnetic Tube

Section: Section1

Zone	Row	Column	Outage	Defect	ID/OD	Eval.	Position	Length	Comment
	1	1	2012	44%	OD			0.00	SOD GR
	1	1	2012	74%	OD			0.00	4xH[2mm]
			Maximum defect:	*74%*					
	1	2	2012	54%	OD			0.00	SOD GR
	1	2	2012	35%	OD			0.00	SOD GR
	1	2	2012	22%	OD			0.00	SOD GR
			Maximum defect:	*54%*					
	1	3	2012	40%	OD			0.00	LOD GR
	1	3	2012	20%	OD			0.00	LOD GR
			Maximum defect:	*40%*					
	1	4	2012	51%	OD			0.00	LOD GR & AXIALLY TAPERED
			Maximum defect:	*51%*					
	1	5	2012	100%	-			0.00	4xH[3mm]
			Maximum defect:	*100%*					
	2	1	2012	0%	-			0.00	
			Maximum defect:	*0%*					
	2	2	2012	0%	-			0.00	
			Maximum defect:	*0%*					
	2	3	2012	0%	-			0.00	
			Maximum defect:	*0%*					
	2	4	2012	0%	-			0.00	
			Maximum defect:	*0%*					

2	5	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
3	1	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
3	2	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
3	3	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
3	4	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
3	5	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
4	1	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
4	2	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
4	3	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
4	4	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
4	5	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		

6.2.2 Report: List Of Inspected Tubes

List Of Inspected Tubes 2013-01-23

CARTO Version 2.3R0 - Exchanger.mdb Page 1 of 2

Client: Lab
Meander Team
Greece
50100

Site: Site1

Exchanger: Exchanger1
Ferromagnetic Tube

Section: Section1

Inspection:

Outage:	2012
Begin:	2012/12/17 11:41:48.00
End:	2013/01/23 17:43:37.00
Operator:	
Analyst:	
Contract:	
Method:	RFT
System:	MS5800
Probe:	TRT-130-300-N20
Comment:	

Zone	Row	Column	Defect	ID/OD	Eval.	Position	Length
	1	1	44%	OD			0.00
	1	1	74%	OD			0.00
	1	2	54%	OD			0.00
	1	2	35%	OD			0.00
	1	2	22%	OD			0.00
	1	3	40%	OD			0.00
	1	3	20%	OD			0.00
	1	4	51%	OD			0.00
	1	5	100%	-			0.00
	2	1	0%	-			0.00
	2	2	0%	-			0.00
	2	3	0%	-			0.00
	2	4	0%	-			0.00
	2	5	0%	-			0.00
	3	1	0%	-			0.00
	3	2	0%	-			0.00
	3	3	0%	-			0.00
	3	4	0%	-			0.00
	3	5	0%	-			0.00
	4	1	0%	-			0.00
	4	2	0%	-			0.00
	4	3	0%	-			0.00
	4	4	0%	-			0.00

4	5	0%	-	0.00

Maximum defect : 100% Inspected tubes: 24

6.2.3 Report: Distribution Of Tubes By Wall loss

Distribution Of Tubes By Wall Loss 2013-01-23

CARTO Version 2.3R0 - Exchanger.mdb Page 1

Client: Lab
Meander Team
Greece

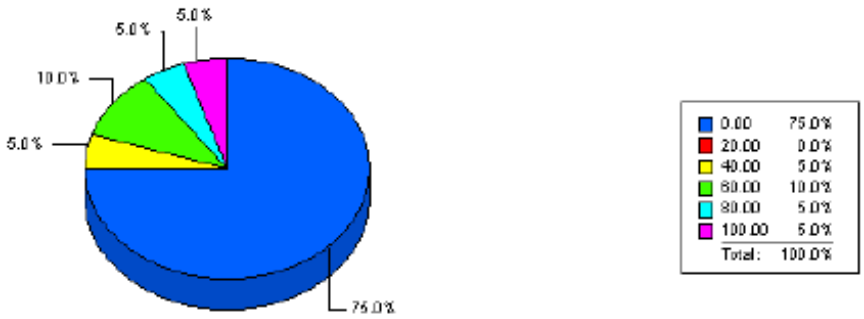
Site: Site1

Exchanger: Exchanger1
Ferromagnetic Tube

Section: Section1

Wall Loss	Tubes	Percent
x = 0%	15	75.0%
0% < x <= 20%	0	.0%
20% < x <= 40%	1	5.0%
40% < x <= 60%	2	10.0%
60% < x <= 80%	1	5.0%
80% < x <= 100%	1	5.0%
	20	

