

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ  
ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΤΥΠΟΥ

ΠΑΤΡΑ 2007

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ  
ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΤΥΠΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

**ΑΡΓΥΡΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ**

**ΠΑΠΑΣΑΧΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΣ**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:

**ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

ΠΑΤΡΑ 2007

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	1
----------------	---

### Κεφάλαιο I

I. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....	3
I.1 ΠΟΡΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	3
I.1.1 ΠΡΟΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΣΥΝΤΑΞΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ .....	3
I.1.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΜΕΛΕΤΗ.....	4
I.1.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ.....	4
I.1.4 ΜΟΝΤΑΡΙΣΜΑ – ΔΟΚΙΜΕΣ .....	5
I.1.5 ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ .....	5
I.2 ΣΚΟΠΟΣ – ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ .....	5
I.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ .....	7
I.4 ΚΩΔΙΚΑΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ .....	7
I.4.1 Α.Σ.Μ.Ε. – ΣΚΟΠΟΣ ΙΔΡΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΡΜΟΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	7

### Κεφάλαιο II

II ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ.....	11
II.1 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΥΛΙΚΩΝ .....	11
II.1.1 ΕΠΕΝΔΥΣΗ (PLATE) .....	11
II.1.2 ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑ .....	12
II.1.3 ΧΥΤΕΥΣΕΙΣ.....	12
II.1.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ.....	12
II.1.5 ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ .....	12
II.1.6 ΦΛΑΝΤΖΕΣ .....	13
II.1.7 ΚΟΧΛΙΩΣΕΙΣ .....	13
II.2 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ .....	13
II.2.1 ΟΡΙΣΜΟΙ.....	14

II.2.2 ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ .....	14
II.2.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ .....	15
II.2.4 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ .....	15
II.2.4.1 ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ.....	15
II.2.4.2 ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΩΝ.....	16
II.3 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ .....	16
II.3.1 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ .....	18
II.3.2 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΓΙΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΣΕ ΚΕΛΥΦΗ ΚΑΙ ΚΕΦΑΛΕΣ.....	20
II.3.2.1 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΓΙΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΕΣ ΚΕΦΑΛΕΣ.....	20
II.4 ΡΑΔΙΟΓΡΑΦΗΣΕΙΣ .....	20
II.4.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	20
II.4.2 ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ .....	21
II.4.3 ΡΑΔΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	27

### **Κεφάλαιο III**

III ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ .....	31
III.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΟΥ .....	31
III.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ .....	31
III.2.1 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ .....	32
III.2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ.....	34
III.2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΧΟΥΣ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ.....	36
III.2.3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ P .....	37
III.2.3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ S .....	37
III.2.3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ E.....	37
III.2.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΧΟΥΣ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ ΚΕΦΑΛΩΝ .....	38
III.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ .....	39
III.3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ .....	39
III.3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΩΝ – ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ .....	41
III.3.2.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΟΣ.....	43

III.3.2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΕΛΜΑΤΩΝ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΟΣ.....	45
III.3.2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΟΣ .....	46
III.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΟΜΙΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ.....	47
III.4.1 ΣΤΟΜΙΟ 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ”.....	48
III.4.2 ΣΤΟΜΙΟ 3/4 “ ΣΤΗΝ ΚΕΦΑΛΗ.....	53
ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	57
<b><u>Παράρτημα IV</u></b>	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	59
ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	62

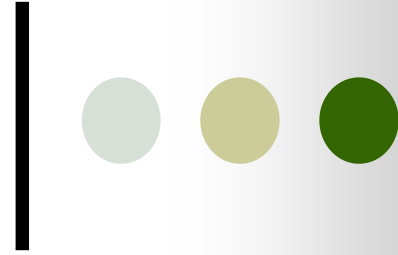
## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το θέμα με το οποίο ασχολείται η εργασία αυτή, είναι η μελέτη για την κατασκευή μιας δεξαμενής υψηλής πίεσης, το οποίο χρησιμοποιείται για την αποθήκευση διαφόρων υγρών υλικών, όπως λάδια, νερό, καύσιμα κ.α. Τέτοια δεξαμενές χρησιμοποιούνται συχνά τόσο από μεγάλες εταιρίες, όσο και από ελαφρές βιομηχανίες για τη φύλαξη μεγάλων ποσοτήτων τέτοιων υλικών. Όπως φαίνεται από τα σχέδια της δεξαμενής, αυτό αποτελείται από έναν κύλινδρο, κατασκευασμένο από φύλλα λαμαρίνας, το είδος της οποίας ποικίλει κατά περίπτωση ανάλογα με το υλικό που θα αποθηκευτεί, η οποία κλείνεται στις κορυφές της με δύο κεφαλές, ειδικά κατασκευασμένες από διαμορφωμένα ελάσματα. Αυτά τις δεξαμενές χαρακτηρίζονται ως ορθού ή οριζοντίου τύπου ανάλογα με την θέση της χαρακτηριστικής διάστασής τους ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Έτσι, όταν ο άξονας της μεγάλης διάστασης είναι κάθετος προς το επίπεδο στήριξης της δεξαμενής κατατάσσεται στην κατηγορία των οριζοντίου τύπου δεξαμενών υψηλής πίεσης.

Στην εργασία αυτή μελετάμε δεξαμενή υψηλής πίεσης οριζοντίου τύπου.

Η δεξαμενή στηρίζεται σε βάση από οπλισμένο σκυρόδεμα επί του εδάφους μέσω στηριγμάτων με συγκεκριμένη απόσταση μεταξύ τους. Στο επάνω μέρος, φέρει ειδικά μηχανολογικά εξαρτήματα, όπως βάνες πλήρωσης, εξαεριστικά, ασφαλιστικές βαλβίδες, ανθρωποθυρίδα κ.α. τα οποία καθορίζονται από τον πελάτη με βάση τις ανάγκες του, και την χρησιμότητα της δεξαμενής. Στο κάτω μέρος, το δεξαμενή φέρει βαλβίδες και βάνες για την εκκένωσή του, σε περίπτωση που αυτή είναι αναγκαία και την πλήση του. Τέλος, το δεξαμενή φέρει δείκτη στάθμης.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι



## **I.1 ΠΟΡΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ**

Είναι απαραίτητο, πριν αρχίσουμε την μελέτη της δεξαμενής, να απαριθμήσουμε τις εργασίες που γίνονται από τη στιγμή που μια εταιρία κατασκευής δεξαμενών υψηλής πίεσης λαμβάνει μια παραγγελία, έτσι όπως αυτές που εμφανίζονται κατά προτεραιότητα.

### **I.1.1 ΠΡΟΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΣΥΝΤΑΞΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ**

Το πρώτο στάδιο, περιλαμβάνει την σύνταξη της οικονομικής προσφοράς από την κατασκευάστρια εταιρία. Για να γίνει εφικτή μια ρεαλιστική εικόνα του κόστους της κατασκευής, απαιτείται κατ' αρχήν να γίνει ένας προσχεδιασμός της δεξαμενής.

Από αυτό το προσχέδιο υπολογίζονται οι απαιτήσεις σε υλικά – κατά κύριο λόγο, λαμαρίνες- που θα απαιτηθούν για την κατασκευή της δεξαμενής, καθώς και η «φύρα», δηλαδή η λαμαρίνα που θα πεταχτεί ως υπολειπόμενο του ρεταλιού.

Από αυτό το σχέδιο, επίσης, προκύπτουν εργασίες όπως συγκόλληση, μοντάρισμα, κ.α. τα οποία ανάγονται σε κόστος κατασκευής.

Στον υπολογισμό του κόστους, επιπλέον, υπολογίζονται τα παρελκόμενα, όπως υλικά συνδέσεως και στερεώσεως, αλλά και τα μηχανολογικά εξαρτήματα όπως βάνες, ανθρωποθυρίδες, βαλβίδες, εξαεριστικά, ως ποσοστό επί τοις εκατό του συνολικού κόστους κατασκευής.

Εκτός των υλικών και της εργασίας, στον υπολογισμό της οικονομικής προσφοράς υπολογίζονται τα έξοδα ελέγχων, φόρων, ασφαλίσεων, εκπόνησης της μελέτης κ.α.

Μετά το πέρας των παραπάνω εργασιών, συντάσσεται η οικονομική προσφορά και αποστέλλεται στον πελάτη.

### **I.1.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΜΕΛΕΤΗ**

Μετά την υπογραφή της σύμβασης με τον πελάτη, ακολουθεί ο σχεδιασμός της δεξαμενής υψηλής πίεσης. Ταυτόχρονα με τα σχέδια γίνονται η μελέτη και οι υπολογισμοί της δεξαμενής. Στη συνέχεια, η μελέτη, και τα σχέδια, αποστέλλονται σε οίκο του εξωτερικού, ο οποίος συνήθως υποδεικνύετε από τον πελάτη, για έλεγχο.



Αφού εγκριθεί η μελέτη, γίνεται δειγματοληπτικός έλεγχος συγκολλήσεων. Συγκεκριμένα διενεργείται έλεγχος έξι (6) δειγμάτων συγκολλήσεων από κάθε συγκολλητή που θα χρησιμοποιηθεί, σε κάμψη, εφελκυσμό, και διάτμηση. Τα δείγματα κατόπιν ελέγχονται ραδιογραφικά σε ποσοστό 100% για τη διαπίστωση τυχόν αστοχιών και πόρων στη ραφή.

### **I.1.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ**

Το τέταρτο στάδιο είναι η κατασκευή. Σε αυτήν την φάση κατασκευάζονται ξεχωριστά το κέλυφος και οι κεφαλές της δεξαμενής καθώς και οι βάσεις και τα υπόλοιπα στοιχεία. Σε όλη τη διάρκεια της κατασκευής γίνονται έλεγχοι με ραδιογράφιση σε ποσοστό που καθορίζεται από ειδικό ελεγκτή του οίκου που εκδόθηκε η έγκριση της μελέτης και ο οποίος είναι παρόν σε κάθε έλεγχο. Ειδικότερα, δίνεται περισσότερο βάρος στην κατασκευή των κεφαλών, όπου ο ελεγκτής είναι παρών σε όλη τη διάρκεια της κατασκευής.

### **I.1.4 ΜΟΝΤΑΡΙΣΜΑ – ΔΟΚΙΜΕΣ**

Αφού τελειώσει η κατασκευή των επιμέρους τμημάτων της δεξαμενής υψηλής πίεσης, ακολουθεί το μοντάρισμα, η συναρμολόγηση δηλαδή των μερών αυτών. Η εργασία αυτή γίνεται επίσης από ειδικευμένους τεχνίτες μονταδόρους. Στη συνέχεια και μετά το πέρας της συναρμολόγησης γίνεται τελικός έλεγχος των συγκολλήσεων με ραδιογραφία σε ποσοστό που πάλι καθορίζει ο ελεγκτής και παρουσία αυτού. Σε περίπτωση που, τόσο σε αυτό το στάδιο όσο και κατά το στάδιο της κατασκευής που παρουσιαστεί αστοχία από διαρροή του υλικού στις περιοχές συγκολλήσεως, τότε, καθ' υπόδειξη του ελεγκτή αφαιρείται το τμήμα που παρουσίασε πρόβλημα και κατασκευάζεται εκ νέου. Ακολουθεί έλεγχος σε συνθήκες πίεσης 1.5 της ονομαστικής, και θερμοκρασίας λειτουργίας. Ο χρόνος ελέγχου ποικίλει και καθορίζεται από τον ελεγκτή. Μπορεί, δε, να κυμανθεί από μερικές ώρες έως και μερικά εικοσιτετράωρα.

Με το επιτυχές πέρας των τελικών ελέγχων, ακολουθεί η τελική έγκριση της κατασκευής από τον ελεγκτή και η παράδοση της δεξαμενής υψηλής πίεσης στον πελάτη.

### **I.1.5 ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ**

Αφού παραδοθεί το δεξαμενή, γίνεται απολογισμός της εργασίας ο οποίος αποσκοπεί στο να προσδιοριστούν τα κέρδη. Έτσι, υπολογίζονται τα κέρδη και το κοστολόγιο της κατασκευής και γίνεται σύγκριση με τα αντίστοιχα ποσά που προϋπολογίστηκαν στο στάδιο του προσχεδιασμού και της οικονομικής προσφοράς.

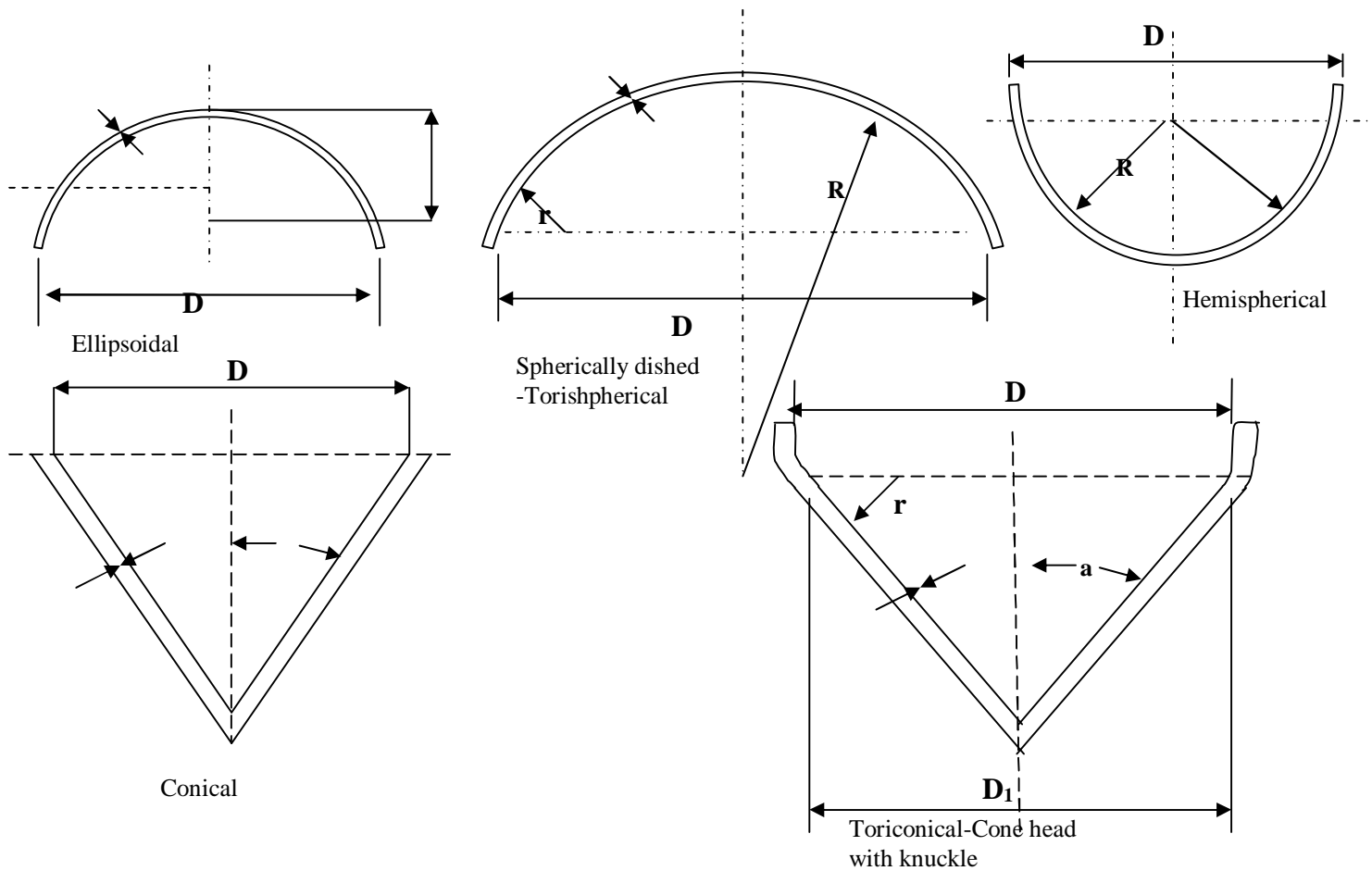
### **I.2 ΣΚΟΠΟΣ – ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ**

Την χρησιμότητα της δεξαμενής την καθορίζει ο πελάτης βάσει των αναγκών του. Αυτός καθορίζει τη χωρητικότητα της δεξαμενής, το υλικό που θα αποθηκευτεί, τα στόμια πλήρωσης και απαγωγής που θα διαθέτει και το είδος αυτών. Βάση των προδιαγραφών που θέτει ο πελάτης, επιλέγουμε το υλικό και διενεργούμε την μελέτη της δεξαμενής.

### **I.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

Στην εργασία θεωρούμε το δεξαμενή το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση ελαίου με εξαιρετικά διαβρωτικές ιδιότητες. Η θερμοκρασία σχεδιασμού είναι  $T=55^{\circ}\text{C}$ , και η ονομαστική πίεση  $P=6.5 \text{ Kp/cm}^2$ . Ο όγκος της δεξαμενής πρέπει να είναι τέτοιος, ώστε αυτό να έχει χωρητικότητα  $V=12.5 \text{ m}^3$ . Βάση αυτού του όγκου υπολογίζονται τα γεωμετρικά στοιχεία της δεξαμενής. Όπως αναφέρθηκε το σχήμα της δεξαμενής είναι κυλινδρικό και κλείνεται στις άκρες του με κεφαλές από ελάσματα τα οποία συνήθως είναι μεγαλύτερου πάχους από το κέλυφος του κυλίνδρου. Για κατασκευές σαν το δεξαμενή που μελετάμε υπάρχουν πέντε τυπικά είδη κεφαλών: το ελλειψοειδές (Ellipsoidal), το σφαιρικό πεπλατυσμένο (spherically dished – Torispherical), το ημισφαιρικό (Hemispherical), το κωνικό (Conical) και το κωνικής κεφαλής με άρθρωση (Cone head with knuckle – Toriconical). Τα πέντε αυτά είδη των κεφαλών φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.

**ΣΧΗΜΑ 1.** Τυπικά είδη κεφαλών δεξαμενών υψηλής πίεσης



Η επιλογή του είδους της κεφαλής που χρησιμοποιείται κατά περίπτωση δεν περιορίζεται από κάποια κριτήρια, αλλά από την επιθυμία του πελάτη. Έτσι, μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα είδη των κεφαλών καθώς επίσης και συνδυασμός αυτών ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις ανάγκες του αγοραστή.

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιείται ο τύπος II Σφαιρικής πεπλατυσμένης κεφαλής (Torishpherical).

<sup>1</sup>Η επιλογή των στομιών έγινε τυχαία. Ωστόσο, τα στοιχεία των στομιών που χρησιμοποιούνται στην εργασία αυτή είναι πραγματικά

Το δεξαμενή θα διαθέτει τα εξής στόμια (βλ. κατασκευαστικό σχέδιο)<sup>1</sup> :

**Θέση A** : Στόμιο 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>"

**Θέση B** : Στόμιο πλήρωσεως δεξαμενής 3"

**Θέση C** : Στόμιο ½"

**Θέση D** : Ανθρωποθυρίδα 20"

**Θέση E** : Στόμιο 4"

**Θέση F** : Στόμιο απαγωγής 12"

**Θέση G** : Στόμιο ½"

**Θέση H** : Σωλήνας δείκτη 3/4"

**Θέση J** : Σωλήνας δείκτη 3/4"

**Θέση K**: Στόμιο εκκένωσης 1"

**Θέση L**: Στόμιο εκκένωσης 1"

#### **I.4 ΚΩΔΙΚΑΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ**

Ο κώδικας που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της δεξαμενής υψηλής πίεσης που εξετάζουμε σε αυτή την μελέτη, είναι ο **ASME BOILER AND PRESSURE VESSELS CODE section VII** της ASME (AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS).

##### **I.4.1 A.S.M.E. – ΣΚΟΠΟΣ ΙΔΡΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΡΜΟΔΙΟΤΗΤΕΣ**

Ο ASME δημιούργησε το 1911 μια επιτροπή με σκοπό την τυποποίηση προτύπων κανόνων για την κατασκευή λεβήτων ατμού και άλλων δεξαμενών υψηλής πίεσης. Αυτή η επιτροπή καλείται τώρα Επιτροπή Λεβήτων και Δεξαμενών Υψηλής Πίεσης.

Σκοπός της επιτροπής είναι η εδραίωση κανόνων για την ασφαλή διεκπεραίωση του σχεδιασμού, συγκρότησης και επιθεώρησης κατά τη διάρκεια της κατασκευής λεβήτων και δεξαμενών υψηλής πίεσης και η επεξήγηση των κανόνων αυτών, οπότε δημιουργούνται ερωτήματα σχετικά με την σκοπιμότητά τους.

Αντικειμενικός σκοπός των κανόνων είναι η παροχή διαβεβαιώσεων, εντός λογικών πλαισίων, της προστασίας της ζωής και της ιδιοκτησίας και ο καθορισμός ενός ορίου στην φθορά για επισκευή ώστε να επιτευχθεί μια λογικά μακρά περίοδος ασφαλούς χρησιμότητας.

Η πρόοδος στον σχεδιασμό και την τεχνολογία των υλικών καθώς και η εμπειρία έχουν αναγνωριστεί και ληφθεί υπ' όψη στη μελέτη των κανόνων αυτών.

Η Επιτροπή Λεβήτων και Δεξαμενών Υψηλής Πίεσης ασχολείται με την φροντίδα και επιθεώρηση των λεβήτων και δεξαμενών υψηλής πίεσης για να εξυπηρετήσει απλά και μόνο την επέκταση των προτεινόμενων κανόνων καλής πρακτικής σαν βοήθημα στους ιδιοκτήτες και τους επιθεωρητές τους.

Οι κανόνες που δημιουργήθηκαν από την Επιτροπή δεν πρέπει να μεταφραστούν ως επιδοκιμαστικοί, συστατικοί, ή ως οριοθέτες της ελευθερίας του κατασκευαστή στην επιλογή οποιασδήποτε μεθόδου σχεδιασμού ή φόρμας κατασκευής η οποία συμμορφώνεται με τους κανόνες του κώδικα.

Η επιτροπή Λεβήτων και Δεξαμενών Υψηλής Πίεσης συναντάται συχνά με σκοπό τη μελέτη αιτήσεων μετάφρασης και αναθεώρησης των κανόνων, και την ανάπτυξη νέων κανόνων όπως αυτοί επιβάλλονται από την τεχνολογική ανάπτυξη.

Προτεινόμενες αναθεωρήσεις του κώδικα οι οποίες έγιναν αποδεκτές από την Επιτροπή υποβάλλονται στο Εθνικό Αμερικάνικο Ινστιτούτο Προτύπων (American National Standards Institute, ANSI), και δημοσιεύονται στο Mechanical Engineering με σκοπό την πρόσκληση σχολίων από κάθε ενδιαφερόμενο πρόσωπο. Με το πέρας του προκαθορισμένου χρόνου για δημοσίευση και τελική έγκριση από το Συμβούλιο του ASME, οι αναθεωρήσεις δημοσιεύονται δυο φορές ετησίως στο Addenda (Προσθήκες).

Οι κώδικες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κατασκευές που υπόκεινται στον κώδικα ASME από την ημέρα που εγκρίνονται από την επιτροπή του ASME.

Οι αναθεωρήσεις του κώδικα οι οποίες εγκρίθηκαν από την Επιτροπή μπορούν και χρησιμοποιηθούν από την ημέρα που αναγράφεται στο τεύχος των Προσθηκών. Οι αναθεωρήσεις γίνονται επιτακτικές ως ελάχιστες απαιτήσεις, έξι μήνες μετά την προαναφερθίσα ημερομηνία, εξαιρέτων των Λεβήτων και Δεξαμενών Υψηλής Πίεσης που παραγγέλθησαν προγενέστερα του τέλους της εξαμήνου αυτής προθεσμίας.

Οι κατασκευαστές και οι ιδιοκτήτες λαμβάνουν προειδοποίηση κατά της χρησιμοποίησης αναθεωρήσεων και κανόνων που είναι λιγότερο περιοριστικές από

ότι οι προηγούμενες απαιτήσεις, χωρίς να είναι βέβαιοι ότι έχουν γίνει αποδεκτοί από τις αρμόδιες αρχές στην οποία την δικαιοδοσία βρίσκεται η περιοχή όπου θα τοποθετηθεί η κατασκευή.

Η επιτροπή Λεβήτων και Δεξαμενών υψηλής πίεσης, στην διατύπωση των κανόνων και στην προσπάθεια επίτευξης μέγιστων ονομαστικών όσο και πιέσεων λειτουργίας, λαμβάνει υπ' όψιν υλικά, κατασκευή, μεθόδους συγκρότησης, επιθεωρήσεις, και ασφαλιστικές συσκευές. Άδεια χρησιμοποίησης του όλου κώδικα ως εργαλείο αναφοράς, μπορεί να δοθεί σε ρυθμιστικούς οργανισμούς που δημοσιεύουν πρότυπα ασφαλείας.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ II



## **II.1 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΥΛΙΚΩΝ**

### **II.1.1 ΕΠΕΝΔΥΣΗ (PLATE)**

α. Οι επενδύσεις θα πρέπει να συμμορφώνονται σύμφωνα με την τελευταία έκδοση του ASME, (American Society for Testing and Materials), A7, A283 για βαθμό C, A36, A283 για βαθμό D ή CSA- G40.8 για βαθμούς A και B, εκτός εκείνων που το πάχος υπερβαίνει τα 3/4" και πρέπει να ακολουθούν τις προδιαγραφές A283 για βαθμό C A36 ή CSA- G40.8 για βαθμούς A και B. Χάλυβες με προσμίξεις χαλκού μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο αν αυτό διευκρινίζεται στην παραγγελία του αγοραστή. Σαν εναλλακτικές λύσεις, επενδύσεις που ακολουθούν τον A.S.T.M. A131 για βαθμό B και A373, είναι αποδεκτοί ανεξάρτητα του πάχους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν αν ο αγοραστής θεωρεί ότι η ποικιλία χρήσεως της δεξαμενής απαιτεί την χρήση τέτοιων υψηλής ποιότητας υλικών. Ο κατασκευαστής θα αναφέρει στην προσφορά του τις προδιαγραφές της επένδυσης που σκοπεύει να χρησιμοποιήσει.

