

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ  
ΔΙΑΡΟΜΜΑΤΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ**

**ΘΕΜΑ: ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ  
ΣΙΔΗΡΟΣΩΛΗΝΩΝ**

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:  
ΚΟΣ ΠΑΠΑΛΥΜΠΕΡΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**



**ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΑΤΡΑ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2003**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>Πρόλογος.</b>	σελ.3
<b>Κεφαλαίο 1: Γραμμή παραγωγής.</b>	σελ.4
1.1 Πρώτη Ύλη.	σελ.4
1.2 Διαμόρφωση.	σελ.9
1.3 Προδιαμόρφωση-Κλωβός.	σελ.11
1.4 Διαμόρφωση FINN PASS.	σελ.12
1.5 Συγκόλληση.	σελ.15
1.6 Ανόπτηση Ραφής.	σελ.22
1.7 Δεύτερο PULL OUT.	σελ.28
1.8 Απόψυξη της συγκόλλησης.	σελ.29
1.9 Τελική Ρύθμιση της Διαμέτρου (Καλιμπραριστικό).	σελ.29
1.10 Η Κοπή των σωλήνων.	σελ.31
1.11 Δημιουργία Ταυτότητας Κάθε Σωλήνα.	σελ.33
1.12 Ευθύτητα των Σωλήνων.	σελ.33
1.13 Φρεζάρισμα.	σελ.35
1.14 Υδραυλική Δοκιμή.	σελ.37
1.15 Στατικό Κοπτικό.	σελ.40
<b>Κεφάλαιο 2: Ποιοτικός Έλεγχος.</b>	σελ.44
2.1 Καταστροφικές Δοκιμές.	σελ.44
2.1.1 Χημική Ανάλυση.	σελ.47
2.1.2 Μηχανικές Δοκιμές.	σελ.48
2.1.3 Εφελκυσμός.	σελ.49
2.1.4 Δοκιμή Κρούσης (IMPACT TEST).	σελ.54
2.1.5 Drop Weight Tear Test (DWTT).	σελ.63
2.1.6 Reverse Bend Test.	σελ.64
2.1.7 Σκληρότητα.	σελ.66
2.1.8 Φασματογράφος (SPECTROLAB).	σελ.67
2.1.9 Μέθοδος Charpy-V Test.	σελ.69
2.1.10 Flattening Test.	σελ.75
2.1.11 Drift Test.	σελ.80
2.2 Μη καταστροφικές Δοκιμές.	σελ.82
2.2.1 Οπτικός Έλεγχος.	σελ.82
2.2.2 Έλεγχος με Μαγνητικά Σωματίδια.	σελ.88
2.2.3 Έλεγχος Υπερήχων με Φορητή Συσκευή.	σελ.94
2.2.4 Έλεγχος με Διεισδυτικά Υγρά.	σελ.100
<b>Κεφάλαιο 3: Τα Αποτελέσματα της Συχνότητας στη Συγκόλληση Υψηλής Συχνότητας (HFV).</b>	σελ.102
3.1 Η Επίδραση της Θερμότητας στη Συγκόλληση 'Vee'.	σελ.102

3.2	Η Επίδραση της Συχνότητας στην Ισχύ που Απαιτείται για τη Συγκόλληση. . . . .	σελ.105
3.3	Η Επίδραση της Συχνότητας στο Μέγεθος της Θερμικής Ζώνης. . . . .	σελ.109
3.4	Η Επίδραση της Συχνότητας στο Επίπεδο Μαγνητικής Ροής του Impeder. . . . .	σελ.111
3.5	Η ‘Καλύτερη’ Συχνότητα Συγκόλλησης. . . . .	σελ.113
<b>Κεφάλαιο 4: Τα Ράουλα των Ισιωτικών Μηχανών και η Λειτουργία τους.</b> . . . .		σελ.116
4.1	Η Μορφή των Ράουλων. . . . .	σελ.116
4.2	Ευθυγράμμιση των Ράουλων στην Ισιωτική Μηχανή. . . . .	σελ.119
4.3	Εξοπλισμός Κίνησης των Ράουλων. . . . .	σελ.120
4.4	Η Ένδυση των Ράουλων. . . . .	σελ.121
4.5	Ειδικά Ισιωτικά Ράουλα. . . . .	σελ.122
<b>Κεφάλαιο 5: Τελικές Διεργασίες για την Αποθήκευση των Σωλήνων.</b> . . . .		σελ.123
5.1	Ζύγιση. . . . .	σελ.123
5.2	Μέτρηση Μήκους. . . . .	σελ.124
5.3	Βαφή. . . . .	σελ.124
5.4	Τελικό Μαρκάρισμα. . . . .	σελ.124
5.5	Κατηγορίες Σωλήνων. . . . .	σελ.127
<b>Κεφάλαιο 6: Χρήσεις Σωλήνων.</b> . . . .		σελ.129
<b>Παράρτημα</b> . . . . .		σελ.130
<b>Βιβλιογραφία</b> . . . . .		σελ.131

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι σωλήνες είναι ένα σημαντικό προϊόν για τη ζωή μας με πολλές εφαρμογές. Η χρήση τους ξεκινάει από τα αρχαία χρόνια όπου η κατασκευή τους ήταν από πηλό και χρησιμοποιήθηκαν ως αγωγοί νερού. Με το πέρασμα των χρόνων όμως άρχισαν να βρίσκουν περισσότερες εφαρμογές λόγω της χρησιμότητάς τους αλλά και λόγω της ανάπτυξης νέων υλικών και μεθόδων κατασκευής. Σήμερα οι σωλήνες χρησιμοποιούνται σε πάρα πολλούς τομείς και η κατασκευή τους γίνεται με πολλές μεθόδους. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται κυρίως είναι ο χάλυβας, το πλαστικό, ο χαλκός το τσιμέντο κ.α. Ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται και τις προδιαγραφές που απαιτούνται, γίνεται και η εκλογή της μεθόδου κατασκευής και του υλικού. Οι κυριότερες μέθοδοι είναι οι εξής: σωληνομηχανές χαλυβδοσωλήνων με υψηλόσυχο (HFW), σωληνομηχανές χαλυβδοσωλήνων με ηλεκτρική αντίσταση (ERW), σωληνομηχανές Extruder για τουμποσωλήνες και σωληνομηχανές injection για πλαστικές. Επίσης, “χαλυβδοσωλήνες” χωρίς προδιαγραφές και με μικρό κόστος, μπορούν να κατασκευαστούν από φύλλα λαμαρίνας σε μηχανές οι οποίες ονομάζονται κύλινδροι.

Στην εργασία αυτή θα αναλυθεί η κατασκευή χαλυβδοσωλήνων ευθείας αφανούς ραφής (Line Pipe και Casing σωλήνες) με σωληνομηχανή (HFW) καθώς και ο ποιοτικός έλεγχος των παραγόμενων σωλήνων. Η μέθοδος αυτή είναι η πιο σύγχρονη που υπάρχει και με αυτόν τον τρόπο κατασκευάζονται χαλυβδοσωλήνες ευθείας αφανούς ραφής υψηλών προδιαγραφών σε όλο τον κόσμο. Στην Ελλάδα οι σωληνουργείες που διαθέτουν τέτοια σύγχρονα μηχανήματα είναι τρεις : 1) Σωληνουργία Κορίνθου, 2) Ελληνικά Σωληνουργία (Χαλκίδα) και 3) Σωληνουργία Θηβών. Οι σωληνουργείες αυτές είναι μέσα στις μεγαλύτερες της Ευρώπης, με διεθνείς πιστοποιήσεις API 5L και API 5CT, και πελάτες μεγάλες εταιρίες όπως η SHELL, η BP κ.α.

Επειδή για την κατασκευή σωλήνων δεν υπάρχει βιβλιογραφία, η συγκέντρωση στοιχείων για την εργασία αυτή, έγινε από επισκέψεις στη Σωληνουργία Κορίνθου και με λίγα στοιχεία από το internet. Για τη μέθοδο κατασκευής τουμποσωλήνων με μηχανή Extruder δε βρέθηκαν στοιχεία γιατί τα εργοστάσια του εξωτερικού που κατασκευάζουν τέτοιες σωλήνες (στην Ελλάδα δεν υπάρχουν τέτοια εργοστάσια), δε δίνουν τα στοιχεία παραγωγής στη δημοσιότητα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΡΑΜΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τη γραμμή παραγωγής της σωληνομηχανής HFW καθώς και την πρώτη ύλη για την κατασκευή σωλήνων. Πρώτα όμως θα πρέπει να διευκρινίσουμε τι είναι οι σωλήνες Line Pipe και τι οι Casing σωλήνες. Οι Line Pipe είναι σωλήνες που χρησιμοποιούνται ως αγωγοί για τη μεταφορά καυσίμων και αερίων. Οι Casing είναι σωλήνες περιβλήματος. Δηλαδή μέσα σε αυτές τις σωλήνες μπαίνουν τα αντλητικά συστήματα των καυσίμων ή των αερίων. Η πιστοποίησή τους γίνεται βάση των προδιαγραφών API (American Petroleum Institute) του Αμερικάνικου Ινστιτούτου Πετρελαίου. Οι Line Pipe πιστοποιούνται από την προδιαγραφή API 5L ενώ οι Casing πιστοποιούνται από την προδιαγραφή API 5CT.

### **1.1 ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ**

- Η πρώτη ύλη για την παραγωγή χαλυβδοσωλήνων είναι ελάσματα θερμής έλασης σε μορφή κουλούρας (**coil**). Χαρακτηρίζονται από:

**α. Το βάρος:** Μέγιστο 22 TON

**β. Την εξωτερική και εσωτερική διάμετρο της κουλούρας:**

Μέγιστη εξωτερική διάμετρος 2000 mm

Ελάχιστη εσωτερική διάμετρος 450 mm

Μέγιστη εσωτερική διάμετρος 750 mm.

**γ. Το πλάτος του ελάσματος:** Το πλάτος είναι καθοριστικό για την παραγωγή μίας και μόνον διαμέτρου σωλήνος.

Το τσέρκι που χρησιμοποιούμε παραγγέλλεται αξάκριστο σε μοναδιαία ή πολλαπλά πλάτη οπότε είτε απλώς ξακρίζεται στην Σωληνοποιητική Μηχανή (μοναδιαία πλάτη) είτε κόβεται στα επιθυμητά καθαρά πλάτη στο Σχιστικό Μηχάνημα (περίπτωση πολλαπλών πλατών).

Σημειώνεται βεβαίως ότι το καθαρό πλάτος τσερκιού για την παραγωγή μίας συγκεκριμένης διαμέτρου σωλήνα εξαρτάται από το πάχος του. Η σχέση αυτή δίδεται σε σχετικό πίνακα τον οποίον χρησιμοποιούν είτε οι Χειριστές του Σχιστικού Μηχανήματος είτε οι Χειριστές του ξακριστικού της Σωληνοποιητικής Μηχανής προκειμένου να επιτύχουν την σωστή ρύθμισή του.

**δ. Το πάχος του ελάσματος:** Το πάχος μίας συγκεκριμένης διάστασης ελάσματος εξαρτάται από το πάχος του προς Παραγωγή σωλήνα. Οι επιτρεπόμενες ανοχές του πάχους καθορίζονται από την προδιαγραφή **DIN 1016** ή την αντίστοιχη προδιαγραφή σωλήνων **API 5L & API 5CT**.

**ε. Το είδος του χάλυβα:** Οι παραγόμενοι σωλήνες εκτός από την διάσταση τους, ποικίλουν ανάλογα με το είδος του υλικού κατασκευής των. Έτσι και τα χρησιμοποιούμενα ελάσματα είναι ανάλογης ποιότητας σε ότι αφορά την Χημική τους σύνθεση και τις Μηχανικές τους ιδιότητες. Βεβαίως ανεξάρτητα από τον τύπο του χάλυβα, η παραγωγή των ελασμάτων στα χαλυβουργεία πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις σύγχρονες μεθόδους κατεργασίας, χύτευσης και θερμής έλασης.

Για την Παραγωγή σωλήνων ποιότητας:

1. ST 37-2 χρησιμοποιούνται ελάσματα ST 37-2 κατά DIN 17100 ή ισοδυνάμου grade άλλης προδιαγραφής.
2. API 5L GR-B, API 5CT GR H-40, ASTM A53 GR-B χρησιμοποιούνται ελάσματα ST 44-2 κατά DIN 17100 ή ισοδυνάμου grade άλλης προδιαγραφής.
3. API 5L GR X-42 χρησιμοποιούνται ελάσματα ST 44-2 κατά DIN 17100 ή ισοδυνάμου grade άλλης προδιαγραφής.
4. API 5L GR X-46 χρησιμοποιούνται ελάσματα ST 44-2 κατά DIN 17100 ή ισοδυνάμου grade άλλης προδιαγραφής.
5. API 5L GR X-52 χρησιμοποιούνται ελάσματα ST 52-3 κατά DIN 17100 ή ισοδυνάμου grade άλλης προδιαγραφής.
6. API 5L GR X-60 χρησιμοποιούνται ελάσματα ST 60-2 κατά DIN 17100 ή ισοδυνάμου grade άλλης προδιαγραφής.
7. API 5L GR X-65 χρησιμοποιούνται ελάσματα X- 65 κατά API 5L ή ισοδυνάμου grade άλλης προδιαγραφής.
8. API 5CT J-55 χρησιμοποιούνται ελάσματα J-55 κατά API 5CT ή ισοδυνάμου grade άλλης προδιαγραφής.

### **1.1.2 ΔΙΕΝΕΡΓΟΥΜΕΝΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ**

Οι έλεγχοι των παραλαμβανομένων ελασμάτων (τσερκιών) συνίστανται:

- α) Στον έλεγχο κατά την παραλαβή.
- β) Στον έλεγχο κατά την χρησιμοποίησή των.

γ) Στον έλεγχο των Πιστοποιητικών Ποιότητας.

#### **α) Έλεγχος κατά την παραλαβή**

Ο Ελεγκτής παραλαβής υποχρεούται να διενεργεί τους κάτωθι ελέγχους:

α.1) Ότι η πινακίδα του τσερκιού περιλαμβάνει τα κάτωθι στοιχεία:

- Βάρος
- Ποιότητα
- Διάσταση
- Αριθμό Χυτηρίου και αριθμό coil
- Αριθμό παραγγελίας
- Ημερομηνία παραγωγής.

α.2) Μετά τη ζύγισή του, ότι το βάρος ανταποκρίνεται στο αναφερόμενο.

α.3) Ότι η συσκευασία του είναι κατάλληλη. Δηλαδή τα τσέρκια συσκευασίας δεν έχουν κοπεί.

α.4) Ότι δεν έχει υποστεί μηχανικές κακώσεις που το καθιστούν ακατάλληλο για χρήση.

α.5) Ότι δεν έχει υποστεί έντονη οξείδωση κυρίως από θαλασσινό νερό.

α.6) Ότι το τύλιγμα είναι σφικτό και δεν παρουσιάζει τηλεσκοπική μορφή.

Οι άκρες κάθε σπείρας πρέπει να συμπίπτουν μεταξύ τους (πρόσωπο).

Οι επιτρεπόμενες αποκλίσεις από κάθε άκρη είναι:

35 mm Max. για πλάτος τσερκιού μέχρι 600 mm

60 mm Max. για πλάτος τσερκιού άνω των 600 mm.

Όταν πρόκειται για ξακρισμένο τσέρκι οι επιτρεπόμενες αποκλίσεις μειώνονται στα 25 mm και 40 mm αντιστοίχως.

α.7) Ότι η εξωτερική διάμετρος του τσερκιού δεν υπερβαίνει τα 2000 mm ή δε εσωτερική διάμετρος του, ότι είναι μεταξύ 450 mm και 750 mm.

α.8) Ότι το πλάτος του τσερκιού συμφωνεί με το αναγραφόμενο στην πινακίδα.

Αν για οποιοδήποτε από τα ανωτέρω παρατηρήσει απόκλιση από τα επιτρεπόμενα τότε:

- Τοποθετεί κόκκινο χρώμα στο εν λόγω τσέρκι
- Τοποθετεί πινακίδα ακαταλληλότητας .

#### **β) Έλεγχος κατά τη χρησιμοποίηση**

Με ευθύνη του Εργοδηγού Παραγωγής μεταφέρονται στο χώρο τροφοδοσίας της Σωληνοποιητικής Μηχανής τα τσέρκια που επιλέγει για να χρησιμοποιηθούν σύμφωνα με την διάσταση και ποιότητα που ορίζει η Εντολή Παραγωγής (Process Sheet) .

Εξυπακούεται ότι δεν χρησιμοποιεί τα τσέρκια που φέρουν πινακίδα ακαταλληλότητας εκτός αν πρόκειται για τσέρκια που απλώς δεν έχουν αριθμό χυτηρίου οπότε στην περίπτωση αυτή δίδεται ένας αριθμός χυτηρίου. Λαμβάνει υποχρεωτικά δείγμα για μηχανικές δοκιμές και χημική ανάλυση.

Ο Χειριστής τροφοδοσίας μηχανής κατά την εκτύλιξη του τσερκιού προβαίνει στις κάτωθι εργασίες:

- β.1) Τοποθετεί το μετρητή μήκους και καταγράφει το μήκος του
- β.2) Ελέγχει το πλάτος σε τρία σημεία και καταγράφει τον μέσο όρο των μετρήσεων.

Τα σημεία των μετρήσεων απέχουν από την αρχή και το τέλος του τσερκιού

(90 / πάχος) μέτρα.

- β.3) Ελέγχει το πάχος σε τρία σημεία και καταγράφει τον μέσο όρο των μετρήσεων.

Τα σημεία των μετρήσεων απέχουν από την αρχή και το τέλος του τσερκιού τουλάχιστον (90 / πάχος) μέτρα από δε τα άκρα του τσερκιού

για πλάτη 600 mm και κάτω, 20 mm

για πλάτη 600 mm και άνω, 40 mm

για πλάτη 600 mm και άνω, 25 mm αν είναι ξακρισμένο.

- β. 4) Ελέγχει το μήκος της "ουράς" και "γλώσσας" του τσερκιού ώστε να μην υπερβαίνει το 1000 mm.
- β. 5) Ελέγχει την ευθύτητα του τσερκιού, "γιαταγάνι".
- β. 6) Για κάθε νέο χυτήριο κόβει δείγμα για χημική ανάλυση και μηχανικές δοκιμές, μαρκάροντας το δοκίμια με τον αριθμό coil και αριθμό χυτηρίου. Στους κατωτέρω πίνακες δίδονται οι επιτρεπόμενες αποκλίσεις για το πάχος, πλάτος, "γιαταγάνι".



ΟΝΟΜ. ΠΑΧΟΣ ΑΠΟ - ΕΩΣ Mm	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΑΧΟΣ ΓΙΑ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΑ ΠΑΧΗ			
	100 - 600 mm	600 - 1200 mm	1200 - 1500 mm	1500 - 1800 mm
3.00 - 4.00	± 0,17	± 0,22	± 0,24	
4.00 - 5.00	± 0,18	± 0,24	± 0,26	± 0,28
5.00 - 6.00	± 0,19	± 0,26	± 0,28	± 0,29
6.00 - 8.00	± 0,20	± 0,29	± 0,30	± 0,31
8.00 - 10.00	± 0,20	± 0,32	± 0,33	± 0,34
10.00 - 12.50	± 0,24	± 0,35	± 0,36	± 0,37
12.50 - 15.00	± 0,24	± 0,37	± 0,38	± 0,40

**Πιν. 1 ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΑΧΟΣ**

ΟΝΟΜ. ΠΛΑΤΟΣ ΑΠΟ - ΕΩΣ mm	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΠΡΟΣ ΤΑ ΑΝΩ Mm
250 - 400	3,6
400 - 600	4,2
600 - 2000	20,0

**Πιν. 2 ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΝΟΛ.  
ΠΛΑΤΟΣ**

ΟΝΟΜ. ΠΛΑΤΟΣ ΑΠΟ - ΕΩΣ MM	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΑΝΩ ΓΙΑ ΠΑΧΗ (MM)			
	3.00 - 5.00	5.00 - 7.00	7.00 - 10.00	ΑΝΩ ΤΩΝ 10.00
250 - 400	1,3	1,6	1,7	ΚΑΤΟΠΙΝ ΣΥΜΦΩΝΙΑΣ
400 - 600	1,8	2,0	2,1	
600 - 1200	2,7	3,0	3,2	
1200 - 2000	4,0	5,0	5,0	

**Πιν. 3 ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΠΛΑΤΟΥΣ (ΓΙΑ  
ΞΑΚΡΙΣΜΕΝΟ)**

ΟΝΟΜ. ΠΛΑΤΟΣ ΑΠΟ - ΕΩΣ MM	ΜΗΚΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ MM	ΓΙΑΤΑΓΑΝΙ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟ MM	
		ΚΟΙΝΑ ΑΚΡΑ	ΞΑΚΡΙΣΜΕΝΟ
40 - 600	2500	10	10
600 - 2000	5000	25	15

**Πιν. 4 ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟ "ΓΙΑΤΑΓΑΝΙ"**

### γ) Έλεγχος πιστοποιητικών των τσερκιών.

Ο Προϊστάμενος Ποιοτικού Ελέγχου με την άφιξη των πιστοποιητικών της 1<sup>ης</sup> ύλης προβαίνει σε έλεγχο των αναγραφόμενων σ' αυτά στοιχείων.

Έτσι ελέγχει:

- γ.1) Τις μηχανικές ιδιότητες ότι είναι σύμφωνα με τις απαιτήσεις της "προδιαγραφής υλικών" και της παραγγελίας.
- γ.2) Τη χημική ανάλυση ότι είναι σύμφωνα με τις απαιτήσεις της "προδιαγραφής υλικών" και της παραγγελίας.
- γ.3) Ότι η αναγραφόμενη διάσταση περιλαμβάνεται στην παραγγελία.
- γ.4) Ότι η ποιότητα του χάλυβα αναγράφεται στο πιστοποιητικό.
- γ.5) Ότι υπάρχει ένδειξη περί του τρόπου χαλυβοποιήσεως και του τρόπου χύτευσης και ότι αμφότερα συμφωνούν με τη "προδιαγραφή υλικών"
- γ.6) Ότι τέλος τα εν λόγω πιστοποιητικά αφορούν τη συγκεκριμένη παραγγελία.

Με την ολοκλήρωση των ελέγχων αυτών μονογράφει το πιστοποιητικό τοποθετώντας την ένδειξη "Ο.Κ.". Σε περίπτωση παρέκκλισης για οιαδήποτε από τις ανωτέρω αιτίες τοποθετεί την ένδειξη "N.C." και με μέριμνα του φροντίζει για την τοποθέτηση "πινακίδας ακαταλληλότητας" στα υπό την περίπτωση τσερκια.

## 1.2 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Στην φάση αυτή της παραγωγής επιτελείται ο αντικειμενικός σκοπός της διαμόρφωσης του επιπέδου ελάσματος σε κυλινδρική μορφή. Αυτό γίνεται διαδοχικά σε τρία στάδια.

### 1.2.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ

Τα τσερκια τα οποία χρησιμοποιούνται στο Εργοστάσιο υπόκεινται, κατά περίπτωση, στις παρακάτω κατεργασίες:

α) κατεργασία σχισίματος σε δύο ή τρία τμήματα (τσερκια για παραγωγή σωλήνων 6<sup>5/8"</sup> και 8<sup>5/8"</sup>, σε όλα τα χρησιμοποιούμενα πάχη και τσερκια για παραγωγή σωλήνων μεγαλύτερων από 10<sup>3/4"</sup>, για πάχη μικρότερα ή ίσα από 8 mm)

β) κατεργασία ξακρίσματος των άκρων (τσέρκια για παραγωγή σωλήνων 10<sup>3/4</sup>”, για πάχη μεγαλύτερα από 8 mm και τσέρκια για παραγωγή σωλήνων για παραγωγή σωλήνων μεγαλύτερων από 10<sup>3/4</sup>”, για όλα τα πάχη).

Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα για τους παρακάτω συνδυασμούς:

- Η περίπτωση α) μπορεί να συνδυαστεί και με την χρήση «edge miller». Ο Υπεύθυνος Παραγωγής κρίνει ανάλογα με το πλάτος του χρησιμοποιούμενου τσερκιού και τις απαιτήσεις της παραγγελίας για τη συνδυαστική χρήση του «σχιστικού» και του «edge miller». Επίσης, αυτό εφαρμόζεται ύστερα από απαίτηση του πελάτη.
- Η περίπτωση β) μπορεί να συνδυαστεί και με την χρήση «edge miller». Ο Υπεύθυνος Παραγωγής κρίνει ανάλογα με το πλάτος του χρησιμοποιούμενου τσερκιού και τις απαιτήσεις της παραγγελίας για τη συνδυαστική χρήση του «ξακριστικού» και του «edge miller». Επίσης, αυτό εφαρμόζεται ύστερα από απαίτηση του πελάτη.
- Χρήση «σχιστικού», «ξακριστικού» και «edge miller». Ο Υπεύθυνος Παραγωγής κρίνει ανάλογα με το πλάτος του χρησιμοποιούμενου τσερκιού και τις απαιτήσεις της παραγγελίας για τη συνδυαστική χρήση των τριών μηχανών για όλο το εύρος διαμέτρων και πάχους των παραγόμενων σωλήνων. Επίσης, αυτό εφαρμόζεται ύστερα από απαίτηση του πελάτη.



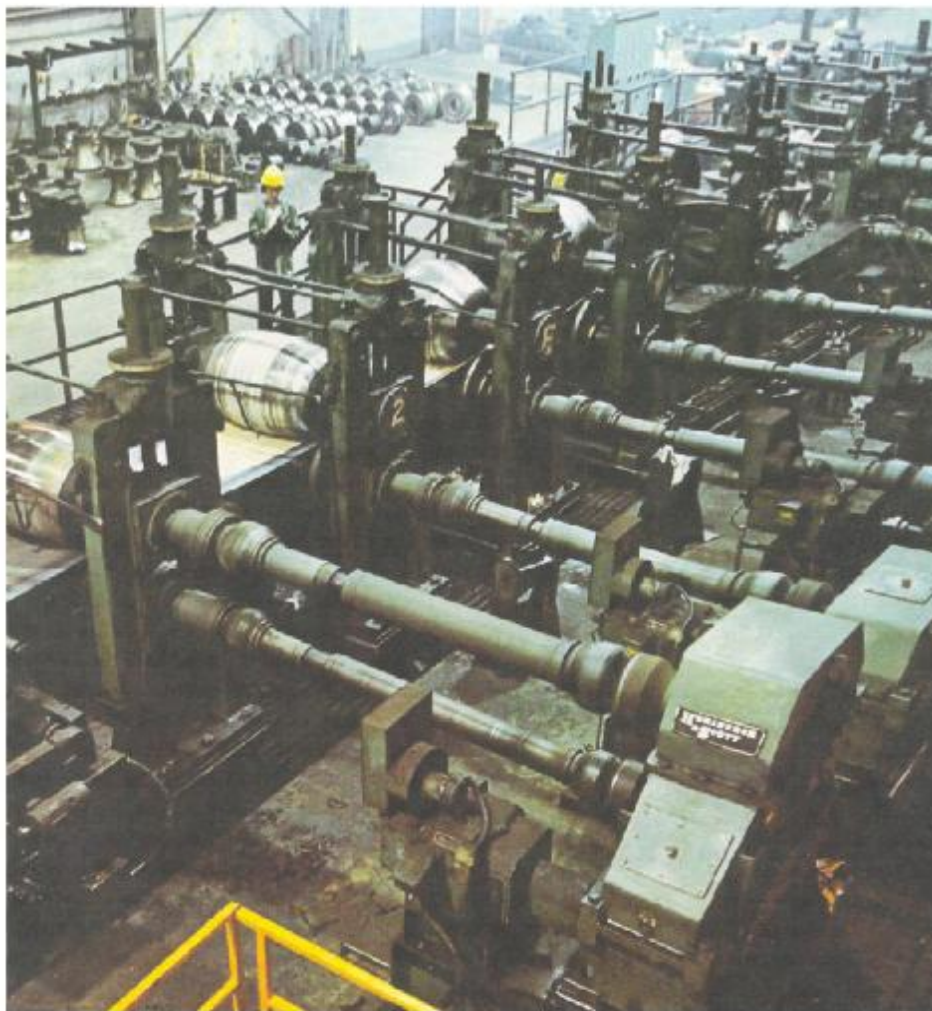
**Εικόνα 1.1: Σχιστικό μηχάνημα**

Το επίπεδο έλασμα στη συνέχεια υπόκειται σε μία προ-διαμόρφωση μέσω ειδικού ζεύγους ράουλων, «πεπόνι». Χρησιμοποιούνται ζεύγη τέτοιων προ-διαμορφωτικών ράουλων ανάλογα με το πλάτος του τσερκιού.

### **1.3 Προδιαμόρφωση – Κλωβός**

Το τσέρκι μετά το «πεπόνι» διέρχεται μέσω του κλωβού υποκειμένο σε προοδευτική κυλινδροποίηση. Είναι ουσιαστική η απόλυτα συμμετρική διέλευσή του, προκειμένου έτσι να αποφεύγεται κατά το δυνατόν η “στρέψη” του σωλήνα μετά την συγκόλληση.

Ειδική μέριμνα πρέπει να δίδεται κατά τη ρύθμιση του κλωβού ώστε να εξασφαλίζεται η προοδευτική κύρτωση του ελάσματος που τείνει να πάρει τη μορφή κύκλου κατά την είσοδό του στην επόμενη φάση της διαμόρφωσης.



**Εικόνα 1.2: Πέρασμα του τσερκιού από τα ράουλα προοδευτική κυλινδροποίησης (απέναντι από τη μηχανή διακρίνονται άλλων διαστάσεων).**

## **1.4 Διαμόρφωση FIN PASS**

Η διαμόρφωση στη φάση αυτή γίνεται σε τρία στάδια. Είναι καθοριστική η ορθή ρύθμιση των τριών αυτών stand (fin pass).

Η κυλίνδρωση από καθαρά ελλειπτική μορφή που έχει στο 1<sup>ο</sup> fin πρέπει να καταλήγει σε μορφή κύκλου κατά την έξοδο από το 3<sup>ο</sup> fin.

Ιδιαίτερη μέριμνα δίδεται από τους χειριστές και εργοδηγούς παραγωγής ώστε τα ράουλα των Fin Pass δεν σημαδεύουν το σωλήνα (roll marks).

Κατά την διαμόρφωση μέσα στα Fin Pass, ο υπό κατασκευή σωλήνας υπόκειται και σε μία ελαφρά μείωση της διαμέτρου, όπως αυτή μετράται με ταινία διαμέτρου από το ένα άκρο στο άλλο περιφερειακά.

Στόχος των Fin Pass είναι να εξασφαλίσουμε:

### **α) Ιδανική γεωμετρία του σωλήνα**

Εννοούμε τη μέγιστη δυνατή κυκλικότητα, χωρίς "σπασίματα" του ελάσματος.

### **β) Ιδανική γωνία "V" προσέγγισης των προς συγκόλληση άκρων**

Η γωνία αυτή εξαρτάται κυρίως από το πάχος του ελάσματος και την ποιότητά του και είναι ανεξάρτητη από τη διάμετρο του σωλήνα.

Προκειμένου για την ορθή ρύθμιση της γωνίας αυτής επεμβαίνουμε κατ' αρχήν στο 3<sup>ο</sup> Fin Pass και στα οδηγητικά ράουλα.

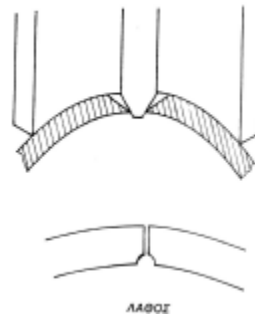
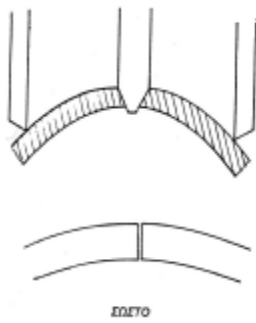
### **γ) Την καλύτερη δυνατή παραλληλότητα των άκρων**

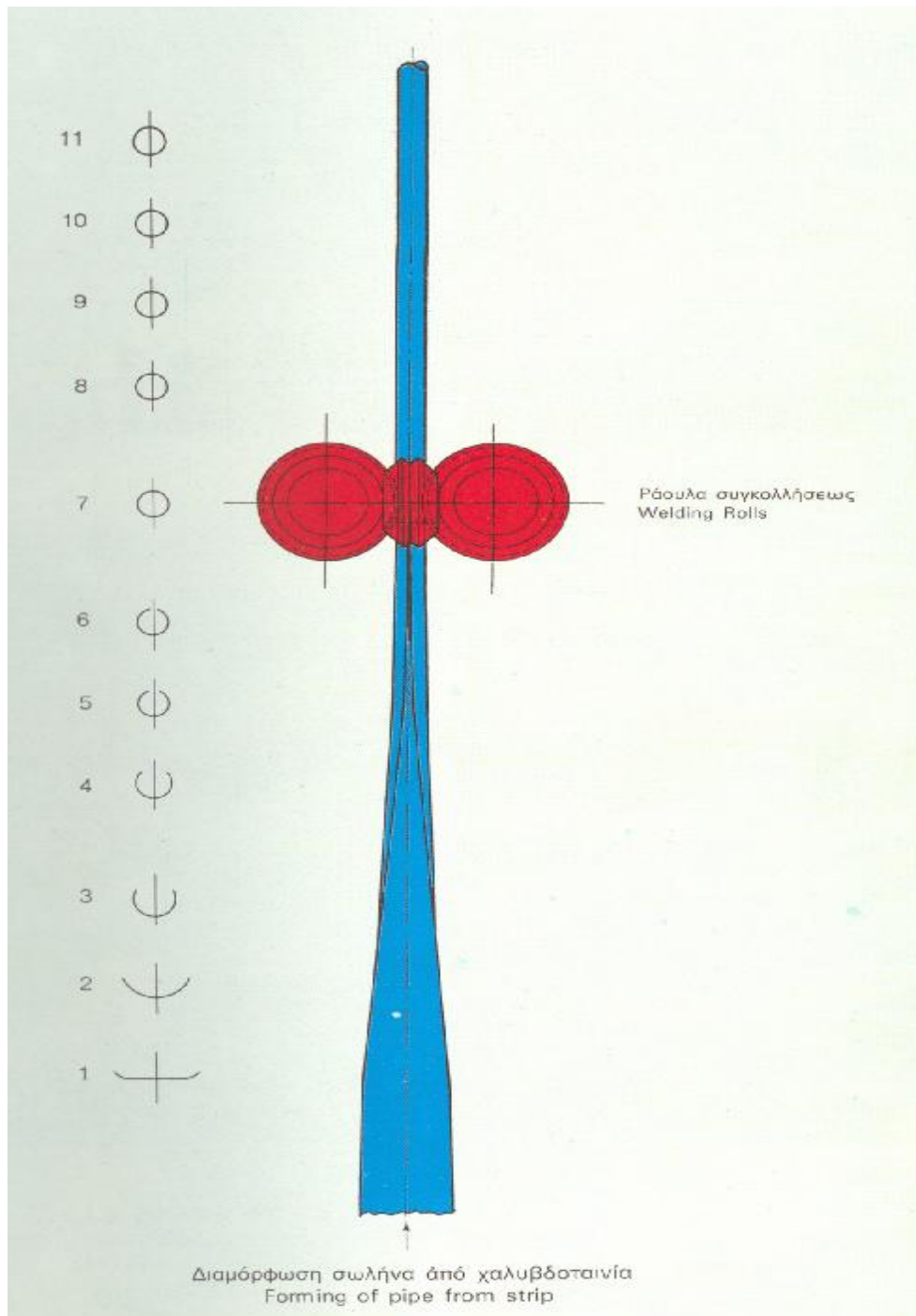
Η ευκολία με την οποία επιτυγχάνεται αυτό εξαρτάται από τη σχέση του πάχους προς τη διάμετρο του σωλήνα. Η ομαλή κυλινδροποίηση του ελάσματος, το "γέμισμα" ιδίως του 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> Fin Pass, και η σωστή πίεση των άνω ραούλων και οδηγητικών της ραφής εξασφαλίζουν καλή παραλληλότητα.

### **δ) Επίπεδα άκρα**

Εάν το τσέρκι δεν "γεμίζει" τα Fin Pass με το σωστό τρόπο, τότε ο κίνδυνος τα επίπεδα άκρα του ελάσματος να υποστούν παραμόρφωση και να προκαλέσουν στην συνέχεια ελαττωματική συγκόλληση είναι μεγάλος.

Είναι δηλαδή πιθανόν το έλασμα να μην εφαρμόζει μεταξύ της επιφάνειας του ραούλου και του δακτυλιδιού κατά τον τρόπο που δείχνει το παρακάτω σκίτσο. Αποτέλεσμα αυτού θα ήταν το "σπάσιμο" των ορθών γωνιών των άκρων, και η στην συνέχεια ελαττωματική συγκόλληση. Εκτός από τη σωστή ρύθμιση των ραούλων για την αποφυγή του φαινομένου αυτού, ιδιαίτερη φροντίδα πρέπει να δίδεται στη διατήρηση του "δακτυλιδιού" σε καλή κατάσταση. Οποιαδήποτε παραμόρφωσή του στην πλάγια (λοξή) επιφάνεια ή δημιουργία αυλάκωσής της προκαλεί παραμόρφωση των άκρων του τσερκιού.





**Εικόνα 1.3: Τα στάδια διαμόρφωσης σωλήνα από το “πεπόνι” έως τη συγκόλληση της ραφής.**

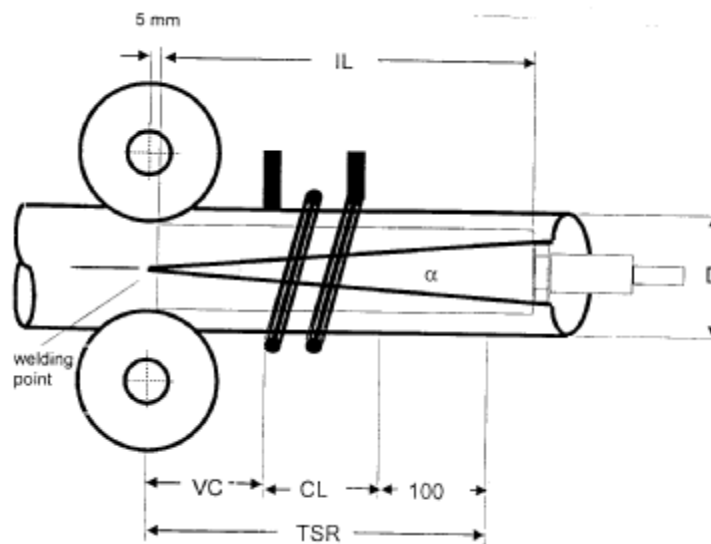
## **1.5 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ**

Στην φάση αυτή της παραγωγής γίνονται οι απαραίτητες διαδικασίες με στόχο την πραγματοποίηση της αυτογενούς συγκόλλησης σωλήνων ευθείας ραφής (HFW).

### **1.5.1 Συγκόλληση της ραφής με ρεύμα υψηλής συχνότητας HFW (High Frequency Welding)**

Η συγκόλληση πραγματοποιείται με τη χρήση επαγωγικού πηνίου. Για το λόγο αυτό επιλέγεται το κατάλληλο μέγεθος πηνίου καθώς και ο πυρήνας του πηνίου που στηρίζεται από το ξυριστικό. Στην αρχή της παραγωγικής διαδικασίας λαμβάνεται ειδική μέριμνα για τη σωστή τοποθέτηση του πηνίου σε σχέση με τον προς συγκόλληση σωλήνα και τον πυρήνα του πηνίου. Ο πυρήνας αποτελείται από πολλαπλά μέρη, τα οποία ψύχονται με νερό διαμέσου μικρών οπών που διατρέχουν όλο τους το μήκος. Ο πίνακας 5 δίνει τις ιδανικές αποστάσεις του πηνίου και του πυρήνα από το σημείο συγκόλλησης (σχήμα 1). Και σε αυτήν την περίπτωση οι δηλωθείσες αποστάσεις είναι ενδεικτικές για την εξασφάλιση ιδανικών συνθηκών συγκόλλησης, ωστόσο ο χειριστής μπορεί να τις μεταβάλλει ανάλογα με την κρίση και εμπειρία του, με την προϋπόθεση ότι τηρούνται οι επιλεγμένες παράμετροι συγκόλλησης.





Εξωτερική διάμετρος σωλήνα.

**D:**

**IL:** Μήκος πυρήνα πηνίου.

**VC:** Απόσταση πηνίου - σημείου V.

**CL:** Μήκος πηνίου.

**TSR:** Συνολικό απαιτούμενο μήκος.

**Σχήμα 1:** Τυπικό διάγραμμα συγκόλλησης με τη μέθοδο **HFW**.

Μήκος πυρήνα	Απόσταση πηνίου-σημείου V	Μήκος πηνίου	Γωνία σύγκλισης άκρων
IL	VC	CL	$\alpha$ (°)
3 φορές όσο η διάμετρος του σωλήνα	Μικρότερη από τη διάμετρο του σωλήνα	Περίπου όσο η διάμετρος του σωλήνα	2 - 3

**Πίνακας 5:** Ιδανικές αποστάσεις επαφών (μέθοδος **HFW**).

### 1.5.2 Καθήκοντα χειριστού συγκολλητικής

Ο χειριστής της συγκολλητικής μηχανής παρακολουθεί τη συγκόλληση και ενεργεί ως εξής στις παρακάτω περιπτώσεις:

### **A) Άκρα με παραμόρφωση ή κακή προετοιμασία**

Αν τα άκρα του τσερκιού εμφανίζουν παραμόρφωση λόγω κακής ρύθμισης στα *fin-pass* επεμβαίνει όπως περιγράφεται στην παράγραφο 1.3 προκειμένου να διορθωθεί το πρόβλημα.