Distribution of Tubes by Wall Loss



6.2.4 Report: Heat Exchanger Status Report

Heat Exchanger Status Report 2013-01-23

CARTO Version 2.3R0 - Exchanger.mdb Page 1 of 2

Client: Lab
Meander Team
Greece
50100

Site: Site1

Exchanger: Exchanger1
Ferromagnetic Tube

Section 1 Section1

Number of tubes:	20
Tubes inspected:	20
Tubes never inspected:	0

Feature code statistics

	Number of tubes:	(total)	(inspected)
Inaccessible (INA)	0	0.00%	0.00%
Inspected (INS)	20	100.00%	100.00%
Plugged (PLG)	0	0.00%	0.00%
Restricted (RST)	0	0.00%	0.00%
Sleeved (SLE)	0	0.00%	0.00%
To Inspect (TI)	20	100.00%	100.00%
To Plug (TP)	0	0.00%	0.00%

Result code statistics

	Number of tubes:	(total)	(inspected)
Bulge (BLG)	0	0.00%	0.00%
Cracking (CRK)	0	0.00%	0.00%
Dented (DNT)	0	0.00%	0.00%
Dist. Sup. Ind. (DSI)	0	0.00%	0.00%
Erosion (ERO)	0	0.00%	0.00%
Thru-wall Hole (HOLE)	0	0.00%	0.00%
Internal Corr. (ID_CORR)	0	0.00%	0.00%
Internal Pit. (ID_PIT)	0	0.00%	0.00%
Incomplete Test (INC)	0	0.00%	0.00%
No defect (NDD)	0	0.00%	0.00%
No Access (NO_ACC)	0	0.00%	0.00%
Non-Quantif. (NQI)	0	0.00%	0.00%
Obstructed (OBS)	0	0.00%	0.00%
External Corr. (OD_CORR)	0	0.00%	0.00%
External Pit. (OD_PIT)	0	0.00%	0.00%

Positive Ind. (PID)	0	0.00%	0.00%
Pitting (PIT)	0	0.00%	0.00%
Permeability (PVN)	0	0.00%	0.00%
Re-test Data (RBD)	0	0.00%	0.00%
Restricted (RES)	0	0.00%	0.00%
Re-test Number (RNC)	0	0.00%	0.00%
Stress Cracking (SCC)	0	0.00%	0.00%
Wear (WAR)	0	0.00%	0.00%
Wall loss long (WLL)	0	0.00%	0.00%
Wall loss short (WLS)	0	0.00%	0.00%
Wall loss taper (WLT)	0	0.00%	0.00%

Defect Range statistics

	Number of tubes:	(total)	(inspected)
Defect = 0.00%	15	75.00%	75.00%
0.00% < Defect <= 20.00%	0	0.00%	0.00%
20.00% < Defect <= 40.00%	1	5.00%	5.00%
40.00% < Defect <= 60.00%	2	10.00%	10.00%
60.00% < Defect <= 80.00%	1	5.00%	5.00%
80.00% < Defect <= 100.00	1	5.00%	5.00%

6.2.5 Report: Inspection Summary Report

Inspection Summary Report 2013-01-23

CARTO Version 2.3R0 - Exchanger.mdb Page 1 of 2

Client: Lab
Meander Team
Greece
50100

Site: Site1

Exchanger: Exchanger1
Ferromagnetic Tube

Section: Section1

Inspection 1

Outage:	2012
Begin:	17/12/2012
End:	23/1/2013
Operator:	
Analyst:	
Contract:	
Method:	RFT
System:	MS5800
Probe:	TRT-130-300-N20
Comment:	
Tube inspected:	20