β. Οι προδιαγραφές των επενδύσεων με βάση το πάχος αυτών απαιτείται σε όλες τις επενδύσεις, το πάχος των οποίων καθορίζεται από σχεδιαστικούς υπολογισμούς. Για επενδύσεις των οποίων το ελάχιστο πάχος έχει υπολογιστεί, μπορούν να αγοραστούν με βάση το βάρος, δεδομένου ότι θα παραγγελθούν μεγαλύτερα βάρη από τα καθορισμένα βάση των υπολογισμών ώστε να εγγυάται ότι τελικά οι πιθανές απώλειες στο πάχος του κελύφους δε θα υπερβαίνει τις 0.01".

Επενδύσεις των οποίων το πάχος έχει καθοριστεί για πρακτικούς λόγους και είναι μεγαλύτερο από τις αντίστοιχες θεωρητικές τιμές είτε δεν είναι λεπτότερες πάνω από 0.01" των θεωρητικών μπορούν, επίσης, να αγοραστούν βάσει του βάρους των.

Τα πάχη και τα βάρη των κελυφών που αναγράφονται στις προδιαγραφές είναι τα ελάχιστα δυνατά. Παχύτερο ή βαρύτερο υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθ' υπόδειξη του αγοραστή.

### **II.1.2 ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑ**

Τα ηλεκτρόδια για χειροκίνητη συγκόλληση τόξου θα πρέπει να ακολουθούν τις σειρές E60 και E70 της Διαβάθμισης (κατάλληλες για τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά, την θέση της συγκόλλησης, και άλλες συνθήκες της σκοπούμενης



χρήσης) στην τελευταία έκδοση A.S.T.M. A 233 : Ηλεκτρόδια για συγκόλληση τόξου μαλακού χάλυβα.

### **II.1.3 ΧΥΤΕΥΣΕΙΣ**

Οι χυτεύσεις θα πρέπει να συμμορφώνονται με την τελευταία έκδοση του A.S.T.M. A 27, βαθμοί 60- 30.

### **II.1.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ**

Οι κατασκευαστικές διαμορφώσεις θα πρέπει να ακολουθούν την τελευταία έκδοση του A.S.T.M. A7, A36, η A373. Χάλυβας με πρόσμιξη χαλκού μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατ' απαίτηση του αγοραστή.

### **II.1.5 ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ**

Εκτός αν καθορίζονται διαφορετικά, οι σωληνώσεις και οι ενώσεις των σωλήνων θα πρέπει να ακολουθούν την τελευταία έκδοση του A.P.I. Standard 5L ή του A.S.T.M. A 53. Κατόπιν συμφωνίας μεταξύ αγοραστή και κατασκευαστή οι συνδέσεις για ενώσεις με σπείρωμα μπορούν να εφοδιαστούν συνεχόμενες. Σε αυτή την περίπτωση, οι συνδέσεις σε όλες τις άλλες περιπτώσεις θα πρέπει να συμμορφώνονται στον A.P.I. Standard 5L. Σωληνώσεις που χρησιμοποιούνται για κατασκευαστικούς σκοπούς θα πρέπει να ακολουθούν τον A.P.I. Standard 5L ή τον A.P.I. Standard 5LX, με ειδική μέριμνα στις φυσικές ιδιότητες του υλικού.

### **II.1.6 ΦΛΑΝΤΖΕΣ**

Φλάντζες με συγκόλληση στον αφαλό ή στο λαιμό θα πρέπει να συμμορφώνονται με απαιτήσεις του υλικού για σφυρηλατημένες χαλύβδινες με κράμα άνθρακα φλάντζες όπως περιγράφεται στον A.S.A. B16.5. Φλάντζες δακτυλίδια για επένδυση θα πρέπει να συμμορφώνονται στις προδιαγραφές υλικού που περιγράφονται στην παράγραφο για την επένδυση, σύμφωνα με το πάχος αυτής ή σύμφωνα με τον A.S.T.M. A 201 βαθμού A για όλα τα πάχη.

## II.1.7 ΚΟΧΛΙΩΣΕΙΣ

Η χρήση κοχλιών και μπουλονιών θα πρέπει να ακολουθούν την τελευταία έκδοση του A.S.T.M. A 307. Οι αγοραστές θα πρέπει να διευκρινίζουν στην παραγγελία τους το επιθυμητό σχήμα των κεφαλών των βιδών και των παξιμαδιών και που επιθυμούνται κανονικά ή μεγάλα μεγέθη.

## II.2 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

### II.2.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

Οι παρακάτω ορισμοί πρέπει να εφαρμόζονται στον σχεδιασμό των συνδέσεων των δεξαμενών υψηλής πίεσης.

**α. Διπλής συγκόλλησης συνδέσεις άκρων:** Η σύνδεση μεταξύ δύο ακραίων τμημάτων κυλιέται στο ίδιο επίπεδο και συγκολλείται και από τις δύο πλευρές.

**β. Μονής συγκόλλησης συνδέσεις άκρων με υποστήριξη:** Η σύνδεση μεταξύ δύο ακραίων τμημάτων που κυλιέται στο αυτό επίπεδο και είναι συγκολλημένη από την μια μόνο πλευρά με την χρήση μπάρας, ταινίας ή άλλου εφαρμόσιμου υλικού υποστήριξης.

**γ. Διπλής συγκόλλησης επικαλυπτόμενες συνδέσεις:** Η σύνδεση μεταξύ δύο υπερκαλυπτόμενων τμημάτων στην οποία οι υπερκαλυπτόμενες πλευρές και των δύο μερών είναι συγκολλημένες με κορδόνι συγκόλλησης.

**δ. Μονής συγκόλλησης επικαλυπτόμενες συνδέσεις:** Η σύνδεση μεταξύ δύο υπερκαλυπτόμενων τμημάτων στην οποία η υπερκαλυπτόμενη πλευρά του ενός μέρους μόνο είναι συγκολλημένη με κορδόνι συγκόλλησης.

**ε. Συγκόλληση άκρων:** Μια κόλληση τοποθετούμενη σε αυλάκι μεταξύ των δύο συγκολλούμενων μελών. Το αυλάκι μπορεί να είναι τετράγωνο, διπλό ή μονό V, διπλό ή μονό U.

**ζ. Συγκόλληση fillet:** Μια συγκόλληση τριγωνικής μορφής που ενώνει δυο επιφάνειες με γωνία μεταξύ τους σε υπερκαλυπτόμενη ένωση ή γωνιακή σύνδεση.

**η. Συγκόλληση full fillet:** Είναι η fillet συγκόλληση της οποίας το μέγεθος είναι ίσο με το πάχος του λεπτότερου των συγκολλούμενων μελών.

**θ. Ποντάρισμα:** Είναι η συγκόλληση σε σημεία που γίνεται για να κρατηθούν τα συγκολλούμενα μέρη στην σωστή θέση έως ότου γίνει η τελική συγκόλληση.

## **II.2.2 ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ**

Το μέγεθος της συγκόλλησης θα πρέπει να βασίζεται στις ακόλουθες διαστάσεις:

**α. Συγκόλληση με αυλάκι:** Το μέγεθος πρέπει να είναι όσο η διείδυση της ένωσης.

**β. Συγκόλληση fillet:** Για ισοσκελείς συγκολλήσεις, το μήκος του σκέλους του μεγαλύτερου ισοσκελούς ορθογωνίου τριγώνου το οποίο μπορεί να εγγραφεί στην τομή της συγκόλλησης. Για μη ισοσκελείς συγκολλήσεις, τα μήκη των σκελών του μεγαλύτερου ορθογωνίου τριγώνου που μπορεί να εγγραφεί στην τομή της συγκόλλησης.

## **II.2.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ**

Οι ακόλουθοι περιορισμοί σχετικά με το μέγεθος και τον τύπο των συνδέσεων ή των συγκολλήσεων πρέπει να εφαρμόζονται:

**α.** Η συγκόλληση τύπου ποντάρισμα δεν πρέπει να θεωρείται ως φέρουσα ικανότητα δύναμης στην τελική δομή.

**β.** Το ελάχιστο μέγεθος σε συγκολλήσεις fillet πρέπει να είναι ως ακολούθως: επενδύσεις 3/16 ίντσες πάχος, συγκολλήσεις τύπου full fillet. Για επενδύσεις πάχους άνω των 3/16 ίντσες, η συγκόλληση πρέπει να είναι όχι λιγότερο από το ένα τρίτο του πάχους της λεπτότερης επένδυσης στη σύνδεση με ελάχιστη τιμή την 3/16 ίντσες.

**γ.** Μονής συγκόλλησης επικαλυπτόμενες συνδέσεις είναι επιτρεπτές μόνο σε κελύφη οροφής ή πάτους.

**δ.** Συγκολλημένες συνδέσεις με επικαλυπτόμενα σκέλη καθώς και τα πονταρίσματα θα πρέπει να επικαλύπτονται όχι λιγότερο από πέντε φορές το πάχος του λεπτότερου τμήματος που συγκολλάται. Σε περίπτωση διπλής επικαλυπτόμενης συγκόλλησης η επικάλυψη δε χρειάζεται να υπερβαίνει τις δύο (2) ίντσες και στην περίπτωση μονής επικαλυπτόμενης συγκόλλησης δεν χρειάζεται να υπερβαίνει τη μία (1) ίντσα.

## **Π.2.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΩΝ**

### **Π.2.4.1 ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ**

- Ο κατασκευαστής πρέπει να διεξάγει ελέγχους των μεθόδων του ώστε να αποδεικνύει την καταλληλότητά τους στην κατασκευή συγκολλήσεων σύμφωνα με τις καθορισμένες απαιτήσεις.
- Οι προδιαγραφές για κάθε διαδικασία συγκόλλησης θα κρίνονται ικανές σε συμφωνία με τα τελευταία πρακτικά που δίνονται στους εφαρμόσιμους κανονισμούς στα Πιστοποιητικά Συγκολλήσεων, τμήμα ΙΧ του κώδικα ASME για Λέβητες και Δεξαμενές Υψηλής Πίεσης, εκτός από τις περιπτώσεις οριζοντίων συνδέσεων που αναφέρονται αμέσως μετά.
- Η διαδικασία συγκόλλησης των οριζοντίων συνδέσεων των κελυφών των δεξαμενών υψηλής πίεσης, που δεν απαιτούν πλήρη διείδυση, θα ελέγχεται και εγκρίνεται μόνο βάση του ελέγχου τάσης μειωμένων τμημάτων. Ο έλεγχος δεν θα πρέπει να δίνει αποτελέσματα μικρότερα του 63% της ελάχιστης εφελκυστικής αντοχής που απαιτεί το αρχικό υλικό.

### **Π.2.4.2 ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΩΝ**

- Ο κατασκευαστής πρέπει να διενεργήσει έλεγχο σε όλους τους συγκολλητές που θα ασχοληθούν με χειροκίνητη συγκόλληση και σε όλους τους χειριστές που θα ασχοληθούν με αυτόματη ή ημιαυτόματη συγκόλληση με σκοπό την απόδειξη της ικανότητάς τους. Οι έλεγχοι που γίνονται από έναν κατασκευαστή δεν καθιστούν ικανό τον συγκολλητή για εργασία σε άλλον κατασκευαστή, αλλά πρέπει κάθε κατασκευαστής να υποβάλλει τους συγκολλητές σε νέους ελέγχους.
- Οι έλεγχοι θα πρέπει να ακολουθούν τα περιγραφόμενα στο τμήμα ΙΧ του κώδικα ASME.
- Τα αρχεία για τέτοιους ελέγχους θα πρέπει να ακολουθούν την παρακάτω δομή:
  1. Κάθε συγκολλητής ή χειριστής θα χαρακτηρίζεται από έναν αριθμό ή γράμμα ή σύμβολο από τον κατασκευαστή. Αυτό το χαρακτηριστικό θα πρέπει να

σφραγίζεται σε όλα τα δεξαμενές, παρακείμενα ή στο μεσοδιάστημα συγκολλήσεων όχι μεγαλύτερου μήκους από 3 πόδια. Με αυτό τον τρόπο θα είναι δυνατή η επιθεώρηση από τον ελεγκτή.

2. Ο κατασκευαστής θα διατηρεί ένα αρχείο των συγκολλητών που εργάζονται σε αυτόν, που θα εμπεριέχει την ημερομηνία και τα αποτελέσματα των ελέγχων και το χαρακτηριστικό σημείο του καθενός. Αυτά τα αρχεία θα πρέπει να επιβεβαιώνονται από τον κατασκευαστή και να είναι διαθέσιμα στον ελεγκτή.

## **II.3 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ**<sup>2</sup>

### **II.3.1 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ**

#### **1. Σχήμα του ανοίγματος**<sup>3</sup>

α. Τα ανοίγματα σε κυλινδρικά ή κωνικά τμήματα της δεξαμενής, ή σε διαμορφωμένες κεφαλές προτιμάτε να είναι κυκλικά, ελλειπτικά, ή obround<sup>4</sup>. Όταν η μεγάλη διάσταση από ένα ελλειπτικό ή obround άνοιγμα ξεπερνά το διπλάσιο της μικρής διάστασης, η ενίσχυση κατά μήκος της μικρής διάστασης θα πρέπει να αυξηθεί όσο απαιτείται για να αντιμετωπιστεί υπερβολική στρέβλωση εξαιτίας της ροπής συστροφής.

β. Τα ανοίγματα μπορεί να είναι άλλης μορφής από αυτές που περιγράφονται παραπάνω και όλες οι γωνίες θα πρέπει να προβλέπονται με ασφαλή ακτίνα καμπυλότητας. Όταν τα ανοίγματα είναι τέτοιων αναλογιών που δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός με ακρίβεια ή όταν υπάρχει αμφιβολία σχετικά με την ασφάλεια της δεξαμενής με αυτά τα ανοίγματα, το τμήμα της δεξαμενής που επηρεάζει θα πρέπει να υποβληθεί σε υδροστατικό έλεγχο.

<sup>2</sup>Οι κανονισμοί που διέπουν τα ανοίγματα βασίζονται στην αύξηση των τάσεων που δημιουργείται από μια τρύπα στο ειδήλλως συμμετρικό τμήμα. Βασίζονται στην εμπειρία από δοχεία που σχεδιάστηκαν με συντελεστές ασφάλειας της τάξης του 4 και 5.

<sup>3</sup>Το άνοιγμα που γίνεται από ένα κυκλικό στόμιο ή μια σωλήνα, ο άξονας των οποίων δεν είναι κάθετος στο κέλυφος του δοχείου ή την κεφαλή του, μπορεί να θεωρηθεί ως ελλειπτικό άνοιγμα για σχεδιαστικούς λόγους.

<sup>4</sup>Είναι το άνοιγμα που διαμορφώνεται από δύο παράλληλες γραμμές με ημικυκλικά τελειώματα.

## 2. Μέγεθος των ανοιγμάτων

α. Τα κανονικά ενισχυμένα ανοίγματα σε κυλινδρικά κελύφη δεν περιορίζονται ως προς το μέγεθος εκτός των παρακάτω προβλεπόμενων για τον σχεδιασμό. Για δεξαμενές με διάμετρο έως 60 in, το άνοιγμα θα μπορεί να είναι έως το 1/2 της διαμέτρου αλλά σε καμία περίπτωση να μην ξεπερνά τις 20 in. Σε δεξαμενές διαμέτρου άνω των 60 in, το 1/2 της διαμέτρου αλλά όχι πάνω από 40 in.

β. Κανονικά ενισχυμένα ανοίγματα σε διαμορφωμένες κεφαλές και σφαιρικά δεξαμενές δεν απαιτούν περιορισμούς ως προς το μέγεθος αλλά όταν ένα άνοιγμα που βρίσκεται κοντά στο ακρινό σημείο ενός κυλίνδρου είναι μεγαλύτερο από το 1/2 της εσωτερικής διαμέτρου της δεξαμενής, συνίσταται το κλείσιμο να κατασκευαστεί από μια ανεστραμμένη καμπύλη και με διαπλατυσμένη ακτίνα στο μικρό άκρο.

## 3. Αντοχή και σχεδιασμός των τελειωμένων ανοιγμάτων

α. Όλες οι αναφορές σε διαστάσεις αναφέρονται σε τελειωμένες κατασκευές κατόπιν

των τυχόν απομειώσεων λόγω υλικού που προστίθεται ως υλικό διάβρωσης. Για σχεδιαστικούς σκοπούς, όποιο μέταλλο δεν προστίθεται ως υλικό διάβρωσης μπορεί να χαρακτηριστεί ως ενίσχυση.

β. Όλα τα ανοίγματα θα πρέπει να ενισχυθούν ώστε να ικανοποιούν τις απαιτήσεις που αναγράφονται στο κεφάλαιο IV.32 εκτός αυτών που αναφέρονται αμέσως παρακάτω.

γ. Μονά ανοίγματα σε δεξαμενές τα οποία δεν υπόκεινται σε απότομες διακυμάνσεις πίεσης δεν απαιτούν ενίσχυση πέρα αυτής που προκύπτει στην κατασκευή κάτω από τις επόμενες συνθήκες: i) Συγκολλημένες συνδέσεις σύμφωνα με τους κανόνες εφαρμογής και όχι μεγαλύτερες από 3in σωλήνα σε κελύφη ή κεφαλές πάχους 3/8in ή λιγότερο και 2in σωλήνα σε κελύφη ή κεφαλές πάχους 3/8in. ii) Βιδωτές, καρφωτές ή διαστελλόμενες συγκολλήσεις στις οποίες η τρύπα δεν ξεπερνά τις 2in.

## 4. Ανοίγματα διαμέσου συγκολλημένων ενώσεων

α. Όλα τα ανοίγματα που πληρούν τις προδιαγραφές ενίσχυσης που αναγράφονται στο επόμενο κεφάλαιο (IV.3.2) μπορούν να εντοπίζονται σε συγκολλημένη σύνδεση.

**β.** Ανοίγματα τα οποία πληρούν τις προδιαγραφές ενίσχυσης και βρίσκονται μέσα στα αναφερόμενα όρια (IV.3.2 , 3-γ) μπορούν να τοποθετηθούν στην συγκόλληση κεφαλής – κελύφους καθώς και άλλες περιφερειακές ραφές, με την προϋπόθεση ότι η συγκόλληση πληρεί τις ραδιογραφικές απαιτήσεις για μήκος ίσο με το τριπλάσιο του ανοίγματος με το κέντρο της τρύπας στο μέσον της απόστασης. Αστοχίες της συγκόλλησης που αποκόπηκαν κατά το άνοιγμα της οπής δεν θα ληφθούν υπόψιν στον έλεγχο της αρτιότητας της δεξαμενής.

**γ.** Όταν δύο ή περισσότερα ανοίγματα που δεν απαιτούν ενίσχυση σύμφωνα με τους υπολογισμούς βρίσκονται στην ίδια ευθεία πάνω σε μια συγκόλληση οι απαιτήσεις για συντελεστή συναρμογής αυξάνονται ή θα πρέπει το άνοιγμα να ενισχυθεί.

**δ.** Ανοίγματα σε στερεό κέλυφος τα οποία δεν απαιτούν ενίσχυση σύμφωνα με τα γραφόμενα (IV.3.2 , 3-γ). δεν θα πρέπει να τοποθετούνται σε μικρότερη απόσταση, από την άκρη μιας συγκόλλησης, από  $1/2in$  για κελύφη πάχους  $1/2in$  ή λιγότερο εκτός αν η συγκόλληση ικανοποιεί τις απαιτήσεις που αναγράφονται στην παράγραφο (β).

### **II.3.2 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΓΙΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΣΕ ΚΕΛΥΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΜΕΝΕΣ ΚΕΦΑΛΕΣ**

**1. Γενικά** Οι κανόνες σε αυτή την παράγραφο εφαρμόζονται σε όλα τα ανοίγματα εκτός:

**α.** μικρά ανοίγματα που καλύπτονται από τα αναφερόμενα το τμήμα IV.3.2 , 3-γ.

**β.** ανοίγματα σε επίπεδες κεφαλές που καλύπτονται από το επόμενο τμήμα IV.3.2.1

**γ.** μεγάλα ανοίγματα στις κεφαλές που καλύπτονται από τα αναφερόμενα στο τμήμα

IV.3.2, 2-β.

Η ενίσχυση θα πρέπει να έχει τέτοιες διαστάσεις και σχήμα ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις της περιοχής που τοποθετείται. Για κυκλικά ανοίγματα σε κυλινδρικά δεξαμενές, το επίπεδο που περιέχει τον άξονα του κελύφους είναι το επίπεδο του μέγιστου φορτίου λόγω της πίεσης. Σε κάθε πλευρά της κεντρικής γραμμής ενός μονού ανοίγματος θα πρέπει να υπάρχει όχι λιγότερο από το μισό της απαιτούμενης ενίσχυσης.

**2. Σχεδιασμός για εσωτερική πίεση.** Η συνολική επιφάνεια της διατομής της ενίσχυσης  $A$ , που απαιτείται σε οποιοδήποτε επίπεδο μιας δεξαμενής κάτω από εσωτερική πίεση θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το αποτέλεσμα της σχέσης:

$$A = d \cdot t_r \cdot F$$

Όπου:

$d$ , είναι η διάμετρος στο δοσμένο επίπεδο του περατωμένου ανοίγματος, σε in

$F$ , είναι ένας διορθωτικός συντελεστής για τις εναλλαγές των τάσεων λόγω πίεσης σε διάφορα επίπεδα σε σχέση με τον άξονα της δεξαμενής. Στο τεύχος υπολογισμών δίνεται η τιμή αυτού του συντελεστή.

$t_r$ , είναι το απαιτούμενο πάχος του χωρίς ραφή κελύφους ή κεφαλής, το οποίο υπολογίζεται από τους τύπους που δίνονται στο Τεύχος Υπολογισμών, εκτός των παρακάτω περιπτώσεων<sup>5</sup>:

- Όταν το άνοιγμα και η ενίσχυσή του βρίσκονται εντελώς μέσα στο σφαιρικό τμήμα μιας σφαιρικής πεπλατυσμένης κεφαλής.
- Όταν το άνοιγμα βρίσκεται σε κώνο
- Όταν το άνοιγμα και η ενίσχυσή του βρίσκονται σε ελλειψοειδή κεφαλή και εντοπίζονται εντελώς μέσα στον κύκλο, το κέντρο του οποίου συμπίπτει με το κέντρο της κεφαλής, και η διάμετρός του είναι ίση με το 80% της διαμέτρου του κελύφους.

<sup>5</sup> Στις περιπτώσεις αυτές το πάχος του ελάσματος των κελύφων και των κεφαλών υπολογίζεται διαφορετικά. Οι τύποι υπολογισμού δεν αποτελούν αντικείμενο της εργασίας και δεν αναφέρονται.



### **II.3.2.1 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΓΙΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΕΣ ΚΕΦΑΛΕΣ**

**1. Γενικά.** Οι κανόνες αυτής της παραγράφου εφαρμόζονται σε όλες τις περιπτώσεις εκτός των πολύ μικρών ανοιγμάτων που περιγράφονται από το τμήμα IV.3.2 , 3-γ

**2.** Σε επίπεδες κεφαλές που φέρουν άνοιγμα του οποίου η διάμετρος δεν ξεπερνά το ήμισυ της διαμέτρου της κεφαλής ή του πλησιέστερου ανοίγματος, η συνολική επιφάνεια διατομής της ενίσχυσης θα είναι μεγαλύτερη από την υπολογισθείσα από τη σχέση:

$$A = 0.5 \cdot d \cdot t$$

**3.** Επίπεδες κεφαλές που φέρουν άνοιγμα με διάμετρο μεγαλύτερη της αναφερόμενης στην περίπτωση (2) θα υπολογίζονται ως Φλάντζες σύμφωνα με τους Κανονισμούς για Βιδωτές Φλαντζωτές Ενώσεις.

**4.** Ως εναλλακτική λύση στην περίπτωση (2) μπορεί να αυξηθεί το πάχος της κεφαλής ώστε να δράσει ως ενίσχυση.

## **II.4 ΡΑΔΙΟΓΡΑΦΗΣΕΙΣ**

### **II.4.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Όπως προαναφέραμε οι συγκολλήσεις υπόκεινται σε ραδιογραφικό έλεγχο σε ποσοστό που υποδεικνύει ο ελεγκτής. Συνήθως για τέτοιες κατασκευές ο ραδιογραφικός έλεγχος δεν πέφτει κάτω από το 75%, και στην πλειονότητα των περιπτώσεων γίνεται ραδιογράφιση σε ποσοστό 100%.