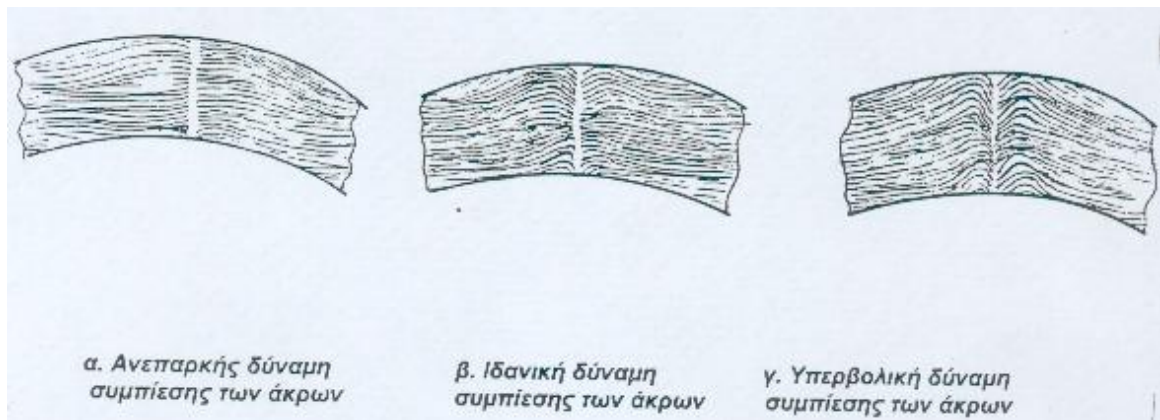
Αν τα άκρα εμφανίζουν "γρέζι" ή ελλειπή καθαρισμό και προετοιμασία, αυτό προέρχεται από κακή ρύθμιση ή κακή ποιότητα των μαχαιριών του «ξακριστικού» ή/και κακή ρύθμιση του edge-miller, οπότε ειδοποιεί σχετικά το χειριστή τους, για να προβεί στην κατάλληλη διόρθωση.

### **B) Ρύθμιση των ράουλων της συγκολλητικής πλάκας**

Η σωστή ρύθμιση των ράουλων της συγκολλητικής πλάκας είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας για το στάδιο της συγκόλλησης. Με τα ράουλα αυτά επιτυγχάνεται η επιθυμητή δύναμη συμπίεσης των άκρων. Η δύναμη αυτή εξαρτάται κυρίως από το πάχος και την ποιότητα του χάλυβα. Υπερβολικά μεγάλη δύναμη δημιουργεί κινδύνους εσωτερικών ρωγμών στην περιοχή της ραφής. Αντίθετα μη επαρκής δύναμη συμπίεσης δημιουργεί τον κίνδυνο παραμονής οξειδίων μέσα στην συγκόλληση.

Για τη σωστή εκτίμηση της δύναμης συμπίεσης των άκρων είναι απαραίτητη η κοπή εγκάρσιων δοκιμίων και η παρατήρησή τους στο μικροσκόπιο μετά από κατάλληλη προετοιμασία της κάθετης επιφάνειας. Με τον τρόπο αυτό αξιολογείται ο βαθμός παραμόρφωσης των ινών του υλικού και προσδιορίζεται η επάρκεια ή μη της συμπίεσης. Στο σχήμα 2 δίνονται τυπικά παραδείγματα ιστών παραγωγής για κάθε νέα διάμετρο, πάχος και ποιότητα.

Παράλληλα με την παραπάνω μέθοδο, μετράται το ποσοστό μείωσης της διαμέτρου (*sizing*) μέσα στα ράουλα της συγκολλητικής προκειμένου να διασφαλιστεί ότι δεν μεταβάλλονται οι επιθυμητές ρυθμίσεις κατά τη διάρκεια της παραγωγής. Η μείωση της διαμέτρου κυμαίνεται από 0,8 – 1,1 mm.



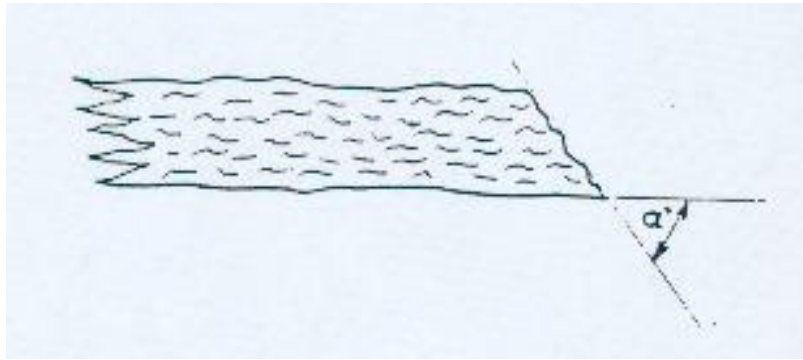
**Σχήμα 2:** Τυπικά παραδείγματα μορφολογίας ιστού σε τομή ανάλογα με τη δύναμη συμπίεσης.

### Γ) Παραλληλότητα των άκρων

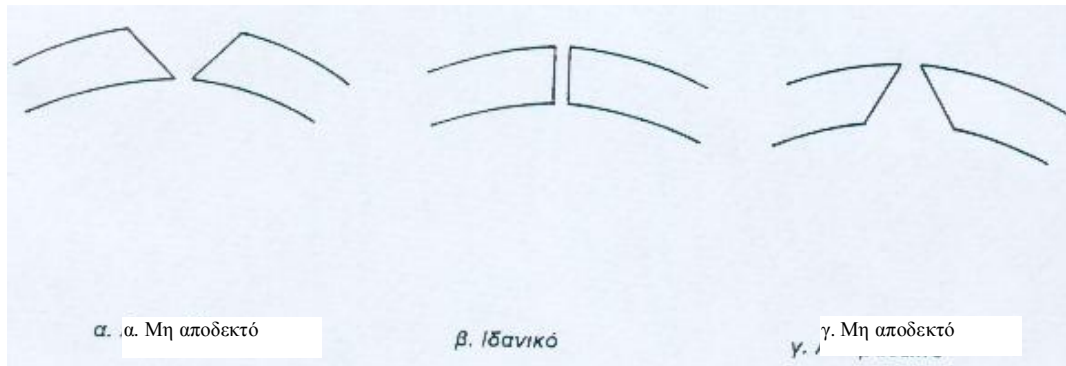
Ο χειριστής της συγκολλητικής κατά την φάση της προετοιμασίας πριν από το ξεκίνημα της παραγωγής για νέα διάμετρο ή πάχος ή ποιότητα, ελέγχει την παραλληλότητα των άκρων. Ο έλεγχος γίνεται ως εξής:

- Αρχικά παρεμβάλλεται μεταξύ των άκρων, λεπτό φύλλο αλουμινίου ή χαλκού,
- Προωθείται και συμπιέζεται πέραν των ραούλων της πλάκας,
- Αφαιρείται αφού επιστρέψει ο σωλήνας στην αρχική του θέση, και
- Παρατηρείται το αποτύπωμα στο μεταλλικό φύλλο που προκάλεσε η συμπίεση.

Το αποτύπωμα παρουσιάζει τη μορφή που δείχνει το σχήμα 3. Για μία αποδεκτή παραλληλότητα θα πρέπει η γωνία  $\alpha$  να είναι μεγαλύτερη από  $45^\circ$ . Ιδανική συνθήκη, οπότε έχουμε απόλυτη παραλληλότητα θα ήταν εάν  $\alpha=90^\circ$ . Αυτή όμως δεν είναι πάντοτε δυνατόν να επιτευχθεί. Το σχήμα 4 δίνει τρεις χαρακτηριστικές περιπτώσεις.



**Σχήμα 3:** Μορφή αποτυπώματος πίεσης πάνω στο λεπτό φύλλο αλουμινίου.



**Σχήμα 4:** Τυπικά παραδείγματα παραλληλότητας άκρων.

### **Δ) Ρύθμιση ραούλων συγκολλητικής**

Η σωστή ρύθμιση των ραούλων της συγκολλητικής είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση της ιδανικής δύναμης συμπίεσης, χωρίς όμως να σημαδεύεται η εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα. Αυτή εξασφαλίζεται από την καλή διαμόρφωση στα fin-pass και από τη καλή κατάσταση των ραούλων, για τη διατήρηση των οποίων σε καλή κατάσταση απαιτείται επαρκής ψύξη με σαπουνέλαιο.

Για την εξάλειψη τυχόν σημαδιών από τα ράουλα, ο χειριστής ενεργεί όπως και στην περίπτωση των fin-pass.

### **Ε) Μονωτικά ραούλων**

Τα οδηγητικά ράουλα της ραφής και τα ράουλα της κεφαλής δεν πρέπει να επιτρέπουν την μέσω αυτών διέλευση του ρεύματος προκειμένου να

αποφευχθεί υπερθέρμανσή τους και απώλεια ηλεκτρικής ισχύος. Για το λόγο αυτό ο χειριστής ελέγχει ανά τακτά διαστήματα, ότι τα μονωτικά δακτυλίδια και ροδέλες είναι σε καλή κατάσταση.

### **ΣΤ) Ισχύς ρεύματος**

Ο χειριστής μέσω του ποτενσιόμετρου ρυθμίζει την ποσότητα της παρεχόμενης ισχύος (φωτιά) ώστε να εξασφαλίζει συνεχώς την καλή ποιότητα συγκόλλησης. Ανεπάρκεια ισχύος προκαλεί τη λεγόμενη "κρύα συγκόλληση" με αποτέλεσμα την παραμονή οξειδίων σε διασπορά στο εσωτερικό της συγκόλλησης και την κακή συμπεριφορά στις μηχανικές δοκιμές (κρούση, flattening test κτλ). Αντίθετα υπερβολική ισχύς δημιουργεί στο εσωτερικό της ραφής μεγάλου μεγέθους ελαττώματα (penetrators), που επίσης έχουν δυσμενή αποτέλεσμα. Κατά τη διάρκεια της παραγωγής ο χειριστής παρακολουθεί την πορεία της συγκόλλησης μέσα στα όρια που έχουν τεθεί στο Φύλλο Παραμέτρων, λαμβάνοντας υπ' όψιν ενδείξεις όπως π.χ. το άνοιγμα του γρεζιού που σημαίνει πολύ χαμηλή θερμοκρασία, ή το "στάξιμο" εσωτερικά του σωλήνα που σημαίνει υψηλή θερμοκρασία. Η απαιτούμενη ποσότητα ρεύματος εξαρτάται από το πάχος και την ταχύτητα της μηχανής. Η ταχύτητα παίζει σημαντικό ρόλο στην υποκειμενική εκτίμηση της θερμοκρασίας. Για την ίδια θερμοκρασία συγκόλλησης μεταξύ δύο διαφορετικών ταχυτήτων παραγωγής σωλήνων της αυτής διαμέτρου και πάχους, η φωτεινότητα του γρεζιού στο σημείο που το παρατηρεί ο χειριστής είναι μεγαλύτερη στις μεγάλες ταχύτητες απ' ότι στις μικρές. Αυτό οφείλεται στο διαφορετικό χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από το σημείο εφαρμογής του υψίσυχνου ρεύματος μέχρι το σημείο παρατήρησης του γρεζιού από τον χειριστή. Συχνά παρατηρείται μια συνεχής αυξομείωση της έντασης του ρεύματος. Είναι πολλές οι αιτίες που προκαλούν το φαινόμενο αυτό. Μία συνήθης αιτία είναι ο περιοδικός "κυματισμός" των άκρων του τσερκιού, οπότε απαιτείται διόρθωση της διαμόρφωσης (πεπόνι, κλωβός, fin-pass). Όταν ο χειριστής παρατηρήσει εξασθένιση της έντασης μέσης ή μεγάλης διάρκειας, υποχρεούται να σταματήσει τη μηχανή και να ειδοποιήσει τον ηλεκτρολόγο βάρδιας για να διερευνήσουν από κοινού τις αιτίες και να προβούν στις απαραίτητες επεμβάσεις. Οποσδήποτε όμως αποφεύγεται η συνέχιση της παραγωγής πριν την αποκατάσταση των αιτιών.

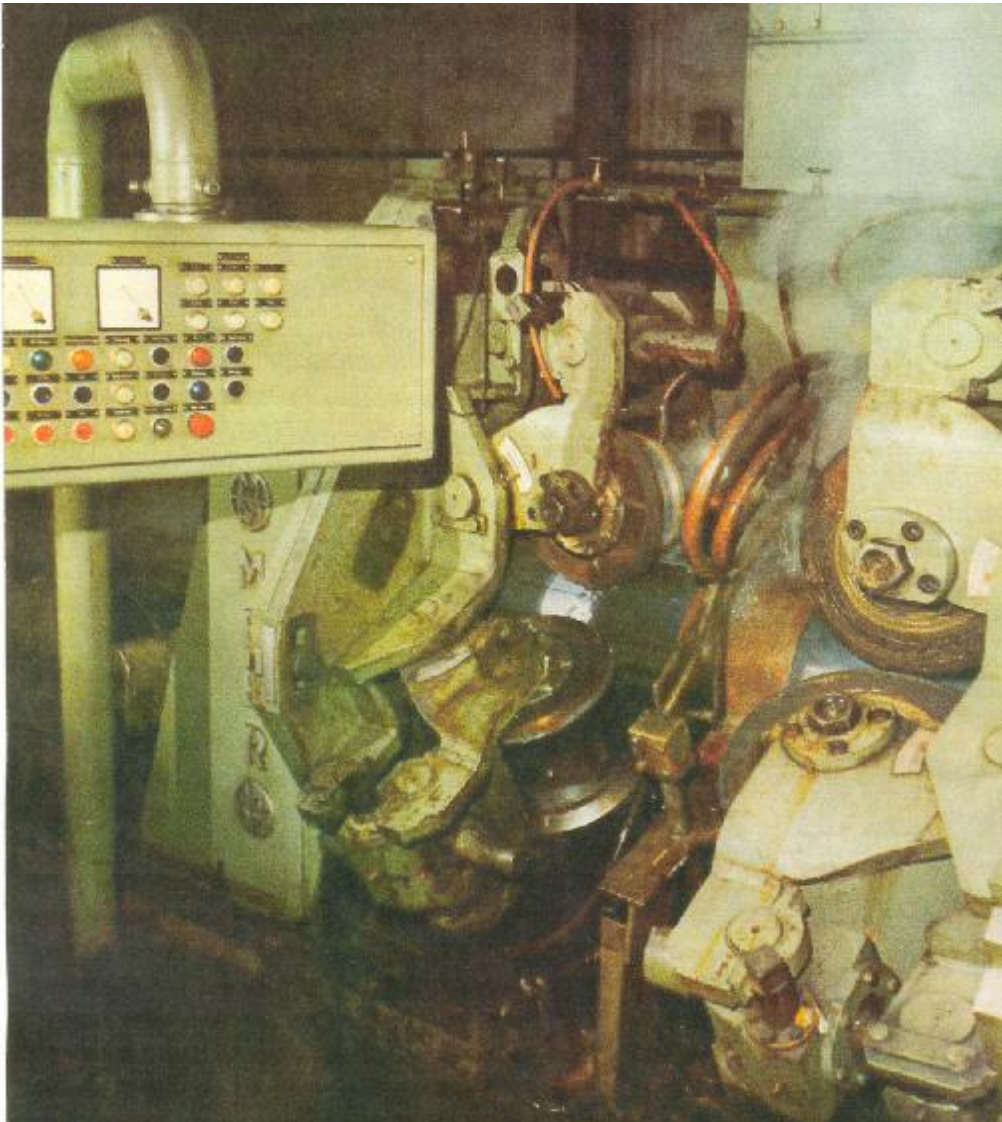
### **Ζ) Ρύθμιση εσωτερικού και εξωτερικού ξυριστικού**

Το ξύρισμα της ραφής γίνεται εν θερμώ με κοπτικά καρβίδια (βίδια) ειδικού σχήματος και κατάλληλα προσαρμοσμένα στους ειδικούς για το

σκοπό εργαλειοφορείς. Για το εξωτερικό ξύρισμα χρησιμοποιούνται τα ειδικού σχήματος βίδια (1'' X 1'') για όλες τις διαμέτρους σωλήνων. Για το εσωτερικό ξύρισμα και για σωλήνες μέχρι 16'' χρησιμοποιούνται τα ειδικού σχήματος βίδια διαστάσεων (1'' X 1''). Όταν πρόκειται για μεγαλύτερες διαμέτρους τότε τα χρησιμοποιούμενα βίδια έχουν διαστάσεις (1,25'' X 1,25''). Ειδική προσοχή πρέπει να δίδεται στη ρύθμιση του εσωτερικού ξυριστικού προκειμένου να αποφεύγεται το ανεπαρκές ξύρισμα, το μονόπλευρο ξύρισμα, ή ακόμα το υπερβολικό ξύρισμα που επιφέρει μείωση του πάχους πέραν των επιτρεπόμενων ορίων. Ο χειριστής της συγκολλητικής βρίσκεται σε συνεχή συνεργασία με τον χειριστή των υπερήχων (Ultrasonic) που βρίσκεται αμέσως μετά τη συγκολλητική μηχανή (ή και το χειριστή του κινητού κοπτικού) προκειμένου να σταματήσει την παραγωγή εφόσον ειδοποιηθεί για ανεπαρκές ξύρισμα.

#### **H) Επίβλεψη συστήματος ψεκασμού παραμέτρων συγκόλλησης και παρακολούθησης ραφής**

Η επίβλεψη της σωστής λειτουργίας του συστήματος ψεκασμού (επάρκεια χρωμάτων, φροντίδα πιστολιού κ.λ.π.) εξαρτάται από το χειριστή. Επίσης, για κάθε νέα παραγγελία ειδοποιεί τον ηλεκτρολόγο βάρδιας προκειμένου να θέσει τα όρια των παραμέτρων της συγκόλλησης στο "αυτόματο σύστημα ψεκασμού" όπως αναγράφονται στο φύλλο παραμέτρων της νέα παραγγελίας. Στην ευθύνη του χειριστή συγκολλητικής είναι και η επίβλεψη της συσκευής λειτουργίας του συστήματος ψεκασμού παρακολούθησης της γραμμής συγκόλλησης (επάρκεια χρωμάτων, φροντίδα πιστολιού, ευθυγράμμιση ραφής, ποιότητα γραμμής κ.λ.π.).



**Εικόνα 1.2: Συγκόλληση ραφής (διακρίνεται το επαγωγικό πηνίο).**

## **1.6 ΑΝΟΠΤΗΣΗ ΡΑΦΗΣ**

Αμέσως μετά τη συγκόλληση και το ξύρισμα της ραφής εσωτερικά και εξωτερικά, ο συγκολλημένος πια σωλήνας, διέρχεται από το Ultrasonic μηχανής όπου αφ' ενός, συνεχώς και αδιάκοπα ελέγχεται η επάρκεια του εσωτερικού ξυρίσματος και αφ' ετέρου ελέγχεται η παρουσία ή μη ρωγμών στη συγκόλληση. Το επόμενο στάδιο είναι η θερμική κατεργασία της ζώνης συγκόλλησης με στόχο την απομάκρυνση δημιουργηθέντων ανεπιθύμητων μεταλλουργικών δομών (π.χ. μαρτενσίτης), απομάκρυνση παραμενόντων

εσωτερικών τάσεων και ομογενοποίηση της δομής του χάλυβα στην περιοχή της ραφής συγκόλλησης.

### **1.6.1 Αυτόματο Σύστημα Ελέγχου Θερμοκρασίας Ανόπτησης**

Το σύστημα αυτό συνίσταται από ένα πιστόλι το οποίο ενεργοποιείται όταν η θερμοκρασία που διαβάζει το οπτικό πυρόμετρο, μετά το 2<sup>ο</sup> ανοπτητικό, παραβιάσει τα όρια που έχουν τεθεί στο Φύλλο Παραμέτρων, μαρκάροντας έτσι το τμήμα εκείνο του σωλήνα που έχει ανοπτηθεί σε θερμοκρασία εκτός ορίων. Το μαρκάρισμα γίνεται με **λευκό χρώμα περίπου στις 90<sup>ο</sup> από τη ραφή** (βλέπε πίνακα 6). Το εκτός παραμέτρων τμήμα στη συνέχεια απομακρύνεται σύμφωνα με τη διαδικασία που αναφέρεται στην οδηγία 030 ή ελέγχεται με μεταλλογραφικές τομές προκειμένου να αξιολογηθεί κατά πόσον η ανόπτηση είναι επαρκής ή όχι.

### **1.6.2 Έλεγχος ανοπτημένης περιοχής**

Προκειμένου να επαληθευτεί η επιτυχής ανόπτηση είναι απαραίτητη η κοπή δοκιμίων και ο έλεγχός τους στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο. Για να θεωρείται ένα δοκίμιο αποδεκτό πρέπει να παρατηρούνται στο μικροσκόπιο τα εξής χαρακτηριστικά:

- Η διείδυση της ζώνης ανόπτησης να είναι πλήρης σε όλο το πάχος του δοκιμίου
- Η ραφή συγκόλλησης να περικλείεται σε όλο της το μήκος εντός της ζώνης ανόπτησης και κατά το δυνατόν να βρίσκεται στο κέντρο αυτής.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα ανοπτήσεων δίνονται στα σχήματα 6-10.

Η επαλήθευση της επιτυχημένης ανόπτησης γίνεται από τον Επιθεωρητή Ποιοτικού Ελέγχου κατ' ελάχιστον μία φορά ανά βάρδια και επιπλέον όποτε κρίνεται απαραίτητο.

### **1.6.3 Καθήκοντα Χειριστή Ανοπτητικών Μονάδων**

Ο αρμόδιος χειριστής με την επίβλεψη του Εργοδηγού Παραγωγής αλλά και του Τμήματος Ποιοτικού Ελέγχου προβαίνει στις κάτωθι ενέργειες:



- α) Για κάθε νέα παραγγελία ειδοποιεί τον Ηλεκτρολόγο βάρδιας προκειμένου να θέσει τα όρια της θερμοκρασίας ανόπτησης στη συσκευή ελέγχου των ανοπτητικών όπως αναγράφονται στο Φύλλο Παραμέτρων (βλέπε κεφ. 4) της συγκεκριμένης παραγγελίας το οποίο έχει συμπληρωθεί από τον Υπεύθυνο Παραγωγής. Στη συνέχεια θέτει σε λειτουργία το "αυτόματο σύστημα ψεκασμού" για τον έλεγχο της θερμοκρασίας ανόπτησης.
- β) Με το ξεκίνημα της μηχανής από το σημείο που η αρχή κάθε τσερκιού βρίσκεται μέσα στα ράουλα της συγκολλητικής, ο χειριστής των ανοπτητικών και ultrasonic μηχανής βρίσκεται σε ετοιμότητα.
- γ) Με την είσοδο της αρχής του συγκολλημένου πια σωλήνα στον 2<sup>ο</sup> Pull out, κατεβάζει τα δύο επαγωγικά πηνία ανόπτησης, ενεργοποιώντας συγχρόνως το καταγραφικό των δύο οπτικών πυρομέτρων.
- δ) Στην αρχή κάθε βάρδιας ταυτοποιεί το καταγραφικό σημειώνοντας την τρέχουσα εντολή παραγωγής, ημερομηνία και βάρδια. Επίσης, παρακολουθεί και σημειώνει στο καταγραφικό χαρτί, όταν η αρχή κάθε τσερκιού περνά από τα ανοπτητικά, τον αριθμό σειράς του τσερκιού (Run Coil No).
- ε) Παρακολουθεί, αμέσως με το ξεκίνημα, την καταγραφή της θερμοκρασίας και προβαίνει σε ρυθμίσεις μέσω του ποτενσιόμετρου ισχύος, εφόσον είναι απαραίτητο, προκειμένου η θερμοκρασία ανόπτησης να βρίσκεται πάντα εντός του ελάχιστου (όχι μικρότερη από 880°C) και του μέγιστου ορίου (όχι μεγαλύτερη από 1000°C) που έχουν οριστεί στο φύλλο παραμέτρων.
- στ) Σε όλη τη διάρκεια συγκόλλησης κάθε τσερκιού ελέγχει και ρυθμίζει εφόσον είναι απαραίτητο τη θέση των επαγωγικών πηνίων, προκειμένου η ζώνη αναθέρμανσης να καλύπτει πλήρως την περιοχή συγκόλλησης.
- ζ) Φροντίζει για την καλή λειτουργία του συστήματος ψεκασμού ελέγχου θερμοκρασίας ανόπτησης (επάρκεια χρώματος, φροντίδα πιστολιού ψεκασμού, ποιότητα γραμμής κ.λ.π.)
- η) Στα γενικότερα καθήκοντα του χειριστή του ανοπτητικού συγκροτήματος είναι να διατηρεί το "ηλεκτρονικό μάτι" του οπτικού πυρομέτρου, που βρίσκεται μετά από κάθε ανοπτητική μονάδα, καθαρό από σκόνες, σαπουνέλαια κ.λ.π. Επίσης, φροντίζει να υπάρχει επάρκεια καταγραφικού χαρτιού και ρυθμίζει για κάθε νέα διάμετρο σωλήνα την απόσταση των πηνίων από την επιφάνεια του σωλήνα στα 10mm, περίπου.

Το καταγραφικό χαρτί μετά το πέρας της συγκεκριμένης παραγωγής παραδίδεται στον Υπεύθυνο Ποιοτικού Ελέγχου για έλεγχο και αρχειοθέτηση.

#### **1.6.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ-ΑΝΟΠΤΗΣΗ)**

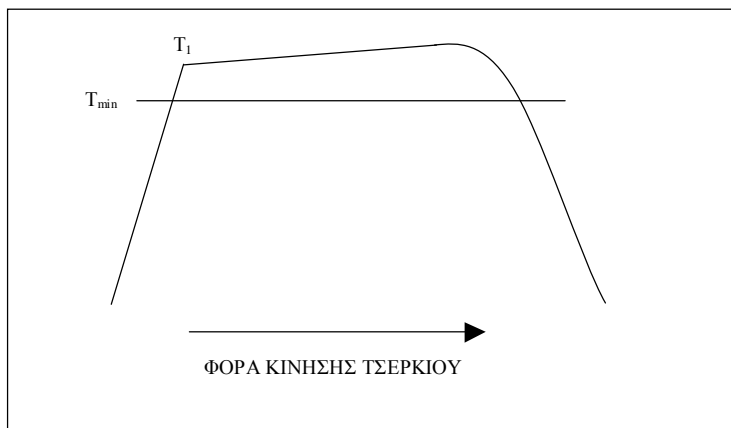
Στο ξεκίνημα κάθε νέας παραγωγής, ο Υπεύθυνος Παραγωγής καθορίζει τις παραμέτρους συγκόλλησης (δύναμη συμπίεσης, ισχύς, ταχύτητα συγκόλλησης και θερμοκρασίας ανόπτησης) στο σχετικό **Φύλλο Παραμέτρων**. Μετά την επαλήθευση των ανωτέρω προκαθορισμένων παραμέτρων η παραγωγική διαδικασία ξεκινά. Η επαλήθευση πραγματοποιείται υποβάλλοντας ένα κομμάτι σωλήνα το οποίο παρήχθη με τις συγκεκριμένες παραμέτρους σε όλες τις προβλεπόμενες δοκιμές (π.χ. μεταλλογραφία, flattening, υδραυλική δοκιμή, UT ραφής, κ.λ.π.). Σε περίπτωση που μία από τις προβλεπόμενες δοκιμές δεν δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα επαναπροσδιορίζονται οι παράμετροι της παραγωγής και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Σε περίπτωση απόκλισης από τις προκαθορισμένες παραμέτρους κατά τη διάρκεια της παραγωγής, ένα αυτόματο σύστημα σήμανσης ενεργοποιείται και σημαδεύει το κομμάτι του σωλήνα που παρήχθη με παραμέτρους "εκτός ορίων". Ανάλογα με την παράμετρο η οποία παραβιάστηκε, το συγκεκριμένο τμήμα του σωλήνα μαρκάρεται από το "αυτόματο σύστημα ψεκασμού" (πιστόλια αυτόματου ψεκασμού) με συγκεκριμένο χρώμα και σε συγκεκριμένο σημείο της περιφέρειας του σωλήνα, όπως φαίνεται στον πίνακα 6. Το κομμάτι αυτό ακολούθως κόβεται και απομακρύνεται στο στατικό κοπτικό.

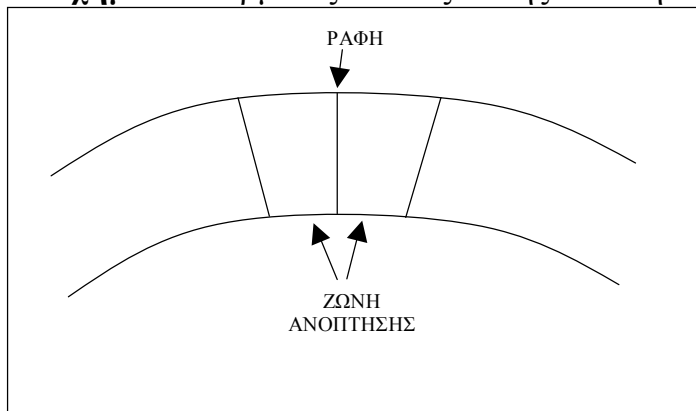
#### **1.6.5 ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΡΑΦΗΣ**

Το σύστημα διαθέτει αυτόματο πιστόλι ψεκασμού που σημαδεύει με **λευκό χρώμα** μία γραμμή αναφοράς παράλληλη στον άξονα του σωλήνα και στις 90° από τη ραφή καθώς ο σωλήνας κινείται. Κατά την έναρξη της παραγωγής ή μετά από κάθε σταμάτημα που σχετίζεται με τη ρύθμιση του ξυριστικού, ο χειριστής ρυθμίζει τη θέση του πιστολιού ψεκασμού έτσι ώστε όταν τα συγκολλημένα χείλη του τσερκιού (ραφή) βρίσκονται ακριβώς στην κατακόρυφη θέση (0°), η λευκή γραμμή να σημειώνεται ακριβώς στις 90°. Η λευκή γραμμή χρησιμοποιείται στη συνέχεια ως σημείο αναφοράς για την αυτόματη παρακολούθηση της ραφής από τα διάφορα συστήματα που είναι

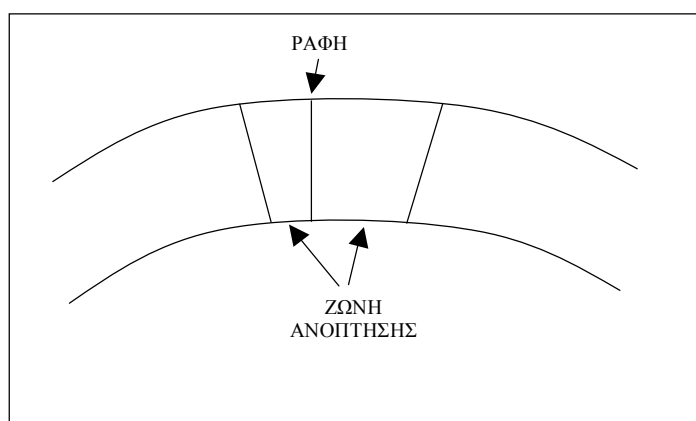
εγκατεστημένα κατά μήκος της γραμμής (ανοπτητικά, δοκιμαστήριο, υπέρηχοι). Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να είναι καθαρή, ευκρινής και συνεχής.



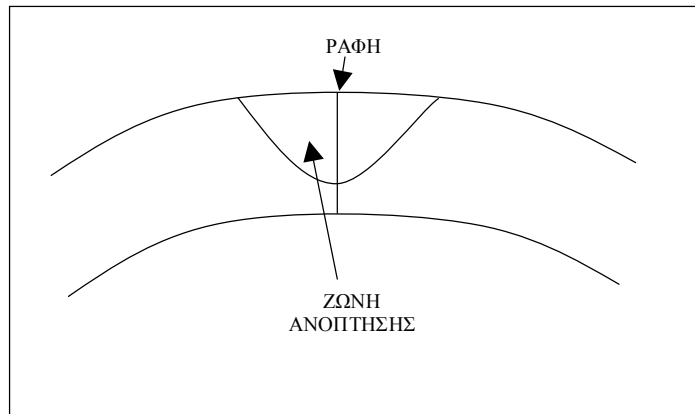
**Σχήμα 5:** Θερμικός κύκλος απλής ανόπτησης



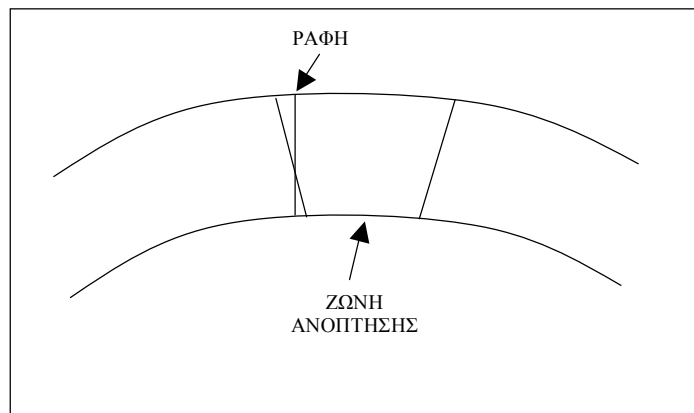
**Σχήμα 6:** Ιδανική μορφή ανόπτησης



**Σχήμα 7:** Μη ιδανική αλλά αποδεκτή μορφή ανόπτησης



**Σχήμα 8:** Μη αποδεκτή μορφή ανόπτησης λόγω μη πλήρους διείσδυσης σε όλο το πάχος του δοκιμίου.

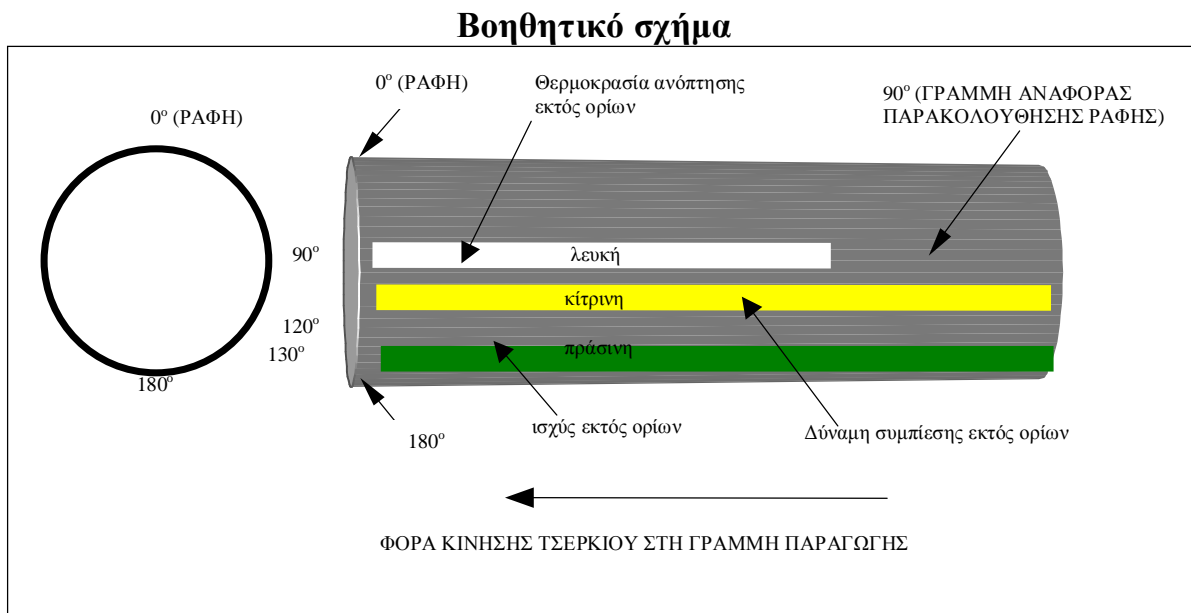


**Σχήμα 9:** Μη αποδεκτή μορφή ανόπτησης λόγω εύρεσης μέρους της ραφής συγκόλλησης εκτός περιοχής ανόπτησης.

No	Παράμετρος εκτός ορίων	Θέση Ψεκάσμού <sup>(1)</sup>	Χρώμα Ψεκάσμού	Θέση πιστολιού κατά μήκος της γραμμής παραγωγής
1	Δύναμη συμπίεσης (Squeezing force)	120°	Κίτρινο	Περίπου 2,7 μ μετά τη συγκολλητική
2	Ισχύς (Output power)	130°	Πράσινο	Περίπου 2,7 μ μετά τη συγκολλητική
3	Θερμοκρασία ανόπτησης (Normalizing temperature)	90°	Λευκό	Ακριβώς μετά τη δεύτερη ανοπτητική μονάδα

(1): Προσεγγιστικά

**Πίνακας 6:** Περιγραφή του σημείου ψεκάσμού και του χρώματος των Τμημάτων σωλήνων που παρήχθησαν με παραμέτρους εκτός ορίων.



## 1.7 ΔΕΥΤΕΡΟ PULL OUT

Η σημασία αυτού του stand είναι σημαντική από τη στιγμή που προηγείται ανόπτηση της συγκόλλησης. Κατά τη διέλευση του σωλήνα

μέσω του Pull out η περιοχή της συγκόλλησης ευρίσκεται σε θερμή κατάσταση και σε θερμοκρασία άνω των 600°C.

- Η πλαστική παραμόρφωση που προκαλείται λόγω του Sizing στο Pull out στη περιοχή της ραφής, προκαλεί μερική ή ολική ανακρυστάλλωση με αποτέλεσμα τη δημιουργία ισαξονικών κόκκων μικρού μεγέθους.
- Η πλαστική αυτή παραμόρφωση γίνεται προς όφελος του πάχους στη περιοχή της ραφής έτσι ώστε να αποκαθίσταται η όποια μείωσή του λόγω του εσωτερικού ξυρίσματος.
- Προκειμένου η δύναμη συμπίεσης στο Pull out να είναι αφενός επαρκής λόγω των ανωτέρω αφετέρου όχι υπερβολική για τον κίνδυνο της διόγκωσης του θερμού μετάλλου που θα προκαλούσε παραμόρφωση της εσωτερικής επιφάνειας, προβαίνουμε κατά την αρχική ρύθμιση της μηχανής σε μέτρηση και διόρθωση του Sizing ώστε αυτό να είναι 0,15-0,35% της ονομαστικής διαμέτρου του σωλήνα.
- Κατά τη ρύθμιση του Stand αυτού μέρμνα πρέπει να λαμβάνεται ώστε τα ράουλα να μην σημαδεύουν το σωλήνα και το δακτυλίδι του άνω ραούλου να είναι επαρκώς σφιγμένο.
- Είναι απαραίτητο να αποφεύγεται ο απ' ευθείας καταιωνισμός του σαπουνέλαιου για τη ψύξη των ραούλων, επάνω στη περιοχή της ραφής γιατί έτσι υπάρχει ο κίνδυνος της δημιουργίας σκληρών φάσεων του χάλυβα (φαινόμενο-βαφής). Ο κίνδυνος αυτός είναι ουσιαστικός ιδίως στις υψηλές ποιότητες (J-55, X-56, X-60 κ.λ.π.). Η απευθείας ψύξη της θερμής περιοχής προκαλεί επίσης απότομες θερμοκρασιακές μεταβολές (θερμικά σοκ) που είναι δυνατόν με τη σειρά τους να προκαλέσουν μικρορωγματώσεις.

## **1.8 ΑΠΟΨΥΞΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ**

Πρωταρχικός στόχος είναι ο σωλήνας διερχόμενος από το τελευταίο στάδιο (καλιμπραριστικό) να ευρίσκεται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Μία απότομη ψύξη της ραφής με καταιωνισμό σαπουνελαίου θα δημιουργούσε τους κινδύνους που αναφέρονται στη παραγρ. 1.7. Για το λόγο αυτό μεσολαβεί επαρκής χρόνος για ομαλή απόψυξη στον αέρα πριν από τον καταιωνισμό του σαπουνελαίου.

Κατά το χρόνο που ο σωλήνας εισέρχεται στο τμήμα καταιωνισμού με σαπουνέλαια η συγκόλληση έχει θερμοκρασία αρκετά χαμηλή για να μην προκαλούνται οι κίνδυνοι που προαναφέρονται.

Κατά την έξοδό του και πριν την είσοδό του στο καλιμπραριστικό βρίσκεται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Είναι έτσι αυτονόητο ότι η ποσότητα των σαπουνέλαιων πρέπει να είναι επαρκής για την επίτευξη του στόχου.

## **1.9 ΤΕΛΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ (ΚΑΛΙΜΠΡΑΡΙΣΤΙΚΟ)**

Το στάδιο αυτό είναι καθοριστικό της τελικής μορφής του σωλήνα, από άποψη τελικής διαμέτρου, ovality και ευθύτητας. Το καλιμπραριστικό αποτελείται από 4 σετ ραούλων. Κάθε σετ αποτελείται από 2 πλευρικά ραούλα, ένα κάτω ραούλο και ένα άνω ραούλο. Εξαίρεση αποτελεί η διάμετρος 6 5/8", 5 1/2" και 4 1/2" που στο καλιμπραριστικό δεν υπάρχουν πλευρικά ραούλα.

Η διάμετρος του σωλήνα υποβιβάζεται προοδευτικά σε κάθε stand, διορθώνοντας συνάμα το ovality του. Ο συνολικός υποβιβασμός είναι της τάξεως του 1% της ονομαστικής διαμέτρου, και κατανέμεται περίπου ισόποσα μεταξύ του 1<sup>ου</sup>, 2<sup>ου</sup>, και 3<sup>ου</sup> stand. Στο stand No.4 δεν γίνεται υποβιβασμός της διαμέτρου, παρά μόνο διόρθωση της ευθύτητας του σωλήνα. Για το σκοπό αυτό υπάρχει ειδική διάταξη που επιτρέπει τη κατακόρυφη μετακίνηση ολοκλήρου του συστήματος των ραούλων.

Παρατίθεται κατωτέρω πίνακας με τις τελικές διαμέτρους των σωλήνων για κάθε διάσταση καθώς επίσης και τις επιτρεπόμενες αποκλίσεις από την κυκλικότητα (ovality).

Συχνά μετά τη κοπή στο κοπτικό εμφανίζεται το φαινόμενο της επιδείνωσης της κυκλικότητας σε μη παραδεκτά επίπεδα. Το φαινόμενο εμφανίζεται στο ένα άκρο του κομμένου σωλήνα εκείνο που βρίσκεται προς το μέρος του καλιμπραριστικού. Η αιτία αποδίδεται στην ύπαρξη τάσεων προερχομένων από τα προηγούμενα στάδια διαμόρφωσης. Εξυπακούεται έτσι ότι επεμβαίνουμε για τη διόρθωση του προβλήματος οπουδήποτε κρίνεται απαραίτητο.