Result code statistics

	Number of Tubes:	Percent of inspection:
Bulge (BLG)	0	0.0%
Cracking (CRK)	0	0.0%
Dented (DNT)	0	0.0%
Dist. Sup. Ind. (DSI)	0	0.0%
Erosion (ERO)	0	0.0%
Thru-wall Hole (HOLE)	0	0.0%
Internal Corr. (ID_CORR)	0	0.0%
Internal Pit. (ID_PIT)	0	0.0%
Incomplete Test (INC)	0	0.0%
No defect (NDD)	0	0.0%
No Access (NO_ACC)	0	0.0%
Non-Quantif. (NQI)	0	0.0%
Obstructed (OBS)	0	0.0%
External Corr. (OD_CORR)	0	0.0%
External Pit. (OD_PIT)	0	0.0%
Positive Ind. (PID)	0	0.0%
Pitting (PIT)	0	0.0%
Permeability (PVN)	0	0.0%
Re-test Data (RBD)	0	0.0%
Restricted (RES)	0	0.0%

Re-test Number (RNC)	0	0.0%
Stress Cracking (SCC)	0	0.0%
Wear (WAR)	0	0.0%
Wall loss long (WLL)	0	0.0%
Wall loss short (WLS)	0	0.0%
Wall loss taper (WLT)	0	0.0%

Defect Range statistics

Wall loss range:	Number of defects:	Percent of inspection:
x = 0%	15	75.0%
0% < x <= 20%	0	0.0%
20% < x <= 40%	1	5.0%
40% < x <= 60%	2	10.0%
60% < x <= 80%	1	5.0%
80% < x <= 100%	1	5.0%

6.3 Reports για την κεφαλή TRX-130-300-N20

6.3.1 Report: Tube Inspection Results

Tube Inspection Results 2013-01-23

CARTO Version 2.3R0 - Exchanger.mdb Page 1 of 2

Client: Lab
Meander Team
Greece
50100

Site: Site1

Exchanger: Exchanger1
Ferromagnetic Tube

Section: Section1

Zone	Row	Column	Outage	Defect	ID/OD	Eval.	Position	Length	Comment
	1	1	2012	50%	OD			0.00	SOD GR
	1	1	2012	76%	OD			0.00	4xH[2mm]
			Maximum defect:	*76%*					
	1	2	2012	60%	OD			0.00	SOD GR
	1	2	2012	41%	OD			0.00	SOD GR
	1	2	2012	21%	OD			0.00	SOD GR
			Maximum defect:	*60%*					
	1	3	2012	40%	OD			0.00	LOD GR
	1	3	2012	20%	OD			0.00	LOD GR
			Maximum defect:	*40%*					
	1	4	2012	52%	OD			0.00	LOD GR & AXIALLY TAPERED
			Maximum defect:	*52%*					
	1	5	2012	100%	-			0.00	4xH[3mm]
			Maximum defect:	*100%*					
	2	1	2012	0%	-			0.00	
			Maximum defect:	*0%*					
	2	2	2012	0%	-			0.00	
			Maximum defect:	*0%*					
	2	3	2012	0%	-			0.00	
			Maximum defect:	*0%*					
	2	4	2012	94%	-			0.00	H[3mm]
			Maximum defect:	*94%*					

2	5	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
3	1	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
3	2	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
3	3	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
3	4	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
3	5	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
4	1	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
4	2	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
4	3	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
4	4	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		
4	5	2012	0%	-	0.00
		Maximum defect:	*0%*		

6.3.2 Report: List Of Inspected Tubes

List Of Inspected Tubes 2013-01-23

CARTO Version 2.3R0 - Exchanger.mdb Page 1 of 2

Client: Lab
Meander Team
Greece
50100

Site: Site1

Exchanger: Exchanger1
Ferromagnetic Tube

Section: Section1

Inspection:

Outage:	2012
Begin:	2012/12/17 11:41:48.00
End:	2013/01/23 19:06:09.00
Operator:	
Analyst:	
Contract:	
Method:	RFT
System:	MS5800
Probe:	TRX-130-300-N20
Comment:	

Zone	Row	Column	Defect	ID/OD	Eval.	Position	Length
	1	1	50%	OD			0.00
	1	1	76%	OD			0.00
	1	2	60%	OD			0.00
	1	2	41%	OD			0.00
	1	2	21%	OD			0.00
	1	3	40%	OD			0.00
	1	3	20%	OD			0.00
	1	4	52%	OD			0.00
	1	5	100%	-			0.00
	2	1	0%	-			0.00
	2	2	0%	-			0.00
	2	3	0%	-			0.00
	2	4	94%	-			0.00
	2	5	0%	-			0.00
	3	1	0%	-			0.00
	3	2	0%	-			0.00
	3	3	0%	-			0.00
	3	4	0%	-			0.00
	3	5	0%	-			0.00
	4	1	0%	-			0.00
	4	2	0%	-			0.00
	4	3	0%	-			0.00
	4	4	0%	-			0.00

4	5	0%	-	0.00

Maximum defect : 100% Inspected tubes: 24

6.3.3 Report: Distribution Of Tubes By Wall Loss

Distribution Of Tubes By Wall Loss 2013-01-23

CARTO Version 2.3R0 - Exchanger.mdb Page 1

Client: Lab
Meander Team
Greece

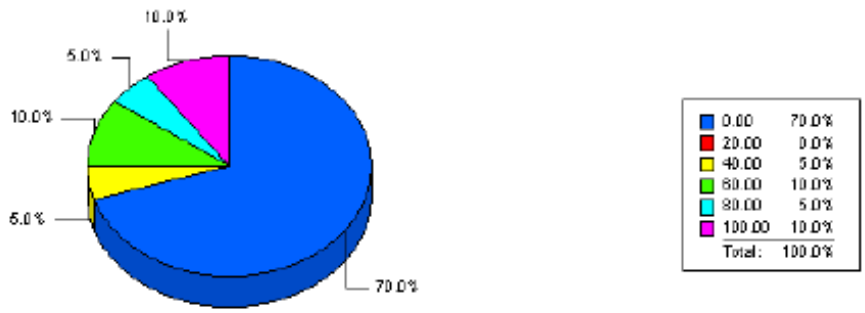
Site: Site1

Exchanger: Exchanger1
Ferromagnetic Tube

Section: Section1

Wall Loss	Tubes	Percent
x = 0%	14	70.0%
0% < x <= 20%	0	.0%
20% < x <= 40%	1	5.0%
40% < x <= 60%	2	10.0%
60% < x <= 80%	1	5.0%
80% < x <= 100%	2	10.0%
	20	

Distribution of Tubes by Wall Loss



6.3.4 Report: Heat Exchanger Status Report

Heat Exchanger Status Report 2013-01-23

CARTO Version 2.3R0 - Exchanger.mdb Page 1 of 2

Client: Lab
Meander Team
Greece
50100

Site: Site1

Exchanger: Exchanger1
Ferromagnetic Tube

Section 1 Section1

Number of tubes:	20
Tubes inspected:	20
Tubes never inspected:	0

Feature code statistics

	Number of tubes:	(total)	(inspected)
Inaccessible (INA)	0	0.00%	0.00%
Inspected (INS)	20	100.00%	100.00%
Plugged (PLG)	0	0.00%	0.00%
Restricted (RST)	0	0.00%	0.00%
Sleeved (SLE)	0	0.00%	0.00%
To Inspect (TI)	20	100.00%	100.00%
To Plug (TP)	0	0.00%	0.00%