Η ραδιογράφιση είναι μέθοδος ελέγχου χωρίς καταστροφή (non destructive testing). Αποτελεί μια κατηγορία από τις 26 συνολικά μη καταστροφικές μεθόδους ελέγχου, δηλαδή μέθοδος που δεν απαιτεί καταστροφή του δείγματος. Το αντικείμενο των ελέγχων με αυτές τις μεθόδους, αποτελεί πολύ ενδιαφέρον κεφάλαιο και γι' αυτό κρίθηκε σωστό να απαριθμηθούν και να αναλυθούν έστω και επιγραμματικά οι μέθοδοι αυτές. Στο κεφάλαιο που ακολουθεί αναλύονται τα πεδία δράσης κάθε μίας από τις μεθόδους αυτές, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους.

## II.4.2 ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΜΕΤΑ ή ΑΝΙΧΝΕΥΕΙ	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑ ΤΑ	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜ ΟΙ
<b>Ακουστική εκπομπή</b>	Έναρξη ρήξης και ρυθμός ανάπτυξης του ρήγματος. Εσωτερική ρήξη σε συγκόλληση κατά τη διάρκεια της τήξεως. Σημεία μεγάλης έντασης (συγκέντρωση τάσεων) ή κουφώματα. Τριβή ή φθορά. Πλαστικές παραμορφώσεις. Μετασχηματισμός φάσεων.	Δεξαμενές υψηλής πίεσης. Κατασκευές υποκείμενες σε θλίψη. Τουρμπίνες και κιβώτια ταχυτήτων. Έρευνα μηχανικών ρήξεων. Συγκολλήσεις	Κινητή και συνεχόμενη επιτήρηση. Μόνιμα αρχεία. Δυναμική παρά στατική ανίχνευση των ρήξεων. Φορητό. Τεχνικές τριγωνομέτρησης για τον εντοπισμό των αστοχιών.	Ο ενεργός μετατροπέας πρέπει να τοποθετείται πάνω σε μέρος της επιφάνειας. Υλικά πολύ όλκιμα παράγουν μικρό εύρος εκπομπής. Το τμήμα πρέπει να είναι υπό τάση ή σε λειτουργία. Ο παραγόμενος θόρυβος από το σύστημα απαιτεί φίλτρα ήχου.
<b>Ακουστική πρόσκρουση</b>	Ασυνεχείς περιοχές ή αστοχία συγκόλλησης σε μεταλλικά ή μη μεταλλικά συνθετικά ή ελάσματα. Σπασίματα κάτω από βιδωμένες ή ταχυσυνδεδεμένες κεφαλές. Σπασίματα σε άξονες ή στα πτερύγια των τουρμπινών. Χαλαροί ήλοι ή ταχυσύνδεσμοι κεφαλών. Σπασμένος πυρήνα	Συγκολλημένες ή αυτοκόλλητες κατασκευές. Βιδωμένες ή πρισινομένες συναρμογές. Πτερύγια και άξονες τουρμπινών. Σύνθετες κατασκευές.	Φορητό. Εύκολο στη χρήση. Αυτοματοποιημένο. Μόνιμο αρχείο. Απαιτείται ένας μόνο χειριστής.	Η μάζα και η γεωμετρία του κομματιού υπό έλεγχο επηρεάζει τα αποτελέσματα. Η συσκευή πρέπει να τοποθετηθεί έτσι που να ταιριάζει με τη γεωμετρία του τμήματος. Απαιτείται αναφορά σε standards.
<b>Μέθοδος ρεύματος EDDY</b>	Επιφανειακά και κάτω της επιφάνειας σπασίματα και αρμοί. Περιεκτικότητα κραμάτων. Μεταβολές κατά την εναλλαγή θερμοκρασιών. Πάχη τοιχωμάτων, πάχη επένδυσης. Βάθος σπασίματος. Συντελεστής αγωγιμότητας. Διαπερατότητα.	Σωληνώσεις. Καλώδια. Αδύνατα σημεία σε όλα τα είδη επιφανειών. Έλεγχος πυροσωληνώσεων v. Ανιχνευτές μετάλλων. Ταξινομητές μετάλλων.	Δεν απαιτείται ειδικευμένο προσωπικό. Υψηλή ταχύτητα. Χαμηλό κόστος. Δυνατότητα αυτοματοποίησης για συμμετρικά μέρη. Δυνατότητα μόνιμων αρχείων για συμμετρικά κομμάτια. Δεν απαιτούνται δύο χειριστές ή άμεση επαφή της συσκευής με το δείγμα.	Αγώγιμα υλικά. Αβαθής διείσδυση. Λανθασμένα δεδομένα μπορεί να δοθούν εξαιτίας της γεωμετρίας. Απαιτείται αναφορά σε standards. Μεταβολές διαπερατότητας
<b>Ηχητικά κύματα EDDY</b>	Ασυνεχείς περιοχές στο μεταλλικό πυρήνα ή κατασκευές με μαλακό πυρήνα και εξωτερική επένδυση μετάλλου. Αστοχίες σε συγκολλήσεις ελασμάτων. Θρυμματισμένος πυρήνας.	Αγώγιμα ελάσματα τέτοια όπως τα βοριούχα ή γραφιτούχα συνθετικά. Συγκολλημένα μεταλλικά πάνελ.	Φορητό. Απλό στη χρήση. Απαιτείται ένας μόνο χειριστής. Εντοπίζει μακρινές ασυγκόλλητες περιοχές. Απαιτείται η πρόσβαση μόνο στη μία επιφάνεια. Υπάρχει η δυνατότητα αυτοματοποίησης.	Το δείγμα ή το κομμάτι πρέπει να περιέχουν αγώγιμα υλικά ώστε να δημιουργηθεί πεδίο ρεύματος EDDY. Απαιτείται αναφορά σε standards. Γεωμετρία του κομματιού.

<b>Ηλεκτρικό ρεύμα</b>	Σπασίματα. Βάθος σπασμάτων. Ειδική αντίσταση. Πάχος τοιχίου. Διάβρωση συμπεριλαμβανόμενης της μείωσης του πάχους του τοιχώματος.	Μεταλλικά υλικά. Ηλεκτρικά αγωγιμα υλικά. Ράγες τραίνων. Στοιχεία πυρηνικών καυσίμων.	Απαιτείται η πρόσβαση μόνο στη μία επιφάνεια. Λειτουργεί με μπαταρία ή πηγή συνεχούς τάσης. Φορητό.	Μόλυνση της επιφάνειας. Επιβάλλεται καλή επιφανειακή επαφή. Δύσκολη αυτοματοποίηση. Κλιμάκωση ηλεκτροδίων. Απαιτείται αναφορά σε standards.
<b>Ηλεκτρικά διεγερόμενα σωματίδια</b>	Επιφανειακές ατέλειες σε μη αγωγιμα υλικά. Μικροσκοπικοί πόροι. Εντάσεις, συμπίεσεις, κυκλικά σπασίματα. Σπασίματα σε εύθραυστες επενδύσεις λόγω πιέσεων.	Γυαλί. Πορσελάνη. Μη ομογενή υλικά όπως πλαστικά ή άσφαλτος. Στεγανοποιήσεις μεταξύ μετάλλου και γυαλιού.	Φορητό. Χρήσιμο για υλικά που δεν προσφέρονται για έλεγχο με διείσδυση.	Φτωχή ανάλυση σε λεπτές επενδύσεις. Λανθασμένες ενδείξεις λόγω υγρασίας. Ατμοσφαιρικές συνθήκες.
<b>Διηθημένα σωματίδια</b>	Σπασίματα. Πορογένεια. Διαφορική απορρόφηση.	Πορώδη υλικά όπως το κάρβουνο, το τσιμέντο, μέταλλα σε μορφή πούδρας. Τροχιά λείανσης. Μονωτές υψηλής τάσης.	Χρωματιστοί ή φθορίζοντες κόκκοι. Δεν αφήνει κατάλοιπα μετά τη θέρμανση του μέρους στους 400 ° F. Εύκολη και γρήγορη εφαρμογή. Φορητό.	Το μέγεθος και το σχήμα των κόκκων πρέπει να διαλεχθούν από πριν. Η ισχύς διείσδυσης είναι κρίσιμη. Η συγκέντρωση των κόκκων πρέπει να είναι ελεγχόμενη. Ερεθίζει το δέρμα.
<b>Φθοροσκόπηση</b>	Επίπεδο στάθμης σε κοντέινερς. Ξένα αντικείμενα. Εσωτερικά μέρη. Ποικιλία πυκνότητας. Κενά. Διαμόρφωση των ατελειών χύτευσης.	Ροή των ρευστών. Ύπαρξη κοιλωμάτων. Λειτουργία βαλβίδων και διακοπών. Καύση σε μικρούς πυραυλοκινητήρες στερεών καυσίμων.	Εικόνες υψηλής φωτεινότητας. Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο. Μεγέθυνση εικόνας. Μόνιμο αρχείο. Κινούμενα αντικείμενα μπορούν να παρατηρηθούν.	Ακριβός εξοπλισμός. Γεωμετρική ασάφεια. Χονδρό δείγμα. Ταχύτητα του γεγονότος που θα μελετηθεί. Περιοχή παρατήρησης.
<b>Ολογραφία (ακουστική τηλεκίνησια υγρής επιφάνειας)</b>	Απουσία συνάφειας. Αποτυχημένη ελασματοποίηση. Κενά. Πόροι. Πλούσιες ή φτωχές σε ρητίνη περιοχές. Προσμίξεις. Μεταβολές πυκνότητας.	Μέταλλα. Πλαστικά. Συνθετικά, Ελάσματα. Κεραμικά. Βιολογικά δείγματα.	Δεν απαιτείται η ανάπτυξη ολογραφικού φιλμ. Παρέχεται εικονοποίηση σε πραγματικό χρόνο. Η υγρή επιφάνεια ανταποκρίνεται άμεσα στην υπερηχητική ενέργεια.	Τεχνικές διαβίβασης μόνο. Οι δέσμες του αντικειμένου και της αναφοράς πρέπει να υπερκειμούνται ειδικής υγρής επιφάνειας. Τεστ εμβάπτισης μόνο. Απαιτείται Laser.

<p><b>Ολογραφία (interferometry)</b></p>	<p>Εφελκυσμός. Πλαστικές παραμορφώσεις. Σπασίματα. Ασυνεχείς περιοχές. Κενά και προσμίξεις. Κραδασμοί.</p>	<p>Συγκολλημένες και σύνθετες κατασκευές. Ελαστικά αυτοκινήτων ή αεροσκαφών. Εικονογράφηση τριών διαστάσεων.</p>	<p>Η επιφάνεια του αντικειμένου υπό έλεγχο μπορεί να είναι μη ομαλή. Δεν χρειάζεται προεργασία της επιφάνειας ή της επικάλυψης. Δεν υπάρχει φυσική επαφή του αντικειμένου με τα μέρη της συσκευής.</p>	<p>Απαιτείται περιβάλλον χωρίς κραδασμούς. Βαριά βάση για την απορρόφηση των κραδασμών. Δυσκολία στην αναγνώριση του τύπου της βλάβης που ανιχνεύεται.</p>
<p><b>Υπερυθρομετρία (ραδιόμετρα)</b></p>	<p>Απουσία συνοχής. Πρόσφατες επιφανειακές αστοχίες. Μεταφορά θερμότητας. Ισοθερμία. Κλιμάκωση θερμοκρασίας.</p>	<p>Συγκολλημένες συνδέσεις. Αυτοκόλλητες συνδέσεις. Μεταλλικές επενδύσεις: ασυνεχείς περιοχές ή παχύνσεις. Ηλεκτρικές ενώσεις. Παρακολούθηση θερμοκρασίας.</p>	<p>Ευαισθησία της τάξεως του 1.5 ° F. Μόνιμο αρχείο ή θερμική εικόνα. Ποσοτική. Δεν χρειάζεται επαφή με το αντικείμενο. Φορητό.</p>	<p>Ικανότητα ακτινοβολίας. Ανιχνευτής με σύστημα ψύξης υγρού αζώτου. Σχέση κρίσιμου χρόνου - θερμοκρασίας. Φτωχή ανάλυση για χονδρά δείγματα. Απαιτείται αναφορά σε standards.</p>
<p><b>Έλεγχος διαρροών</b></p>	<p>Διαρροές: Ηλίου Αμμωνίας, Καπνού, νερού, φουαλίδων αέρα, ραδιενεργού αερίου, αλογόνων.</p>	<p>Συνδέσεις: Συγκολλημένες Χαλκοκολλημένες Αυτοκολλούμενες Σφραγισμένες συναρμογές. Θάλαμοι πίεσης ή κενού. Δεξαμενές καυσίμων ή αερίων.</p>	<p>Υψηλή ευαισθησία σε εξαιρετικά μικρές, ελαφρές ρήξεις, που δεν ανιχνεύονται από καμιά άλλη μη καταστρεπτική μέθοδο ελέγχου. Η ευαισθησία ποικίλει ανάλογα της μεθόδου.</p>	<p>Απαιτείται πρόσβαση και στις δύο επιφάνειες του προς έλεγχο τμήματος. Λεκιασμένο μέταλλο μπορεί να αποτρέψει την ανίχνευση. Το κόστος ποικίλει ανάλογα της μεθόδου.</p>
<p><b>Μαγνητικά σωματρία</b></p>	<p>Επιφανειακά και αβαθή μη επιφανειακά ελαττώματα: σπασίματα, αρμοί, πόροι, προσμίξεις. Μεταβολές της διαπερατότητας. Εξαιρετικά ευαίσθητο στην ανίχνευση μικρών σφιχτών σπασμάτων.</p>	<p>Σιδηρομαγνητικά υλικά</p>	<p>Υπερτερεί έναντι της διείσδυσης στο ότι εντοπίζει υποεπιφανειακές αστοχίες ειδικότερα προσμίξεις. Σχετικά γρήγορη και φθηνή μέθοδος. Δυνατότητα να γίνει φορητό.</p>	<p>Ο προσανατολισμός του μαγνητικού πεδίου είναι κρίσιμος, Απαιτείται απομαγνήτιση των μερών που εξετάστησαν μετά την εξέταση. Τα μέρη πρέπει να καθορίζονται πριν και μετά την επιθεώρηση. Συγκάλυψη των αποτελεσμάτων αν υπάρχει επικάλυψη.</p>

<b>Μαγνητικό πεδίο</b>	Σπασίματα. Πάχος τοιχίου. Σκληρότητα. Θλιπτική δύναμη. Μαγνητική ανισοτροπία. Μαγνητικό πεδίο. Πάχος μη μαγνητικής επίστρωσης στο χάλυβα.	Σιδηρομαγνητικά υλικά. Εξουδετέρωση ρευμάτων από τα πλοία. Έλεγχος στάθμης υγρού. Ανίχνευση πολύτιμων μετάλλων. Πάχος τοίχου μη μεταλλικών υλικών. Ταξινόμηση υλικών.	Μέτρηση των ιδιοτήτων των μαγνητικών υλικών. Αυτοματοποίηση. Ανιχνεύει εύκολα μαγνητικά αντικείμενα μέσα σε μη μαγνητικά υλικά. Φορητό.	Διαπερατότητα. Απαιτείται αναφορά σε standards.
<b>Μικροκύματα (300MHz - 300 GHz)</b>	Σπασίματα, τρύπες, ασυνεχείς περιοχές κ.τ.λ. σε μη μεταλλικά μέρη. Αλλαγές στην σύνθεση, βαθμός επεξεργασίας, περιεκτικότητα σε υγρασία. Μετρήσεις πάχους, διηλεκτρική σταθερά, χαλαρή εφαπτόμενη.	Ενισχυμένα πλαστικά. Χημικά προϊόντα. Κεραμικά. Ρητίνες. Ξύλο. Υγρά. Αφρός πολυουρεθάνης.	Μεταξύ ραδιοκυμάτων και υπέρυθρων στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Φορητό. Η επαφή με μέρος της επιφάνειας δεν είναι συνήθως απαιτούμενη. Δυνατότητα αυτοματοποίησης.	Δεν εισχωρεί σε μέταλλα. Απαιτείται αναφορά σε standards. Γεωμετρία του κομματιού. Παρεμβολή κυμάτων. Κραδασμοί
<b>Επίδραση Mossbauer</b>	Πυρηνική μαγνητική αντήρηση σε υλικά, συνθεστέρα στον σίδηρο 57. Πολικότητα των μαγνητικών ιδιοτήτων στο ατσάλι.	Ανιχνεύει και ταυτοποιεί τον σίδηρο σε τμήματα ή δείγματα. Ανιχνεύει φιλμ σιδήρου σε ανοξειδωτο ατσάλι. Μετράει παραμένοντα ωστενίτη (2-35%) σε ατσάλια. Προσδιορίζει νιτρικές διαβρώσεις στην επιφάνεια του σιδήρου. Αλληλεπίδραση ιδιοτήτων με μετατόπιση σε σιδηρομαγνητικά υλικά	Παρέχει μοναδικές πληροφορίες για τους γειτονικούς πυρήνες του σιδήρου 57.	Κίνδυνος ραδιενέργειας. Απαιτείται εκπαιδευμένο προσωπικό. Μη μεταφερόμενο. Εξοπλισμός ακριβείας για την πηγή των κραδασμών και την ανάλυση του φάσματος.
<b>Ανάλυση ενεργοποίησης νετρονίου</b>	Εκπομπή ραδιενέργειας προερχόμενη από ενεργοποίηση των νετρονίων. Οξυγόνο στο ατσάλι. Άζωτο σε τρόφιμα. Πυρίτιο σε μέταλλα και μεταλλεύματα.	Μεταλλουργία. Έρευνες για μεταλλεύματα. Ωκεανογραφία. On-line διαδικασία ελέγχου υγρών και στερεών υλικών.	Αυτοματοποιημένα συστήματα. Ακρίβεια. Ταχύτητα. Καμία επαφή με το δείγμα. Ελάχιστη προετοιμασία του δείγματος.	Κίνδυνος ραδιενέργειας. Γρήγορη παλαίωση.

<b>Διείσδυση</b>	Ανιχνεύει ανοίγματα στην επιφάνεια όπως σπασίματα, πόρους, ρωγμές, κ.τ.λ. Διαρροές σε "αόρατες" περιοχές.	Όλα τα μέρη με μη απορροφητικές επιφάνειες. Σημείωση: Διαρροές από πορώδη επιφάνειες μπορεί να αποκρύψουν τις ενδείξεις των ελαττωμάτων.	Χαμηλό κόστος. Φορητό. Οι ενδείξεις μπορούν να εξεταστούν περαιτέρω οπτικά. Τα αποτελέσματα επεξηγούνται εύκολα.	Επιφανειακά φιλμ όπως επενδύσεις, λάδια, κ.α. Μπορεί να επηρεάσουν την ένδειξη των ελαττωμάτων. Τα μέρη πρέπει να καθαρίζονται πριν και μετά την επιθεώρηση. Το ελάττωμα πρέπει να είναι επιφανειακό.
<b>Ραδιογραφία (θερμικό νετρόνιο)</b>	Μόλυνση του υδρογόνου από κράματα τιτανίου ή ζirkονίου. Ελαττωματικές ή μη κανονικά φορτωμένες πυροτεχνικές συσκευές. Μη κανονική συναρμολόγηση μεταλλικών, μη μεταλλικών μερών.	Πυροτεχνικές συσκευές. Μεταλλικές, μη μεταλλικές συναρμογές. Βιολογικά δείγματα. Στοιχεία καυσίμων πυρηνικών αντιδραστήρων και έλεγχος των ράβδων.	Μεγάλη απορρόφηση νετρονίων από το υδρογόνο, το βόριο, το λίθιο, το κάδμιο, το ουράνιο και το πλουτώνιο. Μικρή απορροφητικότητα νετρονίων από τα περισσότερα μέταλλα. Συμπληρωματική στη ραδιογραφία με Χ ή Γάμμα ακτίνες.	Υψηλό κόστος εξοπλισμού. Απαιτείται πυρηνικός αντιδραστήρας ή επιταχυντής. Απαιτείται ειδικευμένο προσωπικό. Κίνδυνος ραδιογραφίας. Μη φορητό. Απαιτούνται ινδίου και γαδολινίου.
<b>Ραδιογραφία (ακτίνες Γάμμα) Κοβάλτιο 60, ιρίδιο 192</b>	Εσωτερικές βλάβες και μεταβολές, πόρους, προσμίξεις, σπασίματα, αλλαγές της γεωμετρίας, διάβρωση.	Συνήθως όπου οι μηχανές ακτίνων Χ δεν είναι βολικές λόγω ότι η πηγή δεν μπορεί να τοποθετηθεί σε μέρη με μικρά ανοίγματα και/ ή δεν είναι πρόσφορη πηγή ενέργειας.	Μικρό κόστος. Μόνιμο αρχείο. Μικρές πηγές μπορούν να τοποθετηθούν σε τμήματα με μικρά ανοίγματα. Φορητό.	Ενεργειακό επίπεδο για κάθε κομμάτι. Γρήγορη παλαίωση της πηγής. Κίνδυνος ακτινοβολίας. Ειδικευμένο προσωπικό. Χαμηλή ανάλυση εικόνας. Κόστος σε σχέση με την ακτίνα ενεργείας.
<b>Ραδιογραφία (φιλμ ακτίνων - Χ)</b>	Εσωτερικές βλάβες και μεταβολές, πόρους, προσμίξεις, σπασίματα, αλλαγές της γεωμετρίας, διάβρωση. Μεταβολές της πυκνότητας.	Χύτευση. Ηλεκτρικές συναρμογές. Συγκολλήσεις. Μη μεταλλικές κατασκευές. Κινητήρες πυραύλων στερεών καυσίμων.	Μόνιμα αρχεία. Ρυθμιζόμενα επίπεδα ενεργείας: 5 kV-25meV. Υψηλή ευαισθησία σε αλλαγές της πυκνότητας. Απαιτείται ένας χρήστης. Οι μεταβολές της γεωμετρίας δεν επηρεάζουν τη διεύθυνση δέσμης των ακτίνων Χ.	Υψηλό κόστος. Κίνδυνος ακτινοβολίας. Δεν παρέχονται πληροφορίες για το βάθος των αλλοιώσεων. Η ευαισθησία μειώνεται με την αύξηση της διασποράς της ακτινοβολίας.

<p><b>Ραδιογραφία (ακτίνες-Χ ακτίνες Γάμμα ακτίνες Βήτα)</b></p>	<p>Πάχος στοιχείου. Πάχος κελύφους. Μεταβολές στη σύνθεση ή την πυκνότητα. Επίπεδο πλήρωσης σε δεξαμενές. Εγκλεισμός φυσαλίδων.</p>	<p>Ελάσματα, λωρίδες, σωληνώσεις. Ράβδοι καυσίμων πυρηνικών αντιδραστήρων. Δεξαμενές. Μέρη κατασκευασμένα από ελάσματα.</p>	<p>Πλήρως αυτοματοποιημένη. Γρήγορα. Εξαιρετικά ακριβής. Φορητή.</p>	<p>Κίνδυνος ραδιενέργειας. Η ακτινοβολία Βήτα είναι χρήσιμη μόνο για λεπτότατες επενδύσεις. Γρήγορη παλαίωση της πηγής. Απαιτείται η αναφορά σε standards.</p>
<p><b>Ηχητικά κύματα (συχνότητας &lt; 0.1MHz)</b></p>	<p>Ασυνεχείς περιοχές ή αποσυγκολλήσεις ελασμάτων σε μεταλλικά ή μη μεταλλικά συστατικά ή ελάσματα. Αντοχή των συνεκτικών δεσμών κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες.</p>	<p>Μεταλλικά ή μη μεταλλικά συνθετικά συγκολλημένα ή αυτοκολλούμενα. Κόντρα - πλακέ. Ακροφύσια πυραυλοκινητήρων .</p>	<p>Φορητό. Εύκολο στη χρήση. Μεγάλο εύρος εντοπισμού. Δυνατότητα αυτοματοποίησης. Απαιτείται η προσέγγιση μίας μόνο πλευράς.</p>	<p>Η γεωμετρία της επιφάνειας επηρεάζει τα αποτελέσματα. Απαιτείται η αναφορά σε standards. Μεταβολές στην αυτοσυγκόλληση ή στο πάχος του πυρήνα επηρεάζουν τα αποτελέσματα.</p>
<p><b>Θερμική (θερμοχρωματική βαφή, υγροί κρύσταλλοι)</b></p>	<p>Απουσία συνάφειας. Πρόσφατα στίγματα. Μεταφορά θερμότητας. Ισόθερμες. Πεδία θερμοκρασιών.</p>	<p>Συγκολλημένες ενώσεις. Αυτοσυγκολλούμενες ενώσεις. Μεταλλικές επενδύσεις. Ηλεκτρικές συναρμολογήσεις. Παρακολούθηση της θερμοκρασίας.</p>	<p>Πολύ χαμηλό κόστος. Μπορεί εύκολα να εφαρμοστεί σε επιφάνειες όπου οι άλλες μέθοδοι δεν μπορούν. Δεν απαιτείται ειδικευμένο προσωπικό.</p>	<p>Μόνο λεπτά τοιχώματα. Σχέση κρίσιμου χρόνου- κρίσιμης θερμοκρασίας. Η αξιοπιστία της εικόνας επηρεάζεται από την υγρασία. Απαιτείται η αναφορά σε standards.</p>
<p><b>Θερμοηλεκτρισμός</b></p>	<p>Θερμοηλεκτρική ενέργεια. Πάχος επένδυσης. Φυσικές ιδιότητες. Φαινόμενο Tompson.</p>	<p>Ταξινόμηση των μετάλλων. Πάχος των κεραμικών επενδύσεων σε μέταλλα. Ημιαγωγοί.</p>	<p>Φορητό. Απλό στη χρήση. Απαιτεί πρόσβαση σε μία μόνο πλευρά.</p>	<p>Δύσκολο στην αυτοματοποίηση. Απαιτείται η αναφορά σε standards. Επιφανειακές μολύνσεις. Αγώγιμες επενδύσεις.</p>
<p><b>Υπέρηχοι (0.1 - 25 MHz)</b></p>	<p>Εσωτερικές βλάβες και μεταβολές: Σπασίματα, πόροι, προσμίξεις, ασυνέχειες. Συντελεστής Poisson, μοντέλο ελαστικότητας.</p>	<p>Κολλήσεις. Συγκολλημένοι σύνδεσμοι. Αμέταλλα. Μέρη υπό επιτήρηση.</p>	<p>Πολύ ευαίσθητο σε σπασίματα. Άμεσα αποτελέσματα. Αυτοματοποίηση και μόνιμα αρχεία. Φορητό. Μεγάλη ικανότητα διεϊσδυσης.</p>	<p>Απαιτείται ζεύγος χειριστών. Μικρά, λεπτά, σύνθετα κομμάτια μπορεί να μην καταστεί δυνατόν να ελέγχουν. Απαιτείται αναφορά σε standards. Απαιτείται ειδικευμένο προσωπικό.</p>

Στις δεξαμενές σαν αυτό που υπολογίζουμε συνήθως χρησιμοποιείται ραδιογραφικός έλεγχος. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται κάθε φορά, δηλαδή ακτίνες – Χ, ακτίνες – Γάμμα ή ακτίνες – Βήτα, καθορίζεται κατά περίπτωση από τον υπεύθυνο ελεγκτή. Εν πάσει περιπτώσει, οι δεξαμενές υψηλής πίεσης ελέγχονται με ραδιογραφικό έλεγχο και γι' αυτό είναι απαραίτητο να αναφερθούμε εκτενέστερα στην μέθοδο αυτή, εφόσον το στάδιο του ελέγχου μιας δεξαμενής υψηλής πίεσης και οποιασδήποτε κατασκευής, γενικά, αποτελεί ένα από τα πλέον σπουδαία στάδια της όλης εργασίας.