ΟΝ.ΔΙΑΜ.	LINE PIPE			CASING		
	Dmin.(MM)	Dmax.(MM)	OVALITY	Dmin.(MM)	Dmax.(MM)	OVALITY
4 1/2" (114,3)	114,2	115,5	1,3	114,3	115,1	0,8
5 1/2" (139,7)	-	-	-	139,8	140,6	0,8
6 5/8" (168,3)	168	169,3	1,3	168,4	169,3	0,9
7" (177,8)	-	-	-	178,0	178,9	0,9
7 5/8" (193,7)	-	-	-	194,0	195,0	1,0
8 5/8" (219,1)	218,9	220,3	1,4	219,4	220,4	1,0
9 5/8" (244,5)	-	-	-	244,8	245,8	1,0
10 3/4" (273,05)	272,8	274,2	1,4	273,3	274,6	1,3
12 3/4" (323,8)	323,5	325,5	2,0	-	-	-
13 3/8" (339,7)	-	-	-	340,1	341,6	1,5
14" (355,6)	355,3	357,8	2,5	-	-	-
16" (406,4)	406,1	408,6	2,5	-	-	-
18" (457,2)	456,9	459,4	2,5	-	-	-
20" (508)	507,2	510,4	3,1	-	-	-

**Πίνακας 7:** τελικές διαμέτρους των σωλήνων για κάθε διάσταση και οι επιτρεπόμενες αποκλίσεις από την κυκλικότητα

**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:** 1. Οι μετρήσεις της τελικής μέγιστης και ελάχιστης διαμέτρου γίνονται με τη καλύμπρα "GO - NO GO" ή με παχύμετρο.

2. Η ταινία διαμέτρου χρησιμοποιείται μόνο για τη μέτρηση του υποβιβασμού (sizing) σε κάθε stand ή για το συνολικό υποβιβασμό.

## **1.10 Η ΚΟΠΗ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ**

Η κοπή των σωλήνων διενεργείται στο κινητό κοπτικό μηχάνημα είτε αυτόματα ανά καθορισμένα μήκη ή σε κατά βούληση μήκη με επέμβαση του χειριστού.



### **1.10.1 Ρύθμιση κοπτικού**

Για τη σωστή ρύθμιση του κοπτικού απαιτείται σχετική εκπαίδευση των χειριστών. Τα τέσσερα μαχαίρια του κοπτικού περιστρέφονται περί τον σωλήνα ενώ συνάμα εισχωρούν ακτινικά προς το σωλήνα. Η εισχώρηση των μαχαιριών γίνεται σε δύο στάδια. Κατά το πρώτο στάδιο η ταχύτητα εισχώρησης των μαχαιριών είναι μεγάλη και διαρκεί όσο τα μαχαίρια δεν έχουν φθάσει στην επιφάνεια του σωλήνα. Στη συνέχεια μέσω εντολής οριακού διακόπτου συνεχίζεται η προώθηση των μαχαιριών με μικρή ταχύτητα. Στο στάδιο αυτό επιτελείται η κοπή.

Η ρύθμιση των οριακών διακοπών και η διάμετρος της περιφέρειας των μαχαιριών στην ανοικτή και κλειστή θέση γίνεται με γνώμονα:

- α. κατά τη φάση της κοπής τα μαχαίρια βρίσκονται στην αργή ταχύτητα προώθησης.
- β. η διάμετρος περιστροφής στην ανοικτή θέση δεν επιφέρει επαφή των μαχαιριών με την επιφάνεια του κινουμένου σωλήνα (ανοικτά clamp). Άλλως συνεπάγεται ο κίνδυνος τραυματισμού του σωλήνα και θραύσεων των μαχαιριών.
- γ. Η διάμετρος περιστροφής στη κλειστή θέση να είναι κατά μερικά MM μικρότερη της διαμέτρου του σωλήνα μείον το πάχος δηλ.  $D_{\text{περιστρ.}} = O.D - 2xt - 6$ .

### **1.10.2 Κοπές κατά βούληση**

Κατά τη συνήθη λειτουργία του κοπτικού, οι σωλήνες κόβονται σε καθορισμένα μήκη όπως αυτά ορίζονται από τη σχετική "εντολή παραγωγή" (Process Sheet). Η λειτουργία αυτή γίνεται αυτόματα μέσω οριακού διακόπτου. Κατά τη παραγωγή κάθε ρόλου (τσερκιού) απαιτούνται και ορισμένες κοπές που γίνονται με επέμβαση του χειριστού.

**α. Η αρχή του τσερκιού:** ο χειριστής απομονώνει τον οριακό διακόπτη μέχρι την ώρα που από τη "σημαία" διέρχεται το πρώτο ανοπτημένο τμήμα του σωλήνα. Με τον τρόπο αυτό απομονώνεται το τμήμα εκείνο του πρώτου σωλήνα που περιέχει το ακόλλητο μήκος και το μη ανοπτημένο μήκος. Σημειωτέον ότι η έναρξη της ανοπτησης σημειώνεται με λευκό χρώμα στο σωλήνα από τον χειριστή των ανοπτητικών (Tocco).

**β. Ενδιάμεσα σταματήματα της μηχανής:** επειδή κάθε ενδιάμεσο σταμάτημα προκαλεί ένα ακόλλητο τμήμα ακολουθούμενο από μη ανοπτημένο μήκος, ο χειριστής υπολογίζει τη θέση κοπής,

παρακολουθώντας το επερχόμενο λευκού χρώματος σημείο που έχει τοποθετηθεί στο ακόλλητο σημείο, έτσι ώστε να προκύψει άρτιο μήκος μετά τη κοπή του άχρηστου τμήματος στο στατικό κοπτικό.

**γ. Το τέλος του τσερκιού:** ο χειριστής παρακολουθώντας την "ουρά" του τσερκιού υπολογίζει το σημείο της τελευταίας ή και προτελευταίας κοπής έτσι ώστε το ρετάλι της "ουράς" να περιέχει μόνο το ακόλλητο και μη ανοπτημένο τμήμα.

## **1.11 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΑΥΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΘΕ ΣΩΛΗΝΑ**

Μετά την κοπή στο κινητό κοπτικό οι σωλήνες συσσωρεύονται στις δύο ράμπες της ισιωτικής. Μόλις συσσωρευτούν όλοι οι σωλήνες του υπό παραγωγή τσερκιού ο Χειριστής γράφει στο ένα άκρο του σωλήνα τους τρεις βασικούς αριθμούς που ταυτοποιούν πλήρως το σωλήνα:

- **Τον αριθμό σειράς του τσερκιού.** Η αρίθμηση αυτή αρχίζει εκ νέου όταν αλλάζει το πάχος ή η ποιότητα του χάλυβα.
- **Τον αριθμό σειράς του σωλήνα του ίδιου τσερκιού.** Η αρίθμηση αυτή αρχίζει εκ νέου όταν αλλάζει ο αριθμός τσερκιού.
- **Τον αριθμό σειράς παραγωγής του σωλήνα ανεξάρτητα από το τσερκι.** Η αρίθμηση αυτή αρχίζει εκ νέου όταν αλλάζει είτε το πάχος είτε η ποιότητα του χάλυβα.

Η διάταξη των τριών αυτών αριθμών κατά την αναγραφή τους στο σωλήνα είναι:

$$\gamma \frac{\alpha}{\beta}$$

**ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:** 1220  $\frac{60}{15}$  που σημαίνει:

- Το εξηκοστό τσερκι της παραγωγής από το ίδιο πάχος και ποιότητα.
- Ο δέκατος πέμπτος σωλήνας του εξηκοστού τσερκιού.
- Ο χιλιοστός διακοσιοστός εικοστός σωλήνας της παραγωγής του συγκεκριμένου πάχους και ποιότητας.

## 1.12 ΕΥΘΥΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ

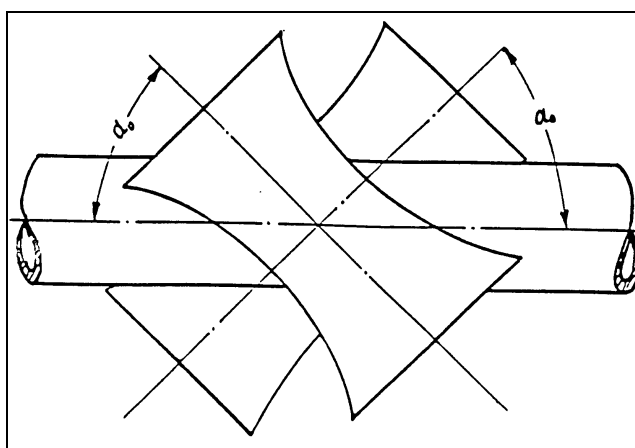
Οι σωλήνες μετά την κοπή τους στα επιθυμητά μήκη πρέπει να υποστούν την τελική αποκατάσταση της ευθύτητάς τους. Η ισιωτική μηχανή έχει τη δυνατότητα να ισιώνει τους σωλήνες όλων των διαμέτρων. Για κάθε διαφορετική διάμετρο σωλήνα απαιτείται ειδική ρύθμιση της μηχανής και συγκεκριμένα διαφορετική γωνία των αξόνων των ραούλων ως προς τον άξονα του σωλήνα. Ο πίνακας 8 και το σχήμα 10 δίνουν τις επιθυμητές γωνίες ρύθμισης για κάθε διάμετρο. Το ίσιωμα επιτελείται σε ένα, δύο ή τρία περάσματα ανάλογα με την ευθύτητα των σωλήνων μετά τη φάση της κοπής και ανάλογα με την ποιότητα και το πάχος του χάλυβα. Ο Χειριστής της ισιωτικής κρίνει από την εμπειρία του το αριθμό των "περασμάτων" και τη δύναμη που πρέπει να ασκήσει κατά τη φάση του ισιώματος. Είναι σημαντικό ωστόσο να φροντίζει ώστε:

- Να μην τραυματίζει ή παραμορφώνει τα άκρα του κατά την είσοδο του σωλήνα στη μηχανή (υποχρεούται να σηκώνει τα ράουλα κατά την είσοδο του σωλήνα).

Να μην παραμορφώνει καθ' οιανδήποτε τρόπο τον κορμό του σωλήνα (συχνά λόγω λανθασμένης γωνίας ραούλων και υπερβολικής πίεσης ο σωλήνας παραμορφώνεται ελικοειδώς).

OD (")	4 <sup>1/2</sup>	5 <sup>1/2</sup>	6 <sup>5/8</sup>	7	7 <sup>5/8</sup>	8 <sup>5/8</sup>	9 <sup>5/8</sup>	10 <sup>3/4</sup>	12 <sup>3/4</sup>	13 <sup>3/8</sup>	14	16	18	20
$\alpha_0$ (°)	21	21,5	23	23,5	24,5	26	27,5	29	32	33	34	40	43	46

ΠΙΝΑΚΑΣ 8



ΣΧΗΜΑ 10

Μετά το ίσιωμα ο σωλήνας αποστέλλεται απ' ευθείας στα φρεζαριστικά για περαιτέρω κατεργασία. Οι σωλήνες που περιέχουν την αρχή ή το τέλος του τσερκιού (ρετάλια) αποστέλλονται στο στατικό κοπτικό για κοπή. Στο στατικό κοπτικό αποστέλλονται επίσης εκείνοι οι σωλήνες απ' τους οποίους απαιτείται κοπή δοκιμίου για **Flattening Test**.

### **1.13 ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ**

Το φρεζάρισμα των άκρων είναι μία απαραίτητη κατεργασία τόσο για τους σωλήνες που αφορούν αγωγούς μεταφοράς (*Line Pipe*) όσο και για εκείνους στους οποίους πρόκειται να διανοιχτεί σπείρωμα στα άκρα (*Casing and Line Pipe*).

Η ποιότητα της φρέζας πρέπει να πληρεί τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Η επιφάνεια της φρέζας πρέπει να είναι λεία και ομαλή χωρίς "κατσάρωμα" ή άλλες ανωμαλίες.
- Η εσωτερική και εξωτερική γωνία των άκρων πρέπει να είναι απηλλαγμένη από γρέζια.
- Το "πρόσωπο" πρέπει να είναι ομοιομόρφου πάχους που κυμαίνεται μέσα σε συγκεκριμένα όρια (βλ. πίνακα 9).
- Η γωνία της φρέζας μπορεί να κυμαίνεται μόνο μέσα σε συγκεκριμένα όρια (βλ. πίνακα 10).

Προκειμένου να επιτευχθούν οι πιο πάνω στόχοι, οι Χειριστές των Φρεζαριστικών πρέπει να φροντίζουν ώστε:

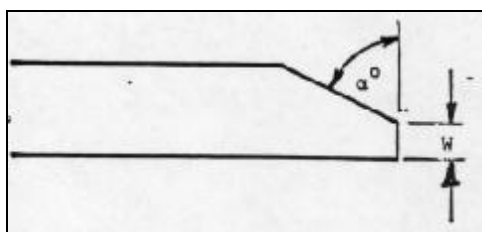
- Τα εργαλεία κοπής (βίδια) να είναι σωστά και σταθερά τοποθετημένα στους εργαλειοφόρους μανέλες).
- Οι ρυθμίσεις της κάθε μανέλας να γίνονται σωστά και στον πρώτο σωλήνα κάθε νέας παραγωγής.
- Για κάθε άκρο που φρεζάρεται να παρακολουθούν με οπτικό έλεγχο το αποτέλεσμα ώστε σε περίπτωση φθοράς ή σπασίματος του εργαλείου αυτό να αντικαθίσταται.
- Να ελέγχουν με ιδιόχρηστο μοιρογνωμόνιο τη γωνία της φρέζας τουλάχιστον 4 φορές ανά βάρδια. Σε περίπτωση απόκλισης από τα επιτρεπόμενα όρια να προβαίνουν στις απαραίτητες διαδικασίες.
- Το ράουλο αντιγραφής να ευρίσκεται πάντοτε σε καλή κατάσταση, η δε ρύθμισή του να γίνεται με γνώμονα την καλή εφαρμογή καθ' όλο το μήκος της εσωτερικής περιφέρειας του σωλήνα.

- Να εμφυσάτε συνεχώς κατά τη διάρκεια του φρεζαρίσματος αέρας στο κάτω μέρος της εσωτερικής περιφέρειας του σωλήνα. Έτσι αποτρέπεται το έντονο αναπήδημα του ραούλου αντιγραφής πάνω σε τυχόν παραμένοντα γρέζια. Αλλιώς η παραγόμενη φρέζα θα παρουσιάσει τοπικές ανωμαλίες κατά την περιφέρεια.
- Να γίνεται σωστή συγκράτηση του σωλήνα στον υδραυλικό σφιγκτήρα προκειμένου να αποτρέπεται η περιστροφή του κατά το φρεζάρισμα.

Οι πίνακες 9 και 10 και το σχήμα 11 παραθέτουν τις γωνίες φρέζας και τις ανοχές προσώπου για τους σωλήνες Line Pipe και Casing. Το μέγιστο επιτρεπόμενο εύρος προσώπου για τους σωλήνες Casing εξαρτάται από το πάχος του σωλήνα και το μήκος σπειρώματος (L4) που πρόκειται να διανοιχτεί στα άκρα. Ο πίνακας 10 έχει συνταχτεί με βάση το δεδομένο μήκος σπειρώματος (L4) που προκύπτει από την προδιαγραφή **API 5B** για **8 Round Short**.

Τύπος φρέζας	ΓΩΝΙΑ $\alpha$ ( $^{\circ}$ )	ΠΡΟΣΩΠΟ W (mm)
LINE PIPE	$-0$ $30^{\circ} - +5^{\circ}$	0.8 - 2.40
CASING	$-0$ $65^{\circ} +5^{\circ}$	Βλέπε πίνακα 2

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9:** Γωνία φρέζας και ανοχές προσώπου για σωλήνες line pipe και casing.



**ΣΧΗΜΑ 11:** Σχηματική παράσταση της γωνίας φρέζας  $\alpha$  και του προσώπου  $w$ .

ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ D (in)	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ t (mm)	ΕΥΡΟΣ ΠΡΟΣΩΠΟΥ W max (mm)	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ D (in)	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ t (mm)	ΕΥΡΟΣ ΠΡΟΣΩΠΟΥ W max (mm)
4 ½	5.21	3.3	9 5/8	7.92	5.0
	5.69	3.3		8.94	5.5
	6.35	4.0		10.03	6.3
5 ½	6.20	3.5	10 3/4	7.09	4.5
	6.98	4.3		8.89	5.5
	7.72	5.0		10.16	6.3
6 5/8	7.31	4.4	13 3/8	8.38	5.0
	8.94	5.5		9.65	6.0
7	5.87	3.5		10.92	6.5
	6.91	4.0		12.19	7.0
7 5/8	7.62	4.5	16	5.56	2.0
	8.33	5.0		8.74	5.0
	9.52	6.0		9.52	6.0
8 5/8	6.71	4.0		12.57	9.0
	7.72	5.0			
	8.94	5.5			

**ΠΙΝΑΚΑΣ 10:** Ανοχές προσώπου για σωλήνες casing. (Ελάχιστο επιτρεπόμενο εύρος προσώπου 1.50 mm)

Μετά το φρεζάρισμα το σύνολο των σωλήνων της παραγωγής υπόκειται σε υδραυλική δοκιμή, προκειμένου να διαπιστωθεί η αντοχή της συγκόλλησης ή η τυχόν ύπαρξη ακόλλητου τμήματος ή πόρων.

## **1.14 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ**

### **1.14.1 Συνθήκες Δοκιμής**

- Κατά τη διάρκεια της υδραυλικής δοκιμής δεν εφαρμόζονται αξονικές τάσεις στο σωλήνα.
- Ο σωλήνας στεγανοποιείται στα δύο του άκρα.

- Μέσω των βαλβίδων εξαέρωσης εκδιώχνεται κάθε φυσαλίδα αέρα κατά την διάρκεια της δοκιμής.
- Η δοκιμή γίνεται με νερό που είναι ασυμπίεστο.
- "Η ραφή" του σωλήνα κατά την διάρκεια της δοκιμής τοποθετείται στο επάνω μέρος (ώρα 12).
- Κατά τη διάρκεια της δοκιμής ο Χειριστής παρατηρεί προσεκτικά τη "ραφή" προκειμένου να εντοπίσει τυχόν "δάκρυα" ή "εφίδρωση".
- Η πίεση δοκιμής εξαρτάται από την διάμετρο, το πάχος και το είδος του χάλυβα. Η διάρκεια της δοκιμής είναι τουλάχιστον 5 sec για σωλήνες με διάμετρο μικρότερη των 20'' και τουλάχιστον 10 sec για σωλήνες με διάμετρο μεγαλύτερη ή ίση των 20''.

#### **1.14.2 Καθήκοντα Χειριστή**

Τα καθήκοντα των Χειριστή του υδραυλικού δοκιμαστηρίου είναι τα εξής:

- Πριν από την δοκιμή "πλένει" τον σωλήνα εσωτερικά για την απομάκρυνση τυχόν γρεζιών ή υπολειμμάτων.
- Στην αρχή της βάρδιας του ρυθμίζει την ένδειξη του καταγραφικού έτσι ώστε να συμφωνεί με τα δύο μανόμετρα της πίεσης δοκιμής (μανόμετρο λειτουργίας και μανόμετρο δοκιμής).
- Κατά τη διάρκεια της βάρδιας χρησιμοποιεί το μανόμετρο λειτουργίας για να πραγματοποιεί τις υδραυλικές δοκιμές, ενώ διατηρεί το μανόμετρο ελέγχου εκτός λειτουργίας (δεν υποβάλλεται σε πίεση). Σε τακτά ωστόσο διαστήματα (π.χ κάθε 2 ώρες) ενεργοποιεί το μανόμετρο ελέγχου και συγκρίνει την ένδειξή του με εκείνη του μανόμετρου λειτουργίας. Αν οι δύο ενδείξεις διαφέρουν περισσότερο από  $\pm 1\%$ , τότε το μανόμετρο ελέγχου αντικαθίσταται και όλοι οι σωλήνες που είχαν δοκιμαστεί μετά από τον τελευταίο επιτυχή έλεγχο επαναδοκιμάζονται.
- Σε κάθε σωλήνα που δοκιμάζεται επιτυχώς τοποθετείται σημείο χρώματος λευκού.
- Σε κάθε σωλήνα που αποτυγχάνει για οποιαδήποτε αιτία στην υδραυλική δοκιμή ο Χειριστής ενεργεί ως ακολούθως:

Όταν στους σωλήνες HFW σημειωθεί αστοχία, τότε αναγράφει ευκρινώς το σύμβολο "Δ" στο ένα άκρο και ειδοποιεί τον Υπεύθυνο του Ποιοτικού

Ελέγχου ο οποίος και αποφασίζει κατά την κρίση του για τη διευθέτηση του σωλήνα ως εξής:

- Ο σωλήνας αποστέλλεται για κοπή του τμήματος που αστόχησε (με την προϋπόθεση ότι το υπολειπόμενο μήκος είναι αποδεκτό) και επανάληψη δοκιμής. Μετά την νέα υδραυλική δοκιμή, εάν αυτή είναι επιτυχής, ο Χειριστής τοποθετεί το λευκό σημείο αποδοχής στο ένα τους άκρο. Σε περίπτωση νέας αστοχίας, γράφει το σύμβολο "Δ" και ο σωλήνας απορρίπτεται.
- Κόβεται το τμήμα που έχει αστοχήσει, ο σωλήνας δοκιμάζεται ξανά αλλά στη συνέχεια **απορρίπτεται** (χαρακτηρίζεται RI και αναγράφεται η ταυτότητά του στο Δελτίο Ελέγχου).

### **1.14.3 Κριτήρια Αποδοχής**

Ο σωλήνας θεωρείται επιτυχώς δοκιμασμένος όταν κατά τη δοκιμή δεν παρουσιάσει "εφίδρωση", "δάκρυα", διαρροή ή διάρρηξη. Η πίεση δοκιμής υπολογίζεται από τον τύπο:

$$P = 20 \times S \times YP \times t / D$$

όπου: **P** η πίεση δοκιμής σε bar.

**t** το ονομαστικό πάχος σε mm.

**D** η ονομαστική εξωτερική διάμετρος σε mm.

**YP** το ελάχιστο όριο διαρροής του χάλυβα σε MPa (βλ. πίνακα 11).

**S** ποσοστό του ορίου διαρροής σύμφωνα με τους πίνακες 12 και 13:

Grade	Ελάχιστο Όριο Διαρροής YP (Mpa)
B	241
X42	290
X46	317
X52	359
X56	386
X60	414
X65	448
X70	483
H40	276
J55	379

**ΠΙΝΑΚΑΣ 11:** Ελάχιστο όριο διαρροής (σε MPa) για σωλήνες Line Pipe και Casing.



Grade	Διάμετρος (")	S (%)
B	όλες	60
≥ X42	$D \leq 5^{9/16}$	60
	$8^{5/8} \geq D > 5^{9/16}$	75
	$20 > D > 8^{5/8}$	85
	$D \geq 20$	90

**ΠΙΝΑΚΑΣ 12:** Τιμές S για σωλήνες Line Pipe.

Grade	Διάμετρος (")	S (%)	
		Κανονική πίεση	Εναλλακτική πίεση
H40, J55	$D < 10^{3/4}$	80	80
H40, J55	$D \geq 10^{3/4}$	60	

**ΠΙΝΑΚΑΣ 13:** Τιμές S για σωλήνες Casing.

Είναι δυνατή η υδραυλική δοκιμή σε πιέσεις διαφορετικές εκείνων που προκύπτουν από τα ανωτέρω. Σε τέτοια περίπτωση αυτό καθορίζεται στην Εντολή Παραγωγής.

## **1.15 ΣΤΑΤΙΚΟ ΚΟΠΤΙΚΟ**

Οι σωλήνες που περιέχουν την αρχή ή το τέλος του τσερκιού (ρετάλια) αποστέλλονται στο στατικό κοπτικό για κοπή. Στο στατικό κοπτικό αποστέλλονται επίσης εκείνοι οι σωλήνες απ' τους οποίους απαιτείται κοπή δοκιμίου για **Flattening TEST**, ή δοκιμίου για Μηχανικές δοκιμές και Χημική ανάλυση. Συγκεκριμένα:

### **1.15.1 Σωλήνες LINE PIPE .**

1. Ο πρώτος και τελευταίος σωλήνας κάθε τσερκιού. Για κοπή των ρεταλιών και δοκιμίων Flattening Test.
2. Ένας σωλήνας από τη μέση του τσερκιού. Για Flattening Test, δοκίμια Εργαστηριακών Ελέγχων.
3. Για τις διαστάσεις  $6^{5/8''}$  έως  $12^{3/4''}$ , **1 σωλήνας ανά 200 σωλήνες του ίδιου χυτηρίου.**

4. Για τις διαστάσεις 14" έως 20", **1 σωλήνας ανά 100 σωλήνες του ιδίου χυτηρίου.**
5. Σε περίπτωση "σταματήματος", ο τελευταίος σωλήνας πριν το σταμάτημα και ο πρώτος αμέσως μετά το ξεκίνημα για κοπή δοκιμίου Flattening Test.
6. Σε περίπτωση που ισχύει ειδική συχνότητα κοπής δοκιμίων, αυτή αναγράφεται στις Ειδικές Απαιτήσεις της αντίστοιχης Εντολής Παραγωγής και υποδεικνύεται από τον Επιθεωρητή Βάρδιας του Ποιοτικού Ελέγχου.

### **1.15.2 Σωλήνες CASING**

1. Ο πρώτος και ο τελευταίος σωλήνας κάθε τσερκιού για κοπή ρεταλιών και δοκιμίων Flattening Test.
2. Ένας σωλήνας από την μέση του τσερκιού για Flattening Test.
3. Όταν γίνεται σταμάτημα της παραγωγής ο τελευταίος σωλήνας πριν και ο πρώτος μετά το σταμάτημα για κοπή ρεταλιών και δοκιμίων Flattening Test.
4. Για πραγματοποίηση εργαστηριακών δοκιμίων οι σωλήνες που φέρουν τους αριθμούς σειράς παραγωγής, 1, 400, 800 κ.λ.π., για διαμέτρους μικρότερες των 6<sup>5/8"</sup> και οι σωλήνες που φέρουν τους αριθμούς σειράς παραγωγής 1, 200, 400, 600 κ.λ.π., για διαμέτρους 6<sup>5/8"</sup> και μεγαλύτερες.

### **1.15.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΤΟ ΣΤΑΤΙΚΟ ΚΟΠΤΙΚΟ**

Ο Χειριστής του Στατικού κοπτικού διενεργεί διάφορες κοπές στους σωλήνες που του αποστέλλονται από την ισιοτική. Επίσης προβαίνει σε κοπές επί σωλήνων που προέρχονται από άλλα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας όπως π.χ. Υδραυλική δοκιμή, Έλεγχος Υπερήχων, Οπτικός έλεγχος κ.λ.π.

### **1.15.4 Σωλήνες προερχόμενοι από την ισιοτική .**

Πρόκειται περί σωλήνων που απαιτούν είτε αποκοπή των ρεταλιών (ακόλλητο τμήμα ή μη ανοπτημένο τμήμα) είτε κοπή δοκιμίων για Flattening Test και Εργαστηριακές δοκιμές.

Για την αποκοπή των ρεταλιών, αυτή γίνεται **αμέσως μετά το μη ανοπτημένο τμήμα** όπως το σημείο αυτό σημειώνεται από τον Χειριστή

των ανοπτητικών. Για την κοπή δοκιμίων (δακτυλίδια) για Εργαστηριακές δοκιμές ισχύουν πέραν των αναφερομένων στην παράγραφο 1.15.1 και 1.15.2 και τα εξής:

#### **1.15.4.1 Line Pipe**

- Τα δοκίμια που προορίζονται αποκλειστικά για Flattening Test (μόνο για σωλήνες ευθείας ραφής) έχουν μήκος τουλάχιστον 75 mm. Στα δοκίμια αναγράφεται ο τριπλός αριθμός του σωλήνα.
- Τα δοκίμια που προορίζονται για εργαστηριακές δοκιμές έχουν μήκος τουλάχιστον 280 mm. Σε κάθε ένα από τα δοκίμια αυτά αναγράφεται η ταυτότητα του σωλήνα δηλ. ο τριπλός αριθμός που φέρει ο σωλήνας. Τα δοκίμια παραλαμβάνονται από το Εργαστήριο.
- Τα δοκίμια που προορίζονται για Δοκιμή Ολκιμότητας της συγκόλλησης (weld ductility Test). Ουσιαστικά πρόκειται για Flattening Test με διαφορετικά όμως κριτήρια αποδοχής . Κόβεται ένα δοκίμιο από κάθε σωλήνα από εκείνους που παίρνουμε δείγμα για εργαστηριακές δοκιμές.
- Από κάθε τσέρκι παραγωγής αποστέλλονται ο πρώτος και τελευταίος σωλήνας για Flattening Test.
- Από τους σωλήνες που περιλαμβάνουν ακόλλητο τμήμα για αποκοπή (ρετάλι), το δοκίμιο του Flattening Test κόβεται από την πλευρά του ρεταλιού.

#### **1.15.4.2 Casing**

Αποστέλλονται για Flattening Test οι σωλήνες που αναφέρονται στις παραγράφους 1.15.2.1, 1.15.2.2 και 1.15.2.3. Από κάθε έναν από τους σωλήνες κόβονται δύο δοκίμια

- Από τον πρώτο σωλήνα κάθε τσερκιού τα δοκίμια κόβονται από την αρχή του σωλήνα (εμπρός άκρο) ενώ από τον τελευταίο σωλήνα τα δοκίμια κόβονται από το τέλος του σωλήνα (πίσω άκρο).
- Από το μεσαίο σωλήνα κόβεται ένα δοκίμιο από κάθε άκρο.
- Από τους σωλήνες τους πριν και μετά το σταμάτημα της παραγωγής τα δοκίμια κόβονται από το άκρο τους σωλήνα που είναι κοντά στο σταμάτημα.

Τα δοκίμια για Flattening Test έχουν μήκος τουλάχιστον 75 mm. Τα δοκίμια για εργαστηριακές δοκιμές έχουν μήκος τουλάχιστον 280 mm. Σε όλα τα δοκίμια αναγράφεται ο τριπλός αριθμός του σωλήνα. Όταν γίνεται αποκοπή ρεταλιού, τότε το δοκίμιο για Flattening Test κόβεται από την πλευρά του ρεταλιού.

### **1.15.4.3 Ταυτοποίηση**

Είναι απαράβατος κανόνας και υποχρέωση του Χειριστού ότι σε περίπτωση που ο τριπλός αριθμός του σωλήνα κόβεται μαζί με το δοκίμιο (δακτυλίδι) ή το ρετάλι να αναγράφει εκ νέου το τριπλό αυτό αριθμό στο στέλεχος του σωλήνα.

## **1.15.5 ΣΩΛΗΝΕΣ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΟΙ ΑΠΟ ΑΛΛΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

### **1.15.5.1 Από Έλεγχο με Υπερήχους**

Πρόκειται για σωλήνες στους οποίους έχει εντοπισθεί ελάττωμα στην ραφή και που βρίσκεται πλησίον στο ένα από τα δύο άκρα. Από την ελεγκτή των υπερήχων (**ultrasonic**) σημειώνεται το ακριβές σημείο που πρέπει να κοπεί ο σωλήνας και αποστέλλεται μέσω του Επιθεωρητού Οπτικού Ελέγχου στο στατικό κοπτικό για κοπή. Το κομμένο τμήμα απορρίπτεται (scrap) ο δε σωλήνας ακολουθεί την πορεία προς τα φρεζαριστικά.

### **1.15.5.2 Από Οπτικό Έλεγχο**

Πρόκειται για σωλήνες των οποίων μόνο τα άκρα έχουν παραμορφωθεί, ή παρουσιάζουν **ovality** μεγαλύτερο του επιτρεπομένου. Ο Ελεγκτής σημειώνει την ακριβή θέση κοπής. Το κομμένο τμήμα απορρίπτεται (scrap) ο δε σωλήνας προωθείται στα φρεζαριστικά.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται αναλυτικά όλες οι εργαστηριακές δοκιμές (εκτός των ελέγχων της γραμμής παραγωγής) που γίνονται στην πρώτη ύλη και στο τελικό προϊόν στα πλαίσια του ποιοτικού ελέγχου της παραγωγής σωλήνων. Οι δοκιμές αυτές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Καταστροφικές δοκιμές: 1) Χημική ανάλυση, 2) Μηχανικές δοκιμές.
- Μη καταστροφικές δοκιμές.

### 2.1 ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

#### 1) Δειγματοληψία

Οι εργαστηριακές δοκιμές πραγματοποιούνται σε δοκίμια που έχουν ληφθεί τόσο από την πρώτη ύλη (τσέρκι) όσο και από το τελικό προϊόν (σωλήνας). Στην πρώτη ύλη γίνονται χημική ανάλυση και δοκιμή εφελκυσμού, ενώ στο τελικό προϊόν γίνονται οι δοκιμές που περιγράφονται στον πίνακα 1.

ΔΟΚΙΜΗ	ΗΦΩ	
	Line Pipe	Casing
ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΚΡΟΥΣΗ	PSL1	(1)
	PSL2	ΝΑΙ
DROP WEIGHT TEAR TEST (DWTT)	(1) Για $D \geq 20"$ και $grade \geq X52$	ΌΧΙ
ΚΑΜΨΗ	ΌΧΙ	ΌΧΙ
RESERVE BEND TEST	(1)	(1)
ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΡΗΣΗ	(1)	(1)

(1) Μόνο αν προδιαγράψετε ως *Ειδική Απαίτηση στην Εντολή Παραγωγής*

**Πίνακας 1:** Εργαστηριακές δοκιμές που πραγματοποιούνται σε τελικό Προϊόν (σωλήνα) ανάλογα με το είδος του

## 2) Πρώτη Ύλη

Προ της τροφοδοσίας της στην γραμμή παραγωγής ελέγχεται η ποιότητα της πρώτης ύλης. Ο έλεγχος αυτός αποσκοπεί αφ' ενός στην εξασφάλιση της παραγωγής από πλευράς καταλληλότητας πρώτης ύλης και αφ' ετέρου στον έλεγχο των πιστοποιητικών και της αξιοπιστίας των προμηθευτών.

Ο χειριστής της ισιωτικής κόβει δείγματα **σε κάθε νέο χυτήριο** και αναγράφει σ' αυτά τον α/α τροφοδοσίας του τσερκιού από το οποίο προέρχεται. Είτε πρόκειται για σωλήνες Line Pipe είτε πρόκειται για σωλήνες Casing, κόβει δείγματα **για χημική ανάλυση και για μηχανικές δοκιμές (εφελκυσμός)** και ο βοηθός του εργαστηρίου τα συγκεντρώνει για προετοιμασία στο μηχανουργείο. Η συχνότητα της δειγματοληψίας καλύπτει τις απαιτήσεις των προδιαγραφών API 5CT και 5L. Επίσης, ο χειριστής της ισιωτικής υποχρεούται να κόβει δείγματα τα οποία μεταφέρονται στο εργαστήριο για ανάλυση σε περίπτωση που τροφοδοτεί στην ισιωτική τσέρκι το οποίο δε φέρει ετικέτα με τα απαιτούμενα στοιχεία.

## 3) Ταυτοποίηση Δειγμάτων

Για την παρακολούθηση της ποιότητας των παραγομένων σωλήνων κατά παρτίδες, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των προδιαγραφών API 5L και 5CT, κάθε παραγόμενος σωλήνας επισημαίνεται με ένα αριθμό της μορφής:

$\gamma(\alpha/\beta)$

**Όλα τα δείγματα που προσδιορίζονται για εργαστηριακές δοκιμές πρέπει να είναι κατάλληλα ταυτοποιημένα σε όλα τα στάδια της προετοιμασίας τους (κοπή, παρασκευή, προετοιμασία, δοκιμή), έτσι ώστε να διατηρείται η ιχνηλασιμότητα με τον αρχικό σωλήνα από τον οποίο προέρχεται το δείγμα.**

## 4) Συχνότητα Δοκιμών

Στον πίνακα 2 δίνεται η συχνότητα δειγματοληψίας για κάθε μία από τις προβλεπόμενες δοκιμές.

ΔΟΚΙΜΗ		HFW	
		Line Pipe	Casing
ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ <sup>(1)</sup>		1 ανά χυτήριο	2 ανά χυτήριο
ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ	ΣΩΜΑ	Για $D \leq 5^{9/16}$ 1 ανά 400 σωλήνες, Για $12^{3/4} \geq D > 5^{9/16}$ 1 ανά 200 σωλήνες ανά χυτήριο Για $D > 12^{3/4}$ 1 ανά 100 σωλήνες ανά χυτήριο	1 ανά 200 σωλήνες ανά χυτήριο
	ΚΟΛΛΗΣΗ	Για $12^{3/4} \geq D \geq 8^{5/8}$ 1 ανά 200 σωλήνες ανά χυτήριο Για $D > 12^{3/4}$ 1 ανά 100 σωλήνες ανά χυτήριο	OXI
ΚΡΟΥΣΗ (Impact test) <sup>(2)</sup>	PLS1	OXI	1 σετ ανά χυτήριο (κόλληση) <sup>(3)</sup>
	PLS2	1 σετ ανά χυτήριο (σώμα)	
DROP WEIGHT TEAR TEST (DWT) <sup>(4)</sup>		Για $D \geq 20$ '' και $grade \geq X52$ , 1 σετ ανά χυτήριο (σώμα) <sup>(3)</sup>	OXI
ΚΑΜΨΗ (Guided Bend test) <sup>(5)</sup>		OXI	OXI
REVERSE BEND TEST		(7)	OXI
ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ		(7)	OXI για H40 και J55

- (1) Ως δείγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπόλειμμα του δοκιμίου εφελευσμού, flattening test κλπ.
- (2) 1 σετ αποτελείται από τρία δοκίμια για τη δοκιμή κρούσης
- (3) Εφ' όσον αναγράφεται ως ειδική απαίτηση στην Εντολή παραγωγής
- (4) 1 σετ αποτελείται από δύο δοκίμια για τη δοκιμή DWT
- (5) 1 σετ αποτελείται από δύο δοκίμια για τη δοκιμή κάμψης (από 1 δοκίμιο ελέγχεται με κάμψη κατά την αρχική καμπυλότητα του σωλήνα και αντίθετα από αυτή)
- (6) Επιπλέον, δοκιμάζεται μία εγκάρσια κόλληση μεταξύ τσερκιών για κάθε παρτίδα 50 σωλήνων

(7) Η συχνότητα θα δίνεται από τις Ειδικές Απαιτήσεις της αντίστοιχης Εντολής Παραγωγής

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2:** Συχνότητα δειγματοληψίας εργαστηριακών δοκιμών σε τελικό προϊόν (σωλήνα) ανάλογα με το είδος του.

### **2.1.1 ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

Ο χειριστής της ισωτικής μηχανής, με την συχνότητα που προαναφέρθηκε, κόβει δείγματα 6cm X 9cm περίπου σε θέση που απέχει τουλάχιστον 90° από την ραφή, τα οποία συγκεντρώνει ο βοηθός εργαστηρίου και τα μεταφέρει στο μηχανουργείο για προετοιμασία. Η προετοιμασία συνίσταται στη λείανση της επιφάνειας του δείγματος διαδοχικά με γυαλόχαρτα ανθρακοπυριτίου μειουμένου μεγέθους κόκκων (P40, P80), έτσι ώστε να διαμορφωθεί μία απόλυτα καθαρή και λεία επιφάνεια.

#### **1) Ανάλυση**

Ο χειριστής του Φασματογράφου οφείλει κάθε μέρα, και προ της ενάρξεως των αναλύσεων, να καλιμπράρει την συσκευή με τα πρότυπα δείγματα που διαθέτει και σύμφωνα με τις οδηγίες που περιέχονται στο παράρτημα Α. Επίσης, υποχρεούται να καλιμπράρει την συσκευή, όταν η ανάγκη αυτή προβάλλεται αυτόματα με τον φασματογράφο.

Η ανάλυση του υπό έλεγχο δείγμα γίνεται αυτόματα και τα αποτελέσματα μεταφέρονται αυτόματα από τον Χειριστή στο Δελτίο Χημικής Ανάλυσης. **Τα παρακάτω στοιχεία πρέπει υποχρεωτικά να συμπεριλαμβάνονται:**

**C, Si, Mn, P, S, Cr, Ni, Mo, V, Cu, Nb, Al, Ti, Ca και B.**

Σε περίπτωση που η περιεκτικότητα σε B είναι μικρότερη του 0,001% τότε αυτό μπορεί να συμπεριλαμβάνεται στα αποτελέσματα σύμφωνα με τον τύπο:

- Για  $C \leq 0,12\%$  ο ισοδύναμος άνθρακας είναι:

$$CE(Pcm) = C + Si/30 + (Mn + Cu + Cr)/20 + Ni/60 + Mo/15 + V/10 + 5B$$

- Για  $C > 0,12\%$  ο ισοδύναμος άνθρακας είναι:

$$CE(IIW) = C + Mn/6 + (Mo + V + Cr)/5 + (Ni + Cu)/15$$



## 2) Όρια Αποδοχής

Τα όρια αποδοχής για τη χημική ανάλυση δίνονται στους πίνακες 3 και 4.

GRADE <sup>(1)</sup>	PLS 1				PLS 2					
	C <sup>(2)</sup>	Mn <sup>(2)</sup>	P	S	C <sup>(2)</sup>	Mn <sup>(2)</sup>	P	S	CE(IIW)	CE(Pcm)
	% max				% max					
B		1,2				1,2				
X42		1,3				1,3				
X46, X52, X56	0,26	1,4	0,03	0,03	0,22	1,4	0,025	0,015	0,43	0,25
X60										
X65		1,45				1,45				
X70		1,65				1,65				

(1) Για όλα τα grades ισχύει  $Nb+V+Ti \leq 0,15\% \text{ max}$ .