Result code statistics

	Number of tubes:	(total)	(inspected)
Bulge (BLG)	0	0.00%	0.00%
Cracking (CRK)	0	0.00%	0.00%
Dented (DNT)	0	0.00%	0.00%
Dist. Sup. Ind. (DSI)	0	0.00%	0.00%
Erosion (ERO)	0	0.00%	0.00%
Thru-wall Hole (HOLE)	0	0.00%	0.00%
Internal Corr. (ID_CORR)	0	0.00%	0.00%
Internal Pit. (ID_PIT)	0	0.00%	0.00%
Incomplete Test (INC)	0	0.00%	0.00%
No defect (NDD)	0	0.00%	0.00%
No Access (NO_ACC)	0	0.00%	0.00%
Non-Quantif. (NQI)	0	0.00%	0.00%
Obstructed (OBS)	0	0.00%	0.00%
External Corr. (OD_CORR)	0	0.00%	0.00%
External Pit. (OD_PIT)	0	0.00%	0.00%

Positive Ind. (PID)	0	0.00%	0.00%
Pitting (PIT)	0	0.00%	0.00%
Permeability (PVN)	0	0.00%	0.00%
Re-test Data (RBD)	0	0.00%	0.00%
Restricted (RES)	0	0.00%	0.00%
Re-test Number (RNC)	0	0.00%	0.00%
Stress Cracking (SCC)	0	0.00%	0.00%
Wear (WAR)	0	0.00%	0.00%
Wall loss long (WLL)	0	0.00%	0.00%
Wall loss short (WLS)	0	0.00%	0.00%
Wall loss taper (WLT)	0	0.00%	0.00%

Defect Range statistics

	Number of tubes:	(total)	(inspected)
Defect = 0.00%	14	70.00%	70.00%
0.00% < Defect <= 20.00%	0	0.00%	0.00%
20.00% < Defect <= 40.00%	1	5.00%	5.00%
40.00% < Defect <= 60.00%	2	10.00%	10.00%
60.00% < Defect <= 80.00%	1	5.00%	5.00%
80.00% < Defect <= 100.00	2	10.00%	10.00%

6.3.5 Report: Inspection Summary Report

Inspection Summary Report 2013-01-23

CARTO Version 2.3R0 - Exchanger.mdb Page 1 of 2

Client: Lab
Meander Team
Greece
50100

Site: Site1

Exchanger: Exchanger1
Ferromagnetic Tube

Section: Section1

Inspection 1

Outage:	2012
Begin:	17/12/2012
End:	23/1/2013
Operator:	
Analyst:	
Contract:	
Method:	RFT
System:	MS5800
Probe:	TRX-130-300-N20
Comment:	
Tube inspected:	20

Result code statistics

	Number of Tubes:	Percent of inspection:
Bulge (BLG)	0	0.0%
Cracking (CRK)	0	0.0%
Dented (DNT)	0	0.0%
Dist. Sup. Ind. (DSI)	0	0.0%
Erosion (ERO)	0	0.0%
Thru-wall Hole (HOLE)	0	0.0%
Internal Corr. (ID_CORR)	0	0.0%
Internal Pit. (ID_PIT)	0	0.0%
Incomplete Test (INC)	0	0.0%
No defect (NDD)	0	0.0%
No Access (NO_ACC)	0	0.0%
Non-Quantif. (NQI)	0	0.0%
Obstructed (OBS)	0	0.0%
External Corr. (OD_CORR)	0	0.0%
External Pit. (OD_PIT)	0	0.0%
Positive Ind. (PID)	0	0.0%
Pitting (PIT)	0	0.0%
Permeability (PVN)	0	0.0%
Re-test Data (RBD)	0	0.0%
Restricted (RES)	0	0.0%

Re-test Number (RNC)	0	0.0%
Stress Cracking (SCC)	0	0.0%
Wear (WAR)	0	0.0%
Wall loss long (WLL)	0	0.0%
Wall loss short (WLS)	0	0.0%
Wall loss taper (WLT)	0	0.0%

Defect Range statistics

Wall loss range:	Number of defects:	Percent of inspection:
x = 0%	14	70.0%
0% < x <= 20%	0	0.0%
20% < x <= 40%	1	5.0%
40% < x <= 60%	2	10.0%
60% < x <= 80%	1	5.0%
80% < x <= 100%	2	10.0%