### **Π.4.3 ΡΑΔΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ**

**Οι ραδιογραφικές μέθοδοι** εμπλέκουν ακτίνες – Χ, ακτίνες- Γάμμα, ή παρόμοιες δεισδυτικές ακτινοβολίες με σκοπό να φανερώσουν ελαττώματα, σπασίματα, προσμίξεις, πάχη, ή την δομή των αντικειμένων. Ηλεκτρομαγνητικά, ενεργειακά κύματα μεταξύ  $0.01 - 10 \text{ \AA}$  ( $1\text{ \AA} = 10^{-8}\text{cm}$ ) χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του εσωτερικού των αδιαφανών υλικών. Η δεισδυτική ακτινοβολία προχωρά από την πηγή της σε ευθείες γραμμές στο υπό έλεγχο αντικείμενο. Οι ακτίνες απορροφώνται διαφορετικά από το αντικείμενο, ανάλογα με την ενέργεια της ακτινοβολίας και την φύση και το πάχος του αντικειμένου.

**Οι ακτίνες – Χ** από μια ποικιλία μηκών κυμάτων, επιδρά όταν ηλεκτρόνια με υψηλή ταχύτητα μέσα σε έναν υπό κενό σωλήνα ξαφνικά σταματούν. Ένας σωλήνας ακτινών –Χ περιλαμβάνει μια κάθοδο, και έναν στόχο, την άνοδο. Η πυκνότητα της ακτινοβολίας είναι σχεδόν απευθείας ανάλογη με το ρεύμα που διαρρέει την κάθοδο (mA) η τάση του σωλήνα (kV) καθορίζει την δεισδυτική ικανότητα των ακτινών. Καθώς η τάση του σωλήνα αυξάνει, βραχύτερα σε μήκος κύματα και πυκνότερες ακτίνες παράγονται. Επίσης, καθώς η ενέργεια της δεισδυτικής ακτινοβολίας αυξάνει, η διαφορά στην εξασθένηση μεταξύ των υλικών ελλατούνται. Συνεπώς, Επιτυγχάνεται μεγαλύτερη αντίθεση στο φιλμ με το χαμηλότερο βολτάζ, και μεγαλύτερο εύρος πάχος ικανού να ραδιογραφηθεί με το μεγαλύτερο βολτάζ.

**Οι ακτίνες – Γάμμα** ενός συγκεκριμένου μήκους κύματος εκπέμπονται από τη διάσπαση των πυρήνων φυσικών ραδιενεργών στοιχείων, όπως το ράδιο, και από μια ποικιλία τεχνητών ραδιενεργών ισοτόπων που παράγονται σε πυρηνικούς αντιδραστήρες. Το κοβάλτιο 60 και το ιρίδιο 192 είναι τα πλέον χρησιμοποιούμενα στη βιομηχανική ραδιογραφία. Ο χρόνος ημίσειας ζωής ενός ισοτόπου, είναι ο



χρόνος που απαιτείται ώστε το μισό του ραδιενεργού υλικού να αποσαθρωθεί. Αυτός ο χρόνος ποικίλει από μερικές ώρες έως και πολλά έτη.

Η ραδιογράφιση είναι ένα φωτογραφικό αρχείο που παράγεται από το πέρασμα της διεισδυτικής ακτινοβολίας μέσα σε ένα φιλμ. Μια φυσαλίδα ή μια ελάττωση της μάζας παρουσιάζεται σκοτεινότερη πάνω στο φιλμ εξαιτίας της μικρότερης απορροφητικότητας της ακτινοβολίας και συνεπώς της μεγαλύτερης έκθεσης του φιλμ. Η ποσότητα των ακτινών-Χ που απορροφώνται από ένα υλικό, σε γενικές γραμμές αυξάνει με την αύξηση του ατομικού αριθμού.

**Τα ραδιογραφικά φιλμ** ποικίλουν σε ταχύτητα, αντίθεση, και μέγεθος κόκκου. Αργά φιλμ έχουν, γενικά, μικρότερο μέγεθος κόκκου και παράγουν μεγαλύτερη αντίθεση (contrast). Τα αργά φιλμ χρησιμοποιούνται όπου επιθυμούνται το μέγιστο κοντράστ και η τελειότερη δυνατή σαφήνεια. Τα γρήγορα φιλμ χρησιμοποιούνται εκεί όπου πρόκειται να ραδιογραφηθούν αντικείμενα με μεγάλες διαφορές στα πάχη, ή εκεί όπου η σαφήνεια και η αντίθεση είναι δυνατόν να θυσιάστούν για χάρη της ελαχιστοποίησης του χρόνου έκθεσης. Η έκθεση ενός ραδιογραφικού φιλμ έρχεται από την απευθείας ακτινοβολία και την διάχυτη ακτινοβολία. Η **απευθείας ακτινοβολία** είναι επιθυμητή, και είναι αυτή που διαμορφώνει την εικόνα· η **διάχυτη ακτινοβολία** που εκδηλώνεται στο υπό ραδιογράφιση αντικείμενο ή στα γειτονικά αντικείμενα, παράγει μη επιθυμητές εικόνες πάνω στο φιλμ και προξενεί ελάττωση της αντίθεσης. **Οθόνες ενίσχυσης της αντίθεσης** κατασκευασμένες από μόλυβδο πάχους 0.005 ή 0.0010 ίντσες χρησιμοποιούνται συνήθως για ραδιογραφήσεις σε τάσεις μεγαλύτερες των 100kV. Ο μόλυβδος φιλτράρει μεγάλο μέρος της διάχυτης ακτινοβολίας χαμηλής ενέργειας. Υπό την επίδραση ακτινών-Χ ή ακτινών-Γάμμα πάνω των 88kV η οθόνη μολύβδου παράγει, επίσης ηλεκτρόνια που, ερχόμενα σε επαφή με το φιλμ, παράγουν επιπλέον σκοτεινίασμα του φιλμ. Ο χρόνος έκθεσης μπορεί να μειωθεί με την χρησιμοποίηση φιλμ μολύβδου πάνω και κάτω από το αντικείμενο.

Η ραδιογραφία είναι μια εικόνα “σκιών”, εφόσον οι ακτίνες-Χ και οι ακτίνες Γάμμα ακολουθούν τους νόμους του φωτός σε σκιάδη διαμόρφωση. Τέσσερις παράγοντες επηρεάζουν την γεωμετρική ευκρίνεια της εικόνας: **(1)** Η πραγματική διάσταση κηλίδας εστίασης (Focal Spot) της πηγής ραδιενέργειας πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη. **(2)** Η απόσταση πηγής-αντικειμένου θα πρέπει να είναι επαρκής για κανονικό καθορισμό των περιοχών του αντικειμένου που βρίσκονται στην μεγαλύτερη απόσταση από το φιλμ. **(3)** Το φιλμ θα πρέπει να βρίσκεται όσο πιο

κοντά στο αντικείμενο είναι δυνατόν. **(4)** Η περιοχή ενδιαφέροντος θα πρέπει να είναι στο κέντρο μιας κατακόρυφου στις ακτίνες-Χ και μιας παραλλήλου στο φιλμ.

Οι **Μετρητές Διείσδυσης** χρησιμοποιούνται για να υποδείξουν την αντίθεση και την λεπτομέρεια που υπάρχει σε μια ραδιογραφία. Ο τύπος που συνήθως χρησιμοποιείται στις Ηνωμένες Πολιτείες, είναι ένα μικρό τετράγωνο πιάτο κατασκευασμένο από το ίδιο υλικό με το υπό ραδιογράφηση αντικείμενο. Το πάχος του είναι περίπου το 2% του πάχους του αντικειμένου και έχει τρύπες. Ο A.S.T.M καθορίζει τις διαμέτρους των οπών σε μια, δύο, και τέσσερις φορές το πάχος του μετρητή διείσδυσης.

Εξαιτίας της ποικιλίας των συντελεστών οι οποίοι έχουν σχέση με την παραγωγή και την μέτρηση μιας ραδιογραφίας, οι συντελεστές λειτουργίας, γενικά, επιλέγονται από πίνακες αναφοράς ή διαγράμματα τα οποία έχουν προκύψει από πειραματικές διαδικασίες για ένα ορισμένο εύρος συνθηκών λειτουργίας.

Όλα τα υλικά μπορούν να εξεταστούν ραδιογραφικά. Ωστόσο, υπάρχουν περιορισμοί σχετικά με την διαμόρφωση των υλικών. Με τις καλύτερες τεχνικές, σύρματα διαμέτρου 0,0001 ίντσες μπορούν να αναχθούν σε μικρά ηλεκτρικά συστατικά. Από την άλλη, συγκολλημένες δεξαμενές υψηλής πίεσης με πάχος τοιχωμάτων της τάξης των 20", μπορούν να ελεγχθούν με τη χρήση επιταχυντών υψηλής ενέργειας ως πηγή της ραδιενέργειας. Η **ακτινοβολία νετρονίων** εισχωρεί σε εξαιρετικά πυκνά υλικά όπως το μολύβι, πολύ πιο εύκολα από ότι οι ακτίνες-Χ ή οι ακτίνες Γάμμα, αλλά εξασθενεί από ελαφρού ατομικού βάρους υλικά όπως τα πλαστικά.

Τα ραδιογραφικά πρότυπα δημοσιεύονται από τον ASTM, ASME, AWS, και API, πρωτίστως για την ανίχνευση της απουσίας διείσδυσης ή της τήξης σε συγκολλημένα αντικείμενα. Τα χυτά μεταλλικά αντικείμενα ραδιογραφούνται για να ανιχνευτούν συνθήκες συρρίκνωσης, πορογένειας, σπασιμάτων, προσμίξεων κ.α.

Η συνηθέστερη μέθοδος για την αξιοποίηση της διεισδυτικής ακτινοβολίας είναι το φιλμ. Ωστόσο, μετρητές Geiger, ημιαγωγοί, φωσφορούχα υλικά (φωσφοροσκόπηση), φωτοαγωγοί (ξεροραδιογραφία), σπινθηρίζοντες κρύσταλλοι και όργανα ταυτοποίησης ειδώλου, χρησιμοποιούνται επίσης.

Οι κίνδυνοι που συνδέονται με την έκθεση του ανθρώπου στις ακτίνες-Γάμμα και ακτίνες-Χ, πρέπει να γίνουν πλήρως κατανοητές από τα άτομα που χειρίζονται τέτοιες συσκευές. Η USAEC διευκρινίζει ότι η μέγιστη επιτρεπτή έκθεση είναι 1.25 r ανά 1/4 του έτους.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ



### III.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΟΥ

Σύμφωνα με την τεχνική περιγραφή το υλικό που θα αποθηκευτεί είναι διαβρωτικό. Για αυτόν τον λόγο επιλέγουμε κράμα χάλυβα υψηλής περιεκτικότητας σε χρώμιο και νικέλιο (18Cr-8Ni) ο οποίος παρουσιάζει υψηλή αντοχή σε διάβρωση.

### III.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

#### III.2.1 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά έχουμε ότι ο απαιτούμενος όγκος είναι  $12.5 \text{ m}^3$ . Για να επιτευχθεί αυτός ο όγκος σε κυλινδρική δεξαμενή μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω συνδυασμοί ακτίνας R και ύψους h της δεξαμενής.

<b>ΜΗΚΟΣ h(m)</b>	<b>ΑΚΤΙΝΑ R (m)</b>	<b>ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ D (m)</b>	<b>ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ x (m)</b>
4.00	0.9974	1.9974	6.2666
4.50	0.9403	1.8806	5.9082
5.00	0.8921	1.7841	5.6050

**ΠΙΝΑΚΑΣ Ι**

Για την κατασκευή της δεξαμενής διατίθενται οι εξής τύποι λαμαρίνας (βάση των διαστάσεων):

**1m \* 2m, 1.25m \* 2.50m, 1.50m \* 3.00m.**

Θα ελέγξουμε με ποια διάσταση θα έχουμε μικρότερη απώλεια υλικού (φύρα).

Για τις διαστάσεις δεξαμενής:

**h=4m, R=0.9974, D=1.9974, x=6.2666**

Το εμβαδόν του αναπτύγματος του κυλίνδρου είναι:

$$h * x = 4\text{m} * 6.2666\text{m} = 25.0664\text{m}^2$$

Χρησιμοποιώντας λαμαρίνα διαστάσεων **1m \* 2m = 2m<sup>2</sup>/τεμ.** Θα χρειαστούμε **13** τεμάχια. Η φύρα είναι από **1.8672 m<sup>2</sup>**, αλλά το κόστος είναι πολύ μεγάλο εφόσον θα χρειαστούν πολλές κολλήσεις και πολλές εργατώρες για την κατασκευή. Με το ίδιο

σκεπτικό η διάσταση αυτή απορρίπτεται και για τους άλλους δυο συνδυασμούς διαστάσεων της δεξαμενής.

Χρησιμοποιώντας λαμαρίνα διαστάσεων  $1.25\text{m} * 2.50\text{m} = 3.125\text{m}^2$  θα απαιτηθούν  $25.0664 / 3.125 = 8.02 \Rightarrow 9$  τεμάχια λαμαρίνας και η φύρα θα είναι  $0.98 * 3.125 = 3.0625 \text{ m}^2$

Χρησιμοποιώντας λαμαρίνα διαστάσεων  $1.50\text{m} * 3.00\text{m} = 4.5\text{m}^2$  θα χρειαστούν  $25.0664/4.5 = 5.57 \Rightarrow 6$  τεμάχια και θα έχουμε φύρα  $0.43 * 4.5 = 1.935\text{m}^2$

Συμπερασματικά έχουμε ότι χρησιμοποιώντας λαμαρίνα διαστάσεων  $1.50\text{m} * 3.00\text{m}$  έχουμε το μεγαλύτερο κέρδος από ότι με τους άλλους δυο τύπους, εφόσον, η φύρα είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από αυτή που θα επιφέρει η χρησιμοποίηση της λαμαρίνας  $1\text{m} * 2\text{m}$  αλλά οι κολλήσεις που απαιτούνται πολύ λιγότερες και έτσι υπάρχει μεγάλη οικονομία σε ηλεκτρόδια και εργατώρες.

Θα ελέγξουμε λοιπόν, ποιος από τους τρεις συνδυασμούς διαστάσεων της δεξαμενής θα δώσει λιγότερη φύρα, χρησιμοποιώντας την λαμαρίνα με διαστάσεις  $1.50\text{m} * 3.00\text{m}$ .

Για διαστάσεις δεξαμενής:

$$h = 4.5\text{m}, R=0.9403\text{m}, D=1.8806\text{m}, x=5.9082\text{m}$$

Το εμβαδόν του αναπτύγματος της δεξαμενής είναι:

$$h * x = 4.5\text{m} * 5.9082\text{m} = 26.5869\text{m}^2$$

Για το εμβαδόν απαιτούνται  $26.5869/4.5 = 5.9082 = 6$  τεμάχια και το περίσσευμα είναι  $0.0918 * 4.5 = 0.4131 \text{ m}^2$

Για διαστάσεις δεξαμενής:

$$h = 5\text{m}, R=0.8921\text{m}, D=1.7841\text{m}, x=5.6050\text{m}$$

Το εμβαδόν του αναπτύγματος της δεξαμενής είναι:

$$h * x = 5\text{m} * 5.6050\text{m} = 28.025\text{m}^2$$

Για αυτό το εμβαδόν απαιτούνται  $28.025/4.5 = 6.23 = 7$  τεμάχια και το περίσσευμα είναι  $0.77 * 4.5 = 3.465 \text{ m}^2$

Έτσι έχουμε ότι:

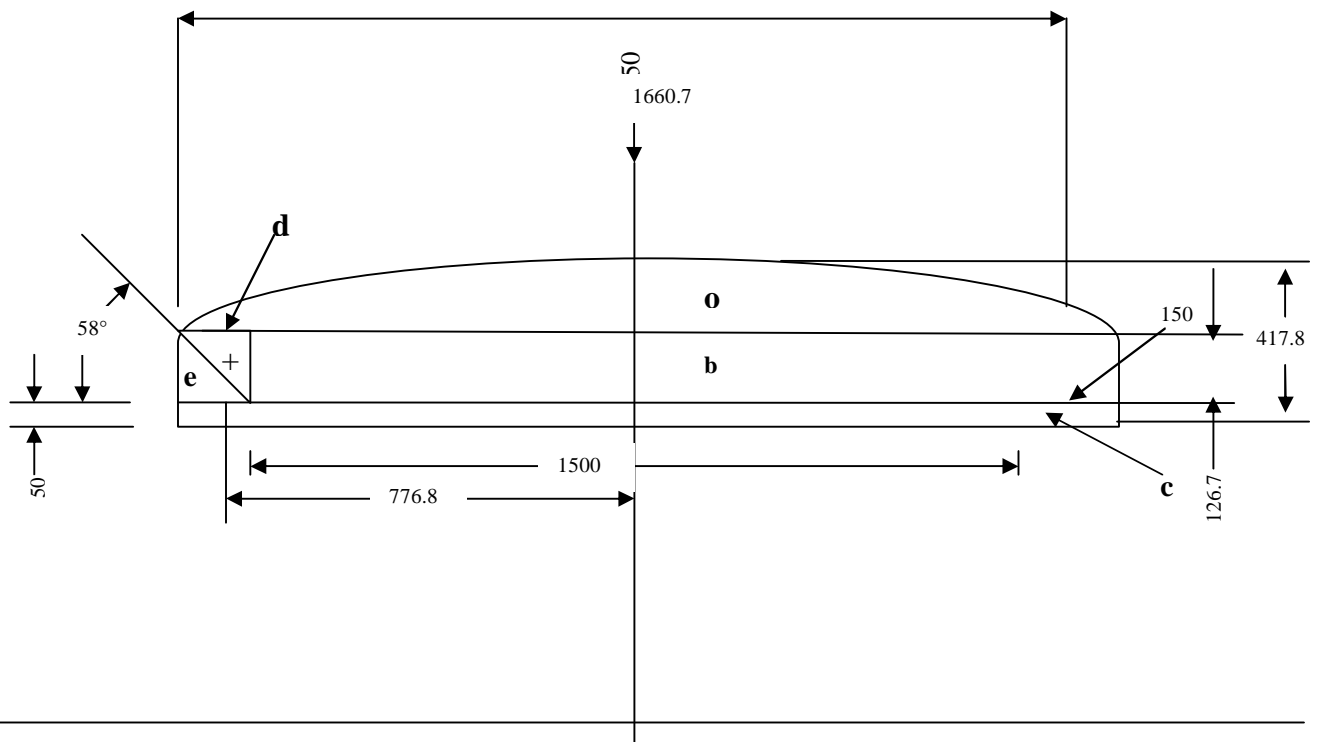
<b>h(m)</b>	<b>R (m)</b>	<b>D (m)</b>	<b>x (m)</b>	<b>Τεμ. λαμαρίνας</b>	<b>φύρα (m<sup>2</sup>)</b>
4.00	0.9974	1.9974	6.2666	6	1.935
<b>4.50</b>	<b>0.9403</b>	<b>1.8806</b>	<b>5.9082</b>	<b>6</b>	<b>0.4131</b>
5.00	0.8921	1.7841	5.6050	7	3.465

## ΠΙΝΑΚΑΣ II

Είναι φανερό ότι ο συνδυασμός (2) είναι ο πλέον ενδεικνυόμενος από άποψη οικονομίας χρήματος και χρόνου. Αυτές είναι λοιπόν κατά προσέγγιση οι διαστάσεις της δεξαμενής.

### III.2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

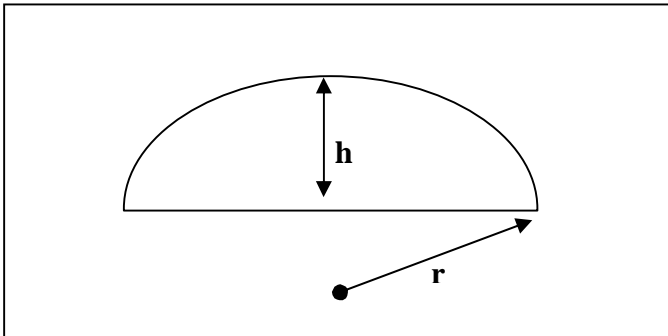
Θα υπολογίσουμε την χωρητικότητα των κεφαλών της δεξαμενής ο οποίος θα αφαιρεθεί από τον ολικό όγκο των  $12.5 \text{ m}^3$  για τον υπολογισμό των τελικών διαστάσεων της δεξαμενής. Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του όγκου των κεφαλών φαίνονται στο σχέδιο που συνοδεύει την εργασία (όψη κεφαλής). Στο σχήμα που ακολουθεί, φαίνεται ένα σκαρίφημα της κεφαλής το οποίο είναι ακριβές αντίγραφο αυτού του σχεδίου υπό κλίμακα.



**ΣΧΗΜΑ 2**  
Κεφαλή

### Όγκος τμήματος a.

Το τμήμα a αποτελεί σφαιρικό τμήμα σφαίρας με ακτίνα 1550mm. Ο όγκος σφαιρικού τμήματος δίνεται από την σχέση:



$$V = \pi * h^2 * \left( r - \frac{h}{3} \right)$$

ΣΧΗΜΑ 3

Από την παρακάτω σχέση έχουμε ότι:

$$V_a = 3.14 * 2.412^2 * \left( 1.550 - \frac{2.412}{3} \right) = 0.2686 \text{m}^3$$

### Όγκος τμήματος b

Το τμήμα αυτό είναι ένας κύλινδρος με ακτίνα 0.750 m και ύψος 0.1267 m. Οπότε από την γνωστή σχέση όγκου κυλίνδρου έχουμε ότι:

$$V_b = \pi * r^2 * h = 3.14 * 0.750^2 * 0.1267 = 0.2239 \text{m}^3$$

### Όγκος τμήματος c

Το τμήμα αυτό αποτελεί επίσης κύλινδρο με ακτίνα 0.9m και ύψος 0.005m. Έτσι ο όγκος του είναι:

$$V_c = \pi * r^2 * h = 3.14 * 0.90^2 * 0.005 = 0.1272 \text{m}^3$$

### Όγκος τμήματος d

Το τμήμα αυτό προκύπτει ως στερεό εκ περιστροφής του τριγώνου που φαίνεται στο σχέδιο. Για το τρίγωνο αυτό έχουμε:

πλευρά α (υποτείνουσα τριγώνου)	= 0.1500 m
πλευρά β (ύψος τριγώνου)	= 0.1267 m
πλευρά γ = α * sin(32°)	= 0.0827 m

οπότε το εμβαδόν του τριγώνου είναι:

$$E = \frac{1}{2} * \gamma * \beta = \frac{1}{2} * 0.0827 * 0.1267 = 0.0052 \text{ m}^2$$

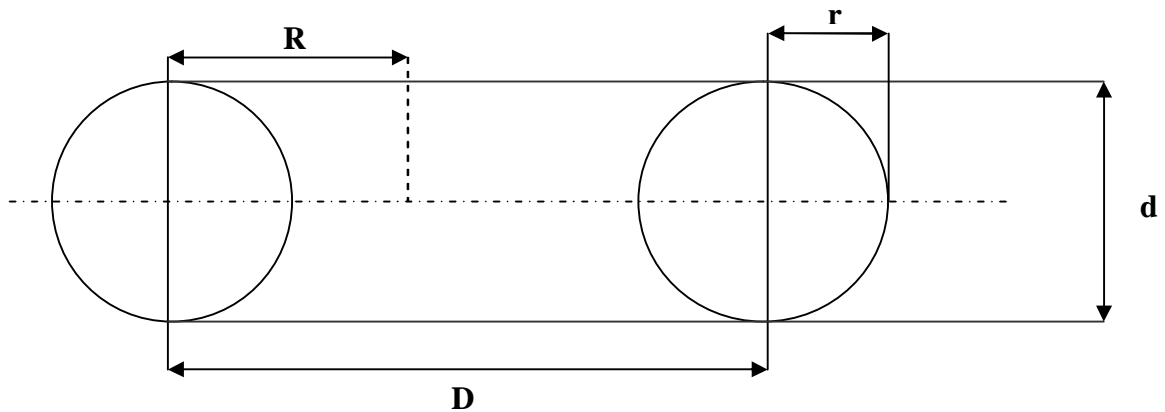
και ο όγκος που προκύπτει από την περιστροφή αυτού του εμβαδού (περιστροφή με ακτίνα 0.7768 m) είναι

;

$$V_d = E * 2 * \pi * r = 0.0052 * 2 * 3.14 * 0.7768 = 0.0256 \text{ m}^3$$

### Όγκος τμήματος e

Το τμήμα αυτό αποτελεί κομμάτι κυκλικού δακτυλίου κυκλικής διατομής.