(2) Για κάθε μείωση της τάξης του 0,01% κάτω από την ανώτατη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα του άνθρακα (C), επιτρέπεται αύξηση κατά 0,05% πάνω από την ανώτατη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα του μαγγανίου (Mn), έως το 1,50% max για τα grades από X42 έως και X52 και 1,65% max για τα grades X60 και X65

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Επιτρεπόμενη Χημική Ανάλυση για σωλήνες Line Pipe.**

GRADE	P (%) max	S (%) max
H40	0,03	0,03
J55	0,03	0,03

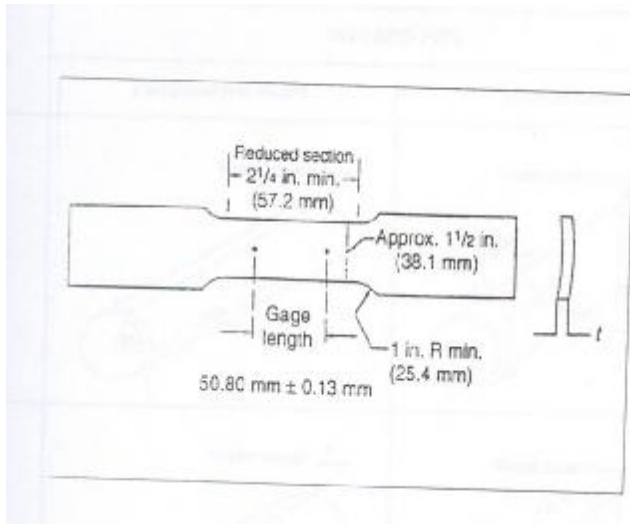
**ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Επιτρεπόμενη Χημική Ανάλυση για σωλήνες Casing.**

### 2.1.2 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

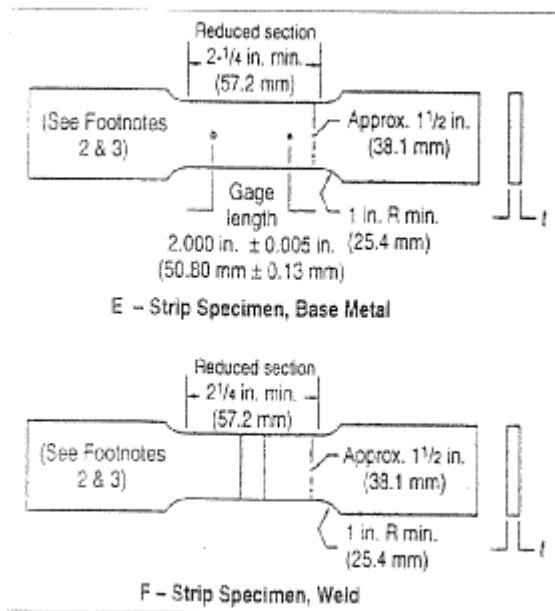
Ο χειριστής της ισιωτικής μηχανής κόβει δείγμα **κάθετα στην διεύθυνση έλασης του τσερκιού και από το μέσο πλάτος του** σε διαστάσεις που του έχουν δοθεί από το εργαστήριο (περίπου 300 X 51mm). Ο βοηθός του εργαστηρίου μεταφέρει το δείγμα στο μηχανουργείο, όπου διαμορφώνεται και είναι έτοιμο για την πραγματοποίηση των μετρήσεων. Τα όρια αποδοχής των δοκιμών της πρώτης ύλης είναι ίδια με εκείνα του τελικού προϊόντος (σωλήνα).

### 2.1.3 ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ

Τα δοκίμια που χρησιμοποιούνται έχουν διαστάσεις σύμφωνα με τα σχήματα 1 και 2 και κόβονται από τις θέσεις που φαίνονται στο σχήμα 3.



**ΣΧΗΜΑ 1:** Διαμήκες δοκίμιο (σώμα). Για σωλήνες έως και 6<sup>5/8</sup>'' το πλάτος του 'λαιμού' του δοκιμίου είναι 25,4mm ενώ το πλάτος του δοκιμίου 38,1mm



**ΣΧΗΜΑ 2:** Εγκάρσιο δοκίμιο σώμα (E), εγκάρσιο δοκίμιο κόλληση (F).

SIZE	WELDED PIPE	
	Longitudinal Seam	Helical Seam
$< 8\frac{5}{8}$		
$\geq 8\frac{5}{8}$		

**ΣΧΗΜΑ 3:**Θέσεις δοκιμών εφελκυσμού για σωλήνες ευθείας ραφής (A= Διαμήκες-σώμα, B= Εγκάρσιο-σώμα, C= Κόλληση).

### A) Σωλήνες Line Pipe

Εάν η διάμετρος είναι μικρότερη από  $6\frac{5}{8}$ '' κόβεται ένα δοκίμιο κατά μήκος του σωλήνα, στις  $90^\circ$  από την κόλληση, για τον έλεγχο του σώματος (σχήμα 1). Εάν η διάμετρος είναι  $8\frac{5}{8}$ '' και μεγαλύτερη, κόβεται δακτυλίδι μήκους 10cm περίπου. Το δακτυλίδι χωρίζεται σε δύο τμήματα. Το ένα, με την κόλληση στην μέση (σχήμα 2-F), θα χρησιμοποιηθεί για έλεγχο της κόλλησης, και το άλλο (σχήμα 2-E) θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο του σώματος του σωλήνα. Τα δείγματα εν συνεχεία πιέζονται για να γίνουν επίπεδα (εφ' όσον προέρχονται από δακτυλίδι) και μεταφέρονται στο ψαλίδι που βρίσκεται η ισιωτική μηχανή για κοπή τους στις επιθυμητές διαστάσεις κατά προσέγγιση.

### B) Σωλήνες Casing

Γίνονται δοκιμές μόνο στο σώμα του σωλήνα. Κόβεται δακτυλίδι μήκους περίπου 30cm από το οποίο, κατά μήκος του και στις  $90^\circ$  από την κόλληση, αποχωρίζεται ένα τμήμα, το οποίον μετά από κατάλληλη διαμόρφωση θα

χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο του σώματος του σωλήνα. Τα άκρα του τμήματος εν συνεχεία πιέζονται για να γίνουν επίπεδα και μεταφέρονται στο μηχανουργείο για την τελική διαμόρφωση. Ο τρόπος που παίρνονται τα δείγματα, η μορφή και οι επιθυμητές διαστάσεις δίνονται στα σχήματα 1 και 3.

## **1) Δοκιμή**

Ο Υπεύθυνος του εργαστηρίου στα ήδη διαμορφωμένα δοκίμια πραγματοποιεί δοκιμές προκειμένου να υπολογίσει:

- Όριο διαρροής (Yield Point) (δεν υπολογίζεται για δοκίμια που περιέχουν την κόλληση).
- Όριο θραύσης (Tensile Strength).
- Επιμήκυνση (Elongation)

Οι παραπάνω μετρήσεις γίνονται με την συσκευή εφελκυσμού του εργαστηρίου. Η διενέργεια των μηχανικών δοκιμών, η συχνότητα, η αποδοχή αυτής καθ' αυτής της δοκιμής αλλά και των αποτελεσμάτων καθορίζονται από τις προδιαγραφές 5L και 5CT.

## **2) Όρια Αποδοχής**

Τα όρια αποδοχής για τη δοκιμή εφελκυσμού δίνονται στους πίνακες 5, 6 και 7.

GRADE	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΔΙΑΡΡΟΗΣ (ΥΡ)	ΟΡΙΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΟΡΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (TS)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ
	Mpa	Mpa	%
B	241	414	
X42	290	414	
X46	317	434	
X52	359	455	
X56	386	490	(1)(2)
X60	414	517	
X65	448	531	
X70	483	565	

(1) Μήκος αναφοράς 50,8mm.

(2) Η ελάχιστη επιμήκυνση υπολογίζεται από τον τύπο:  
 $e=1,944XA^{0,2}/U^{0,9}$ , όπου **e** η ελάχιστη επιμήκυνση (%), **U** το ελάχιστο όριο θραύσης (Mpa) και η **A** η επιφάνεια διατομής του δοκιμίου εφελκυσμού (σε mm) η οποία δεν πρέπει να ξεπερνά τα 485mm<sup>2</sup>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5:** Επιτρεπόμενα όρια **μηχανικών ιδιοτήτων** για σωλήνες **Line Pipe** κατηγορίας **PLS1**.

GRADE	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΟΡΙΟ ΔΙΑΡΡΟΗΣ (YPmin)	ΜΕΓΙΣΤΟ ΟΡΙΟ ΔΙΑΡΡΟΗΣ (YPmax)	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΟΡΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (TSmin)	ΜΕΓΙΣΤΟ ΟΡΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (TSmax)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ
	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	%
B	241	448	414		
X42	290	496	414		
X46	317	524	434		
X52	359	531	455		
X56	386	544	490	758	(1)(2)
X60	414	565	517		
X65	448	600	531		
X70	483	621	565		

(1) Μήκος αναφοράς 50,8mm.

(2) Η ελάχιστη επιμήκυνση υπολογίζεται από τον τύπο:  
 $e=1,944XA^{0,2}/U^{0,9}$ , όπου **e** η ελάχιστη επιμήκυνση (%), **U** το ελάχιστο όριο θραύσης (Mpa) και η **A** η επιφάνεια διατομής του δοκιμίου εφελκυσμού (σε mm) η οποία δεν πρέπει να ξεπερνά τα 485mm<sup>2</sup>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6:** Επιτρεπόμενα όρια **μηχανικών ιδιοτήτων** για σωλήνες **Line Pipe** κατηγορίας **PLS2**.

GRADE	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΟΡΙΟ ΔΙΑΡΡΟΗΣ (YPmin)	ΜΕΓΙΣΤΟ ΟΡΙΟ ΔΙΑΡΡΟΗΣ (YPmax)	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΟΡΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (TSmin)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ
	Mpa	Mpa	Mpa	%
H40	276	552	414	(1)(2)
J55	379	552	517	

(1) Μήκος αναφοράς 50,8mm.

(2) Η ελάχιστη επιμήκυνση υπολογίζεται από τον τύπο:  
 $e=1,944XA^{0,2}/U^{0,9}$ , όπου **e** η ελάχιστη επιμήκυνση (%), **U** το ελάχιστο όριο θραύσης (Mpa) και η **A** η επιφάνεια διατομής του δοκιμίου εφελκυσμού (σε mm) η οποία δεν πρέπει να ξεπερνά τα 485mm<sup>2</sup>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7:** Επιτρεπόμενα όρια **μηχανικών ιδιοτήτων** για σωλήνες **Casing**.

## **2.1.4 ΔΟΚΙΜΗ ΚΡΟΥΣΗΣ (IMPACT TEST)**

Δοκιμή κρούσης πραγματοποιείται στους σωλήνες Line Pipe και Casing.

### **A) Σωλήνες Line Pipe**

Η δοκιμή κρούσης είναι υποχρεωτική για τους σωλήνες της κατηγορίας **PSL2** και πραγματοποιείται σύμφωνα με την παράγραφο 2.1.4.1. Σε περίπτωση που απαιτούνται δοκιμές κρούσης σύμφωνα με την προδιαγραφή API 5L, SR19 ή SR5 (θα αναφέρεται σε σχετική Εντολή Παραγωγής) θα πραγματοποιούνται σύμφωνα με την παράγραφο 2.1.4.2 αντίστοιχα.

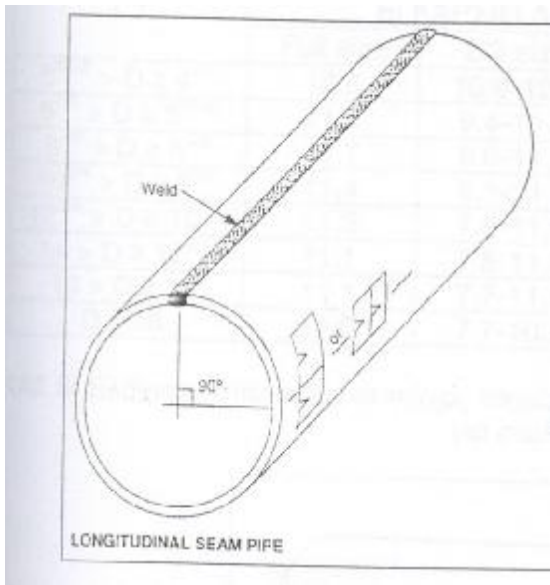
### **2.1.4.1 Δοκιμή κρούσης για σωλήνες κατηγορίας PSL2**

#### **1) Προετοιμασία Δοκιμών**

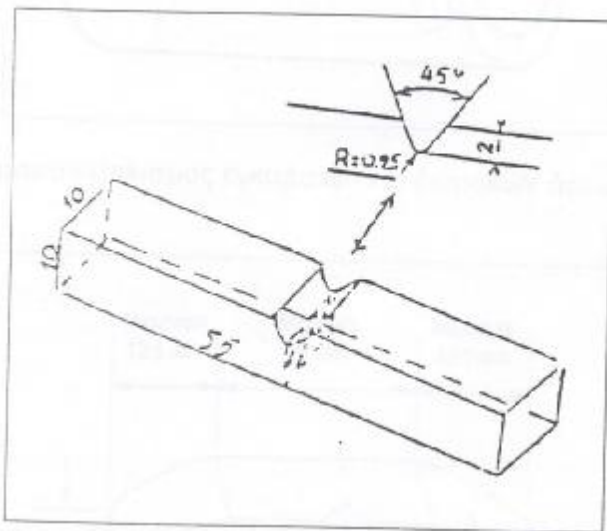
Κάθε σετ αποτελείται από τρία εγκάρσια δοκίμια που εξάγονται από τις θέσεις που φαίνονται στο σχήμα 4. Τα δοκίμια κατασκευάζονται στο μηχανουργείο σύμφωνα με τις διαστάσεις του σχήματος 5 (δοκίμιο full size 10x10x55mm). Λόγω των διάφορων γεωμετρικών περιορισμών δεν είναι εφικτή η κατασκευή εγκάρσιων δοκιμών full size για κάθε συνδυασμό διαμέτρου και πάχους, Στις περιπτώσεις αυτές επιτρέπεται κατά σειρά προτεραιότητας και σύμφωνα με τον πίνακα 8 η χρήση:

- Εγκάρσιων δοκιμών με πάχος full size.
- Εγκάρσιων δοκιμών με πάχος 2/3 (2/3 size).
- Εγκάρσιων δοκιμών με πάχος 1/2 (half size).
- Διαμηκών δοκιμών με πάχος 2/3 (2/3 size).
- Διαμηκών δοκιμών με πάχος 1/2 (half size).

Σε περίπτωση χρήσης διαμηκών δοκιμών, αυτά εξάγονται παράλληλα με τον άξονα του σωλήνα (σχήμα 6). Επίσης επιτρέπεται η χρήση δοκιμών που φέρου στα άκρα τους τμήμα της αρχικής καμπυλότητας του σωλήνα (σχήμα 7). Η χαραγή που κατασκευάζεται στο μέσο του δοκιμίου (σχήμα 5) πρέπει πάντα να είναι κάθετη μεταξύ των πλευρών του δοκιμίου που αντιστοιχούν στην εξωτερική και εσωτερική πλευρά του τοιχώματος του σωλήνα (αντιστοιχεί δηλαδή στο πάχος του σωλήνα).



**ΣΧΗΜΑ 4:** Θέσεις δοκιμών κρούσης (impact test) και DWTT για σωλήνες Line Pipe ευθείας ραφής



**ΣΧΗΜΑ 5:** Διαστάσεις δοκιμών κρούσης (full size).

## 2) Δοκιμή

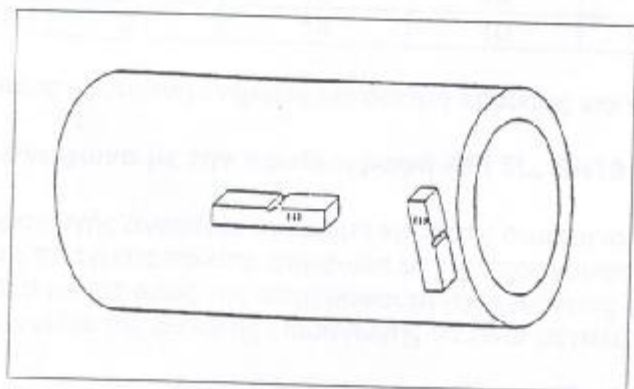
Η δοκιμή πραγματοποιείται στη θερμοκρασία των 0°C. Τα αποτελέσματα καταγράφονται στο Δελτίο Μηχανικών Δοκιμών ή στο Δελτίο Αποτελεσμάτων Κρούσης. Για τη μετατροπή των μονάδων ισχύει:

$$1 \text{ kgm} = 9,81 \text{ J} \text{ και } 1 \text{ kgm} = 7,2 \text{ ft lbs}$$

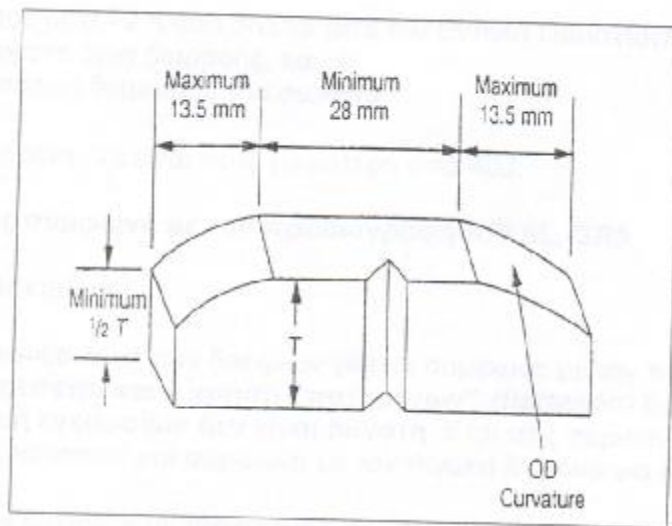


ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (")	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΣΩΛΗΝΑ (mm)				
	ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΔΟΚΙΜΙΟ			ΔΙΑΜΗΚΕΣ ΔΟΚΙΜΙΟ	
	Full size	2/3 size	1/2 size	2/3 size	1/2 size
$5^{9/16} > D \geq 4^{1/2}$	12,6	10,9-12,5	10,1-10,8	7,9-10	6,2-7,8
$6^{5/8} > D \geq 5^{9/16}$	11,9	9,4-11,8	8,6-9,3	7,9-9,2	6,2-7,8
$8^{5/8} > D \geq 6^{5/8}$	11,7	8,6-11,6	7,6-8,4		6,2-7,5
$10^{3/4} > D \geq 8^{5/8}$	11,4	8,1-11,3	6,5-8		6,1-6,4
$12^{3/4} > D \geq 10^{3/4}$	11,3	7,9-11,2	6,2-7,8		6,1
$14 > D \geq 12^{3/4}$	11,1	7,8-11	6,1-7,7		
$16 > D \geq 14$	11,1	7,7-11	6,1-7,6		
$D \geq 16$	11	1,1-10,9	6-7,6		

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8:** Ελάχιστο απαιτούμενο πάχος τοιχώματος σωλήνα για κατασκευή δοκιμών κρούσης για σωλήνες Line Pipe.



**ΣΧΗΜΑ 6:** Προσανατολισμός εγκάρσιων και διαμηκών δοκιμών κρούσης



**ΣΧΗΜΑ 7:** Ελάχιστες απαιτούμενες διαστάσεις δοκιμίων κρούσης για δοκίμια με ‘καμπλωμένα’ άκρα.

### 3) Όρια Αποδοχής

Για να θεωρηθεί η δοκιμή επιτυχημένη πρέπει τα αποτελέσματα να ικανοποιούν τις τιμές του πίνακα 9. Σε περίπτωση που κάποια δοκιμή δεν είναι επιτυχημένη τότε δοκιμάζονται άλλα δύο σετ (από δύο διαφορετικούς σωλήνες της ίδιας παρτίδας). Αν και τα δύο σετ δώσουν επιτυχή αποτελέσματα, τότε γίνεται αποδεκτό το χυτήριο (παρτίδα) με εξαίρεση τον σωλήνα από τον οποίο προήλθε το αρχικό σετ. Αν έστω και ένα από τα δύο σετ αστοχήσει τότε ή απορρίπτεται όλη η παρτίδα, είτε δοκιμάζεται ο κάθε σωλήνας της παρτίδας ξεχωριστά.

	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (J)				
	ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΔΟΚΙΜΙΟ			ΔΙΑΜΗΚΕΣ ΔΟΚΙΜΙΟ	
	Full size	2/3 size	1/2 size	2/3 size	1/2 size
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΣΕΤ	27	18	14	28	21
ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΤΙΜΗ	21	14	10	21	16

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9:** Ελάχιστη απορροφούμενη ενέργεια για δοκιμή κρούσης για σωλήνες Line Pipe.

#### **2.1.4.2 Δοκιμή κρούσης σύμφωνα με την προδιαγραφή API 5L, SR19**

Όταν η Εντολή Παραγωγής αναφέρει τη δοκιμή κρούσης σύμφωνα με την προδιαγραφή API 5L SR19, τότε η δοκιμή πραγματοποιείται σύμφωνα με την παράγραφο 2.1.4.1 και επιπλέον απαιτείται ο μέσος όρος της απορροφούμενης ενέργειας όλων των χυτηρίων για τη συγκεκριμένη παραγγελία της Εντολής Παραγωγής να είναι μεγαλύτερος από:

$$CV=0,000512(F\sigma_y)^{3/2}(D/2)^{1/2}$$

Όπου: **CV** ο απαιτούμενος μέσος όρος της απορροφούμενης ενέργειας

(για όλα τα χυτήρια) σε J,

**F** είναι ίσος με 0,72 ή όσο δίνεται από την Εντολή Παραγωγής (*stress factor*),

**$\sigma_y$**  το ελάχιστο όριο διαρροής, και

**D** η ονομαστική διάμετρος του σωλήνα.

Η τιμή αυτή δεν πρέπει να είναι ποτέ μικρότερη από 40J.

#### **1) Προετοιμασία Δοκιμών**

Η προετοιμασία και επιλογή των δοκιμών γίνεται σύμφωνα με την παράγραφο 2.1.4.1, με τη διαφορά ότι **επιτρέπεται και η χρήση “πατημένων” (*flattened*) δοκιμών αντί διαμηκών όταν η κατασκευή εγκάρσιων δεν είναι δυνατή**. Έτσι στις περιπτώσεις αυτές επιτρέπεται κατά σειρά προτεραιότητας και σύμφωνα με τον πίνακα 8 (μόνο για εγκάρσια δοκίμια) η χρήση:

- Εγκάρσιων δοκιμών με πάχος full size.
- Εγκάρσιων δοκιμών με πάχος 2/3 (2/3 size).
- Εγκάρσιων δοκιμών με πάχος 1/2 (half size).
- **Εγκάρσιων πατημένων δοκιμών με πάχος 2/3 (2/3 size).**
- **Εγκάρσιων πατημένων δοκιμών με πάχος 1/2 (half size).**

Σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται δοκίμια που δεν είναι full size, τότε το όριο αποδοχής προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό του ορίου για full size με το πραγματικό πάχος του δοκιμίου σε mm διαιρούμενο δια 10.

#### **2) Δοκιμή**

Η δοκιμή γίνεται σύμφωνα με την απαίτηση SR5A, SR5B ή (ο συνδυασμός και των δύο).

- **SR5A:** Η δοκιμή γίνεται στους 10°C ή σε άλλη χαμηλότερη (μπορεί να συνδυασθεί με τα δοκίμια της SR5B ) και πραγματοποιείται σε 1 σετ ανά χυτήριο. Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής όταν ο μέσος όρος των τριών δοκιμών της επιφάνειας όλκιμης θραύσης (*shear area*) είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 60% και επιπλέον ο μέσος όρος όλων των χυτηρίων για τη συγκεκριμένη παραγγελία της Εντολής Παραγωγής είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 80%. Σε περίπτωση που κάποια δοκιμή δεν είναι επιτυχημένη τότε δοκιμάζονται άλλα δύο σετ (από δύο διαφορετικούς σωλήνες του ίδιου χυτηρίου). Αν και τα δύο σετ δώσουν επιτυχή αποτελέσματα, τότε γίνεται αποδεκτό το χυτήριο (παρτίδα) με εξαίρεση το σωλήνα από τον οποίο προήλθε το αρχικό σετ. Αν έστω και ένα από τα δύο σετ αστοχήσει τότε ή απορρίπτεται όλη παρτίδα, είτε δοκιμάζεται ο κάθε σωλήνας της παρτίδας ξεχωριστά. Όταν απαιτείται η δοκιμή τότε όλοι οι σωλήνες μαρκάρονται με τα εξής στοιχεία:

- α SR5A.
- α F σε περίπτωση που χρησιμοποιείται πατημένο δοκίμιο.
- α Θερμοκρασία δοκιμής (για θερμοκρασίες χαμηλότερες των 0°C χρησιμοποιείται το γράμμα M).

Παράδειγμα: Για πατημένο δοκίμιο στους -10°C το μαρκάρισμα είναι **SR5AF-M10C**.

- **SR5B:** Η δοκιμή γίνεται σε θερμοκρασία και με όρια που καθορίζονται από την Εντολή Παραγωγής και πραγματοποιείται σε **1 σετ ανά χυτήριο**. Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής όταν ο μέσος όρος της απορροφούμενης ενέργειας των τριών δοκιμών είναι μεγαλύτερος ή ίσος με το όριο αποδοχής (θα δίνεται στην Εντολή Παραγωγής) και επιπλέον καμία από τις επιμέρους τιμές των τριών δοκιμών δεν είναι μικρότερη του 75% του ορίου που αντιστοιχεί στο μέσο όρο. Σε περίπτωση που κάποια δοκιμή δεν είναι επιτυχημένη τότε δοκιμάζονται άλλα δύο σετ (από δύο διαφορετικούς σωλήνες του ίδιου χυτηρίου). Αν και τα δύο σετ δώσουν επιτυχή αποτελέσματα, τότε γίνεται αποδεκτό το χυτήριο (παρτίδα) με εξαίρεση το σωλήνα από τον οποίο προήλθε το αρχικό σετ. Αν έστω και ένα από τα δύο σετ αστοχήσει τότε ή απορρίπτεται όλη παρτίδα, είτε δοκιμάζεται ο κάθε σωλήνας της παρτίδας ξεχωριστά. Όταν απαιτείται η δοκιμή τότε όλοι οι σωλήνες μαρκάρονται με τα εξής στοιχεία:

- α SR5B.

- α F σε περίπτωση που χρησιμοποιείται πατημένο δοκίμιο.
- α Θερμοκρασία δοκιμής (για θερμοκρασίες χαμηλότερες των 0°C χρησιμοποιείται το γράμμα M).
- α Ελάχιστος μέσος όρος απορροφούμενης ενέργειας.

Παράδειγμα: Για πατημένο δοκίμιο στους -20°C, με ελάχιστο όριο απορροφούμενης ενέργειας 30J το μαρκάρισμα είναι **SR5BF-30J-M20C**.

## B) Σωλήνες Casing

### 2.1.4.3 Δοκιμή κρούσης σύμφωνα με την προδιαγραφή API 5CT SR16

#### 1) Προετοιμασία Δοκιμίων

Κάθε σετ αποτελείται από τρία εγκάρσια δοκίμια που περιέχουν τη ραφή συγκόλλησης στο κέντρο τους. Τα δοκίμια κατασκευάζονται στο μηχανουργείο σύμφωνα με τις διαστάσεις του σχήματος 5 (δοκίμιο full size 10x10x55mm). Λόγω των διαφόρων γεωμετρικών περιορισμών δεν είναι εφικτή η κατασκευή εγκάρσιων δοκιμίων full size για κάθε συνδυασμό διαμέτρου και πάχους. Στις περιπτώσεις αυτές επιτρέπεται κατά σειρά προτεραιότητας και σύμφωνα με τον πίνακα 10 η χρήση:

- Εγκαρσίων δοκιμίων με πάχος  $\frac{3}{4}$  (3/4 size).
- Εγκαρσίων δοκιμίων με πάχος  $\frac{1}{2}$  (half size).
- Διαμηκών δοκιμίων με πλήρες πάχος (full size).
- Διαμηκών δοκιμίων με πάχος  $\frac{3}{4}$  (3/4 size).
- Διαμηκών δοκιμίων με πάχος  $\frac{1}{2}$  (half size).

Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας από τους παραπάνω τύπους δοκιμίων εφόσον το όριο αποδοχής (βλ. πίνακα 11) είναι κάτω από 11 J.

Σε περίπτωση χρήσης διαμηκών δοκιμίων, αυτά εξάγονται παράλληλα με τον άξονα του σωλήνα (σχήμα 6). Επίσης επιτρέπεται η χρήση δοκιμίων που φέρουν στα άκρα τους τμήμα της αρχικής καμπυλότητας του σωλήνα (σχήμα 7). Η χαραγή που κατασκευάζεται στο μέσο του δοκιμίου (σχήμα 5) πρέπει πάντα να είναι κάθετη ,μεταξύ των πλευρών του δοκιμίου που αντιστοιχούν στην εξωτερική και εσωτερική πλευρά του τοιχώματος του σωλήνα (αντιστοιχεί δηλαδή στο πάχος του σωλήνα). Σε περίπτωση που λόγω των γεωμετρικών περιορισμών δεν είναι δυνατή η κατασκευή κανενός από τους παραπάνω τύπος δοκιμίων, τότε η δοκιμή κρούσης δεν είναι

απαραίτητη. Σε αυτή την περίπτωση εξασφαλίζεται από την κατάλληλη χημική σύσταση του χάλυβα ότι ικανοποιούνται οι απαιτήσεις της δοκιμής.

## 2) Δοκιμή

Η δοκιμή γίνεται στη θερμοκρασία των  $21^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

## 3) Όρια αποδοχής

Για να θεωρηθεί η δοκιμή επιτυχημένη πρέπει τα αποτελέσματα να ικανοποιούν τις τιμές του πίνακα 11. Σε περίπτωση που κάποια δοκιμή δεν είναι επιτυχημένη τότε δοκιμάζονται συμπληρωματικά 3 δοκίμια (1 σετ) από τον ίδιο σωλήνα.

Αν και τα τρία δοκίμια δώσουν επιτυχή αποτελέσματα τότε ο σωλήνας είναι αποδεκτός. Αν έστω και ένα από τα τρία δοκίμια αστοχήσει τότε απορρίπτεται ο σωλήνας και κόβονται για δοκιμή άλλα τρία σετ από διαφορετικού σωλήνες της ίδιας παρτίδας. Αν όλα τα δοκίμια των 3 σετ δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα, η παρτίδα γίνεται αποδεκτή, εκτός του σωλήνα που έχει ήδη απορριφθεί. Αν έστω και μία δοκιμή αποτύχει τότε ή απορρίπτεται η παρτίδα ή δοκιμάζονται όλοι οι σωλήνες ξεχωριστά.

## 4) Μαρκάρισμα

Όταν απαιτείται η δοκιμή τότε οι σωλήνες μαρκάρονται με τα εξής στοιχεία:

- α SR16.
- α Ελάχιστος μέσος όρος απορροφούμενης ενέργειας (για full size δοκίμιο) σε ftlbs.
- α Θερμοκρασία δοκιμής (σε  $^{\circ}\text{F}$ ).

Παράδειγμα: Για θερμοκρασία δοκιμής  $14^{\circ}\text{F}$ , με ελάχιστο όριο απορροφούμενης ενέργειας 20ftlbs το μαρκάρισμα είναι **SR16-20-14F**.

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (")	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΣΩΛΗΝΑ (mm)					
	ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΔΟΚΙΜΙΟ			ΔΙΑΜΗΚΕΣ ΔΟΚΙΜΙΟ		
	Full size	3/4 size	1/2 size	Full size	3/4 size	1/2 size
4,500	18,0	15,6	13,1	11,2	8,7	6,2
5,000	17,3	14,8	12,3	11,2	8,7	6,2
5,500	16,7	14,2	11,7	11,2	8,7	6,2
6,625	15,6	13,1	10,6	11,2	8,7	6,2
7,000	16,4	12,9	10,4	11,2	8,7	6,1
7,625	15,0	12,5	10,0	11,2	8,6	6,1
7,750	14,9	12,4	9,9	11,2	8,6	6,1
8,625	14,5	12,0	9,5	11,1	8,6	6,1
9,625	14,2	11,7	9,1	11,1	8,6	6,1
10,750	13,8	11,3	8,8	11,1	8,6	6,1
11,750	13,4	11,1	8,6	11,1	8,6	6,1
13,375	13,3	10,7	8,3	11,1	8,6	6,1
16,000	12,9	10,4	7,9	11,1	8,6	6,1
18,625	12,6	10,1	7,6	11,1	8,6	6,1
20,000	12,5	10,0	7,5	11,1	8,6	6,1

**Πίνακας 10:** Ελάχιστο απαιτούμενο πάχος τοιχώματος σωλήνα για Κατασκευή δοκιμίων κρούσης για σωλήνες Casing.

GRADE	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (J)											
	ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΔΟΚΙΜΙΟ						ΔΙΑΜΗΚΕΣ ΔΟΚΙΜΙΟ					
	Full size		3/4 size		1/2 size		Full size		3/4 size		1/2 size	
MO	Ανεξ. Τιμή <sup>(1)</sup>	MO	Ανεξ. Τιμή <sup>(1)</sup>	MO	Ανεξ. Τιμή <sup>(1)</sup>	MO	Ανεξ. Τιμή <sup>(1)</sup>	MO	Ανεξ. Τιμή <sup>(1)</sup>	MO	Ανεξ. Τιμή <sup>(1)</sup>	
H40	17	11	13	9	9	6	21	14	17	11	12	8
J55	21	14	17	11	12	8	27	19	22	15	15	10

Σημείωση (1) Επιπλέον, το πολύ ένα δοκίμιο να δίνει αποτελέσματα κάτω από το μέσο όρο.

**Πίνακας 11:** Ελάχιστη απορροφούμενη ενέργεια για δοκιμή κρούσης για Σωλήνες Casing.

### **2.1.5 DROP WEIGHT TEAR TEST (DWTT)**

Η διαδικασία γίνεται σύμφωνα με την προδιαγραφή API 5L SR6 και αφορά σωλήνες με διάμετρο μεγαλύτερη ή ίση των 20'' και grade X52 ή ανώτερο.

#### **1) Προετοιμασία Δοκιμίων**

Τα δοκίμια έχουν διαστάσεις σύμφωνα με το σχήμα 8 και κόβονται από τις θέσεις που φαίνονται στο σχήμα 4.

#### **2) Δοκιμή**

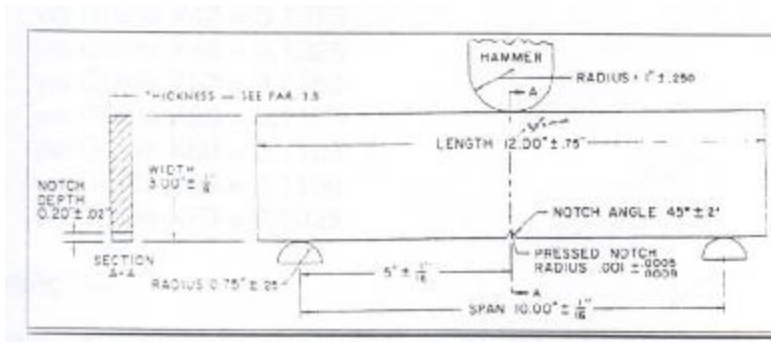
Η δοκιμή πραγματοποιείται σε εξωτερικό Εργαστήριο στους 10°C (ή σε άλλη που ορίζεται στις Ειδικές Απαιτήσεις της Εντολής Παραγωγής). Επίσης ορίζεται ο τύπος της χρησιμοποιούμενης χαραγής (*pressed* ή *chevron*).

#### **3) Όρια Αποδοχής**

Ο μέσος όρος της όλκιμης θραύσης (*shear area*) των δύο δοκιμίων του σετ (για το 80% των χυτηρίων) πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον 40%. Σε περίπτωση που ο μέσος όρος των δύο δοκιμίων είναι χαμηλότερος του 40%, τότε δοκιμάζονται άλλα δύο σετ (από δύο διαφορετικούς σωλήνες του ίδιου χυτηρίου) και ο μέσος όρος υπολογίζεται με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- Λαμβάνοντας υπ' όψιν και τα τρία σετ.
- Απορρίπτεται ο αρχικός σωλήνας και ο νέος μέσος όρος υπολογίζεται από τα δύο πρόσθετα σετ.
- Δοκιμάζεται ένας προς ένας τουλάχιστον το 80% των σωλήνων του χυτηρίου.





**ΣΧΗΜΑ 8:** Διαστάσεις δοκιμίων DWTT.

#### 4) Μαρκάρισμα

Όταν απαιτείται η δοκιμή DWTT, τότε όλοι οι σωλήνες μαρκάρονται με τα εξής στοιχεία:

- SR6.
- Τύπος χαραγής (**C** για chevron και **P** για pressed).
- Θερμοκρασία δοκιμής (για θερμοκρασίες χαμηλότερες των 0°C χρησιμοποιείται το γράμμα **M**)

Παράδειγμα: Για χαραγή τύπου chevron στους -10°C το μαρκάρισμα είναι **SR6C-M10C**.

### 2.1.6 REVERSE BEND TEST

#### 1) Προετοιμασία Δοκιμίων

Για τη δοκιμή κόβονται δαχτυλίδια πλάτους 10cm περίπου στα οποία λειαίνεται η περιοχή της κόλλησης που είναι στα άκρα του δαχτυλιδιού (προκειμένου να μην προκαλέσει ρωγμές κατά τη δοκιμή).

#### 2) Δοκιμή

Η δοκιμή πραγματοποιείται με έμβολο διαμέτρου  $A$  που υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο (σε περίπτωση που το ακριβές έμβολο δεν είναι διαθέσιμο, τότε χρησιμοποιείται το αμέσως μικρότερο):

$$A=2R=[1,4(D-t)t/(e(D-2t)-1,4t)]-t$$

Όπου:

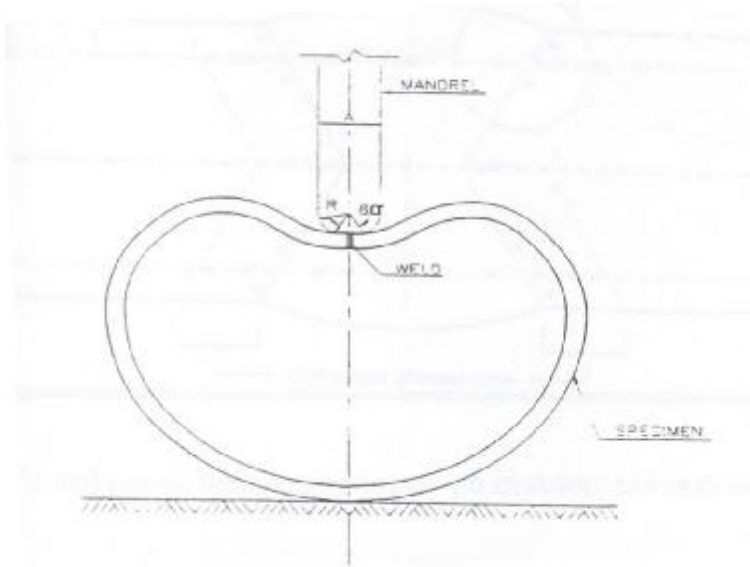
$D$  η εξωτερική διάμετρος (mm).

$t$  το πάχος του τοιχώματος (mm).  
 $e$  ο συντελεστής τάσεως.

Οι τιμές του  $e$  ανάλογα με την ποιότητα του χάλυβα είναι οι εξής:

για Grade B = 0.1375  
για Grade X42 = 0.1375  
για Grade X46 = 0.1325  
για Grade X52 = 0.1250  
για Grade X56 = 0.1175  
για Grade X60 = 0.1125  
για Grade X65 = 0.1100  
για Grade X70 = 0.1025

Το δοκίμιο τοποθετείται με τη ραφή στους  $0^{\circ}\text{C}$  και το έμβολο πιέζει το δοκίμιο κάθετα αναγκάζοντας τη ραφή συγκόλλησης να καμφθεί προς τα μέσα (σχήμα 9). Η δοκιμή τερματίζεται όταν η επιφάνεια επαφής μεταξύ εμβόλου και δοκιμίου καλύπτει τόξο  $60^{\circ}$ .



**ΣΧΗΜΑ 9:** Διατάξεις συσκευών **Reverse Bend Test**.

### 3) Όρια Αποδοχής

Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής αν μέχρι τον τερματισμό της δοκιμής δεν εμφανιστούν:

- Θραύση του δοκιμίου.
- Ρωγμές ή ανοίγματα στην κόλληση ή τη *Θερμικά Επηρεασμένη Ζώνη* (HAZ) μεγαλύτερα των 4mm μήκους. Ρωγμές έως 6mm που ξεκινούν από τα άκρα του δοκιμίου είναι αποδεκτές.

### **2.1.7 ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ**

#### **1) Προετοιμασία Δοκιμίων**

Τα προς εξέταση δοκίμια κόβονται στο πριόνι και στη συνέχεια λειαίνεται και στιλβώνεται η πλευρά που πρόκειται να σκληρομετρηθεί (μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί ώστε η πλευρά που θα σκληρομετρηθεί να είναι απολύτως παράλληλη με την απέναντί της προκειμένου το δοκίμιο να εδράζεται κατάλληλα κατά τη διάρκεια της σκληρομέτρησης).

#### **2) Δοκιμή**

Η δοκιμή σκληρότητας γίνεται με τη συσκευή Vickers Hardness Tester. Το όργανο αυτό χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της σκληρότητας Vickers μεταλλικών υλικών. Εφαρμόζεται κάποιο φορτίο σε έναν διεισδυτή με τετραγωνική βάση, ο οποίος αφήνει κάποιο ίχνος στην επιφάνεια του υπό εξέταση υλικού. Από το εμβαδόν του ίχνους του διεισδυτή και με τη βοήθεια του κατάλληλου μαθηματικού τύπου, υπολογίζεται η σκληρότητα Vickers του υλικού.

$$\mathbf{HV=1.854.000F/d^2 \text{ (1)}}$$

Όπου **HV**: η σκληρότητα Vickers

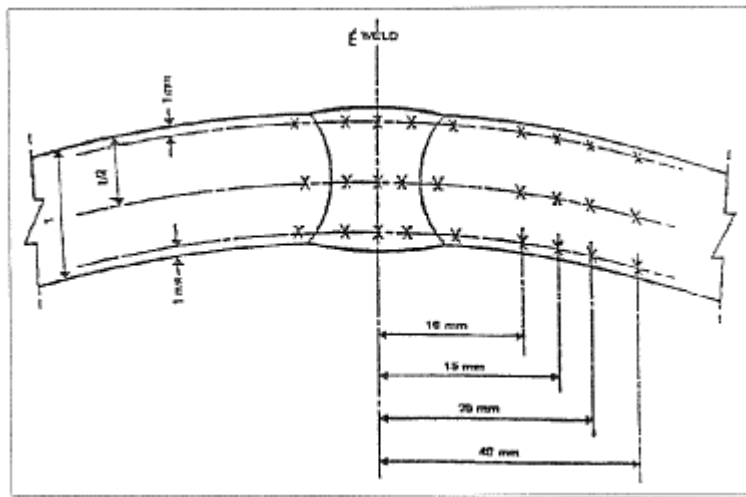
**F**: το επιβαλλόμενο φορτίο σε kg

**d**: η μέση τιμή των διαγωνίων του ίχνους σε μm (D1+D2)/2

Στο σχήμα 10 δίνεται τυπικό παράδειγμα των μετρούμενων περιοχών.

#### **3) Όρια Αποδοχής**

Καμία μέτρηση δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 248HV<sub>10</sub> και η διαφορά μεταξύ ζώνης συγκόλλησης ή HAZ και μετάλλου βάσης να είναι μικρότερη από 80 HV<sub>10</sub>.



**ΣΧΗΜΑ 10:** Τυπική μορφή σκληρομετρήσεων.

#### 4) Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

Ο χειριστής μετά την πραγματοποίηση των δοκιμών καταγράφει τα αποτελέσματα τους στα υπάρχοντα δελτία. Στη συνέχεια αντιπαραβάλλει τα αποτελέσματα με τους πίνακες που έχει στην διάθεσή του για να ελέγξει κατά πόσον τα αποτελέσματα των δοκιμών ανταποκρίνονται στα όρια τιμών που καθορίζονται από τις προδιαγραφές 5L και 5CT.

Σε περίπτωση που κάποιο δοκίμιο δεν ανταποκριθεί στα όρια των τιμών που προδιαγράφονται στην αντίστοιχη Εντολή Παραγωγής ακόμα και μετά τον σχετικό επανέλεγχο (Retest), σύμφωνα με τις Προδιαγραφές 5L και 5CT, τότε ο Υπεύθυνος Εργαστηρίου ειδοποιεί τον Υπεύθυνο του Ποιοτικού Ελέγχου ο οποίος φροντίζει έτσι ώστε οι σωλήνες του τσερκιού που απέτυχε στις δοκιμές:

- Να διαγραφούν από το φύλλο ζυγίσεως.
- Να ενημερωθεί σχετικά το Συγκεντρωτικό Δελτίο Παραθέντων προκειμένου ο Υπεύθυνος Αποθήκης να ενεργήσει σύμφωνα με τις σχετικές οδηγίες.

#### **2.1.8 ΦΑΣΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ (SPECTROLAB)**

Το όργανο μπορεί να κάνει ανάλυση της περιεκτικότητας των στοιχείων που περιέχονται σε ένα μεταλλικό δοκίμιο, με τη μέθοδο της απορρόφησης ακτινοβολίας.

Τα άτομα κάθε στοιχείου όταν διεγερθούν εκπέμπουν ακτινοβολία συγκεκριμένου μήκους κύματος. Άλλο μήκος κύματος έχει η εκπεμπόμενη ακτινοβολία από διεγερμένο άτομο π.χ. C και άλλο το P. Για να διεγερθούν τα άτομα των στοιχείων του μεταλλικού δοκιμίου πρέπει να τους δοθεί ενέργεια. Στην περίπτωση του οργάνου μας έχουμε μία λεία πλάκα με οπή και σύστημα συγκρότησης του λειασμένου δοκιμίου ώστε αυτό να πατάει στεγανά πάνω στην οπή. Σε ορισμένη απόσταση από το δοκίμιο βρίσκεται ένα μυτερό κυλινδρικό ηλεκτρόδιο. Η θέση αυτού του ηλεκτροδίου προσδιορίζεται με τη βοήθεια οργάνου. Μέσω ειδικού τροφοδοτικού (πηγής), επί του ηλεκτροδίου εφαρμόζεται παλμική τάση. Λόγω της μικρής απόστασης ακίδας ηλεκτροδίου από την επιφάνεια του δοκιμίου αρχίζει ηλεκτρική εκκένωση τόξου που προσβάλλει την επιφάνεια του δοκιμίου προκαλώντας έτσι επιφανειακή μερική εξάχνωση και αποκόλληση μορίων του υλικού. Ο χώρος μεταξύ του δοκιμίου-ηλεκτροδίου γεμίζει με διεγερμένα άτομα των μορίων του υλικού του δοκιμίου. Η ενέργεια έχει προσδοθεί από το τόξο εκκένωσης.

Η διαδικασία της έκσπασης επιτυγχάνεται με τόξο υψηλής τάσης και χαμηλού ρεύματος το οποίο συμβαίνει 100 έως 400 φορές ανά sec (100 έως 400 Hz). Το σχήμα της εκφόρτισης περιγράφεται σαν “SPARK” (σπινθήρας) ή σαν “ARC” (τόξο), ανάλογα με το πλάτος του ρεύματος κορυφής κατά τη διάρκεια. Υψηλό πλάτος και μικρή διάρκεια χαρακτηρίζεται σαν SPARK, ενώ χαμηλό πλάτος και μεγάλη διάρκεια σαν ARK. Οι καταστάσεις αυτές είναι τοποθετημένες στο όργανο από κατασκευής.

Το περιβάλλον στο χώρο εκκένωσης πρέπει να είναι αδρανές ώστε να μην δημιουργηθούν ενώσεις των διεγερμένων ατόμων του δοκιμίου με άτομα O<sub>2</sub>. Έτσι διαβιβάζουμε αέριο αργόν μέσω φίλτρου. Οι καταστάσεις ροής αργόν είναι τρεις. Χαμηλή ροή όταν η πηγή είναι σβησμένη. Σταθερή ροή όταν η πηγή είναι σε λειτουργία αλλά το κουμπί START δεν είναι πατημένο. Ροή ανάλυσης όταν το START είναι πατημένο.

Το σύστημα περιέχει τρία οπτικά συστήματα, ένα κενού και δύο αέρα με δυνατότητα αύξησης των οπτικών συστημάτων αέρα σε τρία. Κάθε οπτικό σύστημα έχει βελτιστοποιηθεί για μία συγκεκριμένη περιοχή μηκών κύματος.

Το φως από το σταντ έκσπασης στέλνεται μέσω οπτικών ινών στη σχισμή εισόδου. Προφανώς η εξερχόμενη φωτεινή ενέργεια από τη σχισμή εισόδου έχει μέσα της όλες τις επιμέρους ακτινοβολίες των στοιχείων, είναι δηλ. μικτό φως. Το μικτό αυτό φως προσπίπτει σε κοίλο ειδικό κάτοπτρο με πολλές παράλληλες λεπτές χαραγές (1800-3600 χαραγές/mm). Το προσπίπτον φως ανακλάται αναλυόμενο σε διαφορετικές μονοχρωματικές ακτινοβολίες που η κάθε μία ακολουθεί διαφορετική γωνία ανάκλασης.

Τούτο εξηγείται βάσει των νόμων της κυματικής φυσικής. Οι ανακλώμενες μονοχρωματικές ακτινοβολίες οδεύουν προς συγκεκριμένες σταθερές σχισμές, τις σχισμές εξόδου. Από κάθε σχισμή εξόδου εξέρχεται μόνο φως συγκεκριμένου μήκους κύματος. Πίσω από κάθε σχισμή εξόδου βρίσκεται και ένας φωτοπολλαπλασιαστής που μετατρέπει το φως σε ροή ηλεκτρονίων γνωστό ως φωτορεύμα, το οποίο είναι ανάλογο με την ένταση του φωτός.

Όλο το συγκρότημα: σχισμή εισόδου, κάτοπτρο, σχισμή εξόδου κείται επί περιφέρειας ακτίνας όση είναι η ακτίνα του κατόπτρου και καλείται κύκλος ROWLAND.

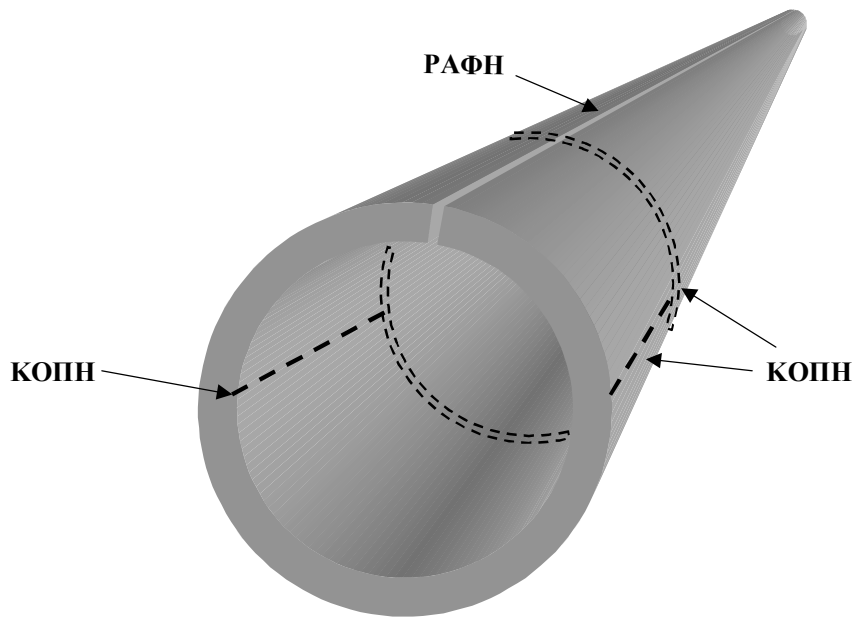
Μήκη κύματος μικρότερα των 200nm απορροφούνται από τον αέρα και υδρατμούς. Για τη μέτρηση στοιχείων όπως C, P, S, B, Sn & As τα οποία έχουν μήκη κύματος κάτω των 200nm χρησιμοποιείται κενό. Κατά συνέπεια τα οπτικά βρίσκονται μέσα σε θάλαμο όπου έχουμε κενό  $1.5 \times 10^{-2}$  Mbar που συντηρείται από αντλία κενού. Η κατασκευή του φασματογράφου κενού είναι παρόμοια με αυτή του αέρα. Το φως εκπέμπεται κατευθείαν στα οπτικά κενού.

### **2.1.9 ΜΕΘΟΔΟΣ CHARPY-V TEST**

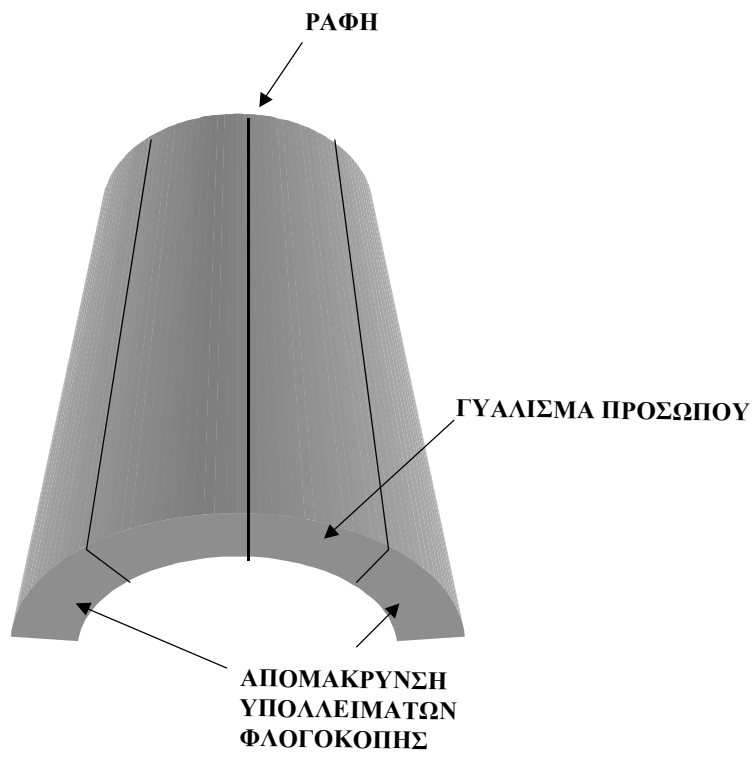
Α/Α	ΕΙΔΙΚΕΙΕΣ	ΜΕΣΟ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΣΤΑΘΙΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1	Κοπή δαχτυλιδιού από σωλήνα	Στατικό κοπτικό, πριόνι, φλογοκοπή	20cm-40cm ανάλογα με το πλήθος των δοκιμίων	A	Ο αριθμός ταυτότητας σωλήνα αναγράφεται στο δαχτυλίδι, κοντά στην περιοχή ραφής
2	Κοπή 'χελώνας' από δαχτυλίδι	Φλογοκοπή	Η ραφή τοποθετείται στη θέση ώρα 12 και οι κοπές γίνονται στις θέσεις ώρα 3 και 9 <i>παράλληλα στον άξονα</i>	A	
3	Απομάκρυνση υπολειμμάτων φλογοκοπής	Πριόνι	Περίπου 1cm ή περισσότερο όπου απαιτείται, ανάλογα με τη διάμετρο του σωλήνα	B	Μεταξύ σταδίων προετοιμασίας η ψύξη γίνεται σε συνθήκες περιβάλλοντος (δεν επιτρέπεται η επιταχυνόμενη ψύξη με νερό ή άλλο μέσο)
4	Επιπέδωση χελώνας (εφόσον απαιτείται)	Υδραυλική πρέσα		Γ	Η επιπέδωση γίνεται αρχικά με την κοίλη πλευρά της χελώνας προς τα πάνω σε πολλαπλά μικρά βήματα. Εφόσον απαιτείται, ακολουθείται και δεύτερο στάδιο επιπέδωσης από την ανάστροφη πλευρά
5	Τεμάχισμα χελώνας για την παραγωγή των δοκιμίων	Πριόνι	1 set από 3 δοκίμια πλάτους <b>13-15mm</b> και μήκους <b>60mm-65mm</b> περίπου (με τη ραφή να περιέχεται περίπου στο κέντρο κάθε δοκιμίου)	Δ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Το τμήμα που βρίσκεται πλησίον στο άκρο απομακρύνεται</li> <li>• Τα δοκίμια του σετ τοποθετούνται σε ειδικό ταυτοποιημένο κουτί που χρησιμοποιείται σε όλη την υπόλοιπη διαδικασία για λόγους αναγνώρισης της ταυτότητας των δοκιμίων</li> </ul>
6	Διαμόρφωση τελικού πλάτους δοκιμίου	Φρέζα	<b>10mm±0,075mm</b>	E	

7	Διαμόρφωση τελικού πάχους δοκιμίου	Φρέζα	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ανάλογα με την ισχύουσα προδιαγραφή, το πάχος μπορεί να είναι 10mm, 7,5mm, 6,7mm, 5mm, 3,3mm, 2,5mm ή όποιο άλλο ενδιάμεσο πάχος επιλεγθεί</li> <li>Ανοχή πάχους: α) Για <b>10mm±0,075mm</b> β) Από <b>7,5-2,5mm±1%</b></li> </ul>	Ε	<p>τον αριθμό ταυτότητας του σωλήνα από τον οποίο προήλθε</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Στη διαμόρφωση του τελικού πάχους πρέπει να απομακρύνουμε τουλάχιστον 0,5mm υλικό από τις αρχικές</li> </ul>
8	Γυάλισμα δοκιμίων για τον εντοπισμό και σημείωση της ραφής συγκόλλησης	Τριβείο, χαρτί grit 80 και Nital 15%		ΣΤ	Χρησιμοποιείται ειδικός προσοφθαλμικός φακός μεγέθυνσης (x6). Η ραφή σημειώνεται με μολύβι λεπτής μύτης. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε δοκίμιο χωριστά
9	Κεντράρισμα ραφής και προετοιμασία τελικού μήκους δοκιμίων	Φρέζα	Το τελικό μήκος των δοκιμίων πρέπει να είναι <b>55mm+0mm,-2,5mm</b> με τη ραφή να βρίσκεται στο κέντρο του δοκιμίου	Z	<ul style="list-style-type: none"> <li>Η μέτρηση για τη διαμόρφωση του τελικού μήκους γίνεται μετρώντας από το κέντρο της ραφής προς τα αριστερά και προς τα δεξιά 27,5mm</li> <li>Και στα 3 δοκίμια του set το τελικό μήκος διαμορφώνεται ταυτόχρονα</li> </ul>
10	Διαμόρφωση χαραγής	Ειδική πρέσα	<ul style="list-style-type: none"> <li>Βάθος <b>2mm±0,025mm</b></li> <li>Γωνία: <b>45° ±1°</b></li> <li>Ακτίνα καμπυλότητας: <b>0,25mm±0,025mm</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Σε περίπτωση που η ραφή αποκλίνει αισθητά από την κάθετη νοητή ευθεία, ελέγχεται απτικά, φωτογραφίζοντας το 'V Notch' στο στερεοσκόπιο, αν η κορυφή του 'V Notch' μετά το στάδιο της χάραξης του συναντά τη ραφή κατά προσέγγιση στο μέσο του πάχους του δοκιμίου</li> <li>Οι διαστάσεις της χαραγής ελέγχονται περίπου κάθε 50 δοκίμια και πάντα στα δοκίμια των δοκιμών της 1<sup>ης</sup> μέρας</li> </ul>



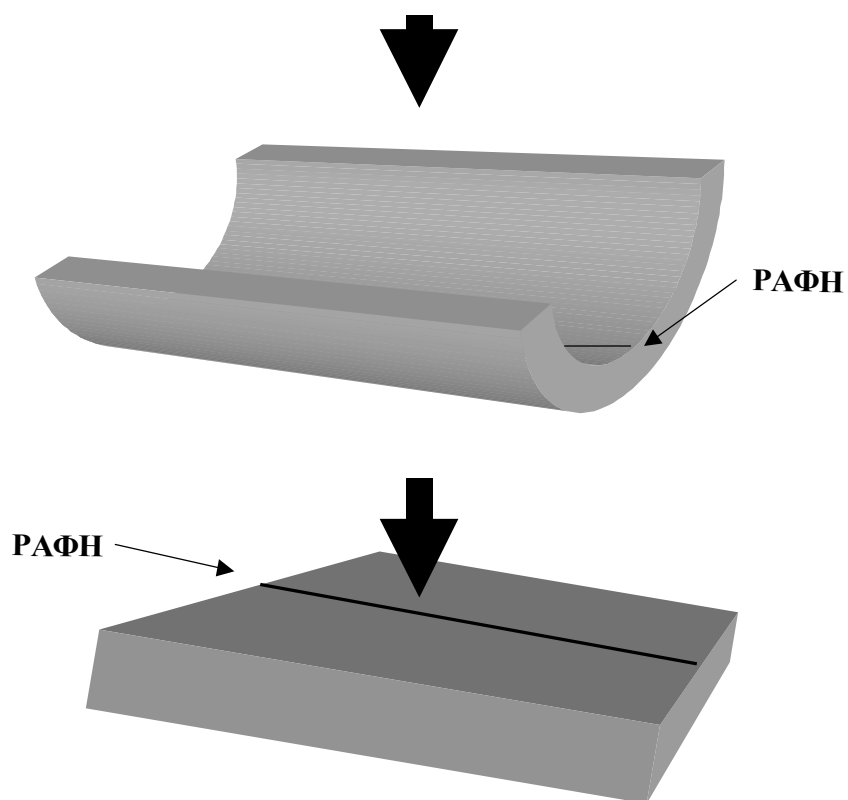


**Σχήμα Α**

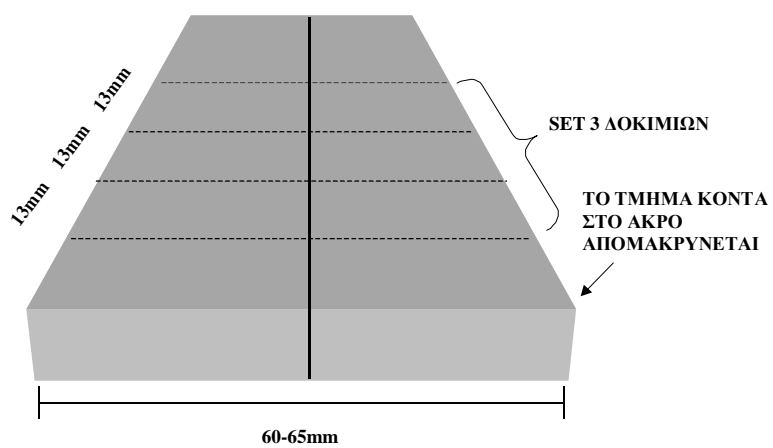


**Σχήμα Β**

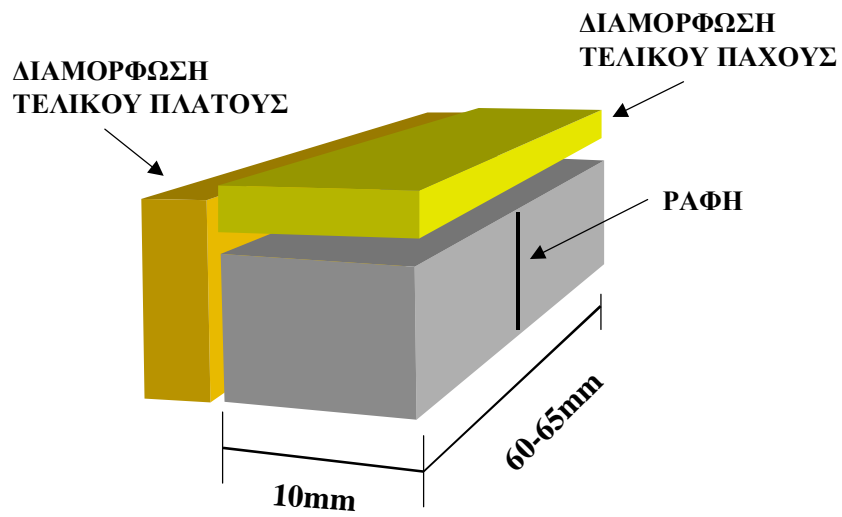
**ΧΡΗΣΗ ΠΡΕΣΑΣ**



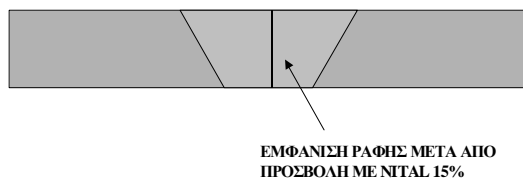
**Σχήμα Γ**



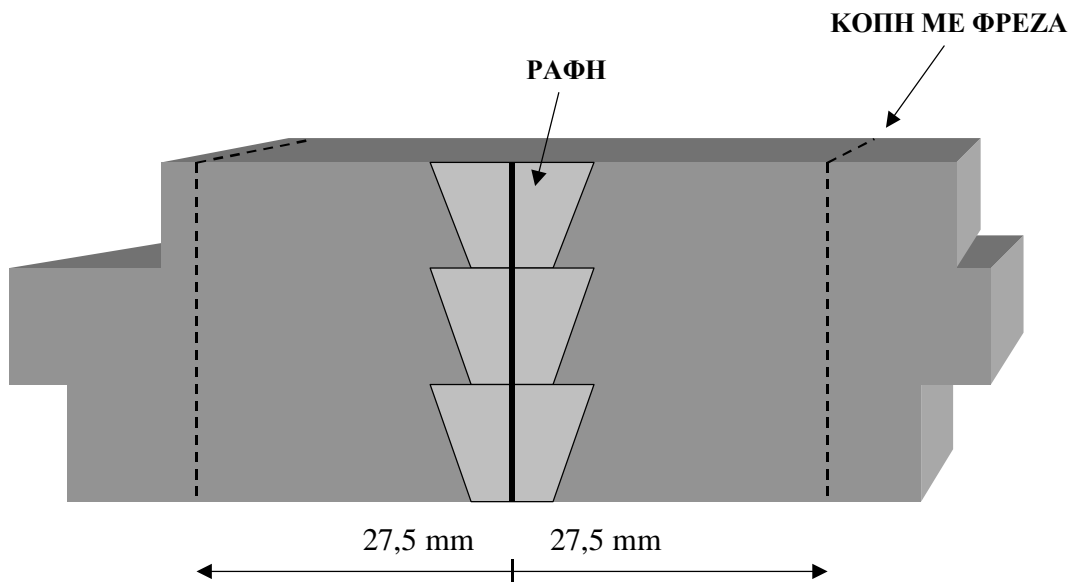
**Σχήμα Δ**



Σχήμα Ε



Σχήμα ΣΤ



**Σχήμα Z**

### **2.1.10 FLATTENING TEST**

Το Flattening Test διενεργείται στην υδραυλική πρέσα τοποθετώντας το δοκίμιο (δακτυλίδι) με την συγκόλληση στις  $90^\circ$  ή  $0^\circ$  ως προς τον άξονα συμπίεσης, ανάλογα με την σχετική απαίτηση της προδιαγραφής.

#### **A) Line Pipe**

##### **1) Συχνότητα δοκιμής**

Κάθε τσέρκι (coil) δοκιμάζεται ως εξής:

- Από τον πρώτο σωλήνα δοκιμάζονται δύο δοκίμια: ένα με την ραφή στις  $90^\circ$  και ένα με τη ραφή στις  $0^\circ$ . Τα δοκίμια κόβονται από την πλευρά του ρεταλιού.
- Από τον τελευταίο σωλήνα δοκιμάζονται δύο δοκίμια: ένα με την ραφή στις  $90^\circ$  και ένα με τη ραφή στις  $0^\circ$ . Τα δοκίμια κόβονται από την πλευρά του ρεταλιού.
- Επιπλέον, σε περίπτωση σταματήματος δοκιμάζονται δύο δοκίμια: ένα από τον τελευταίο σωλήνα πριν το σταμάτημα (κομμένο προς τη

μεριά του σταματήματος) και ένα από τον πρώτο αμέσως μετά το ξεκίνημα (επίσης κομμένο προς τη μεριά του σταματήματος). Τα δύο δοκίμια δοκιμάζονται με τη ραφή στις 90°.

## 2) Κριτήρια αποδοχής

Η δοκιμή θεωρείται ικανοποιητική αν:

- Μέχρι το "πάτημα" στα 2/3 της εξωτερικής διαμέτρου δεν παρουσιασθεί άνοιγμα στη ραφή.
- Συνεχίζοντας το "πάτημα" μέχρι το 1/3 της αρχικής εξωτερικής διαμέτρου δεν παρουσιασθεί θραύση ή ρωγμή οπουδήποτε εκτός ραφής.
- Συνεχίζοντας το "πάτημα" μέχρι τελείας επιπέδωσης του δοκιμίου δεν παρουσιαστούν αναδιπλώσεις (laminations).

## 3) Επανάληψη δοκιμής

Σε περίπτωση μη ικανοποιητικών αποτελεσμάτων κάποιου δοκιμίου τότε διενεργείται δοκιμή σε κάθε άκρο κάθε σωλήνα του ίδιου τσερκιού με τις δοκιμές εναλλασσόμενες στις 90° και 0° και απορρίπτονται μόνο οι σωλήνες που απέτυχαν σ' ένα από τα δύο άκρα. Οι υπόλοιποι προωθούνται ως αποδεκτοί

## 4) Δοκιμή για την ολκιμότητα της συγκόλλησης (weld ductility test)

Πρόκειται για Flattening Test στις 90° με διαφορετικά όμως κριτήρια αποδοχής. Η δοκιμή αυτή πρέπει να γίνεται σε κάθε σωλήνα από εκείνους που κόβεται δείγμα για τις εργαστηριακές δοκιμές. Τα κριτήρια αποδοχής συνίστανται στο ότι **δεν πρέπει να παρουσιασθεί ρωγμή ή σπάσιμο που να υπερβαίνει τα 3,20 mm μήκος μέχρι το σημείο που οι πλάκες συμπιέσεως φθάσουν σε απόσταση "S" μεταξύ τους**. Επειδή η απόσταση S εξαρτάται από το πάχος, τη διάμετρο και το είδος χάλυβα, στους πίνακες 13 και 14 δίνονται οι τιμές S για κάθε περίπτωση. Η δοκιμή αυτή μπορεί να υποκαταστήσει το Flattening Test και για το πρώτο ή τον τελευταίο σωλήνα του συγκεκριμένου τσερκιού με τη μόνη διαφορά ότι η δοκιμή αυτή γίνεται μόνο κάθε 200 ή 100 σωλήνες ανάλογα με την διάμετρο.

## 5) Επανάληψη δοκιμής

Στην περίπτωση αποτυχίας μίας δοκιμής επιτρέπεται η κοπή δύο ακόμη δοκιμίων από τον ίδιο σωλήνα και εφ' όσον και τα δύο νέα δοκίμια περάσουν επιτυχώς τη δοκιμή τότε ο εν λόγω σωλήνας γίνεται αποδεκτός. Σε αντίθετη περίπτωση ο σωλήνας απορρίπτεται προχωρώντας στη συνέχεια στη δοκιμή δύο νέων σωλήνων από την ίδια παρτίδα των 200 ή 100 σωλήνων (ανάλογα με την διάμετρο) και εφ' όσον και οι δύο επιτύχουν στο Test τότε γίνεται αποδεκτή ολόκληρη η παρτίδα. Σε αντίθετη περίπτωση δοκιμάζονται ένας προς ένας οι σωλήνες της συγκεκριμένης παρτίδας των 200 ή 100 σωλήνων που ακολουθούν.

## B) CASING

### 1) Συχνότητα δοκιμής

Σε Flattening Test υπόκεινται οι σωλήνες που αναφέρονται στην παράγραφο 1.15.2. Από κάθε ζευγάρι δοκιμίων, το ένα δοκίμιο υπόκειται σε Flattening Test με την ραφή στις  $90^0$  και το άλλο στις  $0^0$ .

### 2) Κριτήρια Αποδοχής

- Καμία ρωγμή ή σπάσιμο δεν πρέπει να παρουσιασθεί μέχρι οι δύο "πλάκες" της πρέσας πλησιάσουν σε μία συγκεκριμένη απόσταση **S**. Η απόσταση αυτή εξαρτάται από τη σχέση D/t (διάμετρος προς πάχος) και τον τύπο του υλικού (H-40 ή J-55). Επειδή όμως όλοι οι σωλήνες που παράγονται έχουν σχέση διαμέτρου προς πάχος μεγαλύτερη του 16 τότε ο τρόπος υπολογισμού της κρίσιμης απόστασης **S** γίνεται:

1. για την ποιότητα H-40,  $S=0,5 \times D$ , όπου D η εξωτερική διάμετρος.
2. για την ποιότητα J-55,  $S=0,65 \times D$ , όπου D η εξωτερική διάμετρος.

Ο πίνακας 12 δίνει τις κρίσιμες αποστάσεις **S**.

- Συνεχίζοντας το πάτημα μέχρι τελείας επιπέδωσης του δοκιμίου και εφ' όσον η ραφή ανοίξει δεν πρέπει να παρουσιάζει ενδείξεις αδύνατης συγκόλλησης, ή ακόλλητες περιοχές.

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΠΟΙΟΤΗΤΑ H-40	ΠΟΙΟΤΗΤΑ J-55
	S (mm)	S (mm)
4 1/2"	57.15	74.29
5 1/2"	69.85	90.80
6 5/8"	84.13	109.37
7"	88.90	115.57
7 5/8"	96.83	125.88
8 5/8"	109.53	142.39
9 5/8"	122.23	158.90
10 3/4"	136.52	177.48
13 3/8"	169.86	220.82
16"	203.2	264.16

**ΠΙΝΑΚΑΣ 12:** Κρίσιμες αποστάσεις S για τη δοκιμή Flattening Test για σωλήνες Casing.

### 3) Επανάληψη Δοκιμών

Σε περίπτωση που η δοκιμή κάποιου σωλήνα αποτύχει παρέχεται το δικαίωμα της επανάληψης της δοκιμής με αλληπάλληλα δοκίμια από το ίδιο άκρο έως ότου έχουμε ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Προϋπόθεση γι' αυτό είναι ότι η αλληπάλληλη κοπή δοκιμίων δεν μπορεί να συνεχισθεί εφ' όσον το μήκος του σωλήνα έχει φθάσει στο 80% του αρχικού του μήκους. Σε περίπτωση αστοχίας της δοκιμής μπορούμε να επαναλάβουμε την δοκιμή διαλέγοντας δύο επί πλέον σωλήνες από την ίδια παρτίδα.

### 4) Μαρκάρισμα των Σωλήνων

Με το τέλος κάθε δοκιμής στο Flattening Test (και στη δοκιμή ολκιμότητας της συγκόλλησης για τα Line Pipe) είτε πρόκειται για σωλήνες Line Pipe είτε Casing, επί του σωλήνα τοποθετούμε τα εξής σημεία:

- Για τους σωλήνες που επιτυχώς δοκιμάστηκαν ή εκρίθησαν αποδεκτοί χωρίς δοκιμή, τοποθετείται σημείο χρώματος μπλε. Επειδή ο χειριστής της πρέσας έχει πρακτική δυσκολία να τοποθετεί το "μπλε" σημείο στους σωλήνες που κρίνονται αποδεκτοί χωρίς δοκιμή, για τον λόγο αυτό μέσω της ενδοεπικοινωνίας, αναγγέλλει στον Ελεγκτή Οπτικού Ελέγχου, τους αριθμούς των τσερκιών στους

σωλήνες των οποίων υποχρεούται αυτός να τοποθετήσει το "μπλε" σημείο. Εξυπακούεται αντιστοίχως ότι κατόπιν σχετικής υπόδειξης του Χειριστού πρέσας, ο Ελεγκτής Οπτικού Ελέγχου επιστρέφει όλους τους σωλήνες, των μη αποδεκτών τσερκιών προκειμένου να υποστούν τους αναγκαίους επανέλεγχους.

- Για τους σωλήνες που απορρίπτονται τοποθετεί στο σωλήνα το γράμμα "F" προκειμένου στη συνέχεια να καταγραφεί στο δελτίο των απορριφθέντων σωλήνων από τον Ελεγκτή Οπτικού Ελέγχου.

ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩ- ΜΑΤΟΣ (t) (mm)	ΔΙΑΜ 6 5/8" (168,3 mm)		ΔΙΑΜ 8 5/8" (219,1 mm)		ΔΙΑΜ 10 3/4" (273,1mm)		ΔΙΑΜ 12 3/4" (323,9 mm)		ΔΙΑΜ 14" (355,6 mm)		ΔΙΑΜ (406,4 mm)
	2/3XD 112,2 (mm)	1/3XD 56,1 (mm)	2/3XD 146,0 (mm)	1/3XD 72,9 (mm)	2/3XD 182,1 (mm)	1/3XD 90,9 (mm)	2/3XD 215,9 (mm)	1/3XD 107,9 (mm)	2/3XD 237,1 (mm)	1/3XD 118,5 (mm)	2/3XD 270,9 (mm)
	S (mm)		S (mm)		S (mm)		S (mm)		S (mm)		S (mm)
4,8	95		108		121		128		132		139
5,26	99		113		126		136		137		146
5,56	101		118		131		141		146		154
6,35	106		124		140		150		158		167
7,04	111		130		146		159		165		178
7,11	112		132		148		161		168		181
7,92			137		155		171		178		191
8,18			139		157		173		181		194
8,74			141		162		176		188		201
9,52			147		167		186		193		210
10,3					172		191		201		218
11,1					178		197		208		224
12,7					187		209		219		239

### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

- 1) Οι τιμές του S αφορούν το Test ολκιμότητας της συγκόλλησης (WELD DUCTILITY TEST)
- 2) Για ενδιάμεσα πάχη θα λαμβάνονται οι ενδιάμεσες τιμές του S.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 13:** Όρια αποδοχής FLATTENING TEST και WELD DUCTILITY TEST για ποιότητες έως και X46



ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩ- ΜΑΤΟΣ (t) (mm)	ΔΙΑΜ 6 5/8" (168,3 mm)		ΔΙΑΜ 8 5/8" (219,1 mm)		ΔΙΑΜ 10 3/4" (273,1mm)		ΔΙΑΜ 12 3/4" (323,9 mm)		ΔΙΑΜ 14" (355,6 mm)		ΔΙΑΜ (406,4 mm)
	2/3XD 112,2 (mm)	1/3XD 56,1 (mm)	2/3XD 146,0 (mm)	1/3XD 72,9 (mm)	2/3XD 182,1 (mm)	1/3XD 90,9 (mm)	2/3XD 215,9 (mm)	1/3XD 107,9 (mm)	2/3XD 237,1 (mm)	1/3XD 118,5 (mm)	2/3XD 270,9 (mm)
	S (mm)		S (mm)		S (mm)		S (mm)		S (mm)		S (mm)
4,8	108		127		143		155		162		171
5,26	112		131		149		163		170		181
5,56	114		134		153		167		175		186
6,35	119		141		162		178		187		200
7,04	122		147		169		186		196		211
7,11	123		147		169		187		197		212
7,92			152		176		196		207		223
8,18			154		178		198		210		226
8,74			157		183		204		215		233
9,52			161		188		210		223		241
10,3					193		216		229		249
11,1					197		222		236		257
12,7					204		231		246		269

### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

- 1) Οι τιμές του S αφορούν το Test ολκιμότητας της συγκόλλησης (WELD DUCTILITY TEST)
- 2) Για ενδιάμεσα πάχη θα λαμβάνονται οι ενδιάμεσες τιμές του S.

### **ΠΙΝΑΚΑΣ 14: Όρια αποδοχής FLATTENING TEST και WELD DUCTILITY TEST για ποιότητες X52 και άνω**

#### 2.1.11 DRIFT TEST

Κατά την παραγωγή των σωλήνων **Casing** εκτός των άλλων ελέγχων, πραγματοποιείται και το **Drift Test**, όπως αυτό επιβάλλεται από την σχετική προδιαγραφή του **API**.

#### **1) Πραγματοποίηση της Δοκιμής**

Για την πραγματοποίηση της δοκιμής χρησιμοποιείται κυλινδρικό έμβολο προσαρμοσμένο σε μεταλλικό άξονα. Οι διαστάσεις του εμβόλου (μήκος, διάμετρος) εξαρτώνται από την εξωτερική διάμετρο και το πάχος τοιχώματος του σωλήνα. Οι διαστάσεις, όπως καθορίζονται από την προδιαγραφή **API** για σωλήνες **Casing** δίνονται στον πίνακα 15:

ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΛΗΝΑ (in)	ΜΗΚΟΣ ΕΜΒΟΛΟΥ (mm)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΕΜΒΟΛΟΥ (mm)
Μέχρι και 8 5/8	152	(d-3, 18)
Από 9 5/8 έως και 13 3/8	305	(d-3, 97)
16 και μεγαλύτερη	305	(d-4, 76)

**Σημείωση:**  $d$  = εσωτερική διάμετρος του σωλήνα (ισούται με την εξωτερική διάμετρο μείον 2 φορές το πάχος τοιχώματος του σωλήνα  $d = D - 2t$ ).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 15:** Διαστάσεις εμβόλων για τη δοκιμή Drift Test σωλήνων Casing.

Σε περίπτωση όπου απαιτείται **Special Drift Test**, οι διαστάσεις του εμβόλου που πρέπει να χρησιμοποιηθούν θα αναγράφονται στην " Εντολή Παραγωγής" ως "Ειδική Απαίτηση". Ο Επιθεωρητής του Ποιοτικού Ελέγχου ελέγχει κάθε βάρδια την ακρίβεια των διαστάσεων του εμβόλου με καλιμπραρισμένο παχύμετρο και δίνει την έγκριση στον Χειριστή για την χρησιμοποίησή του. Πριν την διεξαγωγή του ελέγχου ο Χειριστής πρέπει:

- Να ελέγξει αν ο σωλήνας έχει στο εσωτερικό του ξένα σώματα.
- Να εξασφαλίσει ότι ο σωλήνας στηρίζεται σωστά έτσι ώστε να αποκλείεται η κάμψη του λόγω ανεπαρκούς στηρίξεως.

## 2) Όρια Αποδοχής

Μετά τα παραπάνω, **το έμβολο πρέπει να περνά ελεύθερα μέσα από τον σωλήνα, σε όλο το μήκος του, με την άσκηση μιας μικρής, σε λογικά όρια δύναμης.** Ο Χειριστής, μετά την πραγματοποίηση του **Drift Test** επισημαίνει τους σωλήνες ως εξής:

- Εις τους σωλήνες οι οποίοι δοκιμάστηκαν επιτυχώς βάζει στο εξωτερικό του σωλήνα ένα πράσινο σημάδι (σημάδι αποδοχής).
- Εις τους σωλήνες οι οποίοι απέτυχαν στον δοκιμή, γράφει το γράμμα "**D**" στο εξωτερικό του σωλήνα (σημάδι απόρριψης).

## 2.2 ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

### 2.2.1 ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Κατά την παραγωγή των σωλήνων, πλέον των εργαστηριακών δοκιμών, πραγματοποιείται μία σειρά ελέγχων με σκοπό την εξασφάλιση της ποιότητας και την συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις των προδιαγραφών. Ο οπτικός έλεγχος αποτελεί τον τελικό έλεγχο και είναι αυτονόητο ότι θα πρέπει να διεξάγει από τους ελεγκτές με υπευθυνότητα και αυστηρή εφαρμογή των διαδικασιών που απαιτούνται.

#### 1) Διαδικασία ελέγχου

Ο ελεγκτής πραγματοποιεί τα εξής:

- Ελέγχει αν στο σωλήνα υπάρχουν τα σημάδια αποδοχής ή απορρίψεως των προηγούμενων ελέγχων (έλεγχος με υπερήχους, Flattening Test, Υδραυλικός έλεγχος, Drift Test -αν πρόκειται για σωλήνες Casing-). Τα σημάδια αποδοχής και απορρίψεως δίνονται στον Πίνακα 16. Ειδικότερα για το Flattening Test ισχύουν τα εξής: Ο Χειριστής του Flat Test πραγματοποιεί την δοκιμή και βάζει ο ίδιος το σημάδι αποδοχής ή απόρριψης στους σωλήνες που δοκίμασε. Σε περίπτωση θετικών αποτελεσμάτων ειδοποιεί τον ελεγκτή του οπτικού ελέγχου σε ποιους σωλήνες μπορεί να βάλει το μπλε σημάδι. Σε περίπτωση αρνητικών αποτελεσμάτων τον ειδοποιεί για να του στείλει πίσω για επανέλεγχο τους σωλήνες για τους οποίους απαιτείται κάτι τέτοιο. Με την παραπάνω διαδικασία ολοκληρώνεται ο έλεγχος και η επισήμανση(αποδοχή ή απόρριψη) σχετικά με το Flattening Test. Εάν σε ένα σωλήνα δεν υπάρχει σημάδι αποδοχής ή απόρριψης κάποιου από τους παραπάνω ελέγχους, τότε σε συνεργασία με τον Επικεφαλής των Επιθεωρητών ερευνά το θέμα και αν ο σωλήνας δεν έχει υποστεί τον συγκεκριμένο έλεγχο τον στέλνει πίσω για να ελεγχθεί ή δοκιμαστεί.
- Πραγματοποιεί ο ίδιος μία σειρά από ελέγχους και ενέργειες, και μετά το τέλος αυτών, σε συνδυασμό με τα σημάδια των προηγούμενων ελέγχων δίνει στον σωλήνα το τελικό σημάδι αποδοχής (**AI**) ή απόρριψης (**RI**) ως εξής:

- α Αν ένας σωλήνας φέρει σημάδι απόρριψης έστω και για ένα από τους παραπάνω ελέγχους, τότε σ' αυτόν βάζει **RI**.
- α Αν ένας σωλήνας φέρει σημάδι αποδοχής για όλες τις παραπάνω δοκιμές και υποστεί επιτυχώς τον οπτικό έλεγχο, τότε ο Ελεγκτής βάζει σ' αυτόν το **AI**, αν όχι, βάζει το **RI**.