ΣΧΗΜΑ 4

Ο όγκος αυτού του αντικειμένου υπολογίζεται από τον τύπο:

$$V = 2 * \pi^2 * r^2 * R \Rightarrow V = 2 * 3.14^2 * 0.150^2 * 0.750 = 0.3331 \text{ m}^3$$

Από αυτόν τον όγκο εμείς χρησιμοποιούμε ένα τμήμα του μόνο, αυτό που αντιστοιχεί σε τόξο 58° δηλαδή χρησιμοποιούμε το 1/6.21 του κύκλου. Οπότε ο όγκος του τμήματος αυτού είναι:

$$V_c = 0.3331 / 6.21 = 0.0537 \text{ m}^3$$

Συνολικά λοιπόν οι κεφαλές έχουν χωρητικότητα:

$$V_{\text{κεφ}} = (V_a + V_b + V_c + V_d + V_e) * 2 = 1.40 \text{ m}^3$$

Έτσι το κυλινδρικό τμήμα της δεξαμενής θα πρέπει να έχει χωρητικότητα:

$$V_{\text{κυλ}} = 12.5 - 1.40 = 11.10 \text{ m}^3$$



Βάση αυτού του όγκου έχουμε ότι οι τελικές διαστάσεις του κυλινδρικού τμήματος της δεξαμενής είναι οι:

<b>h (m)</b>	<b>R (m)</b>	<b>D (m)</b>
4.360	0.9	1.8
<b>4.40</b>	<b>0.9</b>	<b>1.8</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ**

### ΙΙΙ .2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΧΟΥΣ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Για τον υπολογισμό του πάχους του κελύφους, χρησιμοποιούνται οι παρακάτω σχέσεις:

**α.** Περιφερειακή Εντατική κατάσταση (συνδέσεις κατά τον διαμήκη άξονα):

$$t = \frac{P * R}{2 * S * E - 0.4 * P} \quad (\text{III.2.3.1})$$

**β.** Διαμήκης Εντατική κατάσταση (συνδέσεις στην διεύθυνση της περιφέρειας):

$$t = \frac{P * R}{2 * S * E + 0.4 * P} \quad (\text{III.2.3.2})$$

όπου :

- t** : ελάχιστο απαιτούμενο πάχος ελάσματος του κελύφους σε ίντσες
- P**: ονομαστική πίεση ή μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας σε psi
- R**: εσωτερική διάμετρος του κελύφους
- S**: μέγιστη επιτρεπόμενη θλιπτική τιμή σε psi
- E**: συντελεστής συναρμογής συγκόλλησης

**III.2.3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ P**

Η ονομαστική πίεση αναφέρθηκε στην παράγραφο **ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ:**

$$P_{\lambda} = 6.5 \text{ Kp/cm}^2 = 6.37 * 10^5 \text{ Pa} = \mathbf{92.451 \text{ psi}}$$

**III.2.3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ S**

Η μέγιστη διατμητική τιμή λαμβάνεται από τον πίνακα UHA-23 (βλέπε παράρτημα σελ. 77) για το επιλεγμένο υλικό. Από τον πίνακα έχουμε ότι για το υλικό που χρησιμοποιούμε (high alloy steel 18Cr-8Ni Spec No SA-240 Grade 304) και για την θερμοκρασία των 55 °C, δηλαδή 143 °F που είναι η ονομαστική θερμοκρασία της δεξαμενής.

$$\mathbf{18.8 > S > 15.7}$$

Οι τιμές αυτές αναφέρονται σε θερμοκρασίες 100 °F και 200 °F αντίστοιχα. Χρησιμοποιώντας την απλή μέθοδο των τριών βρίσκουμε ότι η ζητούμενη τιμή για το S “απέχει” από αυτή των 100 °F κατά 1.33 μονάδες. Έτσι η ζητούμενη τιμή είναι:

$$S = 18.8 - 1.33 = 17.47 \text{ psi} \Rightarrow$$

$$\mathbf{S = 17.470.00 \text{ psi}}$$

**III.2.3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ E**

Ο συντελεστής E λαμβάνεται από τον πίνακα UW-12 (βλέπε παράρτημα σελ 79). Η περίπτωση μας είναι η (1) με συγκόλληση μέσα – έξω, της ίδιας ποιότητας, και με δειγματοληπτικό έλεγχο.

Έτσι έχουμε:

$$\mathbf{E = 0.85}$$

Από την σχέση III.2.3.1, υπολογίζουμε:

$$t_1 = \frac{P * R}{S * E - 0.6 * P} = \frac{85.34 * 35.43}{17470 * 0.85 - 0.6 * 85.34} \Leftrightarrow$$

$$t_1 = 0.20 \text{ in} = 5.19 \text{ mm}$$

Από την σχέση III.2.3.2, υπολογίζουμε:

$$t_2 = \frac{P * R}{2 * S * E + 0.6 * P} = \frac{85.34 * 35.43}{17470 * 0.85 + 0.6 * 85.34} \Leftrightarrow$$

$$t_2 = 0.10 \text{ in} = 2.58 \text{ mm}$$

Επιλέγουμε **t = 6mm = 0.24 in**

Βάση αυτού του πάχους υπολογίζουμε την Μέγιστη Επιτρεπόμενη Πίεση Λειτουργίας:

$$P_1 = \frac{S * E * t}{R = 0.6 * t} = \frac{17470 * 0.85 * 0.24}{35.43 + 0.6 * 0.24} = 98.60 \text{ psi} \quad \text{III.2.3.3}$$

### III.2.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΧΟΥΣ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ ΚΕΦΑΛΩΝ

Το πάχος ελάσματος που θα προκύψει είναι αυτό που λαμβάνουμε μετά την μορφοποίηση των κεφαλών.

Το πάχος του ελάσματος των κεφαλών δίνεται από την σχέση:

$$t = \frac{0.885 * P * L}{S * E - 0.1 * P}$$

όπου L είναι η εξωτερική ακτίνα του σφαιρικού τμήματος της κεφαλής ή, όπως ονομάζεται, η ακτίνα του στέμματος (βλ. σχ. ΠΤ-1).

Με **L = 1.55 m = 61.02 in** έχουμε από την παραπάνω σχέση το πάχος του ελάσματος των κεφαλών της δεξαμενής.

$$t = \frac{0.885 * P * L}{S * E - 0.1 * P} = \frac{0.885 * 85.34 * 61.02}{14470 * 0.85 - 0.1 * 85.34} = 0.31 \text{ in} = 7.89 \text{ mm}$$

Επιλέγουμε **t = 8 mm = 0.314 in**

Βάση αυτού του πάχους υπολογίζουμε την Μέγιστη Επιτρεπόμενη Πίεση Λειτουργίας:

$$P = \frac{S * E * t}{0.885 * L + 0.1 * t} = \frac{17470 * 0.85 * 0.314}{0.885 * 61.02 + 0.1 * 0.314} = 86.55 \text{ psi} \quad \text{III.2.4.1}$$

Από τις σχέσεις III.2.3.3 και III.2.4.1, έχουμε ότι η μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας είναι:

$$\underline{\underline{P = 86.55 \text{ psi}}}$$

### III.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Για να υπολογίσουμε τα στηρίγματα της δεξαμενής θα υπολογίσουμε πρώτα το συνολικό βάρος της, όταν αυτό θα είναι πλήρης με το υγρό που θα αποθηκεύεται.

#### III.3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Η συνολική επιφάνεια λαμαρίνας που χρησιμοποιείται για το κυλινδρικό τμήμα της δεξαμενής είναι:

$$F_1 = 5.65 \text{ m} * 4.40 \text{ m} = 24.88 \text{ m}^2$$

Για το τμήμα αυτό χρησιμοποιείται λαμαρίνα πάχους **6 mm** η οποία ζυγίζει **47.10 Kg/m<sup>2</sup>**. (Στοιχεία από πίνακες της ΜΕΤΑΛΛΕΜΠΟΡΙΚΗΣ αφοί Νικ. Γιαννόπουλοι & ΣΙΑ Ο.Ε).

Συνεπώς το βάρος του κυλινδρικού τμήματος της δεξαμενής είναι:

$$W_1 = 24.88 \text{ m}^2 * 47.10 \text{ Kg/m}^2 = 1171.91 \text{ Kg}$$

Για να υπολογίσουμε το βάρος των κεφαλών εξετάζουμε το παρακάτω σχήμα, το οποίο απεικονίζει την κεφαλή της δεξαμενής χωρισμένη σε τρία τμήματα.

#### ΤΜΗΜΑ a

Το εμβαδόν του τμήματος αυτού δίνεται από την σχέση:

$$E_a = \frac{pd^2 b}{360} \Rightarrow \frac{3.14 * 3.1^2 * 65}{360} \Rightarrow E_a = 5.451 \text{ m}^2$$

#### ΤΜΗΜΑ b

Το τμήμα β έχει εμβαδόν που δίνεται από την σχέση:

$$E_b = 4pRr \frac{b}{360} \Rightarrow E_b = 4 * 3.14 * 0.75 * 0.15 * \frac{58}{360} \Rightarrow E_b = 0.716 \text{ m}^2$$

#### ΤΜΗΜΑ c

Αυτό το τμήμα έχει εμβαδόν:

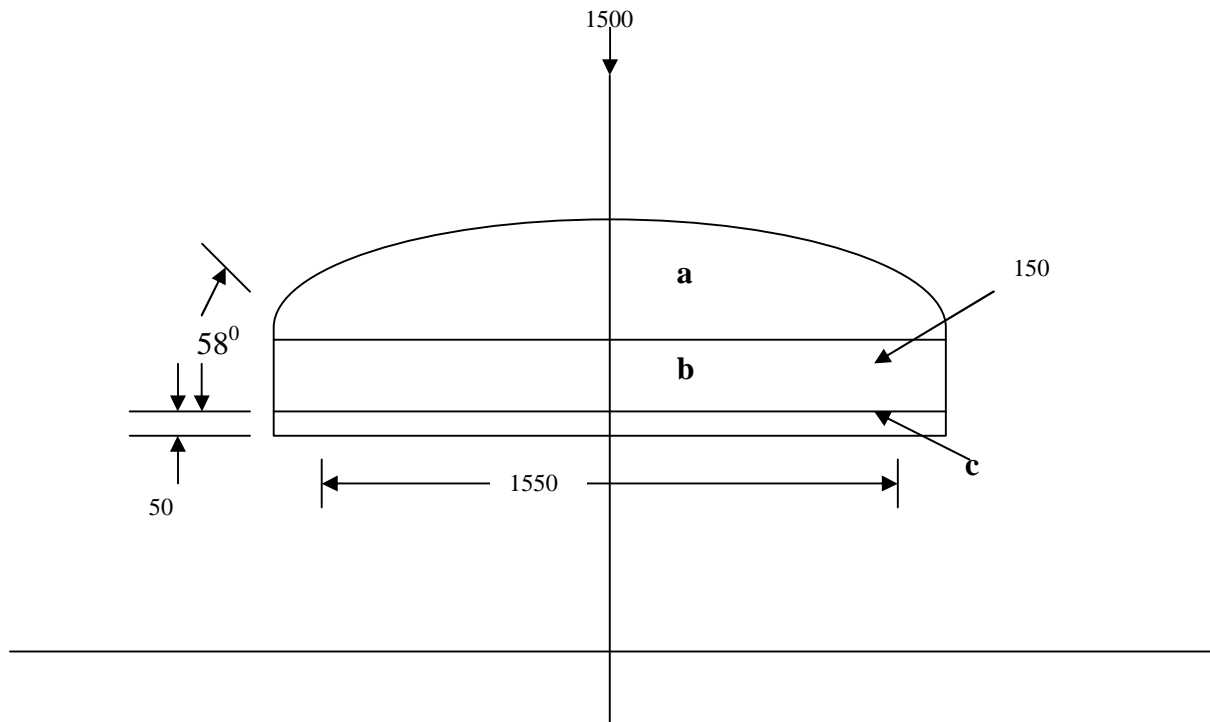
$$E_c = 2\pi Rb = 2 * 3.14 * 0.9 * 0.005 \Rightarrow E_c = 0.028 \text{ m}^2$$

Η συνολική λοιπόν επιφάνεια και για τις δύο κεφαλές είναι:

$$E = (E_a + E_b + E_c) * 2 = 6.19 \text{ m}^2 * 2 = 12.38 \text{ m}^2$$

Για τις κεφαλές χρησιμοποιείται λαμαρίνα πάχους **8mm** η οποία ζυγίζει **62.80 Kg/m<sup>2</sup>**. Έτσι το βάρος των κεφαλών είναι:

$$W_2 = 12.38 \text{ m}^2 * 62.80 \text{ Kg/m}^2 = 778.08 \text{ Kg}$$



ΣΧΗΜΑ 5

Οπότε το συνολικό βάρος της δεξαμενής είναι το άθροισμα των  $W_1$ ,  $W_2$  και επιπλέον ένα ποσοστό της τάξης του 5% του βάρους αυτού ως βάρη των διάφορων μηχανολογικών εξαρτημάτων (βάνες, θυρίδες κ.λ.π) και των συγκολλήσεων. Έτσι έχουμε:

$$W_1 = (W_1 + W_2) * 1.05 = (1171.91 + 778.08) * 1.05 = 2047.5 \text{ Kg}$$

Το βάρος του περιεχομένου υγρού είναι:

$$W_4 = 12.5 \text{ m}^3 * 0.92 \text{ tn/m}^3 = 11.5 \text{ tn} = 11500 \text{ Kg}$$

Άρα το συνολικό βάρος της κατασκευής συμπεριλαμβανόμενου του φορτίου θα είναι το άθροισμα του καθαρού βάρους της δεξαμενής συν το βάρος του περιεχόμενου υγρού.

Έτσι έχουμε:

$$W = (W_3 + W_4) = 13547.5 \text{ Kg}$$

### III.3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΩΝ-ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Την παράγραφο αυτή θα υπολογίσουμε τα στηρίγματα της δεξαμενής.

Η δεξαμενή που εξετάζουμε μπορεί να παραλληλιστεί με μια αμφιπροέχουσα δοκό πάνω στην οποία ασκείται η δύναμη του βάρους του φορτίου. Το γεγονός ότι η συγκέντρωση του φορτίου στις κεφαλές μεταβάλλεται συναρτήσει της απόστασης δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα, εφόσον η απόσταση είναι μικρή και το σφάλμα μικρό, και έτσι μπορούμε να θεωρήσουμε πάνω στη δοκό ομοιόμορφα κατανεμημένο το φορτίο. Έτσι λοιπόν, το πρόβλημα ανάγεται στο να υπολογίσουμε την αμφιπροέχουσα δοκό. Στο επόμενο σχήμα φαίνονται τα διαγράμματα των τάσεων και των καμπτικών ροπών. Τα στηρίγματα έχουν τοποθετηθεί σε τυχαία θέση και απέχουν ίση απόσταση από τα άκρα της δεξαμενής. Οι υπολογισμοί για τον προσδιορισμό των τάσεων και των καμπτικών ροπών δεν αποτελεί αντικείμενο της εργασίας αυτής οπότε και παραλείπονται. Τα στοιχεία αυτά τα λαμβάνουμε από την Μηχανική.

Εφόσον το φορτίο είναι ομοιόμορφα κατανεμημένο και τα στηρίγματα της δεξαμενής ισαπέχουν από τα άκρα του, είναι γνωστό από την Μηχανική ότι η κάθετη δύναμη κατανέμεται κατά το ήμισυ σε καθένα από αυτά τα στηρίγματα. Έτσι ισχύει ότι:

$$R_a = R_b = \frac{Q}{2} = \frac{ql}{2}$$

Έχουμε υπολογίσει ότι το βάρος του δοχείου συμπεριλαμβανομένου του περιεχομένου υγρού είναι **W=13547.5 Kgr**, οπότε:

$$R_a=R_b=\frac{13547.5}{2}=6773.75 \text{ Kgr}$$

Επίσης, έχουμε ότι στην θέση των στηριγμάτων η ροπή που παρουσιάζεται είναι:

$$M_x = \frac{Qx^2}{2l}$$

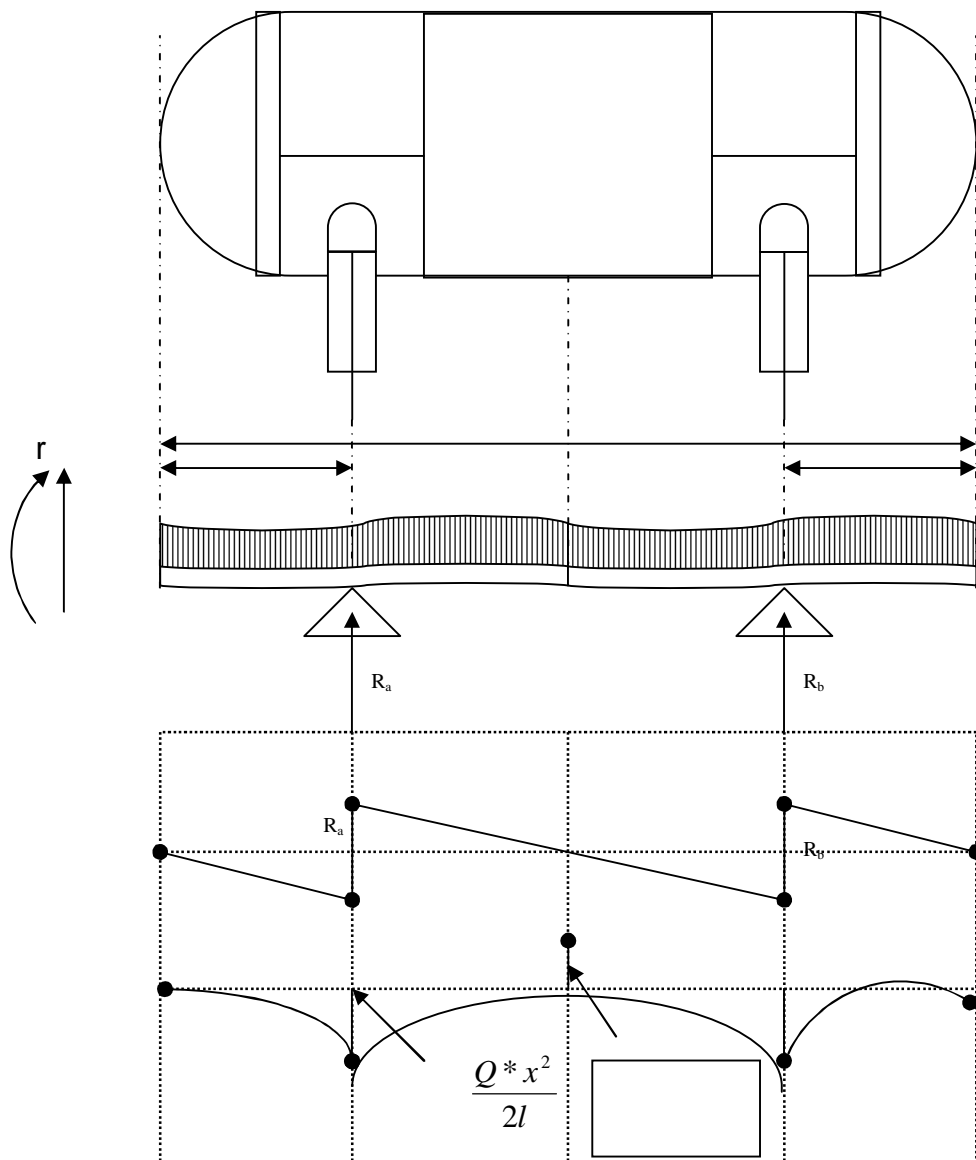
Ενώ η μέγιστη ροπή παρουσιάζεται στο μέσον της δοκού και έχει μέτρο:

$$M_{\max} = \frac{Wl}{4} \left( \frac{1}{2} - \frac{2x}{l} \right)$$

Εξισώνοντας τις αντίθετες ροπές που ασκούνται στο δοχείο, εύκολα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι ροπές που ασκούνται στα στηρίγματα του δοχείου αλληλοαναιρούνται όταν η απόσταση  $x$  των στηριγμάτων από τα άκρα του δοχείου λάβει την τιμή:

$$x = \frac{l}{4}$$

Θα υπολογίσουμε τώρα τις διατομές των στηριγμάτων:



**ΣΧΗΜΑ 6:** Διάγραμμα τάσεων και καμπτικών ροπών της δεξαμενής.

Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι υπάρχουν διάφοροι τύποι στηρίξεως των δοχείων υψηλής πίεσης. Ένας τρόπος στήριξης είναι ακόμα και η έδραση του

δοχείου πάνω σε διαμορφωμένο υπόβαθρο από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η επιλογή του τύπου δεν περιορίζεται από κάποιες προδιαγραφές, όσον αφορά την μορφή.

Όπως φαίνεται στο κατασκευαστικό σχέδιο του δοχείου, τα στηρίγματα αποτελούνται από δοκούς τύπου I. Τα άνω άκρα των στηριγμάτων ενώνονται μεταξύ τους με διαμορφωμένο έλασμα έτσι ώστε να γίνει η έδραση του δοχείου, ενώ στο κάτω άκρο τα στηρίγματα φέρουν πέλμα.

Για την επιλογή της διατομής της δοκού θεωρούμε ότι μια μόνον δοκός καλείται να παραλάβει τα φορτία. Τα φορτία αυτά είναι, το ήμισυ του συνολικού βάρους του δοχείου και το **σεισμικό φορτίο**. Εφόσον γίνει η επιλογή της διατομής που είναι ικανή να φέρει μόνη αυτά τα φορτία θέτουμε όλα τα στηρίγματα με αυτήν την διατομή, επιτυγχάνοντας έτσι στήριξη με διπλάσιο συντελεστή ασφαλείας.

### III.3.2.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΟΣ

Τα φορτία που δέχεται η δοκός είναι:

- $F = \frac{W}{2}$ , ήμισυ του φορτίου δοχείου και περιεχομένου
- $W_e$ , σεισμικό φορτίο  $= 0.12 * F = 0.12 * 6773.75 = 812.85 \text{ Kgr}$

Για τον υπολογισμό της διατομής της δοκού που θα χρησιμοποιηθεί για τα στηρίγματα, θα χρησιμοποιήσουμε την *μέθοδο υπολογισμού των αριθμών ω*.

Έτσι έχουμε:

#### 1. Απαιτούμενο εμβαδόν διατομής στηρίγματος

Το απαιτούμενο εμβαδόν της διατομής δίνεται από την επόμενη σχέση:

$$A_{\text{απ.}} = \omega' * \frac{F}{S_{ep}}$$

Όπου  $\omega' = 1.60$ . Η τιμή αυτή είναι προσωρινή και ισχύει για φόρτιση τύπου ΗΖ. Έτσι έχουμε:

$$A_{\text{απ.}} = 1.60 * \frac{6773.75}{1400} = 7.74 \text{ cm}^2$$

Επιλέγουμε δοκό I 65 με  $h=65\text{mm}$ ,  $b=42\text{mm}$ ,  $s=5.5\text{mm}$ ,  $t=7.5\text{mm}$ ,  **$A=9.03\text{cm}^2$**

(βλ. Παράρτημα, «Δοκοί μορφής I» σελ.85).



## 2. Προσδιορισμός τιμής αριθμού $\omega$

Για τη διατομή αυτή η λυγηρότητα  $\lambda$  δίνεται από τη σχέση:

$$\lambda = \frac{s_k}{\min(i)}$$

όπου  $s_k$  είναι το μήκος λυγισμού. Η περίπτωση που παρουσιάζεται εδώ είναι δοκός με πάκτωση στο ένα άκρο και ελεύθερο το άλλο. Έτσι το μήκος λυγισμού είναι το διπλάσιο του μήκους του στηρίγματος το οποίο όπως φαίνεται στο σχέδιο είναι 94cm:

$$s_k = 2 * 1 = 2 * 94 = 188\text{cm}$$

Επίσης το  $\min(i) = 1.25$  (βλ. Παράρτημα, «Δοκοί μορφής I» σελ. 85). Οπότε:

$$\lambda = \frac{188}{1.25} = 150.4$$

Βάση αυτής της τιμής του  $\lambda$  έχουμε ότι  $\omega = 3.80$ . (βλ. Παράρτημα, Πίνακας 3.3, σελ 84).

Έτσι το απαιτούμενο εμβαδόν της διατομής είναι:

$$A_{\text{απ.}} = 3.80 * \frac{6773.75}{1400} = 18.38\text{cm}^2$$

Οπότε επιλέγουμε δοκό I 140 με  $h=140\text{mm}$ ,  $b=60\text{mm}$ ,  $s=7\text{mm}$ ,  $t=10\text{mm}$  και  $A=20.4\text{cm}^2$  (βλ. Παράρτημα, «Δοκοί μορφής I» σελ. 85).

Ο βαθμός λυγηρότητας για αυτήν την δοκό είναι:

$$\lambda = 188/1.75 = 107.42$$

οπότε,  $\omega = 2.05$

## 3. Υπολογισμός αναπτυσσόμενων τάσεων θλίψης – κάμψης.

Τα στηρίγματα λόγω του σεισμικού φορτίου καταπονούνται και σε κάμψη. Ως εκ τούτου υπολογίζουμε τις αναπτυσσόμενες τάσεις από την συνδυασμένη καταπόνηση θλίψεως και κάμψεως. Έχουμε :

$$\sigma = \frac{F}{A} + \frac{M}{W} = \frac{6773.75}{20.4} + \frac{812.85 * 94}{86.4} = 1216.40 \text{ kg/cm}^2$$

όπου το  $W$  λαμβάνεται από το Παράρτημα, «Δοκοί μορφής I» σελ.85.

Παρατηρούμε ότι  $\sigma < \sigma_{\text{επ.}} = 1400 \text{ kg/cm}^2$

## 4. Υπολογισμός αναπτυσσόμενων τάσεων λυγισμού – κάμψης

Η τάση δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma = \omega * \frac{F}{A} + 0.9 * \frac{M}{W} = 2.05 * \frac{6773.75}{20.4} + 0.9 * \frac{812.85 * 94}{86.4} = 1476.6 \text{ kg/cm}^2$$

Βλέπουμε ότι  $\sigma > \sigma_{\text{επ}}$ , οπότε επιλέγουμε μεγαλύτερη διατομή.

Για δοκό **I 160**, **A=24 cm<sup>2</sup>**, συνοπτικά έχουμε:

$$\lambda = 188/1.89 = 99.47 \Rightarrow \omega = 1.88$$

### Τάσεις θλίψης – κάμψης

$$\sigma = \frac{6773.75}{24} + \frac{812.85 * 94}{116} = 940.91 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{\text{επ.}}$$

### Τάσεις λυγισμού – κάμψης

$$\sigma = 1.88 * \frac{6773.75}{24} + 0.9 * \frac{812.85 * 94}{116} = 1123.43 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{\text{επ.}}$$

Οπότε θα χρησιμοποιηθεί δοκός **I 160**.

## III.3.2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΕΛΜΑΤΩΝ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΩΝ

Για τα πέλματα των στηριγμάτων χρησιμοποιούμε χάλυβα st37. Ο υπολογισμός έχει ως εξής:

Η επιτρεπόμενη τάση  $p$  επί της επιφάνειας του εδράνου του θεμελίου, το οποίο είναι όπως έχει προαναφερθεί από σπλισμένο σκυρόδεμα, καθορίζει την απαιτούμενη επιφάνεια  $A$  του πέλματος. Είναι δηλαδή:

$$A_{\text{απ.}} = a * b = F/p_{\text{επ.}}$$

Το  $p_{\text{επ}}$  για ποιότητα σκυροδέματος B80 έχει την τιμή **20 kg/cm<sup>2</sup>** (Σιδηρά Δομικά Έργα, Κωστέας, εκδόσεις Τ.Ε.Ε., σελ. 309).

Η κάθε δοκός στήριξης παραλαμβάνει το ένα τέταρτον του συνολικού βάρους του δοχείου, δηλαδή :

$$F = 13547.5 / 4 = 3386.87 \text{ kg}$$

Έτσι έχουμε ότι :

$$A_{\text{απ.}} = 3386.87 / 20 = 169.34 \text{ cm}^2$$

Οι πλάκες έδρασης εκλέγονται τετραγωνικής ή ορθογωνικής διατομής με συνήθη λόγω πλευρών  $a: b = 1: 1 - 2 : 3$  (σιδηρά δομικά έργα, Κωστέας, εκδόσεις Τ.Ε.Ε., σελ. 320).

Επιλέγουμε πλάκα με πλάτος **b = 20 cm**. Οπότε, έχουμε  $a = b / 1.5 = 13.33 \text{ cm}$ . Θέτουμε **a = 14 cm**. Τότε έχουμε:

$$A = 20 * 14 = 280 \text{ cm}^2 > A_{\text{απ.}}$$

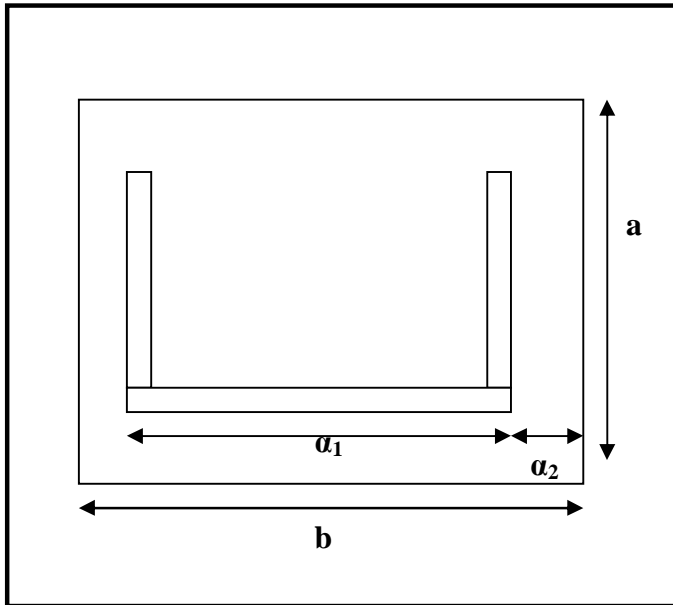
Τότε η επιτρεπόμενη τάση  $p$  γίνεται:

$$p_{\text{υπ}} = F/A = 3386.87 / 280 = 12.09 \text{ kg/cm}^2$$

Ως πάχος της πλάκας εκλέγεται το μεγαλύτερο των παχών που προκύπτουν από τις παρακάτω εξισώσεις :

$$t_1 \geq \alpha_1 * \sqrt{p_{up} / 2s_{ep}} , t_2 \geq \alpha_2 * \sqrt{3p_{up} / s_{ep}} .$$

Στο επόμενο σχήμα διευκρινίζονται τα μεγέθη  $\alpha_1$  ,  $\alpha_2$  .



ΣΧΗΜΑ 7 .Πέδιλο στηρίγματος

Έτσι έχουμε ότι :  $\alpha_1 = 16\text{cm}$  ,  $\alpha_2 = 3.75$  (= 14 – 6.5). Τότε έχουμε:

$$t_1 \geq 16 * \sqrt{12.09 / 2 * 1400} = 1.05\text{cm}$$

$$t_2 \geq 3.75 * \sqrt{3 * 12.09 / 1400} = 0.6\text{cm}$$

Χρησιμοποιούμε λαμαρίνα πάχους  $t = 11\text{mm}$ .

### III.3.2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΓΚΟΛΗΣΕΩΝ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΩΝ

Η συγκόλληση στηρίγματος – πέλματος, καταπονείτε από θλιπτικές και διατμητικές τάσεις. Το μεσαίο στήριγμα, τοποθετείται ώστε να μην καταπονούνται τα ακραία στηρίγματα από καμπτικές ροπές. Θα ελέγξουμε αν η επιφάνεια συγκόλλησης είναι αρκετή ώστε να φέρει ασφαλώς τα φορτία αυτά.

Είναι γνωστό ότι σε γωνιακές συγκολλήσεις αντισοπαχών τεμαχίων, για το πλάτος της συγκόλλησης ισχύει η σχέση:

$$\alpha \leq 0.7t_{\min} \geq 3\text{mm}$$

Το  $t_{\min}$  στην περίπτωση μας είναι το πάχος  $s = 7.5 \text{ mm}$  της δοκού I που χρησιμοποιείται για στήριγμα. Οπότε έχουμε ότι:

$$a \leq 0.7 * 7.5 = 5.25 \text{ mm}$$

Επιλέγουμε  $a = 5 \text{ mm}$ . Τότε, έχουμε εμβαδόν συγκόλλησης:

$$A = 56.5 * 0.5 = 28.25 \text{ cm}^2 \text{ (περίμετρος δοκού I 160 = 56.5).}$$

Έχει αναφερθεί παραπάνω ότι κάθε στήριγμα περιλαμβάνει το 1/4 του συνολικού βάρους, δηλαδή  $F = 3386.87 \text{ kg}$ .

- **Καταπόνηση σε θλίψη**

Έχουμε ότι :

$$\sigma_{\theta\lambda} = \frac{F}{A} = \frac{3386.87}{28.25} = 119.88 \text{ kg/cm}^2$$

- **Καταπόνηση σε διάτμηση**

Η διάτμηση προκαλείται από το σεισμικό φορτίο. Έτσι έχουμε :

$$\tau_1 = \frac{812.85}{28.25} = 28.77 \text{ kg/cm}^2$$

Η συνολική τάση είναι :

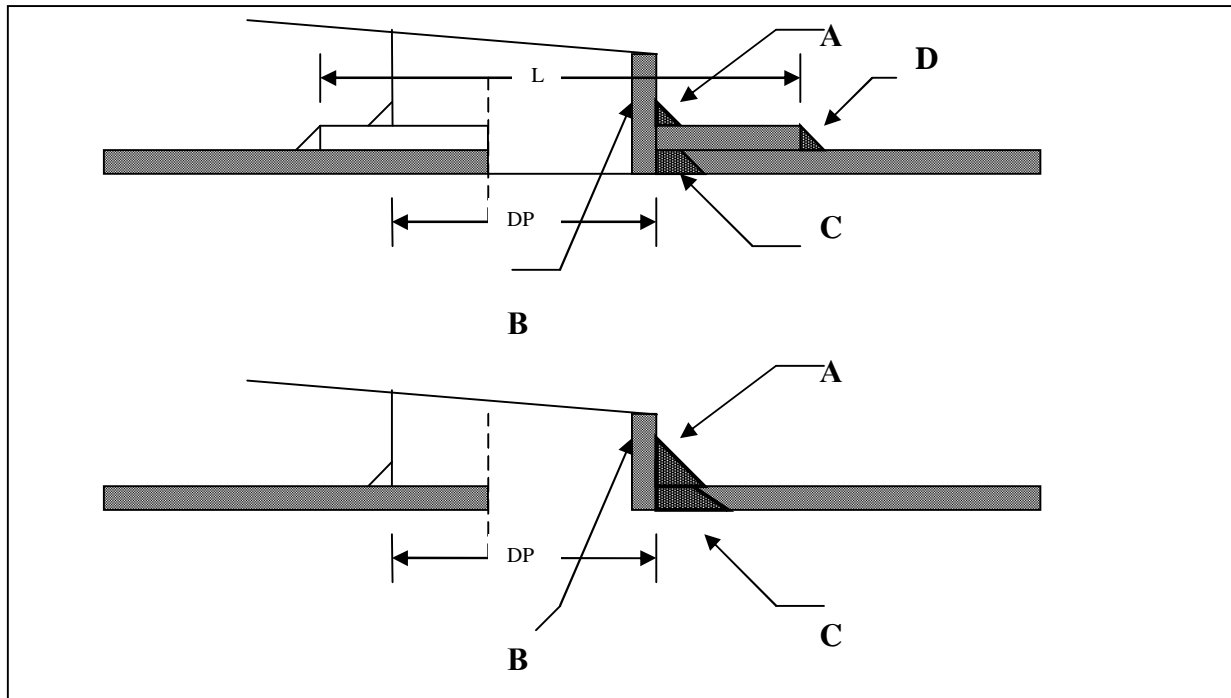
$$\sigma = \sqrt{s_{ql}^2 + t_1^2} = \sqrt{119.88^2 + 28.77^2} = 123.28 \text{ kg/cm}^2$$

Η επιτρεπόμενη τάση είναι  $\sigma_{\text{επ}} = 1350 \text{ kg/cm}^2$  (Παράρτημα, Πίνακας 4-3, σελ. 83-A). Οπότε βλέπουμε ότι η συγκόλληση αντέχει τα επιβαλλόμενα φορτία.

### **III.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΟΜΙΩΝ ΔΟΧΕΙΟΥ**

Όπως έχει προαναφερθεί, ο πελάτης είναι αυτός που καθορίζει το είδος και τον αριθμό των στομιών που θα φέρει το δοχείο υψηλής πίεσης. Ωστόσο, τις περισσότερες φορές συμβαίνει τα στόμια αυτά στις απαιτούμενες διαστάσεις, να μην είναι δυνατόν να ενσωματωθούν στο δοχείο γιατί θα προκαλέσουν στρεβλώσεις και τελικά αστοχία του κελύφους. Σε αυτές τις περιπτώσεις, υπολογίζουμε την ενίσχυση που πρέπει να προσθέσουμε στις περιοχές όπου τοποθετούνται τα στόμια με σκοπό να αποφευχθεί η αστοχία. Η ενίσχυση δεν είναι τίποτα άλλο από ένα κατασκευαστικό στοιχείο από λαμαρίνα του ίδιου υλικού κατασκευής του δοχείου, με τέτοιες διαστάσεις ώστε να είναι ικανή η κατασκευή να αντέξει τις τάσεις που δημιουργούν τα στόμια. Μαζί με τον υπολογισμό των ενισχύσεων, υπολογίζεται και η αντοχή των συγκολλήσεων των στομιών, στις θέσεις που μπορεί να παρουσιαστεί αστοχία. Στο

παρακάτω σχήμα φαίνονται οι περιοχές αυτές στην περίπτωση που υπάρχει ενισχυτικό στοιχείο και στην περίπτωση που δεν υπάρχει.



**ΣΧΗΜΑ 8:** Θέσεις πιθανής αστοχίας συγκόλλησης στομίων

Τα στόμια είναι κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό με το δοχείο αν και αυτό δεν είναι κατ' ανάγκη απόλυτο. Αρκεί, σε ειδικές περιπτώσεις όπως αυτή που μελετάμε που το δοχείο θα φέρει διαβρωτικό υλικό, να έχουν κατασκευαστεί από τέτοιο υλικό που να ανταποκρίνεται στις ιδιαίτερες συνθήκες της κάθε περίπτωσης.

Στην συνέχεια θα εξετάσουμε δύο στόμια τα οποία είναι αντιπροσωπευτικά των στομίων που θα φέρει το δοχείο. Η διαφορά των δύο αυτών στομίων είναι, εκτός φυσικά των διαστάσεών τους, το ότι το πρώτο τοποθετείται στο κυλινδρικό μέρος του δοχείου, ενώ το δεύτερο στην κεφαλή.

### III.4.1 ΣΤΟΜΙΟ 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>”

Το πάχος του τοιχώματος του στομίου είναι  $t_n=0.13$  in.

#### **α. Απαιτούμενο πάχος κελύφους δοχείου**

$$t_r = \frac{P * R}{S * E - 0.6 * P} = \frac{86.55 * 35.43}{17.470 * 0.85 - 0.6 * 86.55} = 0.21 \text{ in}$$

#### **β. Απαιτούμενο πάχος στομίου**

$$t_m = \frac{P * R_n}{S * E - 0.6 * P} = \frac{86.55 * 0.75}{17470 * 0.85 - 0.6 * 86.55} = 0.0044 \text{ in}$$

όπου  $R_n$  είναι η εσωτερική ακτίνα του στομίου που μελετάμε.

#### γ. Απαιτούμενο μέγεθος συγκόλλησης

$$t_c \geq 0.7 * t_{\min} = 0.7 * 0.24 = 0.17 \text{ in}$$

όπου  $t_{\min}$  το πάχος του ελάσματος του κελύφους του δοχείου, το οποίο έχουμε υπολογίσει.

#### δ. Απαιτούμενη περιοχή ενίσχυσης

$$A = d * t_r * F = 1.5 * 0.21 * 1 = 0.31 \text{ in}^2$$

Όπου :

**d**= είναι η διάμετρος της οπής που μένει μετά την τοποθέτηση του στομίου και πρακτικά ισούται με την διάμετρο του στομίου, και

**F**= είναι ένας διορθωτικός συντελεστής ο οποίος αντισταθμίζει την μεταβολή των τάσεων εξαιτίας της πίεσης, σε διαφορετικά επίπεδα αναφορικά με τον άξονα του δοχείου. Η τιμή του συντελεστή F είναι ίση με την μονάδα (1) σε όλες τις περιπτώσεις εκτός των ολικά ενισχυμένων ανοιγμάτων σε κώνο όπου η τιμή του λαμβάνεται από διάγραμμα.

#### ε. Υπάρχουσα περιοχή ενίσχυσης

Με τον όρο αυτό εννοούμε την ενίσχυση που προσφέρει η γύρω από την οπή επιφάνεια του δοχείου. Υπάρχει περίπτωση, η περιοχή αυτή να είναι αρκετή ώστε να μην υποστεί παραμορφώσεις από το στόμιο, οπότε και δεν απαιτείται ενίσχυση.

Η επιφάνεια αυτή προκύπτει ως άθροισμα τριών επιφανειών, των  $A_1$ ,  $A_2$  και  $A_{41}$  όπου :

**A<sub>1</sub>** είναι η περιοχή υπέρβασης του πάχους του ελάσματος του κελύφους της δεξαμενής που είναι διαθέσιμο για ενίσχυση, σε  $\text{in}^2$ .

**A<sub>2</sub>** είναι η περιοχή υπέρβασης του πάχους του ελάσματος του κελύφους του στομίου που είναι διαθέσιμο για ενίσχυση, σε  $\text{in}^2$ .

**A<sub>41</sub>** είναι η διατομή των συγκολλήσεων της ενίσχυσης, σε  $\text{in}^2$

Άλλα μεγέθη που χρησιμοποιούνται στις σχέσεις των παραπάνω είναι:

**E<sub>1</sub>**, συντελεστής του οποίου η τιμή είναι 1 σε περίπτωση που το άνοιγμα βρίσκεται σε στέρα περιοχή ή περνάει από περιφερειακή συγκόλληση (εκτός από τις συγκολλήσεις κελύφους – κεφαλής) ή ισούται με τον συντελεστή συναρμογής, ο οποίος έχει οριστεί προηγουμένα, σε περίπτωση που οποιοδήποτε τμήμα του ανοίγματος περνάει από άλλη, εκτός των προαναφερθέντων περιπτώσεων, συγκόλληση. Στην περίπτωση μας ο συντελεστής για όλα τα στόμια έχει την τιμή 1.

$F_r$ , είναι ο συντελεστής ελάττωσης της αντοχής και ισούται με το πηλίκο  $S_{\text{στομίου}}/S_{\text{δοχείου}} \leq 1$

Εφόσον τα στόμια είναι κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό με το κέλυφος του δοχείου έχουμε ότι  $S_{\text{στομίου}}=S_{\text{δοχείου}}$  άρα  $f_r=1$

Έτσι έχουμε:

Το  $A_1$  λαμβάνει την μέγιστη των τιμών των παρακάτω εξισώσεων

$$A_1 = (E_1 * t - F * t_r) * d = (1 * 0.24 - 1 * 0.21) * 1.5 = 0.05 \text{ in}^2$$

$$A_1 = (E_1 * t - F * t_r) * (t_n + t) * 2 = (1 * 0.24 - 1 * 0.21) * (0.13 + 0.24) * 2 = 0.02 \text{ in}^2$$

Οπότε  $A_1 = 0.05 \text{ in}^2$ , και το  $A_2$  λαμβάνει την μικρότερη των τιμών των παρακάτω δύο εξισώσεων :

$$A_2 = (t_n - t_m) * 5 * t * f_r = (0.13 - 0.00044) * 5 * 0.24 * 1 = 0.15 \text{ in}^2$$

$$A_2 = (t_n - t_m) * 5 * t_n * f_r = (0.13 * 0.0044) * 5 * 0.13 * 1 = 0.09 \text{ in}^2$$

Δηλαδή ,  $A_2 = 0.09 \text{ in}^2$ , και

$$A_{41} = t^2 * f_r = 0.24^2 * 1 = 0.06 \text{ in}^2$$

Οπότε η υπάρχουσα περιοχή ενίσχυσης είναι:

$$A' = A_1 + A_2 + A_{41} = 0.05 + 0.09 + 0.06 = 0.19 \text{ in}^2$$

Παρατηρούμε ότι  $A' < A \Leftrightarrow 0.19 \text{ in}^2 < 0.31 \text{ in}^2$  , οπότε απαιτείται ενισχυτικό στοιχείο.

Για να ενισχυθεί αποτελεσματικά η περιοχή θα πρέπει να προστεθεί μια επιφάνεια ενίσχυσης με εμβαδόν διατομής την διαφορά  $A-A'$  . Η επιφάνεια αυτή συμβολίζεται  $A_5$ .

Έτσι, έχουμε:

$$A_5 = A - A' = 0.31 - 0.19 = 0.12 \text{ in}^2$$

Το πάχος  $t_e$  του στοιχείου ενίσχυσης, σύμφωνα με τον ASME περιορίζεται από το πάχος του κελύφους και του ίδιου του στομίου. Συγκεκριμένα, ως το μέγιστο πάχος θα εκλάβουμε το ελάχιστο που προκύπτει από τα γινόμενα των παχών του κελύφους του δοχείου και του τοιχώματος του στομίου με τον συντελεστή 2.5 αντίστοιχα. Έτσι έχουμε:

$$t_e = \min(2.5 * 1.25 * t_n) = \min(0.6\text{in}, 0.33\text{in}) = 0.33 \text{ in}$$

Η διάμετρος  $D_p$  του στοιχείου ενίσχυσης δίνεται από τη σχέση :

$$D_p = d + 2 * t_n + \frac{A_5}{f_r * t_e} = 1.5 + 2 * 0.13 + \frac{0.12}{1 * 0.33} = 1.81 \text{ in}$$

### ζ. Φορτία που καλούνται να παραλάβουν οι συγκολλήσεις

Το μέγεθος των φορτίων που καλούνται να παραλάβουν οι συγκολλήσεις τόσο του στομίου όσο και των ενισχύσεων δίνεται από την σχέση :

$$W = (A - A_1) * S = (0.31 - 0.05) * 17470 = 4571.60 \text{ lb}$$

Θα ελέγξουμε, αν αντέχουν οι συγκολλήσεις στα σημεία που υπάρχει ο μεγαλύτερος κίνδυνος να παρουσιαστεί αστοχία.

Στο σύστημα δοχείο – ενίσχυση – στόμιο ασκούνται οι εξής τάσεις :

- **Διάτμηση στην συγκόλληση**

$$\tau_1 = 0.49 * S = 0.49 * 17470 = 8560.30 \text{ psi}$$

- **Τάση στην συγκόλληση στο αυλάκι**

$$\sigma = 0.74 * S = 0.74 * 17470 = 12927.80 \text{ psi}$$

- **Διάτμηση στον τοίχο του στομίου**

$$\tau_2 = 0.70 * S = 0.70 * 17470 = 12229.00 \text{ psi}$$

### Αντοχή των στοιχείων συναρμογής

#### I. Διάτμηση στην συγκόλληση

$$\tau_3 = \pi/2 * (\text{διάμετρος στομίου με τα τοιχία του}) * t * \tau_1$$

$$\tau_3 = 3.14/2 * (1.5 + 2 * 0.13) * 0.24 * 8560.30 \Leftrightarrow$$

$$\tau_3 = 5699.62 \text{ lb}$$

#### II. Διάτμηση στον τοίχο του στομίου

$$\tau_4 = \pi/2 * (\text{μέση διάμετρος στομίου}) * t_n * \tau_2$$

$$\tau_4 = 3.14/2 * (1.5 + 0.13) * 0.13 * 12229.00 \Leftrightarrow$$

$$\tau_4 = 4174.45 \text{ lb}$$

#### III. Τάση στην συγκόλληση στο αυλάκι

$$\sigma_2 = \pi/2 * (\text{διάμετρος στομίου με τα τοιχία του}) * t * \sigma_1$$

$$\sigma_2 = 3.14/2 * (1.5 + 2 * 0.13) * 0.24 * 12927.80 \Leftrightarrow$$

$$\sigma_2 = 8607.58 \text{ lb}$$

#### IV. Διάτμηση στην κόλληση της ενίσχυσης

$$\tau_5 = \pi/2 * (\text{διάμετρος ενίσχυσης}) * t * \tau_1$$

$$\tau_5 = 3.14/2 * 1.81 * 0.24 * 8560.30 \Leftrightarrow$$



$$T_5 = 11653.60 \text{ lb}$$

### Πιθανά πεδία αστοχίας (βλέπε σχήμα 9)

- **Πεδίο διαμέσου B - D**

$$W = T_5 + T_4 = 11653.60 + 4174.45 = 15828.04 \text{ lb} > W$$

άρα η συγκόλληση αντέχει.