## 2) Αντικείμενα ελέγχου

Ο ελεγκτής, πλέον των αναφερομένων στην παραπάνω παράγραφο πραγματοποιεί τους παρακάτω ελέγχους για κάθε σωλήνα:

- Διάμετρο - οβαλότητα
- Ευθύτητα
- Πάχος τοιχώματος
- Κατάσταση επιφάνειας
- Κατάσταση επιφάνειας και προσώπου της φρέζας. Έλεγχος γωνίας φρέζας
- Κατάσταση εσωτερικού ή εξωτερικού αζύριστου, καθώς και ενδεχόμενα καβαλήματα στη ραφή.
- Παραμένων μαγνητισμός

## 3) Έλεγχος διαμέτρου - οβαλότητα του σωλήνα

Ο έλεγχος πραγματοποιείται με Ring-Gauge ή Go -no GO ή παχύμετρο (σωλήνες διαμέτρου μέχρι 20") ή ταινία διαμέτρου (σωλήνες διαμέτρου άνω των 20") τουλάχιστον τέσσερις φορές ανά βάρδια για σωλήνες lineripe και τουλάχιστον ανά 100 σωλήνες σε περίπτωση casing. Ο Ελεγκτής υποχρεούται να ελέγχει την ακρίβεια των διαστάσεων των ανωτέρω οργάνων με καλιμπραρισμένο μικρόμετρο οπής. Με τα όργανα αυτά (Ring-Gauge Go-no Go), ελέγχει κάθε σωλήνα σε απόσταση μέχρι 4 in (101,6 mm) από τα δύο άκρα του σωλήνα, εφ' όσον πρόκειται για σωλήνες διαμέτρου μέχρι 20". Τα όρια για τις επιτρεπόμενες ανοχές δίνονται στον πίνακα 17. Αν διαπιστώσει απόκλιση από τα επιτρεπόμενα όρια στα άκρα του σωλήνα, και εφ' όσον το υπόλοιπο τμήμα που είναι κανονικό έχει αποδεκτό μήκος για την συγκεκριμένη παραγγελία, τότε σημειώνει με κιμωλία το σημείο όπου πρέπει να κοπεί ο σωλήνας και τον στέλνει στο στατικό κοπτικό για κοπή των άκρων .

Κατά την παραγωγή των σωλήνων Casing επί πλέον ισχύουν τα εξής: Αν αναφέρεται στην σχετική εντολή παραγωγής ότι οι σωλήνες πρόκειται να

κοπούν σε κομμάτια (Rip Joints) τότε οι ανοχές των άκρων ισχύουν για όλο το μήκος του σωλήνα (απαιτείται καταγραφή αποτελεσμάτων μετρήσεων της διαμέτρου, και στα δύο άκρα, ανά 100 σωλήνες). Σε περίπτωση απόκλισης, επιλέγουμε 3 σωλήνες από την παρτίδα των 100 σωλήνων και κάνουμε συμπληρωματικές μετρήσεις και ανάλογα με τα αποτελέσματα κάνουμε αποδεκτή την παρτίδα ή ελέγχουμε τους σωλήνες έναν προς ένα και αποφασίζουμε ανάλογα.

#### 4) Έλεγχος της ευθύτητας του σωλήνα

Ο έλεγχος ευθύτητας του σωλήνα γίνεται με ένα τεντωμένο νήμα ή λεπτό σύρμα. Η μέγιστη απόκλιση του σωλήνα από το νήμα αυτό (βέλος) δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 0,2 % του μήκους του σωλήνα. Για τους σωλήνες Casing εκτός του παραπάνω περιορισμού δεν θα πρέπει να υπάρχει απόκλιση στην ευθύτητα μεγαλύτερη από 3,18 mm για ένα μήκος 1,52m από κάθε άκρο του σωλήνα(η μέτρηση γίνεται με τη χρήση ευθύγραμμης ράβδου ελαχίστου μήκους 1.83m).

Αν ο σωλήνας ευρίσκεται εντός του ανωτέρω ορίου γίνεται αποδεκτός, σε αντίθετη περίπτωση ο Ελεγκτής γράφει με κιμωλία στο σωλήνα την λέξη "ισιωτική" και τον στέλνει πίσω για διόρθωση της ευθύτητας.

#### 5) Έλεγχος πάχους τοιχώματος

Ο Ελεγκτής χρησιμοποιεί για τον έλεγχο του πάχους του τοιχώματος του σωλήνα καλιμπραρισμένο μικρόμετρο ή τον μετρητή πάχους με υπέρηχους. Ο Ελεγκτής υποχρεούται πριν από κάθε χρησιμοποίηση του μετρητού να ελέγχει την αξιοπιστία του μέσω του "Stepped Reference Block" της **KRAUTKRAEMER** (για πάχη 0-8 mm), ή μέσω του προτύπου δοκιμίου V-5 της **KRAUTKRAEMER** (για πάχη 10-20 mm), ή μέσω του προτύπου του τοιχώματος δίνονται στον πίνακα 18.

#### 6) Έλεγχος κατάστασης επιφάνειας σωλήνα

Ο Ελεγκτής εξετάζει την επιφάνεια του σωλήνα, όπου τα πιθανά ευρήματα είναι δυνατόν να ταξινομηθούν ως εξής:

- **Επιφανειακά τραύματα:** Στην περίπτωση αυτή επεμβαίνει (τρόχισμα) για να διορθώσει το υπάρχον σφάλμα.

- **Παραμόρφωση άκρων:** Σε περίπτωση που ο σωλήνας παρουσιάζει παραμορφώσεις στα άκρα, ο Ελεγκτής σημειώνει με κιμωλία την περιοχή και τον στέλνει στο στατικό κοπτικό για την κοπή των παραμορφωμένων άκρων.
- **Παραμορφώσεις στελέχους:** Αν ο σωλήνας παρουσιάζει παραμορφώσεις στο στέλεχος που δεν επιδέχονται διορθώσεις, παίρνει το σημάδι απόρριψης (**RI**).

Εις τους σωλήνες Casing επί πλέον ο Ελεγκτής εξετάζει προσεκτικά την εξωτερική επιφάνεια σε απόσταση τουλάχιστον 457mm από το κάθε άκρο του σωλήνα. Εξετάζει επίσης την εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα σε απόσταση 2,5 x OD ή 457 mm, όπου είναι μικρότερη, από το κάθε άκρο του. Σε περίπτωση ευρημάτων ο Ελεγκτής ενεργεί σύμφωνα με τα παραπάνω, εννοείται δε ότι σε περίπτωση κοπής άκρων του σωλήνα ο έλεγχος της επιφάνειας (εσωτερικά - εξωτερικά) επαναλαμβάνεται.

#### **7) Έλεγχος κατάστασης επιφάνειας, προσώπου και γωνίας της φρέζας**

Ο έλεγχος της φρέζας των σωλήνων γίνεται με τα εξής κριτήρια:

- Η επιφάνεια της φρέζας πρέπει να είναι λεία και ομαλή, χωρίς "κατσάρωμα" ή άλλες ανωμαλίες.
- Η εσωτερική και η εξωτερική γωνία των άκρων πρέπει να μην έχει γρέζια.
- Το πρόσωπο πρέπει να έχει ομοιόμορφο πάχος και να κυμαίνεται μέσα σε συγκεκριμένα όρια που δίνονται στον πίνακα 19.
- Ελέγχει σε συνεργασία με τον επιθεωρητή την γωνία της φρέζας τα όρια της οποίας δίνονται στον πίνακα 20.

Σε περίπτωση που διαπιστώσει εκτροπή σε κάποιο από τις παραπάνω παραμέτρους, στέλνει τον σωλήνα πίσω στους τόνους για επισκευή.

#### **8) Έλεγχος κατά πόσον η ραφή είναι εσωτερικά ή εξωτερικά ξυρισμένη**

Ο Ελεγκτής εξετάζει την περιοχή της ζώνης συγκόλλησης και πλέον συγκεκριμένα, ελέγχει κατά πόσον η ραφή είναι αξύριστη εσωτερικά ή εξωτερικά, ή είναι βαθιά ξυρισμένη ή έχει καβαλήματα. Για να είναι οι σωλήνες αποδεκτοί θα πρέπει:

- Εφ' όσον πρόκειται για Casing να είναι τελείως ξυρισμένοι.
- Εφ' όσον πρόκειται για Line Pipe το ύψος του δοντιού να είναι μέχρι 1,52 mm.

## 9) Τρόχισμα

Ο Ελεγκτής επεμβαίνει για να διορθώσει σφάλματα σαν τα παραπάνω αναφερθέντα ή περιοχές όπου έχουν επισημανθεί επιφανειακά σφάλματα στην ζώνη συγκόλλησης κατά τον έλεγχο με υπέρηχους. Κατά το τρόχισμα ο Ελεγκτής θα πρέπει να έχει υπ' όψιν του τα εξής:

- Κατά το τρόχισμα θα πρέπει να δημιουργεί λεία, καθαρή και σύμφωνη με την καμπυλότητα του σωλήνα επιφάνεια.
- Κατά το τρόχισμα θα πρέπει να ελέγχει συνεχώς το μέγεθος της επέμβασής του έτσι ώστε να μην μειώσει το πάχος του σωλήνα περισσότερο από 10 %.

## 10) Έλεγχος παραμένουτος μαγνητισμού

Για σωλήνες με διάμετρο ίση ή μεγαλύτερη των  $6\frac{5}{8}$  " ο Ελεγκτής μετρά 3 φορές ανά βάρδια (αρχή, μέση, τέλος) τον παραμένουτο μαγνητισμό ενός σωλήνα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιεί ειδικό όργανο (μετρητή Hall).

Ο σωλήνας ελέγχεται διαδοχικά και από τα δύο άκρα. Σε κάθε άκρο λαμβάνονται 4 μετρήσεις σε σχήμα σταυρού πάνω στο πρόσωπο της φρέζας. **Για να είναι ο σωλήνας αποδεκτός πρέπει καμία ανεξάρτητη μέτρηση να μην υπερβαίνει τα 35 gauss και ο μέσος όρος των τεσσάρων μετρήσεων σε κάθε άκρο να μην υπερβαίνει τα 30 gauss.** Σε περίπτωση που οι παραπάνω μετρήσεις είναι εκτός ορίων τότε ελέγχονται προς τα πίσω όλοι οι προηγούμενοι σωλήνες έως ότου βρεθούν τρεις συνεχόμενοι που είναι αποδεκτοί. Τα αποτελέσματα καταγράφονται στο "Δελτίο Ελέγχου Σωλήνων" για κάθε άκρο που ελέγχθηκε ξεχωριστά (Α για το πρώτο άκρο που εισέρχεται στο χώρο ελέγχου και Β για το δεύτερο).

ΕΛΕΓΧΟΣ	ΣΗΜΕΙΟ ΑΠΟΔΟΧΗΣ	ΣΗΜΕΙΟ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ
Έλεγχος με υπέρηχους (U.T)	"Au" στον σωλήνα (1)	"Ru" στο σωλήνα (1)
Flattening Test	Σημάδι με μπλε χρώμα στο σωλήνα (2)	"F" στο σωλήνα (2)
Hydro Test	Σημάδι με λευκό χρώμα στο σωλήνα (2)	"Δ" στο σωλήνα (2)
Orift Test	Σημάδι με πράσινο χρώμα στο σωλήνα (2)	"D" στο σωλήνα (2)
Οπτικός Έλεγχος	"AI" στον σωλήνα (1)	"RI" στο σωλήνα (1)

Σημείωση: (1) Το σημάδι στο εσωτερικό σωλήνα

(2) Το σημάδι στην εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 16:** Σημεία αποδοχής απόρριψης πραγματοποιηθέντων ελέγχων

ON. ΔΙΑΜ.	LINE PIPE			CASING		
	D min.(mm)	D max.(mm)	OVALIT Y	D min.(mm)	D max.(mm)	OVALIT Y
4 1/2" (114,3)	114,2	115,5	1,3	114,4	115,4	1,0
5 1/2" (139,7)	-	-	-	140,1	141,1	1,0
6 5/8" (168,3)	168	169,3	1,3	168,7	170,0	1,3
7" (177,8)	-	-	-	178,2	179,6	1,4
7 5/8" (193,7)	-	-	-	194,1	195,6	1,5
8 5/8" (219,1)	218,9	220,3	1,4	219,5	221,3	1,8
9 5/8" (244,5)	-	-	-	244,9	246,9	2,0
10 3/4" (273,05)	272,8	274,2	1,4	273,4	275,8	2,4
12 3/4" (233,8)	323,5	325,5	2,0	-	-	-
13 3/8" (339,7)	-	-	-	340,1	343,1	3,0
14" (355,6)	355,3	357,8	2,5	-	-	-
16" (406,4)	406,1	408,6	2,5	406,8	410,5	3,7
18" (457,2)	456,9	459,4	2,5	-	-	-
20" (508)	507,2	510,4	3,1	-	-	-

**ΠΙΝΑΚΑΣ 17:** Ανοχές διαμέτρου για σωλήνες HFW

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΩΛΗΝΑ	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ (%)		
	LINE PIPE	4 - 18"	OD ≥ 20"
B			X42 - X80
+ 15,0 - 12,5		+ 17,5 - 12,5	+ 19,5 - 8,0
CASING	- 12,5		

**ΠΙΝΑΚΑΣ 18:** Ανοχές πάχους τοιχώματος

- **LINE PIPE:** W= 0,80 mm - 2,30 mm
- **CASING:** (Ελάχιστο επιτρεπόμενο W= 1,50mm) βλέπε πίνακα



ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ D (in)	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ t (mm)	ΕΥΡΟΣ ΠΡΟΣΩΠΟΥ W max (mm)	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ D (in)	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ t (mm)	ΕΥΡΟΣ ΠΡΟΣΩΠΟΥ W max (mm)
4 1/2	5.21	3.3	9 5/8	7.92	5.0
	5.69	3.3		8.94	5.5
	6.35	4.0		10.03	6.3
5 1/2	6.20	3.5	10 3/4	7.09	4.5
	6.98	4.3		8.89	5.5
	7.72	5.0		10.16	6.3
6 5/8	7.31	4.4	13 3/8	11.43	7.0
	8.94	5.5		8.38	5.0
7	5.87	3.5		9.65	6.0
	6.91	4.0		10.92	6.5
7 5/8	7.62	4.5		12.19	7.0
	8.33	5.0			
	9.52	6.0			
8 5/8	6.71	4.0	16	5.56	2.0
	7.72	5.0		8.74	5.0
	8.94	5.5		9.52	6.0
				12.57	9.0

**ΠΙΝΑΚΑΣ 19:** Ανοχές προσώπου φρέζας W

ΤΥΠΟΣ ΦΡΕΖΑΣ	ΓΩΝΙΑ
LINE PIPE	30 <sup>0</sup> - 0 <sup>0</sup> + 5 <sup>0</sup>
CASING	65 <sup>0</sup> - 0 <sup>0</sup> + 5 <sup>0</sup>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 20:** Ανοχές γωνίας φρέζας α<sup>0</sup>

## **2.2.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ**

### **1) Εφαρμοζόμενες Προδιαγραφές**

Προδιαγραφή API 5L καθώς και προδιαγραφή πελάτη (εφόσον υπάρχει).

### **2) Προσόντα Προσωπικού**

Οι επιθεωρητές μαγνητικών σωματιδίων που πραγματοποιούν τον έλεγχο αυτό θα πρέπει να είναι πιστοποιημένοι κατά SNT-TC-1A ή άλλη ισοδύναμη προδιαγραφή σε επίπεδο τουλάχιστον Level II.

### **3) Εξοπλισμός**

Για τον έλεγχο με μαγνητικά σωματίδια ο παρακάτω εξοπλισμός χρησιμοποιείται:

- Φορητός ηλεκτρομαγνήτης (TWM 230N.)
- Σετ από spray-χρώματος (καθαριστής - αντιθέτης - μαγνητικά σωματίδια / μελάνη)

### **4) Απαιτήσεις Επιφανειακής Κατάστασης**

Οι προς εξέταση επιφάνειες πρέπει να είναι ελεύθερες από λάδια, γράσο, σημάδια από κατεργασία, πιτσιλίσματα συγκόλλησης / καψίματος, βρωμιές, μωγιές και γενικά κάθε ξένο αντικείμενο που μπορεί να επηρεάσει την ευαισθησία του ελέγχου.

Ο καθαρισμός της προς έλεγχο επιφάνειας μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση καθαριστικών, οργανικών διαλυμάτων ή με μηχανικό τρόπο.

Ο καθαρισμός ή η προετοιμασία της επιφάνειας δεν πρέπει να προκαλούν ζημιές στο υλικό ή στο τελείωμα της επιφάνειας καθώς και στα υλικά του ελέγχου.

Επιφάνειες οι οποίες καλύπτονται από λεπτό μη μαγνητιζόμενο στρώμα χρώματος όπως για παράδειγμα βερνίκι μπορούν να ελεγχθούν με τη χρήση μαγνητικών σωματιδίων αρκεί το χρώμα της επιφάνειας να μην έχει ρηγματώσεις και το πάχος του επιστρώματος να μην ξεπερνά τα 50μm. Πάνω από αυτό το πάχος η ευαισθησία του ελέγχου μειώνεται και το επίπεδο της μείωσης πρέπει να προσδιοριστεί προτού προχωρήσουμε στον έλεγχο.

Η ένταση του άσπρου φωτός στην προς εξέταση περιοχή πρέπει να ελέγχεται στην αρχή κάθε βάρδιας για τη διασφάλιση συνεχούς άσπρου φωτός (500 lux. κατ' ελάχιστο φως ημέρας ή τεχνητός φωτισμός) στην επιφάνεια του δοκιμίου που θα εξεταστεί.

### **5) Ένταση Μαγνητικού Πεδίου**

Επαλήθευση της έντασης του μαγνητικού πεδίου πρέπει να πραγματοποιείται πριν την έναρξη του ελέγχου με την ανύψωση βάρους 4,5kg (minimum) για εναλλασσόμενο ρεύμα και 18,1kg (minimum) για συνεχές ρεύμα από το YOKE με τοποθέτηση των πόλων στη μέγιστη απόσταση λειτουργίας.

Δείκτες μέτρησης της μαγνητικής ροής τοποθετημένοι έτσι ώστε να είναι σε επαφή με την προς εξέταση επιφάνεια μπορεί να χρησιμοποιηθούν σαν οδηγός για τον μαγνητισμό και την διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου, αλλά δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για την επαλήθευση της έντασης του πεδίου.

## **6) Εφαρμογή της Μεθόδου / Τεχνικές Ελέγχου**

### **α) Διεύθυνση Πεδίου και Περιοχή Ελέγχου**

Η ανίχνευση μιας ατέλειας, εξαρτάται από τη γωνία του μέγιστου άξονά της σε συνάρτηση με τη διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου. Με τη συγκεκριμένη τεχνική διευκολύνεται η ανίχνευση σφαλμάτων που ο κύριος άξονάς τους κείται κάθετα στη νοητή γραμμή που ενώνει τους πόλους του μαγνήτη. Αυτό παρουσιάζεται για μια συγκεκριμένη κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου στην εικόνα 2.

Για τη διασφάλιση ανίχνευσης ατελειών σε όλες τις διευθύνσεις, οι συγκολλήσεις πρέπει να μαγνητίζονται σε δύο κατευθύνσεις περίπου κάθετες μεταξύ τους με απόκλιση όχι μεγαλύτερη από  $30^{\circ}$ .

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη διασφάλιση της επαρκούς αλληλοεπικάλυψης των περιοχών που ελέγχονται.

### **β) Τεχνική Ελέγχου**

Η προς έλεγχο καθαρή επιφάνεια αρχικά βάφεται με το άσπρο χρώμα (σπρέι) με σκοπό την ύπαρξη επαρκούς αντίθεσης (contrast) σε σύγκριση με τα μαγνητικά σωματίδια που πρέπει να εφαρμοστούν (απλωθούν) στην επιφάνεια του σωλήνα με ψεκασμό και πάνω στις περιοχές που θα ελεγχθούν αμέσως - πριν και κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του μαγνητικού πεδίου. Ο κατάλληλος συγχρονισμός (μερικός μαγνητισμός και εφαρμογή μαγνητικών σωματιδίων) παίζει σημαντικό ρόλο στη σωστή εφαρμογή της μεθόδου.

### **γ) Κριτήρια Αποδοχής / Ταξινόμηση των Ασυνεχειών**

Ο έλεγχος με την μέθοδο των μαγνητικών σωματιδίων και την χρησιμοποίηση ηλεκτρομαγνήτη εναλλασσόμενου ρεύματος/ παλμικού συνεχούς ρεύματος εφαρμόζεται για την εύρεση επιφανειακών ατελειών. Τα ευρήματα πρέπει να αξιολογηθούν προσεχτικά για να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τη φύση τους. Για το λόγο αυτό μπορεί να εφαρμόζεται ο έλεγχος της ύποπτης περιοχής με υπέρηχους σαν μια δεύτερη

τεχνική ελέγχου. Επιπροσθέτως, ο χειριστής πρέπει να εκτελέσει οποιαδήποτε αναγκαία δοκιμή ή να πραγματοποιήσει οποιεσδήποτε παρατηρήσεις κρίνει απαραίτητο για να εξαλείψει τις μη σχετικές ενδείξεις εξαιτίας παρασιτικών φαινομένων.

Τα κριτήρια αποδοχής ή απόρριψης ενός ελαττώματος καθορίζονται κάθε φορά από την ισχύουσα προδιαγραφή καθώς και από τις ειδικές απαιτήσεις της παραγγελίας.

Σωλήνας ο οποίος περιλαμβάνει ένδειξη / σφάλμα υπόκειται σε μια από τις ακόλουθες διαδικασίες:

- i. Το σφάλμα πρέπει να απομακρύνεται με τρόχισμα κατά τέτοιο τρόπο ώστε η τροχισμένη περιοχή να συμβαδίζει με τη μορφολογία του σωλήνα. Ολοκληρωτική απομάκρυνση του σφάλματος πρέπει να πιστοποιείται με τον οπτικό έλεγχο της τροχισμένης περιοχής ενώ το πάχος του τοιχώματος πρέπει να είναι μέσα στα όρια αποδοχής. Για επιβεβαίωση του ανωτέρω, πρέπει να πραγματοποιείται μέτρηση πάχους με συσκευή υπερήχων ενώ οι συγκεκριμένες τιμές πρέπει να καταγράφονται.
- ii. Σφάλματα στο σώμα του σωλήνα για σωλήνες κατηγορίας PSL1 μπορούν να επιδιορθωθούν με συγκόλληση αρκεί:
  - το βάθος του σφάλματος να μην ξεπερνά το  $33^{1/3}\%$  του ονομαστικού πάχους του σωλήνα και το μήκος του ελαττώματος στο οποίο το βάθος ξεπερνά το  $12^{1/2}\%$  να μην είναι μεγαλύτερο από το 25% της ονομαστικής εξωτερικής διαμέτρου.
  - να μην απαιτούνται περισσότερες των μία επιδιορθώσεις σε οποιοδήποτε μήκος ισοδύναμο με 10 φορές την ονομαστική εξωτερική διάμετρο του σωλήνα.

Οι επιδιορθώσεις θα επανεξετάζονται με τη μέθοδο των μαγνητικών σωματιδίων ή με άλλη μη καταστροφική μέθοδο κατόπιν συνεννόησης με τον πελάτη.

**Σε σωλήνες της κατηγορίας PSL2 δεν επιτρέπονται επιδιορθώσεις σφαλμάτων στο σώμα ή / και στη ραφή.**

- iii. Το τμήμα του σωλήνα που περιέχει το σφάλμα κόβεται.
- iv. Ολόκληρος ο σωλήνας απορρίπτεται και μαρκάρεται με το κόκκινο σύμβολο MR (Magnetic Rejected).

## **7) Μετακαθαρισμός της Εξεταζόμενης Επιφάνειας**

Ο μετακαθαρισμός της εξεταζόμενης επιφάνειας είναι αναγκαίος όταν τα υλικά του ελέγχου με μαγνητικά σωματίδια μπορεί να επηρεάσουν τις περαιτέρω κατεργασίες καθώς και τις λειτουργικές απαιτήσεις του σωλήνα. Ο αγοραστής πρέπει να διευκρινίζει εάν απαιτείται μετά-καθαρισμός καθώς και την έκτασή του.

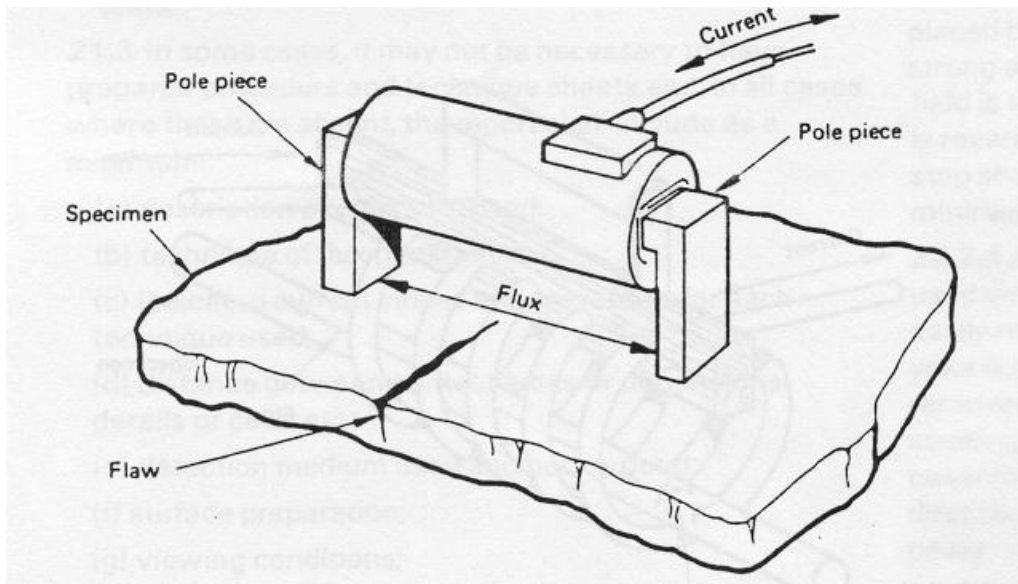
Οποιαδήποτε από τις παρακάτω τεχνικές καθαρισμού (ή συνδυασμός) μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν απαιτείται:

- α. Χρήση πεπιεσμένου αέρα για την απομάκρυνση των στεγνών μαγνητικών σωματιδίων.
- β. Στέγνωμα των υγρών σωματιδίων και περαιτέρω απομάκρυνσή τους με βούρτσισμα ή με πεπιεσμένο αέρα.
- γ. Απομάκρυνση των υγρών σωματιδίων με ψεκασμό με διαλυτικό.

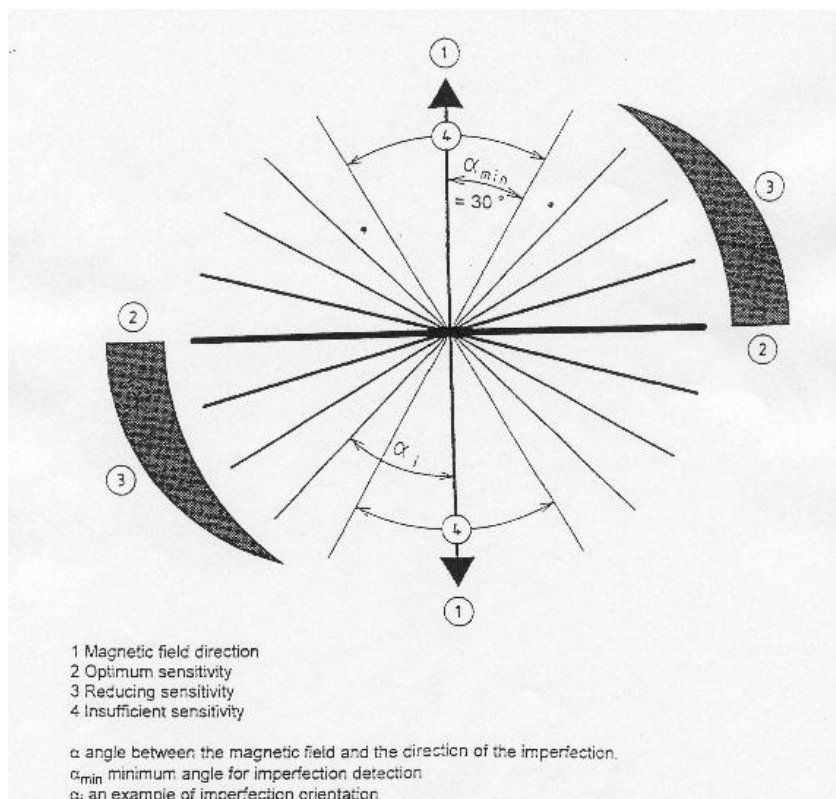
## **8) Απομαγνητισμός**

Μετά τον έλεγχο των συγκολλήσεων με A.C ή παλμικό D.C., ο παραμένον μαγνητισμός είναι συνήθως σε χαμηλά επίπεδα και γενικά δεν είναι απαραίτητος ο απομαγνητισμός του εξεταζόμενου αντικειμένου.

Εάν απαιτείται (παραμένον μαγνητισμός μεγαλύτερος από 30 Gauss) ο απομαγνητισμός πρέπει να πραγματοποιείται με τη χρησιμοποίηση της τεχνικής του πεταλοειδούς ηλεκτρομαγνήτη εναλλασσόμενου ρεύματος. Με την τεχνική αυτή ο ηλεκτρομαγνήτης πρέπει να περάσει πάνω από την επιφάνεια του αντικειμένου και να μετακινηθεί σε απόσταση τουλάχιστον 750mm απ' αυτό. Η πράξη αυτή θα επαναληφθεί όσες φορές απαιτείται ώστε να υπάρξει πλήρης κάλυψη της περιοχής του ελέγχου. Σε κάθε περίπτωση, η κίνηση του ηλεκτρομαγνήτη πρέπει να είναι κυκλική καθώς θα επιστρέφει στην προς απομαγνήτιση περιοχή.



**Εικόνα 1: Τεχνική μαγνήτισης με πεταλοειδή ηλεκτρομαγνήτη (YOKE).**



1. Διεύθυνση του Μαγνητικού Πεδίου
2. Βέλτιστη Ευαισθησία
3. Μειούμενη Ευαισθησία
4. Ανεπαρκής Ευαισθησία

$\alpha$ : γωνία που σχηματίζεται από το μαγνητικό πεδίο και τη διεύθυνση της ατέλειας.  
 $\alpha_{\min}$ : ελάχιστη γωνία που απαιτείται για την ανίχνευση της ατέλειας.

## **Εικόνα 2: Κατεύθυνση / προσανατολισμός ανιχνεύσιμων ατελειών**

### **2.2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΜΕ ΦΟΡΗΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ**

#### **1) Εφαρμοζόμενες προδιαγραφές**

Προδιαγραφή API 5L, 5CT καθώς και προδιαγραφή πελάτη (εφόσον υπάρχει).

#### **2) Απαιτήσεις της επιφάνειας του σωλήνα**

Η επιφάνεια του σωλήνα πρέπει να είναι ομοιόμορφη, ελεύθερη από οξειδία, λίπη ή άλλα υλικά που μπορεί να επηρεάσουν τη σύζευξη (coupling).

Η θερμοκρασία του σωλήνα στο σημείο επαφής των κεφαλών πρέπει να είναι μικρότερη από 40°C.

Το διάκενο μεταξύ κεφαλής και επιφάνειας σωλήνα είναι μεταξύ 0,2mm και 0,4mm.

#### **3) Απαιτήσεις Οργάνων**

Συσκευή υπερήχων παλμού - ηχούς πρέπει να χρησιμοποιείται. Το όργανο πρέπει να είναι εφοδιασμένο με βαθμωτό έλεγχο αύξησης της έντασης του ήχου βαθμονομημένο σε μονάδες του 2.0 dB ή λιγότερο.

Η παρουσίαση πρέπει να πραγματοποιείται σε μορφή A-scan. Το ίχνος του σήματος πρέπει να είναι καλά καθορισμένο και να συσχετίζεται με σταθερό διάγραμμα συντεταγμένων που να καλύπτει τόσο το εύρος όσο και το μέγεθός του.

#### **A) Κύρια μέρη**

Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται είναι συσκευές παλμού - ηχούς τύπου KRAUTKRAMER, μοντέλα USN 52, USN 52R, USN 50 και περιλαμβάνουν:

- Κυρίως οθόνη ελέγχου με οθόνη σήματος.
- Έλεγχος ραφής: 45° (MWB45) ή 60° (MWB60) ή 70° (MWB70) γωνιακές κεφαλές (Συχνότητα 4MHz, Ονομαστική γωνία ανάκλασης: 45° ή 60° ή 70° , είδος κύματος: εγκάρσιο, μέγεθος κρυστάλλου: 8mmX9mm).

- Έλεγχος σώματος σωλήνα: κάθετες κεφαλές MSEB4 (Συχνότητα 4MHz, Μέγεθος κρυστάλλου: 3,5mm X 10mm).

## **B) Υλικό Σύζευξης**

Το υλικό σύζευξης μπορεί να είναι είτε σε μορφή ζελέ (τύπου Krautkramer ZG-F) είτε νερό.

## **4) Βαθμονόμηση Οργάνου**

Η βαθμονόμηση των συσκευών πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τη διαδικασία που αναφέρεται στις παραγράφους 4A και 4B.

**A) Γραμμικότητα Ύψους της Οθόνης:** Η συσκευή υπερήχων πρέπει να παρέχει γραμμική κάθετη παρουσίαση εντός ορίου  $\pm 5\%$  για το πλήρες ύψος της οθόνης και για τουλάχιστον 80% του βαθμονομημένου ύψους της (βασική γραμμή έως μέγιστη βαθμονομημένη τιμή της οθόνης). Η διαδικασία για αξιολόγηση της γραμμικότητας του ύψους της οθόνης περιγράφεται στο παράρτημα A και πρέπει να πραγματοποιείται κάθε έξι μήνες.

**B) Έλεγχος Γραμμικότητας Μεγέθους Σήματος:** Η συσκευή υπερήχων πρέπει να χρησιμοποιεί έλεγχο μεγέθους σήματος, που να έχει ακρίβεια στη χρησιμοποιούμενη κλίμακα  $\pm 20\%$  από την ονομαστική αναλογία μεγέθους σήματος, ώστε να επιτρέπει τη μέτρηση ενδείξεων πέρα από το γραμμικό εύρος της κάθετης απεικόνισης επί της οθόνης. Η διαδικασία αξιολόγησης της γραμμικότητας Μεγέθους Σήματος περιγράφεται στο Παράρτημα B και πρέπει να πραγματοποιείται κάθε έξι μήνες.

## **5) Βαθμονόμηση Κεφαλών**

Οι κεφαλές πρέπει να παράγουν μια δέσμη ήχου μέσα στο εξεταζόμενο υλικό με απόκλιση  $\pm 2^\circ$  από την ονομαστική τους γωνία. Σε κάθε κεφαλή πρέπει να αναγράφεται καθαρά η συχνότητα του κρυστάλλου, η ονομαστική γωνία ανάκλασης και το σημείο εξόδου (σημείο εκπομπής). Τα δοκίμια του ΠW, VI και V2 πρέπει να χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό του σημείου εκπομπής της κεφαλής, καθώς και για τη βαθμονόμηση της ανάλυσης και της απόστασης ελέγχου της κεφαλής.



## 6) Ταχύτητα Ελέγχου

Η ταχύτητα ελέγχου θα είναι 5cm/sec max.

## 7) Βαθμονόμηση

**A) Δοκίμιο βαθμονόμησης:** Το δοκίμιο βαθμονόμησης θα έχει την ίδια διάμετρο, πάχος τοιχώματος και ακουστικές ιδιότητες με τους προς έλεγχο σωλήνες τόσο για τον έλεγχο της συγκόλλησης όσο και για τον έλεγχο του σώματος. Για τον έλεγχο της συγκόλλησης το δοκίμιο περιέχει τεχνητά σφάλματα 2 χαραγών N10 στην εξωτερική και εσωτερική επιφάνεια του. Σε περίπτωση που προβλέπεται από τις απαιτήσεις της παραγγελίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά και άλλα σφάλματα όπως χαραγές N5 ή διαμπερείς οπές διαμέτρου 3,2mm ή 1,6mm. Για τον έλεγχο του σώματος το δοκίμιο περιέχει ως τεχνητό σφάλμα τυφλή επίπεδη οπή (στο εσωτερικό του σωλήνα) διαμέτρου 6mm  $-0, +10\%$  και βάθους από 0,5t έως 0,25t, όπου t το πάχος του τοιχώματος.

### **B) Καθορισμός Ευαισθησίας του Ελέγχου (Βαθμονόμηση)**

(i) **Έλεγχος συγκόλλησης:** Η ρύθμιση της ευαισθησίας για τον έλεγχο της συγκόλλησης, πρέπει να πραγματοποιείται με βάση το ως άνω περιγραφόμενο δοκίμιο βαθμονόμησης και τα επίπεδα ευαισθησίας όπως αυτά καθορίζονται στην παράγραφο 7Γ.

**Επίπεδο ελέγχου:** Το επίπεδο ελέγχου πρέπει να είναι τουλάχιστον 4dB πάνω από το επίπεδο αναφοράς.

(ii) **Έλεγχος Σώματος:** Η βαθμονόμηση της ευαισθησίας για τον έλεγχο του σώματος πρέπει να πραγματοποιείται με βάση οπή επιπέδου πυθμένα κατεργασμένη στην επιφάνεια του δοκιμίου βαθμονόμησης και με βάση τα επίπεδα ευαισθησίας όπως αυτά καθορίζονται στη παράγραφο 9.

Η κεφαλή πρέπει να τοποθετείται κεντρικά πάνω από το σημείο αναφοράς και το πλήρες μέγεθος του σήματος θα χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του ορίου αποδοχής.

**Επίπεδο ελέγχου:** Το επίπεδο του ελέγχου πρέπει να είναι τουλάχιστον 4dB πάνω από το επίπεδο του ορίου αποδοχής.

**Γ) Όρια Αποδοχής:** Ως όριο αποδοχής τίθεται το 100% του ύψους του σήματος που λαμβάνεται από το τεχνητό σφάλμα. Κατά την διάρκεια του ελέγχου, όποια περιοχή προκαλέσει ανάκλαση του υπερήχου της οποίας το ύψος είναι μεγαλύτερο του ορίου αποδοχής θεωρείται μη αποδεκτή.

Αντίθετα όποια περιοχή προκαλέσει ανάκλαση του υπερήχου της οποίας το ύψος είναι μικρότερο ή ίσο του ορίου αποδοχής θεωρείται αποδεκτή. Σε περίπτωση που απαιτείται διαστασιολόγηση των εμφανιζόμενων ατελειών αυτή θα πραγματοποιείται σύμφωνα με τη παράγραφο 11.

## **8) Αναφορές**

Για τους ελέγχους που πραγματοποιούνται συμπληρώνεται το δελτίο Μη Καταστροφικών Ελέγχων.

Για τις περιπτώσεις που πραγματοποιείται ανάλυση - έλεγχος ευρημάτων με τη χρήση φορητής συσκευής, πρέπει να συμπληρώνεται το έντυπο QC19 καθώς και το έντυπο QC20 σχετικά με τις βαθμονομήσεις των κεφαλών. Στην περίπτωση αυτή δεν περιλαμβάνεται ο έλεγχος των άκρων και του σώματος του σωλήνα.

## **9) Γραμμικότητα Ύψους Οθόνης**

Για την πιστοποίηση της ικανότητας των συσκευών υπερήχων να πληρούν τις απαιτήσεις γραμμικότητας όπως απαιτούνται στη παράγραφο 4Α τοποθετούμε μια γωνιακή κεφαλή όπως φαίνεται στο σχ. 1-1 ώστε οι ενδείξεις και από τις δύο οπές 1/2 και 3/4T σ' ένα δοκίμιο βαθμονόμησης να μπορούν να παρατηρηθούν ταυτοχρόνως. Ρυθμίζουμε την κεφαλή ώστε να έχουμε μια αναλογία 2 : 1 του ύψους του σήματος μεταξύ των δύο ενδείξεων, τοποθετώντας τη μεγαλύτερη ένδειξη στο 80% του πλήρους ύψους της οθόνης. Χωρίς να μετατοπίζουμε την κεφαλή ρυθμίζουμε την ευαισθησία (gain) ώστε διαδοχικά να επιτύχουμε την τοποθέτηση της μεγαλύτερης ένδειξης από το 100% στο 20% του πλήρους ύψους της οθόνης σε βήματα του 10% (ή βήματα των 2dB αν δεν είναι δυνατοί λεπτοί χειρισμοί) και διαβάζουμε την μικρότερη ένδειξη σε κάθε βήμα. Οι ενδείξεις πρέπει να βρίσκονται στο 50% του μεγαλύτερου ύψους μέσα στο 5% του πλήρους ύψους της οθόνης. Οι ρυθμίσεις και οι ενδείξεις πρέπει να εκτιμούνται στο 1% της πλήρους οθόνης. Εναλλακτικά μια κάθετη κεφαλή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε δοκίμιο βαθμονόμησης το οποίο θα παρέχει διαφορές στο μέγεθος του σήματος, με ικανοποιητικό διαχωρισμό σημάτων για την αποφυγή αλληλοεπικάλυψής τους.