- **Πεδίο διαμέσου A – C**

$$W = T_3 + \sigma_2 = 5699.62 + 8607.58 = 14307.20 \text{ lb} > W$$

άρα η συγκόλληση αντέχει.

- **Πεδίο διαμέσου C – D**

$$W = \sigma_2 + T_5 = 8607.58 + 11653.60 = 20261.18 \text{ lb} > W$$

άρα η συγκόλληση αντέχει.

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε όλα τα στόμια εκτός αυτό των 3/4" που χρησιμοποιείται για τον δείκτη στάθμης και στο οποίο θα αναφερθούμε παρακάτω. Η μόνη διαφορά παρουσιάζεται όταν η υπάρχουσα περιοχή ενίσχυσης είναι αρκετή και δεν απαιτείται ενισχυτικό στοιχείο. Σε αυτές τις περιπτώσεις, προφανώς δεν υπολογίζουμε την διάτμηση στην συγκόλληση της ενίσχυσης, και οι επικίνδυνες περιοχές είναι πλέον, σύμφωνα με το σχήμα 9, οι περιοχές A – B και A – C.

Τα στοιχεία που δεν μεταβάλλονται είναι τα παρακάτω :

- Απαιτούμενο πάχος κελύφους δοχείου ,  $t_r$
- Απαιτούμενο μέγεθος συγκόλλησης ,  $t_c$
- Συντελεστής  $f_r$
- Συντελεστής S
- Συντελεστής F
- Συντελεστής E1
- Πίεση λειτουργίας , P
- Συντελεστής συναρμογής , E
- Τα μεγέθη  $T_1$ ,  $\sigma_1$ ,  $T_2$

Στο Παράρτημα υπάρχει πίνακας (σελ. 64) όπου φαίνονται οι αναλύσεις για τα υπόλοιπα στόμια και οι πλήρεις οι αναλύσεις για αυτά τα στόμια (σελ. 65 – 76)

Όπως τονίστηκε παραπάνω, το στόμιο 3/4" που χρησιμοποιείται για τον σωλήνα του δείκτη στάθμης δεν υπολογίζεται με τον τρόπο που υπολογίστηκαν τα υπόλοιπα στόμια. Αυτό συμβαίνει γιατί βρίσκεται πάνω στην κεφαλή της δεξαμενής

υψηλής πίεσης, θέση για την οποία ισχύουν άλλες συνθήκες. Στην συνέχεια θα αναλύσουμε αυτή την περίπτωση.

### **III.4.2 ΣΤΟΜΙΟ 3/4” ΣΤΗΝ ΚΕΦΑΛΗ**

Το πάχος του στομίου είναι 0.11 ίντσες.

#### **A. Απαιτούμενο πάχος κεφαλής**

Το απαιτούμενο πάχος της κεφαλής δίνεται από τη σχέση :

$$t_r = \frac{P * K_1 * D}{2 * S * E - 0.2 * P} \quad \text{όπου :}$$

**P** , η πίεση λειτουργίας του δοχείου.

**D** , η εσωτερική διάμετρος του κελύφους, που συμπίπτει με την μέγιστη της κεφαλής.

**K<sub>1</sub>**, είναι ο *συντελεστής σφαιρικότητας* και προκύπτει από πίνακα (βλ. Παράρτημα σελ. 80) βάση του πηλίκου **D/2\*h**, όπου D έχει προαναφερθεί και h το ύψος της κεφαλής (βλ. σχήμα 2). Έτσι έχουμε ότι :

$$D/2h = 1800\text{mm}/2*417.9\text{mm} = 2.15$$

Οπότε :

$$\mathbf{K_1 = 1.105}$$

Έτσι το απαιτούμενο πάχος της κεφαλής προκύπτει :

$$t_r = \frac{86.55 * 1.105 * 70.86}{2 * 17470 * 0.85 - 0.2 * 86.55} = 0.25 \text{ in}$$

#### **β. Απαιτούμενο πάχος στομίου**

$$t_{rn} = \frac{P * R_n}{S * E - 0.6 * P} = \frac{86.55 * 0.375}{17470 * 0.85 - 0.6 * 86.55} = 0.0022 \text{ in}$$

#### **γ. Απαιτούμενο μέγεθος συγκόλλησης**

$$t_c \geq 0.7 * t_{min} = 0.7 * 0.314 = 0.22 \text{ in}$$

#### **δ. Απαιτούμενη επιφάνεια ενίσχυσης**

$$A = d * t_r * F = 0.75 * 0.25 * 1 = 0.188 \text{ in}^2$$

#### **ε. Υπάρχουσα περιοχή ενίσχυσης**

$$A_1 = (E_1 * t - F * t_r) * d = (1 * 0.314 - 1 * 0.25) * 0.75 = 0.048 \text{ in}^2$$

$$A''_1 = (E_1 * t - F * t_r) * (t_n + t) * 2 = (1 * 0.314 - 1 * 0.25) * (0.11 + 0.314) * 2 = 0.054 \text{ in}^2$$

Οπότε **A<sub>1</sub> = 0.054 in<sup>2</sup>**,

$$A_2 = (t_n - t_{rn}) * 5 * t * f_r = (0.11 - 0.0021) * 5 * 0.314 * 1 = 0.169 \text{ in}^2$$

$$A'_2 = (t_n - t_{rn}) * (5 * t_n + 2 * t_e) * f_r = (0.11 - 0.0021) * (5 * 0.11 + 0) * 1 = 0.059 \text{ in}^2$$

Οπότε **A<sub>2</sub> = 0.059 in<sup>2</sup>**,

Στην προηγούμενη σχέση ο όρος  $2 \cdot t_e$  λαμβάνει την τιμή 0 (μηδέν) γιατί αρχικά θέλουμε να ελέγξουμε αν χρειάζεται ενίσχυση ( $t_c =$  πάχος ενισχυτικού).

Θέτουμε ότι το στόμιο των 3/4" υπερβαίνει το τοίχωμα του δοχείου και εκτείνεται προς το εσωτερικό. Επέλεξα αυτήν την περίπτωση γιατί έτσι εισάγεται ένας νέος συντελεστής, ο  $A_3$ , που μας δίνει την υπάρχουσα περιοχή ενίσχυσης λόγω αυτής της επέκτασης του σώματος του στομίου (βλ. Παράρτημα Fig. L- 7, σελ. 81).

$$A_3 = (t_n - c) \cdot 2 \cdot h \cdot f_r = (0.11 - 0) \cdot 2 \cdot 0.275 \cdot 1 = 0.0605 \text{ in}^2$$

$$h = \min(2.5 \cdot t, 2.5 \cdot t_n) \Leftrightarrow h = \min(0.785, 0.275) \Leftrightarrow h = 0.275 \text{ in}$$

Τέλος, εκτός του  $A_{41}$ , εισάγεται επίσης ο  $A_{43}$ , που δηλώνει την ενισχυτική επιφάνεια λόγω της συγκόλλησης στο τμήμα που εκτείνεται μέσα στο δοχείο και ισούται με τον  $A_{41}$  εφόσον η κόλληση είναι του ίδιου μεγέθους. Έτσι έχουμε :

$$A_{41} + A_{43} = 2 \cdot t^2 \cdot f_r = 2 \cdot 0.314^2 \cdot 1 = 0.197 \text{ in}^2$$

Συνεπώς, η υπάρχουσα περιοχή ενίσχυσης είναι :

$$A' = A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} = 0.37 \text{ in}^2$$

Η επιφάνεια αυτή είναι σαφώς μεγαλύτερη της απαιτούμενης, οπότε δεν απαιτείται ενίσχυση.

#### ζ. Φορτία που καλούνται να παραλάβουν οι συγκολλήσεις

$$W = (A - A_1) \cdot S = (0.188 - 0.054) \cdot 17470 = 2340.98 \text{ lb}$$

Οι τάσεις που επιβάλλονται είναι οι :

- **Διάτμηση στην συγκόλληση**

$$\tau_1 = 0.49 \cdot S \cdot 0.8 = 0.49 \cdot 17470 \cdot 0.8 = 6848.24 \text{ psi}$$

- **Διάτμηση στο στόμιο**

$$\tau_2 = 0.70 \cdot 17470 \cdot 0.8 = 9782.20 \text{ psi}$$

#### **Αντοχή των στοιχείων σύνδεσης**

##### **I. Διάτμηση στην συγκόλληση**

$$\tau_3 = 3.14/2 \cdot (0.75 + 2 \cdot 0.11) \cdot 0.314 \cdot 6848.24 = 3274.76 \text{ lb}$$

##### **II. Διάτμηση στο στόμιο**

$$\tau_4 = 3.14/2 \cdot 0.86 \cdot 3.14 \cdot 9783.20 = 4147.71 \text{ lb}$$

**Πιθανά πεδία αστοχίας**

- **Πεδίο διαμέσου A- B (Συγκόλληση – Στόμιο)**

$$w = T_3 + T_4 = 3274.76 + 4147.71 = 7422.47 \text{ lb} > W$$

άρα η συγκόλληση αντέχει.

- **Πεδίο διαμέσου A- A (Έσω – Έξω Συγκόλληση)**

$$w = T_3 + \sigma_3 = 3274.76 + 3274.76 = 6549.52 \text{ lb} > W$$

άρα η συγκόλληση αντέχει.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Το παραπάνω τεύχος υπολογισμών είναι η πλήρης ανάλυση μιας κυλινδρικής δεξαμενής υψηλής πίεσης οριζοντίου τύπου, με σφαιρικές πεπλατυσμένες κεφαλές. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι, κάθε τύπος δεξαμενής έχει διαφορετικούς τρόπους υπολογισμού που πολλές φορές διαφέρουν εντελώς μεταξύ τους. Επιπλέον, οι προδιαγραφές αλλάζουν κατά περίπτωση, ενώ είναι άξιο λόγου το ότι μια ελάχιστη απόκλιση από αυτές, προκαλεί λανθασμένα αποτελέσματα.

Η επιλογή των σωστών προδιαγραφών, όπως αποδεικνύεται τελικά, είναι και το κύριο αντικείμενο της εργασίας. Πράγματι, ξεκινώντας από τα τεχνικά χαρακτηριστικά της δεξαμενής, η συλλογή των στοιχείων που οδηγούν στη σωστή επιλογή του τύπου που πρέπει να εφαρμοστεί, είναι μια δαιδαλώδης, αλλά και εξαιρετικά ενδιαφέρουσα εργασία.

Έγινε μεγάλη προσπάθεια ώστε η εργασία αυτή να περιέχει μόνο αυτά τα στοιχεία που είναι αναγκαία, και όχι όλο τον όγκο πληροφορίας που απαιτήθηκε για τη συγκέντρωση αυτών των στοιχείων. Πραγματικά, η αναφορά όλων των λεπτομερειών μέσω των οποίων γίνεται η επιλογή ενός τύπου, θα ξέφευγε του αντικειμένου της εργασίας, και θα την καθιστούσε ογκωδέστατη και κουραστική. Στη συνέχεια ακολουθεί ένα παράρτημα στο οποίο περιέχονται συγκεντρωτικοί πίνακες των αποτελεσμάτων, οι πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν, οι αναλύσεις των στομίων και των ενισχύσεων, καθώς και δείγματα ραδιογραφιών που παρουσιάζουν αστοχίες. Τα δείγματα αυτά προμηθεύτηκαν από τον πολιτικό μηχανική Μιχαήλ Σαλαμτζή, και προέρχονται από τον ραδιογραφικό έλεγχο του χωροδικτυώματος του έργου <Κλειστό γυμναστήριο στα Μποζαίτικα Πατρών> της αναδόχου κοινοπραξίας ΑΤΕΜΚΕ ΑΤΕ- Κ.Ραχιώτης. Εδώ θα πρέπει να αναφέρω ότι οι πίνακες δεν είναι πολλοί, εφόσον η πλειοψηφία των στοιχείων που προκύπτουν βάσει υπολογισμών. Επίσης, θα πρέπει να τονιστεί ότι οποιαδήποτε μικρά απόκλιση των αποτελεσμάτων οφείλεται στην στρογγυλοποίηση των δεκαδικών.

Τέλος, την εργασία συνοδεύει το κατασκευαστικό σχέδιο της δεξαμενής.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE, SECTION VIII, Division 1  
“Rules for construction of Pressure Vessels”, ANSI/ASME
- Mark’s standard Handbook for Mechanical Engineers, Theodore Baumeister-  
Eugene A. Avallone – Theodore Baumeister III
- ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΙΙ (Αντοχή των υλικών), Παναγιώτου Γ. Χαρώνη
- WELDED STEEL TANKS FOR OIL STORAGE , American Petroleum Institute  
(API)
- BETTON CALENDER
- ΣΙΔΗΡΑ ΔΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ , Αντ. Δ. Κωστέα
- ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ Ι, Ιωάννου Στεργίου
- ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ, Ευάγγελος  
Γαλούσης-Άγγελος Νικηφοριάδης, εκδ. Τ.Ε.Ε.



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV





## ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΧΕΙΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Υλικό κατασκευής	18Cr-8Ni SA-240 Grade 304
Θερμοκρασία λειτουργίας	55 °C
Ονομαστική πίεση P	6.5 Kp/cm <sup>2</sup>
Όγκος δεξαμενής W	12.5m <sup>3</sup>
Βάρος δοχείου P	13547.5 Kg
Διαστάσεις δεξαμενής (l * d)	5235.7 * 1800mm
Συντελεστής συναρμογής E	0.85 (δειγματοληπτικός έλεγχος)
Πάχος κελύφους t <sub>δεξ</sub>	6 mm
Πάχος κεφαλών t <sub>κεφ</sub>	8 mm
Πλάτος συγκόλλησης κελύφους	6 mm
Πλάτος συγκόλλησης κελύφους-κεφαλών	6 mm

## ΣΤΗΡΙΞΗ ΔΟΧΕΙΟΥ

Στήριξη (διατομή)	[ 160 * 6
Υλικό κατασκευής	st37
Τάση θλίψης – κάμψης σ <sub>1</sub>	940.91 kg/cm <sup>2</sup>
Τάση λυγισμού – κάμψης σ <sub>2</sub>	1123.43 kg/cm <sup>2</sup>

## ΠΕΛΜΑ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΩΝ

Διαστάσεις πέλματος (st37)	200 *140 * 11 (mm)
Πλάτος συγκόλλησης α	5 mm
Τάση από θλίψη σ <sub>θλ</sub>	119.88 kg/cm <sup>2</sup>
Τάση από διάτμηση τ	28.77 kg/cm <sup>2</sup>
Συνολική τάση σ	123.28 kg/cm <sup>2</sup>

ΘΕΣΗ	DN (in)	ΣΩΛΗΝΑΣ		ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ			N (in)	J (in)
		DP (in)	tn (in)	tc (in)	L (in)	W (in)		

A	1 1/2	1.76	0.13	0.33	1.81	1.81	-	7.87
B	3	3.44	0.22	0.55	3.57	3.57	0.47	7.87
C	1/2	0.72	0.11	-	-	-	0.35	7.87
D	20	20.62	0.31	0.60	22.50	22.50	0.53	7.87
E	4	4.48	0.24	0.60	4.70	4.70	0.47	7.87
F	12	12.48	0.24	0.60	13.50	13.50	0.53	8.11
G	1/2	0.72	0.11	-	-	-	0.35	7.87
H	3/4	0.97	0.11	-	-	-	-	3.94
J	3/4	0.97	0.11	-	-	-	-	3.94
K	1	1.26	0.13	0.33	1.27	1.27	-	-
L	1	1.26	0.13	0.33	1.27	1.27	-	-

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ				DC (in)	DB (in)	SF (in)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΠΩΝ	ΔΙΑΜΕΤΡ ΟΠΩΝ(in)
A (in)	B(in)	C (in)	D (in)					

-	-	0.09	0.17	-	-	-	-	-
0.15	0.15	0.15	0.17	7.50	6.00	0.94	4	0.75
0.08	0.08	0.08	0.17	3.50	2.37	0.44	4	0.63
0.22	0.22	0.22	0.17	27.50	25.00	1.69	20	1.25
0.17	0.17	0.17	0.17	9.00	7.50	0.94	8	0.75
0.17	0.17	0.17	0.17	19.00	17.00	1.25	12	1.00
0.08	0.08	0.08	0.17	3.50	2.37	0.44	4	0.63
-	-	0.08	0.22	-	-	-	-	-
-	-	0.08	0.22	-	-	-	-	-
-	-	0.09	0.17	-	-	-	-	-
-	-	0.09	0.17	-	-	-	-	-

### ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΣΤΟΜΙΩΝ

(ΣΥΝΟΔΕΥΕΙ ΤΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ)

A/A	Στόμιο (in)	κελύφους δεξαμενή	πάχος στομίου tn	πάχος τομίου tn	περιοχή ενίσχυσης A	Υπάρχουσα περιοχή ενίσχυσης		A5 (sq in)	πάχος ενίσχυσης w (lb)	ζωστικός ενίσχυσης D (lb)
-----	-------------	-------------------	------------------	-----------------	---------------------	-----------------------------	--	------------	------------------------	---------------------------

A1 (sq in) A2 (sq in) A41 (sq in) A' (sq in)

1	3	0,2400	0,2200	0,0088	0,6200	0,1000	0,2300	0,0600	0,3900	0,2300	0,5500	3,5700
2	20	0,2400	0,3100	0,0585	4,1400	0,6600	0,3000	0,0600	1,0100	3,1300	0,6000	22,5000
3	4	0,2400	0,2400	0,0117	0,8300	0,1300	0,2700	0,0600	0,4600	0,3700	0,6000	4,7000
4	12	0,2400	0,2400	0,0351	2,4900	0,3900	0,2500	0,0600	0,7000	1,7900	0,6000	13,5500
5	1	0,2400	0,1300	0,0029	0,2100	0,0300	0,0800	0,0600	0,1700	0,0300	0,3300	1,2700
6	1/2	0,2400	0,1100	0,0015	0,1000	0,0200	0,0600	0,0600	0,1400	ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ		

ΦΟΡΤΙΟ

A/A	ΣΤΙΣ ΚΟΛΛΗΣΕΙΣ Σ W (lb)	τ1 (psi)	σ1 (psi)	τ2 (psi)	τ3 (lb) (A)	τ4 (lb) (B)	σ2 (lb) (C)	τ5 (lb) (D)	ΠΕΔΙΟ A- B w (lb) (A+B)	ΠΕΔΙΟ B- D w (lb) (B+D)	ΠΕΔΙΟ A- C w (lb) (A+C)	ΠΕΔΙΟ C- D w (lb) (C+D)
1	9,143.21	8,560.30	12,927.80	12,229.00	11,101.42	13,607.85	16,765.41	23,031.44	-	36,639.29	27,866.83	39,796.85
2	60,954.72	8,560.30	12,927.80	12,229.00	66,543.98	120,943.47	100,494.99	145,207.98	-	266,151.45	167,038.97	245,702.97
3	12,190.94	8,560.30	12,927.80	12,229.01	14,457.66	19,547.35	21,834.02	30,333.70	-	49,881.05	36,291.69	52,167.72
4	36,572.83	8,560.30	12,927.80	12,229.02	40,274.92	56,429.15	60,823.35	87,481.69	-	143,910.83	101,098.27	148,305.03
5	3,047.74	8,560.30	12,927.80	12,229.03	4,066.22	2,821.84	6,140.82	8,204.29	-	11,026.14	10,207.04	14,345.11
6	1,409.36	8,560.30	12,927.80	12,229.04	2,323.55	1,288.94	3,509.04	-	3,612.49	-	5,832.59	-

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ**

S=	17,470.00	psi
R=	35.43	in
E=	0.85	
P=	86.55	psi
t=	0.24	in

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΟΜΙΟΥ**

ΣΤΟΜΙΟ	3	in
S=	17,470.00	psi
Rn=	1.50	in
tn=	0.22	in

F=	1.00	E1=	1.00	Fr=	1.00
----	------	-----	------	-----	------

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**

1. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

$tr=PR / (SE-0.6P)=$  **0.21 in**

2. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ

$Trn=PRn / (SE-0.6P)=$  **0.0088 in**

3. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

$tc \geq 0.7t_{min}=$  **0.17 in**

4. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

$A=d*tr*F=$  **0.62 in<sup>2</sup>**

5. ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

$A1\alpha=(E1*t-F*tr)*d=$  0.10 in<sup>2</sup>  
 $A1\beta=(E1*t-F*tr)*(tr+t)*2=$  0.03 in<sup>2</sup>  
 $A1=\max(A1\alpha,A1\beta)=$  0.10 in<sup>2</sup>

$A2\alpha=(tn-trn)*5*t*fr=$  0.25 in<sup>2</sup>  
 $A2\beta=(tn-trn)*5*tn*fr=$  0.23 in<sup>2</sup>  
 $A2=\min(A2\alpha,A2\beta)=$  0.23 in<sup>2</sup>

$A41=t2*fr=$  0.06 in<sup>2</sup>

$A' =$  0.39 in<sup>2</sup>

ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ

$A5=A-A' (=0 \text{ AN } A < A')$  0.23 in<sup>2</sup>  
 $te1=2.5*t=$  0.60 in  
 $te2=2.5*tn=$  0.55 in

$te=\min(te1,te2)$  0.55 in

$$D_p = d + 2 \cdot t_n + A5 / (f_r \cdot t_e) = 3.57 \text{ in}$$

6. ΦΟΡΤΙΑ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΙ ΣΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

$$W = (A - A1) \cdot S = 9,143.21 \text{ lb}$$

ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΙΣ

ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ (τ1)

$$0.49 \cdot S = 8,560.30 \text{ psi}$$

ΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΤΟ ΑΥΛΑΚΙ (σ1)

$$0.74 \cdot S = 12,927.80 \text{ psi}$$

ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΟ ΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ (τ2)

$$0.70 \cdot S = 12,229.00 \text{ psi}$$

ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ

A. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

$$\pi/2 \cdot (\text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΤΟΙΧΕΙΑ}) \cdot t \cdot \tau_1 = 11,101.42 \text{ lb}$$

B. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΟ ΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ

$$\pi/2 \cdot \text{ΜΕΣΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ} \cdot t_n \cdot \tau_2 = 13,607.85 \text{ lb}$$

C. ΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΤΟ ΑΥΛΑΚΙ

$$\pi/2 \cdot \text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΤΟΙΧΕΙΑ} \cdot t \cdot \sigma_1 = 16,765.41 \text{ lb}$$

D. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

$$\pi/2 \cdot \text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ} \cdot t \cdot \tau_1 = 23,031.44 \text{ lb}$$

ΠΙΘΑΝΑ ΠΕΔΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ A-B

- lb

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ B-D

36,639.29 - lb

ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ A-C

27,866.83 - lb

ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ C-D

39,796.85 - lb

ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ**

S=	17,470.00	psi
R=	35.43	in
E=	0.85	
P=	86.55	psi
t=	0.24	in

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΟΜΙΟΥ**

ΣΤΟΜΙΟ	20	in
S=	17,470.00	psi
Rn=	10.00	in
tn=	0.31	in

F=	1.00	E1=	1.00	fr=	1.00
----	------	-----	------	-----	------

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**

1. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

**tr=PR/ (SE-0.6P)= 0.21 in**

2. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ

**Trn=PRn/ (SE-0.6P)= 0.0585 in**

3. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

**tc>=0.7tmin= 0.17 in**

4. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

**A=d\*tr\*F= 4.14 in<sup>2</sup>**

5. ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

**A1α=(E1\*t-F\*tr)\*d= 0.66 in<sup>2</sup>**  
**A1β=(E1\*t-F\*tr)\*(tr+t)\*2= 0.04 in<sup>2</sup>**  
**A1=max(A1α,A1β)= 0.66 in<sup>2</sup>**

**A2α=(tn-trn)\*5\*t\*fr= 0.30 in<sup>2</sup>**  
**A2β=(tn-trn)\*5\*tn\*fr= 0.39 in<sup>2</sup>**  
**A2=min(A2α,A2β)= 0.30 in<sup>2</sup>**

**A41=t2\*fr= 0.06 in<sup>2</sup>**

**A' = 1.01 in<sup>2</sup>**

**ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ**

**A5=A-A' (=0 AN A<A') 3.13 in<sup>2</sup>**  
**te1=2.5\*t= 0.60 in**  
**te2=2.5\*tn= 0.78 in**

**te=min(te1,te2) 0.60 in**

$$D_p = d + 2 \cdot t_n + A5 / (f_r \cdot t_e) = 22.50 \text{ in}$$

**6. ΦΟΡΤΙΑ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΙ ΣΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ**

$$W = (A - A1) \cdot S = 60,954.72 \text{ lb}$$

**ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΙΣ**

**ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ (τ1)**

$$0.49 \cdot S = 8,560.30 \text{ psi}$$

**ΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΤΟ ΑΥΛΑΚΙ (σ1)**

$$0.74 \cdot S = 12,927.80 \text{ psi}$$

**ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΟ ΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ (τ2)**

$$0.70 \cdot S = 12,229.00 \text{ psi}$$

**ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ**

**A. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ**

$$\pi/2 \cdot (\text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΤΟΙΧΕΙΑ}) \cdot t \cdot \tau_1 = 66,543.98 \text{ lb}$$