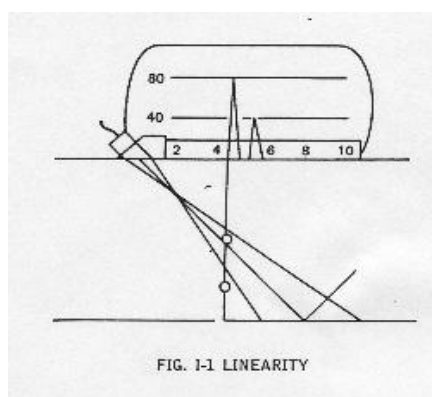
## **10) Γραμμικότητα Μεγέθους Σήματος**

Για τη διαπίστωση της ακρίβειας του μεγέθους του σήματος των συσκευών υπερήχων όπως απαιτείται στην παράγραφο 4B τοποθετούμε μια γωνιακή κεφαλή όπως δείχνει το σχήμα 1-1, ώστε η ένδειξη από οπή 1/2T

σε ένα βασικό δοκίμιο βαθμονόμησης να φαίνεται στην κορυφή της οθόνης. Αυξομειώνοντας την ενίσχυση του σήματος όπως δείχνει ο παρακάτω πίνακας, η ένδειξη πρέπει να βρίσκεται μέσα στα προκαθορισμένα όρια. Άλλοι κατάλληλοι ανακλαστήρες από οποιοδήποτε δοκίμιο βαθμονόμησης μπορεί να χρησιμοποιηθούν με γωνιακή ή κάθετη κεφαλή.

Ένδειξη που τοποθετείται στο % της πλήρους οθόνης (Indication Set at % of Full Screen)	Μεταβολή στα dB (dB Control Change)	Όρια Ενδείξεων ως % της πλήρους οθόνης (Indication Limits % of Full Screen)
80%	-6 dB	32 to 48%
80%	-12 dB	16 to 24%
40%	+6 dB	64 to 96%
20%	+12 dB	64 to 96%

Οι ρυθμίσεις και οι ενδείξεις πρέπει να εκτιμώνται στο 1% της πλήρους οθόνης



## 11) Διαδικασία για τον Καθορισμό του Μεγέθους των Ατελειών

Οι ακόλουθες δύο τεχνικές είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό του μεγέθους των ατελειών σε περιοχές στις οποίες έχουν

εντοπιστεί ενδείξεις, είτε με αυτόματο είτε με χειροκίνητο έλεγχο. Μπορούν να εφαρμοστούν τόσο σε κάθετες όσο και σε γωνιακές κεφαλές.

### **A) Τεχνική των $-6\text{dB}$ .**

Η διαδικασία αυτή περιγράφει την τεχνική που είναι γνωστή ως μέθοδος των  $-6\text{dB}$  ή μέθοδος του μισού ύψους σήματος και η οποία βασίζεται στο ότι όταν το ήμισυ μιας ηχητικής δέσμη προσκρούει σε μια εσωτερική ανωμαλία, το ύψος του σήματος μειώνεται στο ήμισυ του μέγιστου ύψους σήματος που δίνει η ατέλεια.

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθούνται είναι τα ακόλουθα:

- α. Τοποθετούμε την κεφαλή πάνω από την ατέλεια και στην περιοχή που δίνει μέγιστη ανάκλαση. Ρυθμίζουμε την ευαισθησία ώστε το ύψος του σήματος να βρίσκεται μεταξύ 40% και 80% του πλήρους ύψους της οθόνης.
- β. Σημειώνουμε στην οθόνη το πραγματικό ύψος του σήματος. Αυξάνουμε την ενίσχυση του σήματος κατά  $6\text{dB}$  και μετακινούμε την κεφαλή στην άκρη της ατέλειας έως ότου το ύψος του σήματος μειωθεί στο ύψος που έχουμε αρχικά σημειώσει στην οθόνη. Η άκρη της ατέλειας θεωρούμε κατόπιν ότι συμπίπτει με τον άξονα της κεφαλής. Επαναλαμβάνουμε την ενέργεια σε όσες διευθύνσεις κρίνουμε απαραίτητο ώστε να καθορίσουμε το εύρος της ατέλειας.

Εάν η εσωτερική ατέλεια έχει άσχημο προσανατολισμό σε σχέση με τη δέσμη του υπέρηχου, θεωρούμε ότι η άκρη της συμπίπτει με τον άξονα της κεφαλής στο σημείο που το ύψος του σήματος της πρώτης οπίσθιας ηχούς ελαττώνεται κατά  $6\text{dB}$ .

Έχοντας καθορίσει το εύρος της εσωτερικής ατέλειας, καθορίζουμε τις μέγιστες διαστάσεις της παράλληλα και εγκάρσια με τον άξονα του σωλήνα. Το γινόμενο των διαστάσεων αυτών καθορίζει την επιφάνεια της ατέλειας.

### **B) Τεχνική Καθορισμένου Ορίου.**

Ως εναλλακτική τεχνική εξέτασης των διαστάσεων μιας ατέλειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνική του καθορισμένου ορίου. Στην περίπτωση αυτή, θα υπολογίζεται η απόσταση που η κεφαλή έχει μετακινηθεί και κατά την οποία το ύψος της ηχούς ανάκλασης από την ατέλεια βρίσκεται σε υψηλότερο επίπεδο από το προκαθορισμένο όριο που έχει καθορισθεί κατά τη σχετική διαδικασία βαθμονόμησης.

## **2.2.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΔΙΕΙΣΔΥΤΙΚΑ ΥΓΡΑ**

Η μέθοδος διεισδυτικών υγρών ανήκει στην κατηγορία των μη καταστροφικών μεθόδων και χρησιμοποιείται προκειμένου να ανιχνευθούν σφάλματα που εντοπίζονται κοντά στην επιφάνεια των σωλήνων.

### **1) Αρχή της Μεθόδου**

Η μέθοδος των διεισδυτικών υγρών βασίζεται στο γεγονός ότι κατά τον ψεκασμό μίας μεταλλικής επιφάνειας με ένα υγρό υψηλής διαβροχής (διεισδυτής), αυτό διεισδύει σε τυχόν επιφανειακές ατέλειες (ρωγμές, χαραγές κ.τ.λ.) και συσσωρεύεται σε αυτές. Εάν η προς έλεγχο επιφάνεια καθαριστεί εξωτερικά και στη συνέχεια ψεкаστεί με ένα δεύτερο υγρό (εμφανιστής) που έχει την ικανότητα να "ανασύρει" το ήδη πρώτο διεισδυθέν υγρό, τότε αυτό χρωματίζει την επιφάνεια υποδηλώνοντας τη θέση και το σχήμα της ατέλειας.

### **2) Μεθοδολογία**

Για την πραγματοποίηση του ελέγχου με διεισδυτικά υγρά εφαρμόζουμε τα παρακάτω βήματα:

- Με τη βοήθεια καθαρού πανιού ή άλλου μέσου και του ειδικού καθαριστικού (SKC-S Magnaflux ή άλλο ισοδύναμο υλικού), καθαρίζουμε την προς εξέταση επιφάνεια από τυχόν υπολείμματα ακαθαρσιών γράσου, υγρασίας, σκόνης κ.τ.λ.
- Η καθαρή και στεγνή πλέον επιφάνεια ψεκάζεται ομοιόμορφα με το διεισδυτή (SKL-WP Magnaflux ή άλλο ισοδύναμο υλικό) έτσι ώστε να έχουμε πλήρη διαβροχή.
- Αφού αφεθεί η επιφάνεια να στεγνώσει, απομακρύνεται ο πλεονάζων διεισδυτής με έκπλυση με νερό και τη βοήθεια κάποιου καθαρού πανιού ή απορροφητικού υλικού.
- Αμέσως μετά την αφαίρεση του πλεονάζοντος διεισδυτή, ψεκάζουμε τον εμφανιστή (SKD-S2 Magnaflux ή άλλο ισοδύναμο υλικό), προσέχοντας να καλύψουμε όλη την προς εξέταση επιφάνεια με λεπτά στρώματα υλικού.
- Παρατηρούμε την επιφάνεια τόσο κατά το ψεκασμό της με τον εμφανιστή όσο και έπειτα κατά τη διάρκεια του στεγνώματος. Κάθε είδους εύρημα θα εμφανιστεί ως κόκκινη (για το συγκεκριμένο υλικό) κηλίδα ή γραμμή.

### **3) Αξιολόγηση - Όρια Αποδοχής**

Τα ευρήματα που εντοπίζονται με τη μέθοδο των διεισδυτικών υγρών χρήζουν επιπλέον αξιολόγησης, προκειμένου να διαπιστωθεί αν αντιστοιχούν σε πραγματικά σφάλματα ή εσφαλμένες ενδείξεις. Για το λόγο αυτό κάθε είδους εύρημα πρέπει να αξιολογηθεί δευτερογενώς με συσκευή υπερήχων προκειμένου να προσδιοριστεί η υφή και η έκταση του κάθε σφάλματος. Η αποδοχή ή όχι οποιουδήποτε αποδεδειγμένου σφάλματος γίνεται βάσει των εκάστοτε προδιαγραφών.

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΥΨΗΛΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ (HFV)**

Μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους στη συγκόλληση σωλήνων με υψηλής συχνότητας ρεύμα, είναι η συχνότητα του ρεύματος της συγκόλλησης. Ακόμα όμως και σήμερα αυτή είναι αδιευκρίνιστη, επειδή καμία ενοποιημένη θεωρία που περιγράφει πως η συχνότητα έχει επιπτώσεις στην περιοχή της συγκόλλησης δεν είναι διαθέσιμη. Οι περισσότερες από αυτές που είναι γνωστές βασίστηκαν σε εμπειρικά στοιχεία και σε πειράματα. Και επειδή ο πειραματισμός σε ένα πραγματικό περιβάλλον επεξεργασίας σωλήνων είναι χρονοβόρος και δύσκολος, πολλά από τα διαθέσιμα στοιχεία ήταν ελλιπή και αντιφατικά. Μια περιεκτική θεωρία για το πώς η συχνότητα έχει επιπτώσεις στην HFV, είναι τώρα διαθέσιμη και έχει επικυρωθεί μέσω των πειραμάτων και της σύγκρισης στα πραγματικά στοιχεία συγκόλλησης σωλήνων από τις πολυάριθμες διαδικασίες κατασκευής. Αυτή η θεωρία περιγράφει πως η συχνότητα συγκόλλησης επηρεάζει:

- Τη διανομή θερμότητας στην περιοχή της συγκόλλησης ‘Vee’
- Την απαιτούμενη ισχύ συγκόλλησης
- Το μέγεθος επηρεασθείσας θερμικής ζώνης (Heat Affected Zone HAZ)
- Το επίπεδο της μαγνητικής ροής στο impeder

Το πιο σημαντικό είναι ότι η θεωρία προσδιορίζει τη ‘Βέλτιστη’ συχνότητα συγκόλλησης για ένα συγκεκριμένο μέγεθος σωλήνων, ταχύτητα κατεργασίας και υλικό.

#### **3.1 Η Επίδραση της Θερμότητας στη Συγκόλληση ‘Vee’**

Ας θεωρήσουμε τους τυπικούς σωλήνες, όπου στην κατάσταση της HFV συγκόλλησης, το υλικό του σωλήνα είναι πολύ παχύτερο από ένα ‘Ηλεκτρικό βάθος αναφοράς’. Επίσης χρησιμοποιείται ένα impeder το οποίο μπορεί να υποστηρίξει το απαιτούμενο επίπεδο της μαγνητικής ροής, αυτό υπολογίζει για το 90% των καταστάσεων που αντιμετωπίζονται στην πράξη. Εμπειρικά, η επίδραση της θερμότητας στη συγκόλληση ‘Vee’, έχει κατανοηθεί εδώ και πολύ καιρό. Το ρεύμα υψηλής συχνότητας στο πηνίο προκαλεί ένα ρεύμα στην αντίθετη πλευρά της σωλήνας, που ακριβώς κάτω από το πηνίο σχηματίζει τη μόνη

δευτεροβάθμια στροφή του μετασχηματιστή και το ρεύμα ‘ενισχύεται’ από τον αριθμό σπειρών του πηνίου. Μία από τις λειτουργίες του *impeder* στη μέθοδο αυτή, είναι να σχηματίσει τον ‘πυρήνα’ του μετασχηματιστή. Έτσι, η μαγνητική ροή του ζεύγους των ρευμάτων μεταξύ του πηνίου και της σωλήνας ουσιαστικά περιέχεται στο *impeder*. Το ρεύμα που προκαλείται στη σωλήνα πρέπει να ρεύσει σε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα. Όταν το ρεύμα φτάσει στη μη κολλημένη περιοχή της σωλήνας, ένα μικρό μέρος του ρέει κατά μήκος της άκρης ‘Vee’ στην κορυφή και στην πλάτη που κλείνουν το κύκλωμα με το ρεύμα να ρέει γύρω από τη σωλήνα, κάτω από το πηνίο. Το ρεύμα ρέει κατά μήκος της άκρης ‘Vee’ οφειλόμενο σε δύο φυσικά φαινόμενα:

- ‘Η κλασσική επίδραση εγγύτητας’ η οποία δηλώνει ότι στο μαγνητικό πεδίο που παράγεται από ένα ρεύμα υψηλής συχνότητας που ρέει σε μια κατεύθυνση, έλκει ένα άλλο ρεύμα υψηλής συχνότητας που ρέει κοντά σε αυτό στην αντίθετη κατεύθυνση. Επειδή τα ρεύματα υψηλής συχνότητας και στις δύο πλευρές ‘Vee’ ρέουν σε αντίθετες κατευθύνσεις, τείνουν να τραβήξουν το ένα το άλλο στην συγκόλληση ‘Vee’.
- ‘Η αναπληρωματική επίδραση εγγύτητας’ στην οποία ένα ρεύμα υψηλής συχνότητας παρουσία ενός μαγνητικού πεδίου προσελκύεται από το πεδίο. Οι φυσικοί νόμοι των ρευμάτων υψηλής συχνότητας δείχνουν ότι το ισοδύναμο επιφανειακό ρεύμα σε ένα αγωγό ισοδυναμεί με τη μαγνητική ροή πεδίου παράλληλη στην επιφάνειά του. Αυτό στην πραγματικότητα είναι η ισχυρότερη επίδραση στη συγκόλληση ‘Vee’ επειδή η συνολική μαγνητική ροή στο *impeder* πρέπει να περάσει μέσω της συγκόλλησης ‘Vee’ στην κενή περιοχή γύρω από το πηνίο.

Η ακριβής διανομή του ρεύματος στην περιοχή ‘Vee’ περιγράφεται από ένα σύνολο φυσικών νόμων που ονομάζονται ‘εξισώσεις Maxwell’. Η σημαντική συνέπεια των νόμων αυτών είναι ότι η πυκνότητα του ρεύματος ή η διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος στην περιοχή ‘Vee’, μπορεί να υπολογιστεί από

$$\nabla^2 J - j2\pi fmsJ = 0 \quad (1)$$

Όπου:

- J η πυκνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος στη σωλήνα
- f η συχνότητα συγκόλλησης
- σ η ηλεκτρική αγωγιμότητα της σωλήνας
- μ η μαγνητική διαπερατότητα της σωλήνας
- j η τετραγωνική ρίζα του -1

Η λύση αυτής της εξίσωσης δείχνει ότι το ρεύμα σε ένα ηλεκτρικό σύστημα υψηλής συχνότητας ρέει ουσιαστικά στην επιφάνεια των αγωγών του – γνωστή ως ‘επίδραση φλοιών’. Η υψηλότερη



συγκέντρωση του ρεύματος είναι στην επιφάνεια του αγωγού και καθώς κινούμαστε μακριά από την επιφάνεια του αγωγού η πυκνότητα των ρευμάτων μειώνεται εκθετικά. Η απόσταση στον αγωγό στον οποίο η πυκνότητα του ρεύματος είναι χρόνοι  $e^{-1}$  ή 0,368 η τιμή της στην επιφάνεια ονομάζεται ‘Ηλεκτρικό Βάθος Αναφοράς’ και υπολογίζεται λύνοντας την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{‘Ηλεκτρικό Βάθος Αναφοράς’} = x = \sqrt{\frac{1}{\rho f m s}} \quad (2)$$

Το ρεύμα που ρέει στην περιοχή ‘Vee’ σπαταλά την ισχύ στην περιοχή ‘Vee’ και προκαλεί θερμότητα. Αν θεωρήσουμε ένα μικροσκοπικό ογκομετρικό στοιχείο του ‘Vee’ υλικού, το ρεύμα που περνά δια μέσω αυτού σπαταλά την ισχύ με τη μορφή θερμότητας που οφείλεται στις απώλειες της ηλεκτρικής αντίστασης του στοιχείου. Επειδή η ογκομετρική ισχύ είναι ανάλογη του τετραγώνου της πυκνότητας του ρεύματος, η θερμότητα που παράγεται στην περιοχή ‘Vee’ μειώνεται δύο φορές γρηγορότερα από την πυκνότητα του ρεύματος καθώς κινείται από την επιφάνεια στον αγωγό. Τότε το ‘Ηλεκτρικό Βάθος Αναφοράς Ισχύος’ είναι το μισό από το ‘Ηλεκτρικό Βάθος Αναφοράς’. Η θέρμανση από τη σπατάλη της ηλεκτρικής ισχύς προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας του υλικού κοντά στη ‘Vee’ περιοχή, λόγω δύο φυσικών φαινομένων:

- Πρώτα, η θερμότητα που παράγεται στο στοιχείο αποθηκεύεται στον ‘πυκνωτή θερμικής χωρητικότητας’. Αυτός είναι ένας καλά κατανοητός φυσικός νόμος όπου η θερμοκρασία ενός ογκομετρικού στοιχείου εξισώνει τη θερμική ενέργεια που περιέχεται μέσα του πολλαπλασιασμένη με το ογκομετρικό ‘δυναμικό μονάδας θερμότητας’ της.
- Δεύτερον, διπλανά ογκομετρικά στοιχεία ανταλλάσσουν θερμότητα αναλογικά ως προς τη διαφορά θερμοκρασίας τους. Αυτή είναι μία γνωστή διαδικασία της ‘θερμικής αγωγιμότητας’

Η ‘θερμική αγωγιμότητα’ και ο ‘πυκνωτής θερμικής αγωγιμότητας’ μαζί, παίζουν ένα σημαντικό ρόλο στη θέρμανση της περιοχής ‘Vee’. Στη φυσική αυτά τα αποτελέσματα περιγράφονται ταυτόχρονα από την εξίσωση Biot-Fourier:

$$K \nabla^2 T - r C_p \frac{dT}{dt} + q = 0 \quad (3)$$

Όπου:

T είναι η διανομή της θερμοκρασίας στο υλικό

q είναι η θερμότητα που παράγεται στο υλικό

K είναι η θερμική αγωγιμότητα του υλικού

$\rho$  είναι η πυκνότητα του υλικού

$C_p$  είναι το δυναμικό μονάδας θερμότητας του υλικού

Η λύση αυτής της εξίσωσης μας λέει ότι όταν παράγεται θερμότητα σε ένα τμήμα ενός θερμικά αγωγίμου κομματιού του υλικού, η άνοδος της θερμοκρασίας είναι στιγμιαία περιορισμένη στην περιοχή που θερμαίνεται. Παρ' όλα αυτά, με την πάροδο του χρόνου στις παρακείμενες περιοχές έχουμε άνοδο της θερμοκρασίας λόγω της διάδοσης της θερμότητας σε θερμικά αγωγίμο υλικό. Η μορφή αυτής της διανομής θερμοκρασίας σε οποιοδήποτε σημείο περιέχει μια πολύ απότομη μετάβαση μεταξύ μιας θερμοκρασίας ενός τμήματος του υλικού που έχει θερμανθεί με τη θερμοκρασία του τμήματος αυτού πριν θερμανθεί. Αν ένα μοναδικό στοιχείο του υλικού αρχίσει να θερμαίνεται στο χρόνο  $t=0$ , η εύρεση αυτής της θερμοκρασιακής μετάβασης σε σχέση με το θερμαινόμενο στοιχείο μπορεί να περιγραφεί από το 'Θερμικό Βάθος Αναφοράς' που αυξάνει με την πάροδο του χρόνου:

$$\text{'Θερμικό Βάθος Αναφοράς'} = \sqrt{\frac{\rho K t}{4 C_p r}} \quad (4)$$

Η διαδικασία της συγκόλλησης ελέγχεται είτε από την 'Ηλεκτρική Ισχύ Βάθους Αναφοράς' είτε από το 'Θερμικό Βάθος Αναφοράς' ανάλογα με τη συχνότητα συγκόλλησης, την ταχύτητα κατεργασίας και το προϊόν (σωλήνα) που παράγεται. Η αλληλεπίδραση μεταξύ ηλεκτρικής 'επίδρασης φλοιών' και 'θερμικής αγωγιμότητας' έχει καθοριστεί από τον συνδυασμό των εξισώσεων Maxwell με την εξίσωση Biot-Fourier λύνοντας και τις δύο μαζί. Το αποτέλεσμα εξηγεί την επίδραση της συχνότητας στη διαδικασία συγκόλλησης σωλήνων και 'συμφιλιώνει' τις ανωμαλίες μεταξύ των συγκρουόμενων πειραματικών στοιχείων.

### 3.2 Η Επίδραση της Συχνότητας στην Ισχύ που Απαιτείται για τη Συγκόλληση

Το αρχικό αποτέλεσμα αυτού του νέου μοντέλου της διαδικασίας είναι ότι η ισχύς που απαιτείται να θερμάνει την περιοχή 'Vee' για να δημιουργηθεί θερμοκρασία συγκόλλησης μπορεί να υπολογιστεί ακριβώς από μια εξίσωση που εξαρτάται από τη συχνότητα συγκόλλησης, την ταχύτητα κατεργασίας, το μήκος της 'Vee' περιοχής, το πάχος της σωλήνας και τα ηλεκτρικά και θερμικά χαρακτηριστικά του υλικού. Η εξίσωση είναι:

$$P_0 = \frac{3\rho\Delta T y_0 dK}{2x \left[ \left( \frac{\rho y_0 e}{x n_0} + 1 \right)^{\frac{3}{2}} - \left( \frac{\rho y_0 e}{x n_0} \right)^{\frac{3}{2}} - 1 \right]} \quad (5)$$

Όπου:

$P_0$  είναι η απαιτούμενη ισχύ στην περιοχή 'Vee' για τη συγκόλληση της σωλήνας  
 $d$  είναι το πάχος της σωλήνας  
 $V_0$  είναι η ταχύτητα κατεργασίας  
 $y_0$  είναι το μήκος της περιοχής 'Vee'  
 $\Delta T$  είναι θερμοκρασιακή άνοδος που απαιτείται για να συγκολληθεί η σωλήνα

$\varepsilon$  ίσο με  $\frac{K}{C_p r}$  που είναι η θερμική διαπερατότητα του υλικού

Το βασικό χαρακτηριστικό αυτής της εξίσωσης είναι ο παρανομαστής της. Η προσεκτική εξέταση των αποτελεσμάτων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η 'Vee' απαιτούμενη ισχύς συγκόλλησης θα λαμβάνει δύο εντελώς διαφορετικούς χαρακτήρες ανάλογα εάν:

$$\left( \frac{p y_0 \varepsilon}{x n_0} \right) < ? > 1 \quad (6)$$

Η εκ νέου ρύθμιση αυτής της έκφρασης παράγει ένα πλήρη προβλέψιμο αποτέλεσμα:

$$\text{'Θερμικό Βάθος Αναφοράς'} = \sqrt{\frac{pK \left( \frac{y_0}{n_0} \right)}{4 C_p r}} < ? > \left( \frac{x}{2} \right) = \text{'Ηλεκτρικό$$

Βάθος Αναφοράς Ισχύος' (7)

Τώρα εάν το 'Θερμικό Βάθος Αναφοράς' είναι σημαντικά μεγαλύτερο ή μικρότερο από το 'Ηλεκτρικό Βάθος Αναφοράς Ισχύος', μπορούμε να καθορίσουμε τρεις τρόπους για τη λειτουργία της διαδικασίας συγκόλλησης με υψηλή συχνότητα. Θα πούμε ότι η διαδικασία συμφωνεί με τον 'θερμικό τρόπο' εάν το 'Θερμικό Βάθος Αναφοράς' είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το 'Ηλεκτρικό Βάθος Αναφοράς Ισχύος' και θα πούμε ότι η διαδικασία συμφωνεί με τον 'ηλεκτρικό τρόπο ισχύος' εάν το 'Θερμικό Βάθος Αναφοράς' είναι σημαντικά μικρότερο από το 'Ηλεκτρικό Βάθος Αναφοράς Ισχύος'. Εάν όμως τα δύο αυτά ποσά είναι κατά προσέγγιση ίσα, τότε θα πούμε ότι η διαδικασία συμφωνεί με τον 'τρόπο μετάβασης'. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη δυνωμική επέκταση για να βρούμε τα αποτελέσματα για τη 'Vee' ισχύ για κάθε ένα από τους τρεις τρόπους. Αυτοί είναι:

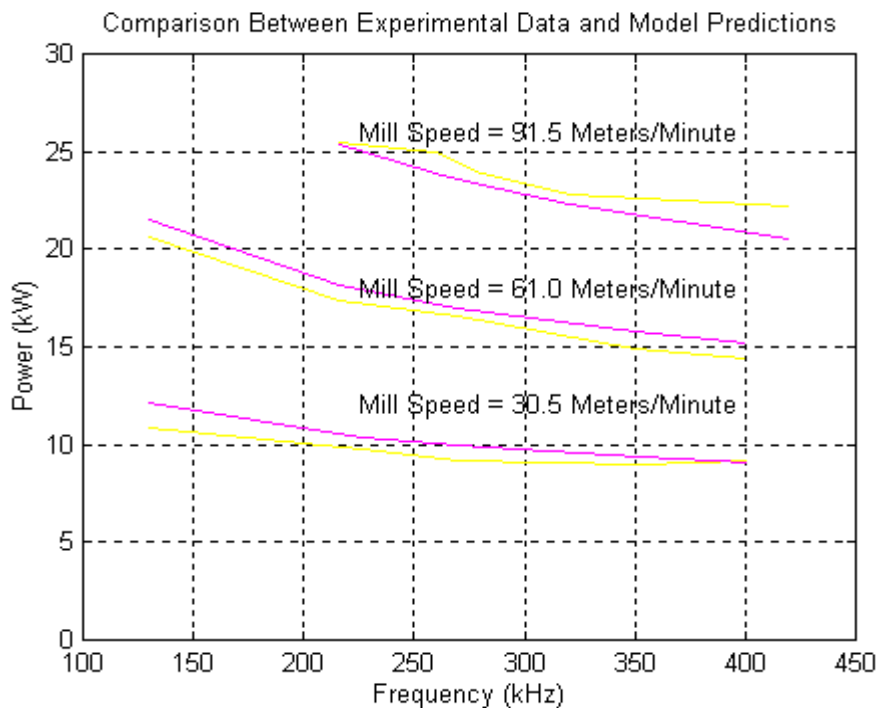
$$\text{'Θερμικός τρόπος'}: P_0 \cong \Delta T d \sqrt{p y_0 K C_p r n_0} \quad (8)$$

$$\text{'Ηλεκτρικός τρόπος ισχύος'}: P_0 \cong 2 \Delta T C_p r d \left( \frac{x}{2} \right) n_0 = \frac{\Delta T C_p r d n_0}{\sqrt{p f m s}} \quad (9)$$

$$\text{'Τρόπος μετάβασης'}: P_0 \cong \left[ \frac{3}{4(\sqrt{2}-1)} \right] \Delta T d \sqrt{p y_0 K C_p r n_0} \quad (10)$$

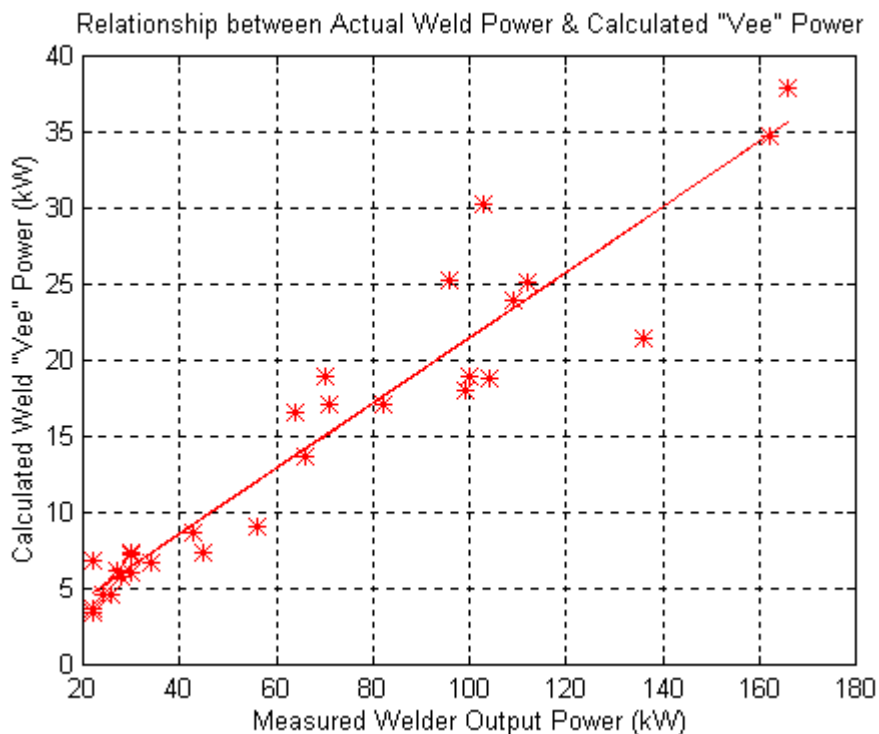
Αυτά τα αποτελέσματα μας δείχνουν ότι όταν η διαδικασία γίνεται με τον 'θερμικό τρόπο', η 'Vee' απαίτηση ισχύος είναι ανεξάρτητη από τη συχνότητα της συγκόλλησης. Επίσης, για δεδομένα: ταχύτητα κατεργασίας, υλικό σωλήνας και μήκος 'Vee', η απαίτηση ισχύος ελαχιστοποιείται με τη λειτουργία στο 'θερμικό τρόπο'. Αν η διαδικασία γίνεται με τον 'τρόπο μετάβασης', η απαιτούμενη ισχύς είναι σχεδόν διπλάσια της ισχύος που απαιτείται στο 'θερμικό τρόπο'. Επίσης, όταν η διαδικασία γίνεται με τον 'θερμικό τρόπο, έχει τη λιγότερη ευαισθησία στις αλλαγές της ταχύτητας κατεργασίας. Για το διπλασιασμό της ταχύτητας της κατεργασίας απαιτείται μόνο 41% περισσότερη ισχύς. Αν η διαδικασία γίνεται με τον 'ηλεκτρικό τρόπο ισχύος', χρειάζεται διπλασιασμός της ισχύος για να διπλασιαστεί η ταχύτητα κατεργασίας. Επειδή οι περισσότερες ιδιότητες του υλικού βρίσκονται σε τετραγωνική ρίζα, η διαδικασία είναι λιγότερο ευαίσθητη στις μεταβολές των ιδιοτήτων του υλικού όταν αυτή γίνεται με το 'θερμικό τρόπο'. Πρέπει να είναι σαφές από την άποψη της ισχύος συγκόλλησης, ότι ο τρόπος που ενδείκνυται είναι ο 'θερμικός τρόπος'.

Το σχήμα 1 δείχνει τα πειραματικά και τα θεωρητικά αποτελέσματα για τη 'Vee' ισχύ για ένα συγκεκριμένο μέγεθος σωλήνας που κατασκευάζεται με τρεις διαφορετικές ταχύτητες κατεργασίας και συχνότητες συγκόλλησης από 100 έως 425 KHz. Επειδή η ταχύτητα κατεργασίας αυξάνεται από 30m/min σε 60m/min και μετά σε 90m/min, η διαδικασία μεταβαίνει από το 'θερμικό τρόπο' στον 'ηλεκτρικό τρόπο ισχύος'. Δεδομένου ότι η συχνότητα συγκόλλησης αυξάνεται, η διαδικασία λειτουργίας κινείται προς τον 'θερμικό τρόπο'. **Στη χαμηλότερη ταχύτητα κατεργασίας, η συχνότητα συγκόλλησης έχει μικρή επίδραση στην απαιτούμενη ισχύ συγκόλλησης αλλά στην υψηλότερη ταχύτητα η απαιτούμενη ισχύ αλλάζει κατά 25% για συχνότητα μεταξύ 200 και 400 KHz.**



**Σχήμα 1: Σύγκριση πειραματικής και θεωρητικής ισχύος στη συγκόλληση ‘Vee’**

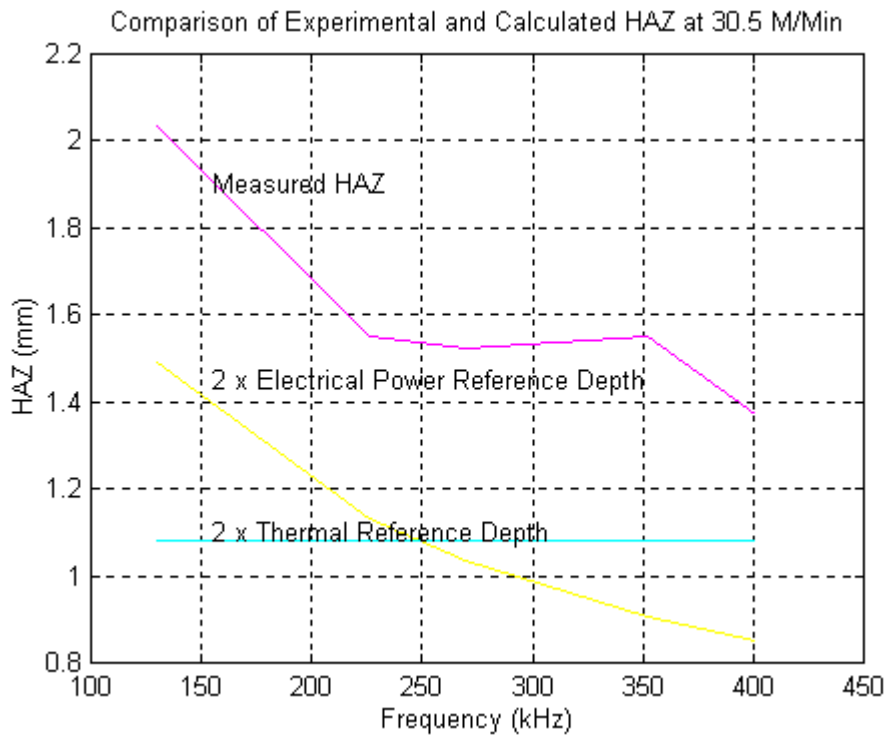
Επίσης, ενδιαφέρον έχει η σχέση μεταξύ της συνολικής ισχύς που παρέχεται από τον συγκολλητή και της απαιτούμενης ισχύς στη, ‘Vee’ περιοχή, για την πραγματοποίηση της συγκόλλησης. Το σχήμα 2 δείχνει τα στοιχεία που έχουν ληφθεί από έξι σωληνομηχανές σε έξι διαφορετικούς κατασκευαστές σωλήνων. Η ποιότητα της οργάνωσης της κατεργασίας ποικίλει σημαντικά από κατεργασία σε κατεργασία όπως και το παραγόμενο προϊόν. Στοιχεία έχουν συλλεγεί και για αλουμινένιες και για χαλύβδινες σωλήνες με εξωτερικές διαμέτρους να κυμαίνονται από 11mm έως 127mm και πάχος που κυμαίνεται από 0,73mm έως 5,46mm, συχνότητα συγκόλλησης από 300 έως 419 KHz και ταχύτητα κατεργασίας από 3m/min έως και 150m/min. Για κάθε παράδειγμα η ‘Vee’ ισχύς που απαιτήθηκε για να εκτελέσει τη συγκόλληση, υπολογίστηκε από την εξίσωση 5. Το αποτέλεσμα είναι ότι κατά μέσο όρο η διαδικασία είναι 21,5% αποδοτική σε σχέση με τη θεωρητική ‘Vee’ ισχύ. Το υπόλοιπο 78,5% της προσφερόμενης από τον συγκολλητή ισχύος διαχέεται στην επιφάνεια της σωλήνας. Αυτό το αποτέλεσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί με την εξίσωση της ‘Vee’ ισχύς για να υπολογίσει την απαιτούμενη ισχύ συγκόλλησης, για περιπτώσεις που δεν υπάρχουν προηγούμενα στοιχεία.



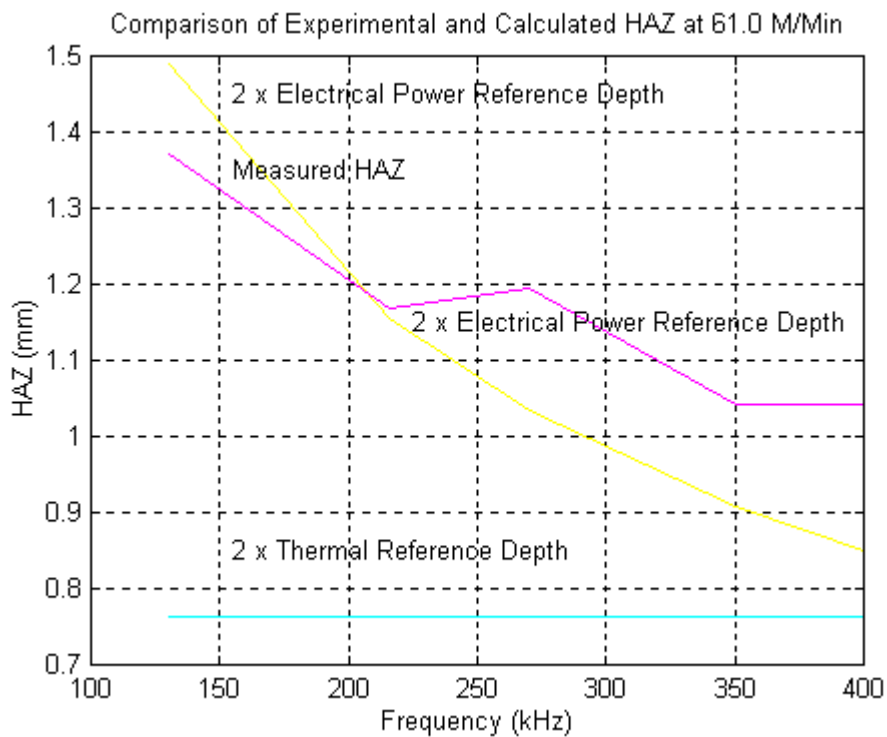
**Σχήμα 2: Στοιχεία για πειραματικό προσδιορισμό αποδοτικότητας της διαδικασίας επαγωγικής συγκόλλησης**

### 3.3 Η Επίδραση της Συχνότητας στο Μέγεθος της Θερμικής Ζώνης

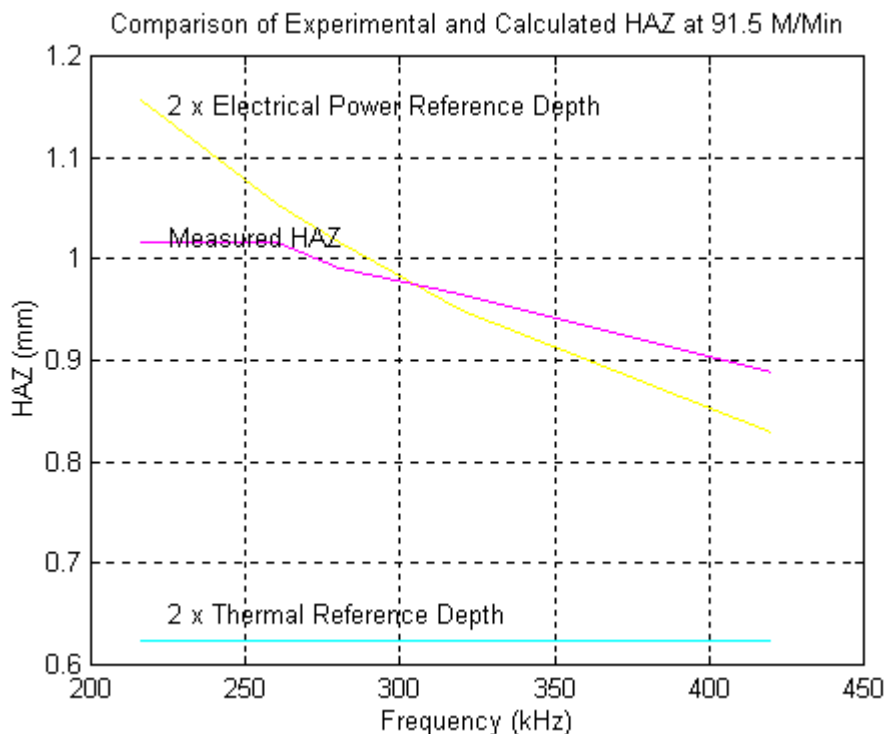
Είναι λογικό να αναμένεται ότι το πλάτος της Θερμικής Ζώνης ΘΖ θα ακολουθεί το 'Θερμικό Βάθος Αναφοράς' όταν η διαδικασία γίνεται με το 'θερμικό τρόπο' και το 'Ηλεκτρικό Βάθος Αναφοράς Ισχύος' όταν γίνεται με τον 'ηλεκτρικό τρόπο ισχύος' επειδή αυτά καθορίζουν το αντίστοιχο βάθος της θερμότητας. Στον 'τρόπο μετάβασης' η θερμική ζώνη θα πρέπει να ακολουθεί το άθροισμα των δύο βαθμών αναφοράς επειδή και τα δύο μαζί καθορίζουν το βάθος θέρμανσης. Επομένως, η θερμική ζώνη μετριέται κατά μήκος και των δύο πλευρών της 'Vee', το κατάλληλο βάθος αναφοράς θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί με το 2. Τα σχήματα 3 και 5 δείχνουν τη θερμική ζώνη ΘΖ που μετριέται από δείγματα σωληνώσεων ενώ εκτελούνται οι μετρήσεις ισχύος συγκόλλησης που φαίνονται στο σχήμα 1. Επίσης, σχεδιάζονται το διπλό 'Θερμικό Βάθος Αναφοράς' και το διπλό 'Ηλεκτρικό Βάθος Αναφοράς Ισχύος'. Αυτό το στοιχείο συσχετίζεται με την έννοια ότι η Θερμική Ζώνη (ΘΖ) ακολουθεί το βάθος θερμότητας όπως καθορίζεται από το κατάλληλο βάθος αναφοράς.



**Σχήμα 3: Στοιχεία για τη Θερμική Ζώνη (ΘΖ) για ταχύτητα κατεργασίας 30,5m/min**



**Σχήμα 4: Στοιχεία για τη Θερμική Ζώνη (ΘΖ) για ταχύτητα κατεργασίας 61m/min**



**Σχήμα 5: Στοιχεία για τη Θερμική Ζώνη (ΘΖ) για ταχύτητα κατεργασίας 91,5m/min**

Πρέπει να είναι σαφές ότι για ένα συγκεκριμένο υλικό σωλήνα, ταχύτητα κατεργασίας και μήκος ‘Vee’, έχουμε την ελάχιστη Θερμική Ζώνη (ΘΖ) όταν η διαδικασία γίνεται με τον ‘θερμικό τρόπο’. Όταν η διαδικασία γίνεται με τον ‘ηλεκτρικό τρόπο ισχύος’, τα περισσότερα υλικά σωλήνων θερμαίνονται. Επίσης, η χρήση περισσότερης ισχύος επηρεάζει τις μεταλλουργικές ιδιότητες του υλικού σε μια μεγάλη περιοχή, σε σύγκριση με το να γίνει η λειτουργία με το ‘θερμικό τρόπο’.

### **3.4 Η Επίδραση της Συχνότητας στο Επίπεδο Μαγνητικής Ροής του Impeder**

Η συχνότητα συγκόλλησης επηρεάζει το επίπεδο μαγνητικής ροής του impeder με δύο τρόπους. Πρώτον, καθώς η συχνότητα αυξάνεται λιγότερη ροή είναι απαραίτητη για να μεταφέρει το ίδιο ποσό ισχύος. Αυτό γίνεται επειδή ο πυρήνας ενός μετασχηματιστή 50Hz ισχύος είναι μεγαλύτερος από τον πυρήνα ενός μετασχηματιστή ισχύος 60Hz. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι ενώ η συχνότητα συγκόλλησης μειώνεται, η διαδικασία μεταβαίνει από τον ‘Θερμικό Τρόπο’ στον ‘Ηλεκτρικό Τρόπο Ισχύος’ και απαιτεί περισσότερη ροή στο impeder.

Το αποτέλεσμα για τη ‘Vee’ ισχύ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του επιπέδου ροής στο impeder επειδή όλη η ροή του



impeder πρέπει να περάσει μέσω της ‘Vee’ περιοχής και επειδή το ρεύμα στη ‘Vee’ συσχετίζεται άμεσα με το μαγνητικό πεδίο στη ‘Vee’ της ‘Αναπληρωματικής Εγγύτητας’. Με  $f_{Critical}$  ως συχνότητα συγκόλλησης που καθορίζει το κέντρο του ‘Τρόπου Μετάβασης’, το αποτέλεσμα είναι ότι η ροή στο impeder μπορεί να βρεθεί από:

$$|B_{Im\ peder}| = \left[ \frac{A_{Vee'}}{A_{Im\ peder}} \right] m_0 \sqrt{\frac{3pK\Delta Ts}{2 \left[ \left( \frac{f}{f_{Critical}} + 1 \right)^{3/2} - \left( \frac{f}{f_{Critical}} \right)^{3/2} - 1 \right]}} \quad (11)$$

Όπου:

$|B_{Im\ peder}|$  είναι το μέγεθος της μαγνητικής ροής στο impeder

$A_{Vee'}$  είναι το εμβαδόν της συγκόλλησης ‘Vee’

$A_{Im\ peder}$  είναι το εμβαδόν της διατομής του impeder

$m_0$  είναι η μαγνητική διαπερατότητα του κενού

$f_{Critical} = \frac{n_0 C_p r}{p^2 K y_0 ms}$  είναι η συχνότητα συγκόλλησης που

καθορίζει το κέντρο του ‘Τρόπου Μετάβασης’

Για οριακές καταστάσεις μπορεί να βρεθεί τότε η διαδικασία γίνεται με τον ‘Θερμικό Τρόπο’ και τότε με τον ‘Ηλεκτρικό Τρόπο Ισχύος’ ως εξής:

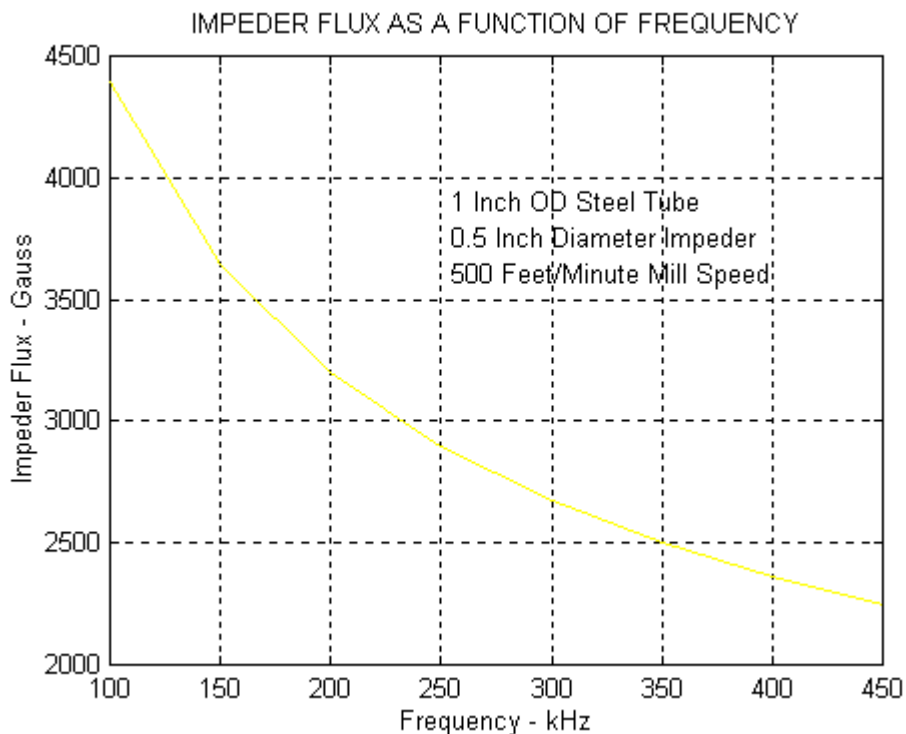
Επίπεδο ροής impeder ‘Θερμικού Τρόπου’:

$$|B_{Im\ peder}| \cong \left[ \frac{A_{Vee'}}{A_{Im\ peder}} \right] m_0 (\Delta T)^{1/2} \left[ \frac{K C_p r s n_0}{m y_0 f} \right]^{1/4} \quad (12)$$

Επίπεδο ροής impeder ‘Ηλεκτρικού Τρόπου Ισχύος’:

$$|B_{Im\ peder}| \cong \left[ \frac{A_{Vee'}}{A_{Im\ peder}} \right] m_0 \sqrt{\frac{\Delta T C_p r n_0}{p m y_0 f}} \quad (13)$$

Μπορεί να φανεί ότι η ροή του impeder μεταβάλλεται ως  $f^{-1/2}$  στον ‘Ηλεκτρικό Τρόπο Ισχύος’ και φτάνει στην ελάχιστη τιμή της μεταβαλλόμενη ως  $f^{-1/4}$  καθώς η συχνότητα αυξάνεται στο σημείο που η διαδικασία λειτουργεί με τον ‘Θερμικό Τρόπο’. Πάλι, ο πιο συμφέρον τρόπος λειτουργίας, αυτός που κρατά το impeder μακρύτερα από τον κορεσμό ροής, είναι ο ‘Θερμικός Τρόπος’. Το σχήμα 6 δείχνει πως το επίπεδο ροής του impeder μεταβάλλεται ως αποτέλεσμα της συχνότητας κατά τη παραγωγή μιας μικρής κοινής σωλήνας.



**Σχήμα 6: Η ροή στο impeder ως αποτέλεσμα της προβλεπόμενης συχνότητας για μια μικρή κοινή σωλήνα**

### 3.5 Η ‘Καλύτερη’ Συχνότητα Συγκόλλησης

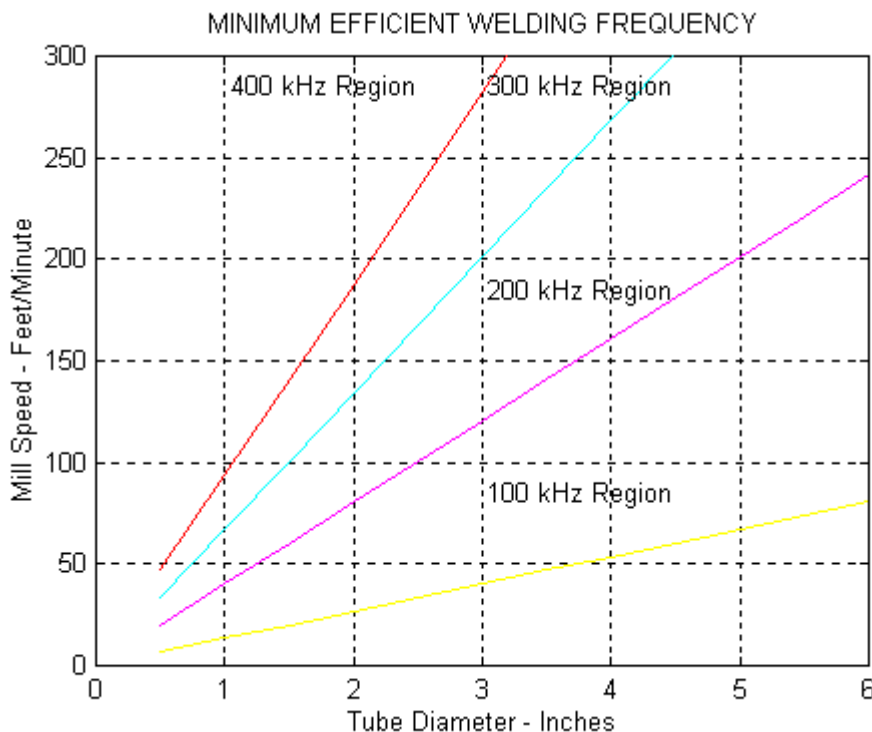
Είναι ξεκάθαρο ότι το πιο συμφέρον είναι να γίνει η συγκόλληση της σωλήνας με τον ‘Θερμικό Τρόπο’. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας οδηγεί στη χαμηλότερη απαίτηση ισχύος και στο χαμηλότερο επίπεδο μαγνητικής ροής. Ενώ η λειτουργία με τον ‘Τρόπο Μετάβασης’ είναι πιο επιθυμητή από τη λειτουργία με τον ‘Ηλεκτρικό Τρόπο Ισχύος’ επειδή η ισχύς συγκόλλησης και η ροή του impeder θα είναι χαμηλότερες και η Θερμική Ζώνη ΘΖ στενότερη, η διαδικασία θα είναι σημαντικά πιο ευαίσθητη στις παραλλαγές των ιδιοτήτων του υλικού και στις παραμέτρους διαδικασίας σε σχέση με τη λειτουργία με τον ‘Θερμικό Τρόπο’. Επίσης, η επιρροή αυτών των παραλλαγών θα είναι διαφορετική αν η λειτουργία είναι πιο κοντά στο ‘Θερμικό Τρόπο’ ή στον ‘Ηλεκτρικό Τρόπο Ισχύος’.

Η εξίσωση 6 μας λέει πως θα πετύχουμε τη λειτουργία στο ‘Θερμικό Τρόπο’. Αν αρχίσουμε με μία συγκεκριμένη σωλήνα σε παραγωγή, το υλικό (ιδιότητες του υλικού), η εξωτερική διάμετρος και το πάχος της σωλήνας θα είναι δεδομένα. Αν η οργάνωση της κατεργασίας ακολουθεί τη standard πρακτική, το μήκος ‘Vee’ θα είναι περίπου όσο η διάμετρος D της σωλήνας, έτσι μπορούμε να το αντικαταστήσουμε στην εξίσωση 6. Τώρα μπορούμε να υπολογίσουμε τη συχνότητα συγκόλλησης που

καθορίζει το κέντρο του ‘Τρόπου Μετάβασης’ για μια συγκεκριμένη ταχύτητα κατεργασίας. Θα την ονομάσουμε ‘Κρίσιμη Συχνότητα’  $f_{Critical}$ :

$$f_{Critical} = \frac{C_p r}{p^2 Kms} \left( \frac{n_0}{D} \right) \quad (14)$$

Η λειτουργία σε μια συχνότητα συγκόλλησης σημαντικά μεγαλύτερη από την  $f_{Critical}$  εξασφαλίζει τη λειτουργία με το ‘Θερμικό Τρόπο’. Η λειτουργία στην περιοχή της  $f_{Critical}$  τοποθετεί τη διαδικασία στον ‘Τρόπο Μετάβασης’. Το σχήμα 7 δείχνει ως αποτέλεσμα της εξωτερικής διαμέτρου της σωλήνας και της ταχύτητας κατεργασίας μαζί, για χάλυβα χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Αυτό το διάγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει την ‘καλύτερη’ συχνότητα συγκόλλησης για ένα συγκεκριμένο συνδυασμό παραγόμενης σωλήνας και ταχύτητας κατεργασίας.



**Σχήμα 7: Διάγραμμα για τον καθορισμό της ‘Κρίσιμης Συχνότητας’ για χαμηλό σε άνθρακα χάλυβα σωλήνας**

Συνοψίζοντας, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι αυτή η θεωρία δείχνει ότι η λειτουργία της διαδικασίας γίνεται με δύο τρόπους, τον ‘Θερμικό Τρόπο’ και τον ‘Ηλεκτρικό Τρόπο Ισχύος’ και αυτοί οι δύο συνδέονται με ένα τρίτο τον ‘Τρόπο Μετάβασης’. Είναι καλύτερα να γίνει η λειτουργία της διαδικασίας με τον ‘Θερμικό Τρόπο’. Για μία

συγκεκριμένη σωλήνα και μία ταχύτητα κατεργασίας, ο 'Θερμικός Τρόπος' έχει ως αποτελέσματα:

- Υψηλότερη ποιότητα συγκόλλησης της σωλήνας
- Τη χαμηλότερη απαίτηση ισχύος συγκόλλησης
- Τη μικρότερη ευαισθησία στην ταχύτητα κατεργασίας και τη μικρότερη πρόσθετη ισχύ που απαιτείται κατά την αύξηση της ταχύτητας κατεργασίας
- Τη μικρότερη ευαισθησία στην απόκλιση των ιδιοτήτων του υλικού
- Τη στενότερη Θερμική Ζώνη (ΘΖ)
- Το χαμηλότερο επίπεδο μαγνητικής ροής στο impedier, διατηρώντας το όσο το δυνατόν μακρύτερα από τον κορεσμό

Για να λειτουργήσει η διαδικασία στο 'Θερμικό Τρόπο', η συχνότητα συγκόλλησης πρέπει να επιλεγεί έτσι ώστε να είναι σημαντικά επάνω από την 'Κρίσιμη Συχνότητα'. Ένα διάγραμμα της 'Κρίσιμης Συχνότητας', για το χαμηλό σε άνθρακα χάλυβα, σε σχέση με την εξωτερική διάμετρο της σωλήνας και την ταχύτητα της κατεργασίας παρουσιάζεται στο σχήμα 7.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΑ ΡΑΟΥΛΑ ΤΩΝ ΙΣΙΩΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥΣ

Όπως σε όλα τα μηχανήματα, τα διάφορα συνθετικά μέρη και συστήματα παίρνουν μέρος μαζί για να σχηματίσουν το ισιωτικό, οπωσδήποτε όμως η καρδιά του ισιωτικού σωλήνων, είναι το σύνολο των εργαζόμενων ράουλων, ειδικά διαμορφωμένα που καθιστούν ικανή τη μηχανή να ισιώσει μια σειρά από διαφορετικές διαμέτρους σωλήνων. Όταν ένα νέο ισιωτικό μπει σε λειτουργία, το πρόσφατα εκπαιδευμένο προσωπικό που χρειάζεται στη λειτουργία και τη συντήρηση, είναι καλά εκπαιδευμένο σε αυτούς τους δύο τομείς.

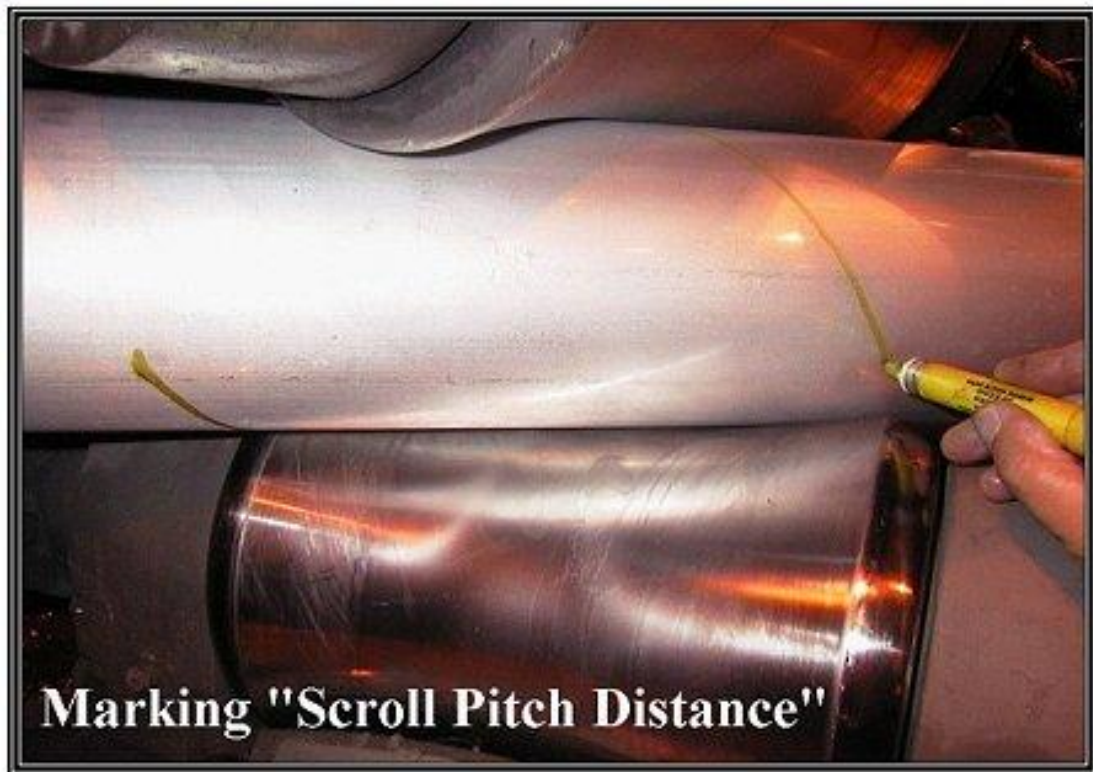
### 4.1 Η Μορφή των Ράουλων

Το γεγονός ότι η μορφή των ράουλων θα πρέπει να είναι μία ακριβής υπερβολική καμπύλη έχει χαθεί με το πέρασμα του χρόνου. Έτσι, η μορφή τους μπορεί να θεωρηθεί σωστή όταν:

- 1) Η γωνιακή θέση των ραούλων μπορεί να ρυθμιστεί έτσι ώστε οι διαφορετικές διαμέτροι των σωλήνων που καλύπτονται από τη μηχανή, μπορούν όλες να φωλιάσουν μέσα στα ράουλα ώστε να έχουμε 100% γραμμική επαφή στην επιφάνειά τους.
- 2) Όταν το 'βήμα' της μεγαλύτερης σωλήνας είναι μικρότερο από το μήκος της μορφής του ράουλου κατά ένα παράγοντα τουλάχιστον 1,1.



Το 'βήμα' είναι το πόσο της μπροστινής γραμμικής μετακίνησης που κάνει η σωλήνα, κατά τη διάρκεια της οποίας ολοκληρώνεται μία περιστροφή. Οι φωτογραφίες δείχνουν ένα απλό τρόπο για τον υπολογισμό του 'βήματος' μιας συγκεκριμένης διαμέτρου σωλήνας. Σε αυτή τη περίπτωση φαίνεται ότι η διάμετρος της σωλήνας υπερβαίνει την ικανότητα της μηχανής.



Ο OEM της ισιωτικής μηχανής έχει σχεδιάσει τις διαστάσεις των ράουλων και την απόσταση μεταξύ των ζευγαριών των ράουλων για να εξασφαλίσει ότι το ικανοποιητικό ίσιωμα είναι δυνατό σε όλη τη σειρά διαμέτρων της μηχανής. Η μορφή των ράουλων είναι μία υπερβολική καμπύλη που παράγεται από Η/Υ. Για την παραγωγή του σωστού

σχεδιαγράμματος πρέπει να χρησιμοποιηθούν τα ακριβή OEM στοιχεία ράουλων. Είναι σημαντικό ότι ο σωστός όρος γωνίας και διαμέτρου ράουλου εισάγεται στο σχεδιάγραμμα που παράγει τη μαθηματική εξίσωση. Χωρίς τα στοιχεία OEM είναι απίθανο να δημιουργηθεί το σωστό σχεδιάγραμμα. Αν επανασχεδιαστούν ή γίνουν νέα ράουλα χρησιμοποιώντας μια απλή ακτίνα για τη μορφή του ράουλου η σωλήνα θα εφάπτεται με το ράουλο σε τρεις μόνο περιοχές, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

### **Contact pattern on simple turned radius.**



Μέχρι τώρα έχουμε μιλήσει μόνο για την υπερβολική καμπύλη. Αλλά αυτή η ακριβής καμπύλη πρέπει να ολοκληρωθεί στον ώμο κάθε πλευράς του ράουλου. Τώρα που χρησιμοποιούμε H/Y για την παραγωγή των σχεδιαγραμμάτων, έχουμε πετύχει μία ‘μαλακή’ μετάβαση χρησιμοποιώντας τις διπλές εφαπτόμενες ακτίνες. Αυτή η ‘μαλακή’ μετάβαση μειώνει το σημάδεμα της σωλήνας όταν χρησιμοποιούμε τη μεγαλύτερη σε διάμετρο σωλήνα που μπορεί να δεχτεί η ισιωτική μηχανή.

**Hard transition at roll shoulder using a single radius.**



**Soft transition at roll shoulder using a dual radius.**

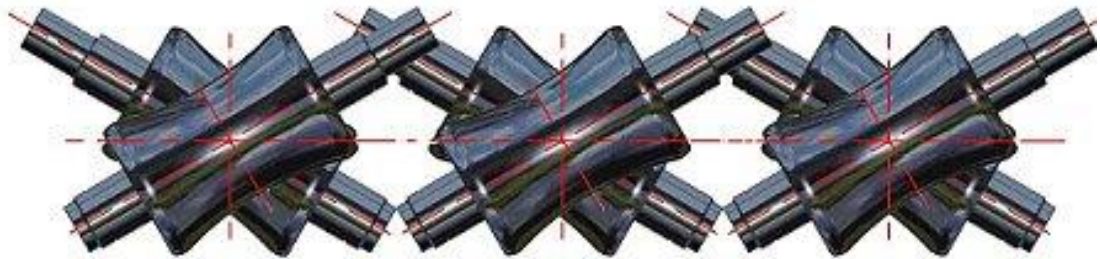


#### **4.2 Η Ευθυγράμμιση των Ράουλων στην Ισιωτική Μηχανή**

Για να ισιωθούν σωστά οι σωλήνες πρέπει τα ράουλα να είναι τέλεια ευθυγραμμισμένα. Για την ευθυγράμμιση χρησιμοποιείται μια χαλύβδινη ράβδος δοκιμής. Η πλειοψηφία των μηχανών έχει ένα μέσο ρύθμισης του πλάγιου σημείου των ράουλων. Αν τα ράουλα δεν είναι σωστά



ευθυγραμμισμένα δε θα αποκτήσουν τη σωστή γραμμή επαφής. Επίσης η κακή ευθυγράμμιση θα προκαλέσει τη γρήγορη φθορά των ράουλων.



**Rolls must be carefully aligned.**



#### **4.3 Εξοπλισμός Κίνησης των Ράουλων**

Οι ισωτικές μηχανές έχουν φτιαχτεί με διάφορες μεθόδους για την κίνηση των ράουλων. Μερικές έχουν ένα ξεχωριστό κινητήρα κίνησης για κάθε ράουλο. Οι περισσότερες όμως συνήθως χρησιμοποιούν δύο κινητήρες κίνησης, ένα για το σύνολο των επάνω ράουλων και έναν για το σύνολο των κάτω ράουλων. Ανεξάρτητα από τον τρόπο με τον οποίο

τα ράουλα κινούνται αυτό που είναι σημαντικό είναι ότι όλα τα ράουλα περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα, γύρω στα 1-2 rpm. Επίσης, υπάρχει ένα ηλεκτρονικό σύστημα που εξασφαλίζει ότι η ισχύς που απαιτείται για το ίσιωμα, μοιράζεται εξίσου μεταξύ των κινητήρων κίνησης. Αν τα ράουλα δεν περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα όταν είναι φορτισμένα, θα έχουμε ελάχιστο ίσιωμα και γρήγορη φθορά στα ράουλα.

#### **4.4 Η Ένδυση των Ράουλων**

Είναι σημαντικό να διατηρούνται πάντα τα ράουλα σε καλή κατάσταση. Ο ευκολότερος τρόπος για να μετρηθεί και να ελεγχθεί η διάμετρος του ράουλου στο κέντρο του είναι ο έλεγχος και η καταγραφή του ποσού της ένδυσης των ράουλων σε μηνιαία βάση. Όταν η διαφορά στη διάμετρο φτάσει τη μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση του OEM, τότε πρέπει να επισκευαστούν για να επανέρθουν στα κανονικά επίπεδα. Η επισκευή γίνεται όταν η διάμετρος στο κέντρο τους είναι κάτω από το 80% της αρχικής.

Τα περισσότερα ράουλα κατασκευάζονται από χάλυβα εργαλείων υψηλής περιεκτικότητας σε χρώμιο και άνθρακα ο οποίος έχει συνήθως σκληρότητα 58-64 Rockwell C.



Η φωτογραφία δείχνει την ανώμαλη φθορά που πραγματοποιείται στο ράουλο, όταν τα ράουλα δεν ευθυγραμμίζονται σωστά στη μηχανή. Το συγκεκριμένο ράουλο έχει φθαρεί στη δεξιά πλευρά. Αυτό δείχνει ότι η σωλήνα έτρεχε εκτός κέντρου.

#### **4.5 Ειδικά Ισιωτικά Ράουλα**

Για ισιωτικές λειτουργίες όπου η επιφάνεια των σωλήνων δεν πρέπει να αλλάξει κατά τη διάρκεια του ισιώματος, έχουν αναπτυχθεί ειδικά ράουλα. Αυτά τα ράουλα καλύπτονται με πολυμερή και ινώδη υλικά.



Τελικά καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι αν χρησιμοποιηθούν τα σωστά σχεδιαγράμματα για τα ράουλα και τα ράουλα ευθυγραμμιστούν σωστά στη μηχανή, τότε θα μπορέσουμε να πετύχουμε πολύ καλή ευθύτητα στη σωλήνα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΕΛΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ**

Η ζύγιση ενός εκάστου των σωλήνων, η μέτρηση του μήκους του και η τοποθέτηση στο σωλήνα των σημείων εκείνων που απαιτούν οι προδιαγραφές ή ο πελάτης, είναι απαραίτητες διαδικασίες προκειμένου να ικανοποιείται ο παραλήπτης, να διευκολύνεται η ταξινόμησή των και να επιτυγχάνεται η ανεύρεση του ιστορικού κάθε σωλήνα, σε συνδυασμό με τα σημεία που έχουν τοποθετηθεί στις διάφορες φάσεις των δοκιμών και ελέγχων.

### **5.1 ΖΥΓΙΣΗ**

Με την ολοκλήρωση των κατεργασιών, δοκιμών και ελέγχων οι σωλήνες διέρχονται από το ζυγιστήριο προκειμένου να ζυγισθούν. Η ζύγιση ενός εκάστου των σωλήνων διενεργείται στην ηλεκτρονική ζυγαριά η οποία καλιμπράρεται κάθε φορά που αλλάζει η διάμετρος της παραγωγής. Το βάρος που αναγράφεται στην οθόνη της ζυγαριάς καταγράφεται στο σχετικό μετρολόγιο - ζυγολόγιο ανάλογα με την κατηγορία του σωλήνα.

Για την αξιολόγηση της ζυγαριάς έχουν κατασκευασθεί πρότυπα βάρη από σωλήνες. Κάθε πρότυπο βάρος φέρει ένα χαρακτηριστικό αριθμό είναι δε σωλήνας συγκεκριμένης διαμέτρου, συγκεκριμένου μήκους και πάχους. Ο χειριστής επιλέγει ένα ή δύο πρότυπα βάρη από εκείνα που το βάρος των πλησιάζει περισσότερο στο αναμενόμενο βάρος των προς παραγωγή σωλήνων. Εφόσον κατά τη ζύγιση του πρότυπου βάρους, παρουσιάζεται απόκλιση από το αναγραφόμενο βάρος του προτύπου, τότε υποχρεούται να ειδοποιεί τον υπεύθυνο των ηλεκτρονικών, προκειμένου εκείνος να φροντίσει για το καλιμπράρισμα της ζυγαριάς. Παρατίθεται ο πίνακας των πρότυπων βαρών.

<b>ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΟΤΥΠΟΥ</b>	<b>ΔΙΑΜ. (mm)</b>	<b>ΠΑΧΟΣ (mm)</b>	<b>ΜΗΚΟΣ (mm)</b>	<b>ΒΑΡΟΣ (kg)</b>
25.1	273,05	10,16	13060	866
25.2	355,6	12,70	12218	1323
25.3	273,05	6,35	10956	458
25.4	219,07	6,71	6184	218
25.5	457,2	12,70	12798	1807

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΒΑΡΩΝ**

## **5.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΚΟΥΣ**

Η μέτρηση μήκους του σωλήνα γίνεται με την βοήθεια καλιμπραρισμένου οργάνου (μετρητής μήκους ή μετροταινία). Το αποτέλεσμα της μέτρησης καταγράφεται στο σχετικό μετρολόγιο-ζυγολόγιο ανάλογα με την κατηγορία του σωλήνα.

Η αξιολόγηση του μετρητού μήκους γίνεται μία φορά σε κάθε βάρδια με τη βοήθεια πιστοποιημένης ταινίας. Η οιαδήποτε απόκλιση πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν κατά τη μέτρηση αφού παράλληλα ειδοποιείται το τμήμα συντήρησης για την αποκατάσταση της απόκλισης.

## **5.3 ΒΑΦΗ**

Οι σωλήνες προωθούνται στο βαφείο, εφόσον αυτό απαιτείται από την παραγγελία για την τοποθέτηση στην εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα διαφανούς βερνικιού τύπου αλκιδικής ρητίνης ή άλλου τύπου. Το χρησιμοποιούμενο βερνίκι είναι τυποποιημένης ποιότητας από διάφορους προμηθευτές.

## **5.4 ΤΕΛΙΚΟ ΜΑΡΚΑΡΙΣΜΑ**

Το προσωπικό που διενεργεί το τελικό μαρκάρισμα τοποθετηθεί στο σωλήνα σημεία με πινακίδες, με το χέρι ή ανάγλυφα γράμματα σύμφωνα με τις υποδείξεις:

- του ζυγιστού.
- του επιθεωρητού βάρδιας και εργοδηγού παραγωγής.
- τις προσωρινές ενδείξεις (κιμωλία) που υπάρχουν στο σωλήνα.

Οιοδήποτε σημείο, σύμβολο ή κείμενο που τοποθετείται στο σωλήνα πρέπει να είναι ευδιάκριτο, ανθεκτικό στο χρόνο και στη κατάλληλη θέση. όπως αυτή υποδεικνύεται από τον επιθεωρητή βάρδιας και τις προδιαγραφές API. Τα τελικά σημεία στο σωλήνα κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- τα σημεία που επιβάλλουν οι προδιαγραφές API ή άλλη προδιαγραφή ανάλογα με την εντολή παραγωγής.
- τα σημεία που επιθυμεί ο πελάτης με την επωνυμία: "Σημεία Φόρτωσης".

### 5.4.1 Μαρκάρισμα σύμφωνα με την προδιαγραφή API 5L


Οι σωλήνες μαρκάρονται στο ένα άκρο τους με τη βοήθεια stencil:

- Σωλήνες με διάμετρο μικρότερη των 16'' μαρκάρονται εξωτερικά και σε απόσταση 45cm έως 75cm από το άκρο.
- Σωλήνες με διάμετρο μεγαλύτερη των 16'' μαρκάρονται εσωτερικά και σε απόσταση τουλάχιστον 15cm από το άκρο.

**Οι πληροφορίες που μαρκάρονται είναι οι εξής:**

- Όνομα εργοστασίου κατασκευής.
- Spec 5L 0032.
- Ημερομηνία παραγωγής (μήνας, έτος).
- Εφόσον υπάρχει και άλλη ισχύουσα προδιαγραφή, αυτή αναγράφεται.
- Διάμετρος σωλήνα (σε ίντσες ή mm).
- Πάχος σωλήνα (σε ίντσες ή mm).
- Ποιότητα χάλυβα (grade).
- Κατηγορία σωλήνα (PSL1 ή PSL2)
- E (συμβολίζει σωλήνες με ραφή).
- Εντολή Παραγωγής.
- Αριθμός σωλήνα.
- Μήκος σωλήνα.
- Αριθμός χυτηρίου.

### **ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ**

- Η διάμετρος και το πάχος σωλήνα αναγράφονται πάντα στις ίδιες μονάδες.
- Σε περίπτωση που ισχύουν Ειδικές Απαιτήσεις από την προδιαγραφή API 5L (SR), αυτές θα αναγράφονται στις Ειδικές Απαιτήσεις της Εντολής Παραγωγής και θα μνημονεύονται στο μαρκάρισμα.
- Σε περίπτωση που η πίεση δοκιμής είναι μεγαλύτερη από αυτήν που προβλέπει η προδιαγραφή API 5L, αυτή αναγράφεται στο μαρκάρισμα ως εξής: **TESTED** ακολουθούμενη από την πίεση δοκιμής σε psi ή bar.
- Σε περίπτωση που καθορίζεται από την Εντολή Παραγωγής, τοποθετείται (μετά το spec 5L) το μονόγραμμα  .

### **5.4.2 Μαρκάρισμα σύμφωνα με την προδιαγραφή API 5CT**

Οι σωλήνες μαρκάρονται εξωτερικά στο ένα άκρο τους σε απόσταση όχι μικρότερη από 65cm από αυτό με τη βοήθεια stencil.


**Οι πληροφορίες που μαρκάρονται είναι οι εξής:**

- Όνομα εργοστασίου κατασκευής.
- Spec ISO 11960 5CT 0509.
- Εφόσον υπάρχει και άλλη ισχύουσα προδιαγραφή, αυτή αναγράφεται.
  - Τύπος σπειρώματος, εφόσον υπάρχει (UF για σωλήνες χωρίς σπείρωμα, STC για Round Short).
  - Ημερομηνία παραγωγής (συμβολίζεται με ένα διψήφιο νούμερο της μορφής ΧΨ, όπου: X = 2 για το 2002, 3 για το 2003, 4 για το 2004, κοκ, και Ψ = 1 για τους μήνες Ιανουάριο – Μάρτιο, 2 για Απρίλιο – Ιούνιο, 3 για Ιούλιο – Σεπτέμβριο, 4 για Οκτώβριο – Δεκέμβριο).
  - Διάμετρος σωλήνα (σε ίντσες).
  - Βάρος σωλήνα (σε lbs, μαζί με το βάρος της μούφας –API 5CT, πίνακας C1, στήλη 2).
  - Ποιότητα χάλυβα (grade), H για H40 και J για J55.
  - E (συμβολίζει σωλήνες με ραφή).
  - Πίεση υδραυλικής δοκιμής σε Mpa ή psi (P....).
  - Μέγεθος εμβόλου drift test (D για κανονικό και DAxx για εναλλακτικό, όπου xx η διάμετρος του εναλλακτικού εμβόλου σε ίντσες).
  - Εντολή Παραγωγής.
  - Αριθμός σωλήνα.
  - Μήκος σωλήνα.
  - Αριθμός χυτηρίου.

### ***ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ***

- Σε περίπτωση που απαιτείται από την Εντολή παραγωγής die stamping (σφραγίδες) , αυτό γίνεται σε απόσταση 30cm από το ένα άκρο του σωλήνα και το ύψος των χαρακτήρων είναι 6,4mm.
  - Σε περίπτωση που ισχύουν Ειδικές Απαιτήσεις από την προδιαγραφή API 5CT (SR), αυτές θα αναγράφονται στις Ειδικές

Απαιτήσεις της Εντολής Παραγωγής και θα μνημονεύονται στο μαρκάρισμα.

- Σε περίπτωση που καθορίζεται από την Εντολή Παραγωγής, τοποθετείται (μετά το spec 5CT) το μονόγραμμα  .
- Για σωλήνες ποιότητας χάλυβα J55, τοποθετείται στο ένα άκρο του σωλήνα και σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από 60cm από αυτό κυκλική λωρίδα πράσινου χρώματος.

## **5.5 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΩΛΗΝΩΝ**

Σε κάθε πρόγραμμα παραγωγής είναι δυνατόν να παράγονται σωλήνες που στη συνέχεια ο ζυγιστής να ταξινομεί σε τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες. Η ταξινόμηση αυτή γίνεται με γνώμονα την καταλληλότητα του σωλήνα να περιληφθεί στη συγκεκριμένη παρτίδα, την ακαταλληλότητα της από πλευράς ποιότητας, την ακαταλληλότητα της από πλευράς μήκους, ή ακόμα αν πρόκειται για σωλήνα που απλώς είναι πλεόνασμα της συγκεκριμένης παρτίδας. Κατά την ταξινόμησή ο ζυγιστής τοποθετεί στο σωλήνα ενδεικτικό σύμβολο προκειμένου οι σημειωτές και στη συνέχεια οι χειριστές των περονοφόρων να τοποθετούν τους σωλήνες στο κατάλληλο χώρο. Παράλληλα ο ζυγιστής καταχωρεί τους σωλήνες κάθε κατηγορίας σε χωριστή κατάσταση μετρολογίου.

### **5.5.1 Σωλήνες με ένδειξη "O.K."**

Πρόκειται για τους σωλήνες που φέρουν στην εσωτερική τους επιφάνεια και τα δύο απαραίτητα σύμβολα **AI** και **AU** ότι δηλαδή ανταποκρίνονται πλήρως στις προδιαγραφές και απαιτήσεις της συγκεκριμένης παραγγελίας.

### **5.5.2 Σωλήνες με ένδειξη "SHORT"**

Πρόκειται για σωλήνες που φέρουν τα σύμβολα **AI** και **AU** αλλά είναι μικρού μήκους (κοντές), για τη συγκεκριμένη παραγγελία.



### **5.5.3 Σωλήνες με ένδειξη "EXCESS"**

Πρόκειται για σωλήνες που φέρουν τα σημεία ποιότητας **AI** και **AU** δεν ανήκουν στη κατηγορία "SHORT" αλλά πλεονάζουν για τη συγκεκριμένη παρτίδα.

### **5.5.4 Σωλήνες με ένδειξη "STOCK"**

Πρόκειται για σωλήνες που φέρουν στην εσωτερική τους επιφάνεια ένα εκ των δύο ή και τα δύο σύμβολα απόρριψης **RI** και **RU**.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΧΡΗΣΕΙΣ ΣΩΛΗΝΩΝ

Η παραγωγή των σωλήνων αυτών γίνεται για την μεταφορά και την άντληση καυσίμων και αερίων. Όμως μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τη μεταφορά οξέων, νερού και άντληση νερού. Ανάλογα με τη χρήση που προορίζονται γίνεται εσωτερική και εξωτερική επίστρωση για να τις προφυλάξει από την διάβρωση.

Οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται για καύσιμα και αέρια δέχονται εσωτερική και εξωτερική επίστρωση ανθρακόπισσας ή επίστρωση εποξειδικής βαφής. Οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά οξέων δέχονται εσωτερική επίστρωση με διάφορες ρητίνες και εξωτερική επίστρωση εποξειδικής βαφής. Οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται για μεταφορά νερού δέχονται εσωτερική επίστρωση πολυαιθυλενίου ή πολυπροπυλενίου και εξωτερική επίστρωση εποξειδικής βαφής. Οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται για την άντληση νερού (πομώνες) συνήθως χρησιμοποιούνται γυμνές ή με θερμό ή ψυχρό γαλβάνισμα.

Οι σύνδεση των σωλήνων που χρησιμοποιούνται ως μεταφορικοί αγωγοί συνήθως γίνεται με ηλεκτροσυγκόλληση. Ενώ αυτές που χρησιμοποιούνται για άντληση συνδέονται με μούφα-σπείρωμα.



Εικόνες από την κατεργασία των σωλήνων για την επικόλληση προστατευτικών επιστρώσεων.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΙΚΩΝ ΡΑΟΥΛΩΝ**

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Για την κατασκευή σωλήνων στην Ελλάδα τουλάχιστον, δεν υπάρχει βιβλιογραφία. Για αυτό το λόγο, η εργασία αυτή έγινε: 1) με συγκέντρωση στοιχείων από επισκέψεις στη Σωληνουργεία Κορίνθου και 2) από τα sites της DEMAG στο internet α) [www.tubenet.org.uk/technical/therma2.html](http://www.tubenet.org.uk/technical/therma2.html) και β) [www.tubenet.org.uk/technical/turner\\_m.html](http://www.tubenet.org.uk/technical/turner_m.html) .

Θερμές ευχαριστίες στον κο Περγιαλιώτη γενικό διευθυντή εργοστασίου Κορίνθου, τον κο Γκότση υπεύθυνο ποιότητας και ποιοτικού ελέγχου, τον κο Καρακούση προϊστάμενο εργαστηρίου και την κα Παπαχριστοπούλου γραμματέα εργοστασίου Κορίνθου.