**B. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΟ ΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ**

$$\pi/2 \cdot \text{ΜΕΣΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ} \cdot t_n \cdot \tau_2 = 120,943.47 \text{ lb}$$

**C. ΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΤΟ ΑΥΛΑΚΙ**

$$\pi/2 \cdot \text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΤΟΙΧΙΑ} \cdot t \cdot \sigma_1 = 100,494.99 \text{ lb}$$

**D. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ**

$$\pi/2 \cdot \text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ} \cdot t \cdot \tau_1 = 145,207.98 \text{ lb}$$

**ΠΙΘΑΝΑ ΠΕΔΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ**

**ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ Α-Β**

- lb

**ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ Β-Δ**

266,151.45 - lb

ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

**ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ Α-Γ**

167,038.97 - lb

ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

**ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ Γ-Δ**

245,702.97 - lb

ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ**

S=	17,470.00	psi
R=	35.43	in
E=	0.85	
P=	86.55	psi
t=	0.24	in

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΟΜΙΟΥ**

ΣΤΟΜΙΟ	4	in
S=	17,470.00	psi
Rn=	2.00	in
tn=	0.24	in

F=	1.00	E1=	1.00	fr=	1.00
----	------	-----	------	-----	------

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**

1. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

**tr=PR/ (SE-0.6P)= 0.21 in**

2. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ

**Trn=PRn/ (SE-0.6P)= 0.0117 in**

3. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

**tc>=0.7tmin= 0.17 in**

4. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

**A=d\*tr\*F= 0.83 in<sup>2</sup>**

5. ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

**A1α=(E1\*t-F\*tr)\*d= 0.13 in<sup>2</sup>**  
**A1β=(E1\*t-F\*tr)\*(tr+t)\*2= 0.03 in<sup>2</sup>**  
**A1=max(A1α,A1β)= 0.13 in<sup>2</sup>**

**A2α=(tn-trn)\*5\*t\*fr= 0.27 in<sup>2</sup>**  
**A2β=(tn-trn)\*5\*tn\*fr= 0.27 in<sup>2</sup>**  
**A2=min(A2α,A2β)= 0.27 in<sup>2</sup>**

**A41=t2\*fr= 0.06 in<sup>2</sup>**

**A' = 0.46 in<sup>2</sup>**

**ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ**

**A5=A-A' (=0 ΑΝ A<A') 0.37 in<sup>2</sup>**  
**te1=2.5\*t= 0.60 in**  
**te2=2.5\*tn= 0.60 in**

**te=min(te1,te2) 0.60 in**



$$D_p = d + 2 \cdot t_n + A5 / (f_r \cdot t_e) = 4.70 \text{ in}$$

6. ΦΟΡΤΙΑ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΙ ΣΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

$$W = (A - A1) \cdot S = 12,190.94 \text{ lb}$$

ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΙΣ

ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ (τ1)

$$0.49 \cdot S = 8,560.30 \text{ psi}$$

ΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΤΟ ΑΥΛΑΚΙ (σ1)

$$0.74 \cdot S = 12,927.80 \text{ psi}$$

ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΟ ΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ (τ2)

$$0.70 \cdot S = 12,229.00 \text{ psi}$$

ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ

A. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

$$\pi/2 \cdot (\text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΤΟΙΧΕΙΑ}) \cdot t \cdot \tau_1 = 14,457.66 \text{ lb}$$

B. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΟ ΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ

$$\pi/2 \cdot \text{ΜΕΣΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ} \cdot t_n \cdot \tau_2 = 19,547.35 \text{ lb}$$

C. ΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΤΟ ΑΥΛΑΚΙ

$$\pi/2 \cdot \text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΤΟΙΧΙΑ} \cdot t \cdot \sigma_1 = 21,834.02 \text{ lb}$$

D. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

$$\pi/2 \cdot \text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ} \cdot t \cdot \tau_1 = 30,333.70 \text{ lb}$$

ΠΙΘΑΝΑ ΠΕΔΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ Α-Β

- lb

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ Β-D

49,881.05 - lb

ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ Α-C

36,291.69 - lb

ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ C-D

52,167.72 - lb

ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ**

S=	17,470.00	psi
R=	35.43	in
E=	0.85	
P=	86.55	psi
t=	0.24	in

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΟΜΙΟΥ**

ΣΤΟΜΙΟ	12	in
S=	17,470.00	psi
Rn=	6.00	in
tn=	0.24	in

F=	1.00	E1=	1.00	fr=	1.00
----	------	-----	------	-----	------

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**

1. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

**tr=PR/ (SE-0.6P)= 0.21 in**

2. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ

**Trn=PRn/ (SE-0.6P)= 0.0351 in**

3. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

**tc>=0.7tmin= 0.17 in**

4. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

**A=d\*tr\*F= 2.49 in<sup>2</sup>**

5. ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

**A1α=(E1\*t-F\*tr)\*d= 0.39 in<sup>2</sup>**  
**A1β=(E1\*t-F\*tr)\*(tr+t)\*2= 0.03 in<sup>2</sup>**  
**A1=max(A1α,A1β)= 0.39 in<sup>2</sup>**

**A2α=(tn-trn)\*5\*t\*fr= 0.25 in<sup>2</sup>**  
**A2β=(tn-trn)\*5\*tn\*fr= 0.25 in<sup>2</sup>**  
**A2=min(A2α,A2β)= 0.25 in<sup>2</sup>**

**A41=t2\*fr= 0.06 in<sup>2</sup>**

**A' = 0.70 in<sup>2</sup>**

**ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ**

**A5=A-A' (=0 ΑΝ A<A') 1.79 in<sup>2</sup>**  
**te1=2.5\*t= 0.60 in**  
**te2=2.5\*tn= 0.60 in**

**te=min(te1,te2) 0.60 in**

$$D_p = d + 2 \cdot t_n + A5 / (f_r \cdot t_e) = 13.55 \text{ in}$$

6. ΦΟΡΤΙΑ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΙ ΣΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

$$W = (A - A1) \cdot S = 36.572.83 \text{ lb}$$

ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΙΣ

ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ (τ1)

$$0.49 \cdot S = 8,560.30 \text{ psi}$$

ΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΤΟ ΑΥΛΑΚΙ (σ1)

$$0.74 \cdot S = 12,927.80 \text{ psi}$$

ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΟ ΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ (τ2)

$$0.70 \cdot S = 12,229.00 \text{ psi}$$

ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ

A. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

$$\pi/2 \cdot (\text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΤΟΙΧΕΙΑ}) \cdot t \cdot \tau_1 = 40,274.92 \text{ lb}$$

B. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΟ ΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ

$$\pi/2 \cdot \text{ΜΕΣΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ} \cdot t_n \cdot \tau_2 = 56,429.15 \text{ lb}$$

C. ΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΤΟ ΑΥΛΑΚΙ

$$\pi/2 \cdot \text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΤΟΙΧΙΑ} \cdot t \cdot \sigma_1 = 60,823.35 \text{ lb}$$

D. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

$$\pi/2 \cdot \text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ} \cdot t \cdot \tau_1 = 87,481.69 \text{ lb}$$

ΠΙΘΑΝΑ ΠΕΔΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ Α-Β

- lb

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ Β-Δ

143,910.83 - lb

ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ Α-Γ

101,098.27 - lb

ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ Γ-Δ

148,305.03 - lb

ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ**

S=	17,470.00	psi
R=	35.43	in
E=	0.85	
P=	86.55	psi
t=	0.24	in

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΟΜΙΟΥ**

ΣΤΟΜΙΟ	1	in
S=	17,470.00	psi
Rn=	0.50	in
tn=	0.13	in

F=	1.00	E1=	1.00	fr=	1.00
----	------	-----	------	-----	------

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**

1. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

$$tr=PR / (SE-0.6P)= \quad \quad \quad \mathbf{0.21 \text{ in}}$$

2. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ

$$Trn=PRn / (SE-0.6P)= \quad \quad \quad \mathbf{0.0029 \text{ in}}$$

3. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

$$tc \geq 0.7t_{min}= \quad \quad \quad \mathbf{0.17 \text{ in}}$$

4. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

$$A=d*tr*F= \quad \quad \quad \mathbf{0.21 \text{ in}^2}$$

5. ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

$$A1\alpha=(E1*t-F*tr)*d= \quad \quad \quad 0.03 \text{ in}^2$$

$$A1\beta=(E1*t-F*tr)*(tr+t)*2= \quad \quad \quad 0.02 \text{ in}^2$$

$$A1=\max(A1\alpha,A1\beta)= \quad \quad \quad 0.03 \text{ in}^2$$

$$A2\alpha=(tn-trn)*5*t*fr= \quad \quad \quad 0.15 \text{ in}^2$$

$$A2\beta=(tn-trn)*5*tn*fr= \quad \quad \quad 0.08 \text{ in}^2$$

$$A2=\min(A2\alpha,A2\beta)= \quad \quad \quad 0.08 \text{ in}^2$$

$$A41=t2*fr= \quad \quad \quad 0.06 \text{ in}^2$$

$$A' = \quad \quad \quad 0.17 \text{ in}^2$$

ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ

$$A5=A-A' (=0 \text{ AN } A < A') \quad \quad \quad 0.03 \text{ in}^2$$

$$te1=2.5*t= \quad \quad \quad 0.60 \text{ in}$$

$$te2=2.5*tn= \quad \quad \quad 0.33 \text{ in}$$

$$te=\min(te1,te2) \quad \quad \quad 0.33 \text{ in}$$

$$D_p = d + 2 \cdot t_n + A5 / (f_r \cdot t_e) = 1.27 \text{ in}$$

**6. ΦΟΡΤΙΑ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΙ ΣΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ**

$$W = (A - A1) \cdot S = 3,047.74 \text{ lb}$$

**ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΙΣ**

**ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ (τ1)**

$$0.49 \cdot S = 8,560.30 \text{ psi}$$

**ΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΤΟ ΑΥΛΑΚΙ (σ1)**

$$0.74 \cdot S = 12,927.80 \text{ psi}$$

**ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΟ ΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ (τ2)**

$$0.70 \cdot S = 12,229.00 \text{ psi}$$

**ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ**

**A. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ**

$$\pi/2 \cdot (\text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΤΟΙΧΕΙΑ}) \cdot t \cdot \tau_1 = 4,066.22 \text{ lb}$$

**B. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΟ ΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ**

$$\pi/2 \cdot \text{ΜΕΣΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ} \cdot t_n \cdot \tau_2 = 2,821.84 \text{ lb}$$

**C. ΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΤΟ ΑΥΛΑΚΙ**

$$\pi/2 \cdot \text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΤΟΙΧΙΑ} \cdot t \cdot \sigma_1 = 6,140.82 \text{ lb}$$

**D. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ**

$$\pi/2 \cdot \text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ} \cdot t \cdot \tau_1 = 8,204.29 \text{ lb}$$

**ΠΙΘΑΝΑ ΠΕΔΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ**

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ Α-Β

- lb

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ Β-Δ

11,026.14 - lb

ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ Α-Γ

10,207.04 - lb

ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ Γ-Δ

14,345.11 - lb

ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ**

S=	17,470.00	psi
R=	35.43	in
E=	0.85	
P=	86.55	psi
t=	0.24	in

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΟΜΙΟΥ**

ΣΤΟΜΙΟ	0.5	in
S=	17,470.00	psi
Rn=	0.25	in
tn=	0.11	in

F=	1.00	E1=	1.00	fr=	1.00
----	------	-----	------	-----	------

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**

1. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

**tr=PR/ (SE-0.6P)= 0.21 in**

2. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ

**Trn=PRn/ (SE-0.6P)= 0.0015 in**

3. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

**tc>=0.7tmin= 0.17 in**

4. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

**A=d\*tr\*F= 0.10 in<sup>2</sup>**

5. ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

**A1α=(E1\*t-F\*tr)\*d= 0.02 in<sup>2</sup>**  
**A1β=(E1\*t-F\*tr)\*(tr+t)\*2= 0.02 in<sup>2</sup>**  
**A1=max(A1α,A1β)= 0.02 in<sup>2</sup>**

**A2α=(tn-trn)\*5\*t\*fr= 0.13 in<sup>2</sup>**  
**A2β=(tn-trn)\*5\*tn\*fr= 0.06 in<sup>2</sup>**  
**A2=min(A2α,A2β)= 0.06 in<sup>2</sup>**

**A41=t2\*fr= 0.06 in<sup>2</sup>**

**A' = 0.14 in<sup>2</sup>**

**ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ**

**A5=A-A' (=0 AN A<A') 0.00 in<sup>2</sup>**  
**te1=2.5\*t= 0.00 in**  
**te2=2.5\*tn= 0.00 in**

**te=min(te1,te2) 0.00 in**

$$D_p = d + 2 \cdot t_n + A5 / (f_r \cdot t_e) = 0.00 \text{ in}$$

**6. ΦΟΡΤΙΑ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΙ ΣΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ**

$$W = (A - A1) \cdot S = 1,409.36 \text{ lb}$$

**ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΙΣ**

**ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ (τ1)**

$$0.49 \cdot S = 8,560.30 \text{ psi}$$

**ΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΤΟ ΑΥΛΑΚΙ (σ1)**

$$0.74 \cdot S = 12,927.80 \text{ psi}$$

**ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΟ ΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ (τ2)**

$$0.70 \cdot S = 12,229.00 \text{ psi}$$

**ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ**

**A. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ**

$$\pi/2 \cdot (\text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΤΟΙΧΕΙΑ}) \cdot t \cdot \tau_1 = 2,323.55 \text{ lb}$$

**B. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΟ ΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ**

$$\pi/2 \cdot \text{ΜΕΣΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ} \cdot t_n \cdot \tau_2 = 1,288.94 \text{ lb}$$

**C. ΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΤΟ ΑΥΛΑΚΙ**

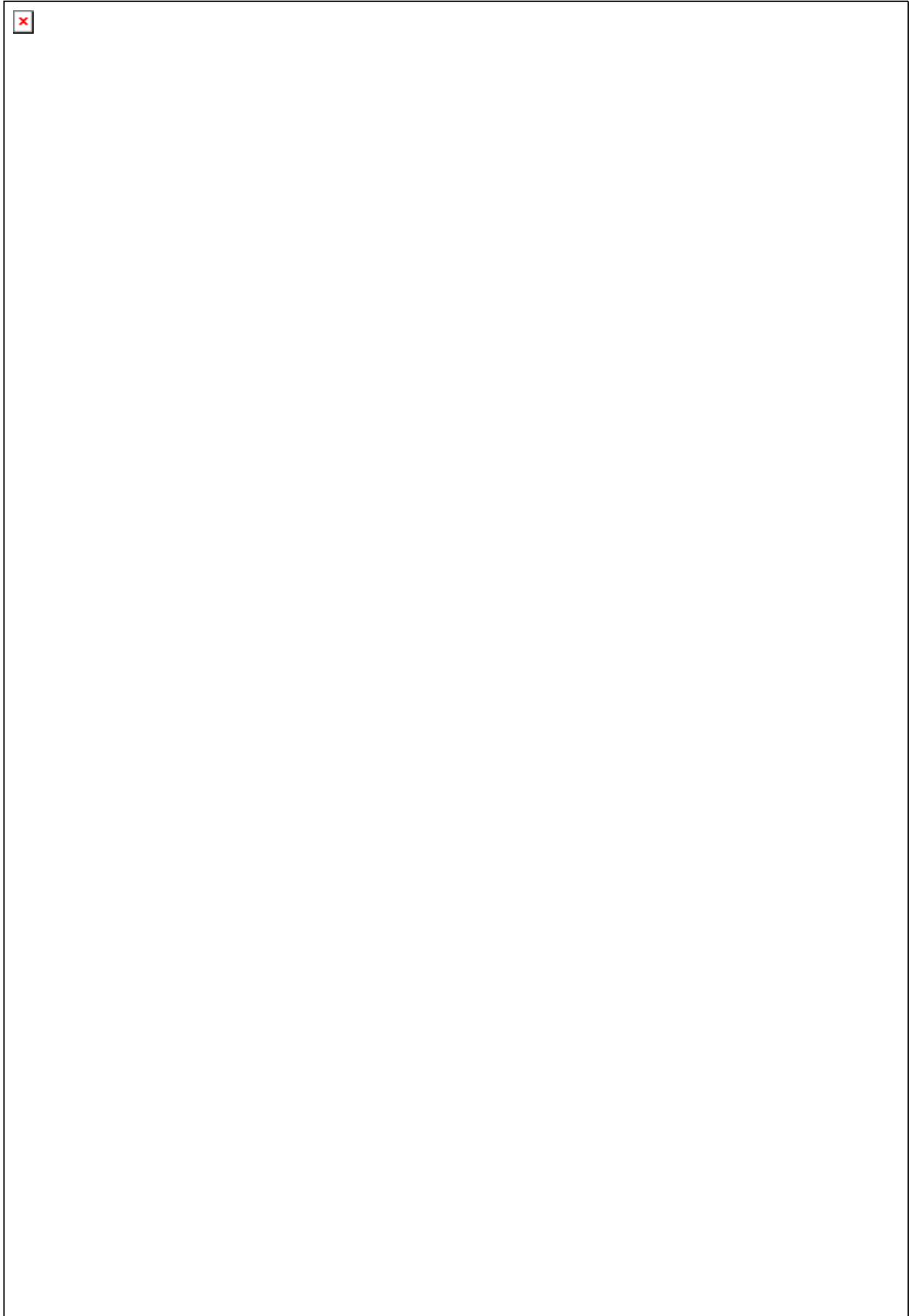
$$\pi/2 \cdot \text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΤΟΙΧΙΑ} \cdot t \cdot \sigma_1 = 3,509.04 \text{ lb}$$

**D. ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ**

$$\pi/2 \cdot \text{ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ} \cdot t \cdot \tau_1 = 0,00 \text{ lb}$$

**ΠΙΘΑΝΑ ΠΕΔΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ**

ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ A-B	3,612.49	-	lb	
ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ B-D	-	-	lb	ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ
ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ A-C	5,832.59	-	lb	ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ
ΠΕΔΙΟ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΩΝ C-D	-	-	lb	ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ





TABLES

Table UHA-23

TABLE UHA-23 (CONT'D)  
 MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES IN TENSION FOR HIGH-ALLOY STEEL  
 (CAUTION: See UW-12 for vessels constructed under Part UW)

Maximum Allowable Stress, ksi (Multiply by 1000 to Obtain psi), for Metal Temp., °F, Not Exceeding																Spec. No.	Ext. Press. Chart Fig. No.	
700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450			1500
9.4	9.2	9.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	SA-240 SA-213 SA-312 SA-182 SA-479	UHA-28.3 UHA-28.3 (18)
11.5	11.3	11.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	SA-249 SA-312 SA-688	UHA-28.3
8.0	7.8	7.7	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	SA-249 SA-312 SA-688	UHA-28.3
14.8	14.7	14.6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	SA-351	UHA-28.3
14.8	14.7	14.6	14.4	14.1	13.4	12.0	9.6	7.5	5.8	4.5	3.3	2.5	1.8	1.4	1.0	0.8	SA-351	UHA-28.1
11.0	10.8	10.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	SA-351	UHA-28.3
11.0	10.8	10.5	10.3	10.1	9.9	9.5	9.0	7.5	5.8	4.5	3.3	2.5	1.8	1.4	1.0	0.8	SA-351	UHA-28.1
14.8	14.7	14.6	14.4	14.2	13.9	13.4	12.0	9.8	7.7	6.1	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	SA-430 SA-430 SA-182 SA-182 SA-336	UHA-28.1
11.1	10.8	10.6	10.4	10.2	10.0	9.8	9.5	8.9	7.7	6.1	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	SA-430 SA-430 SA-182 SA-182 SA-336	UHA-28.1
15.9	15.6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	SA-240 SA-479	UHA-28.1 UHA-28.1 (18)
11.1	10.8	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	SA-240 SA-479	UHA-28.1 UHA-28.1 (18)
15.9	15.5	15.2	14.9	14.7	14.4	13.8	12.2	9.8	7.7	6.1	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	SA-240 SA-213 SA-213 SA-312 SA-312 SA-376 SA-376 SA-452 SA-182 SA-182 SA-479	UHA 28.1 UHA-28.1 (18)
11.1	10.8	10.6	10.4	10.2	10.0	9.8	9.5	8.9	7.7	6.1	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	SA-240 SA-213 SA-213 SA-312 SA-312	UHA-28.1

Table UW-12

SECTION VIII — DIVISION I

TABLE UW-12  
MAXIMUM ALLOWABLE JOINT EFFICIENCIES FOR ARC AND GAS WELDED JOINTS

No.	Type of Joint Description	Limitations	Degree of Examination		
			(a) Fully Radiographed <sup>1</sup>	(b) Spot Examined <sup>2</sup>	(c) Not Spot Examined <sup>3</sup>
(1)	Butt joints as attained by double-welding or by other means which will obtain the same quality of deposited weld metal on the inside and outside weld surfaces to agree with the requirements of UW-35. Welds using metal backing strips which remain in place are excluded.	None	1.00	0.85	0.70
(2)	Single-welded butt joint with backing strip other than those included under (1)	(a) None except as in (b) below (b) Butt weld with one plate offset—for circumferential joints only, see UW-13(c) and Fig. UW-13.1(k)	0.90	0.80	0.65
(3)	Single-welded butt joint without use of backing strip.	Circumferential joints only, not over 5/8 in. thick and not over 24 in. outside diameter	...	...	0.60
(4)	Double full fillet lap joint	Longitudinal joints not over 3/4 in. thick. Circumferential joints not over 5/8 in. thick	...	...	0.55
(5)	Single full fillet lap joints with plug welds conforming to UW-17	(a) Circumferential joints <sup>4</sup> for attachment of heads not over 24 in. outside diameter to shells not over 1/2 in. thick (b) Circumferential joints for the attachment to shells of jackets not over 5/8 in. in nominal thickness where the distance from the center of the plug weld to the edge of the plate is not less than 1 1/2 times the diameter of the hole for the plug.	...	...	0.50
(6)	Single full fillet lap joints without plug welds	(a) For the attachment of heads convex to pressure to shells not over 5/8 in. required thickness, only with use of fillet weld on inside of shell; or (b) for attachment of heads having pressure on either side, to shells not over 24 in. inside diameter and not over 1/4 in. required thickness with fillet weld on outside of head flange only.	...	...	0.45

NOTES:

(1) See UW-12(a) and UW-51.

(2) See UW-12(b) and UW-52.

(3) The maximum allowable joint efficiencies shown in this column are the weld joint efficiencies multiplied by 0.80 (and rounded off to the nearest 0.05), to effect the basic reduction in allowable stress required by this Division for welded vessels that are not spot examined. See UW-12(c).

(4) Joints attaching hemispherical heads to shells are excluded.







	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	St 37			St 52		
		H	HZ	H	HZ	H	HZ
		kg / cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	kg / cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	kg / cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	kg / cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	kg / cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	kg / cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )
	1	3	4	5	6		
1	Θαλίψη και θαλίψη από κάμψη, όταν απαιτείται έλεγχος σε λυγισμό σύμφωνα με το DIN 4114 ή DIN 18800 - Μέρους 2	1400 (140)	1600 (160)	2100 (210)	2400 (240)		
2	Εφελκυσμός και εφελκυσμός από κάμψη θαλίψη και θαλίψη από κάμψη, όταν δεν υπάρχει κίνδυνος λυγισμού	1600 (160)	1800 (180)	2400 (240)	2700 (270)		
3	Διάττηση	920 (92)	1040 (104)	1390 (139)	1560 (156)		

Πίνακας 6.1 : Επιτρεπόμενες τάσεις δομικών στοιχείων



λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	λ
20	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	20
30	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13	30
40	1,14	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19	1,20	40
50	1,21	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	50
60	1,30	1,31	1,32	1,32	1,34	1,35	1,36	1,37	1,39	1,40	60
70	1,41	1,42	1,44	1,45	1,46	1,48	1,49	1,50	1,52	1,53	70
80	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61	1,62	1,64	1,66	1,68	1,69	80
90	1,71	1,73	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84	1,86	1,88	90
100	1,90	1,92	1,94	1,96	1,98	2,00	2,02	2,05	2,07	2,09	100
110	2,11	2,14	2,16	2,18	2,21	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39	110
120	2,43	2,47	2,51	2,55	2,60	2,64	2,68	2,72	2,77	2,81	120
130	2,85	2,90	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,17	3,22	3,26	130
140	3,31	3,36	3,41	3,45	3,50	3,55	3,60	3,65	3,70	3,75	140
150	3,80	3,85	3,90	3,95	4,00	4,06	4,11	4,16	4,22	4,27	150
160	4,32	4,38	4,43	4,49	4,54	4,60	4,65	4,71	4,77	4,82	160
170	4,88	4,94	5,00	5,05	5,11	5,17	5,23	5,29	5,35	5,41	170
180	5,47	5,53	5,59	5,66	5,72	5,78	5,84	5,91	5,97	6,03	180
190	6,10	6,16	6,23	6,29	6,36	6,42	6,49	6,55	6,62	6,69	190
200	6,75	6,82	6,89	6,96	7,03	7,10	7,17	7,24	7,31	7,38	200
210	7,45	7,52	7,59	7,66	7,73	7,81	7,88	7,95	8,03	8,10	210
220	8,17	8,25	8,32	8,40	8,47	8,55	8,63	8,70	8,78	8,86	220
230	8,93	9,01	9,09	9,17	9,25	9,33	9,41	9,49	9,57	9,65	230
240	9,73	9,81	9,89	9,97	10,05	10,14	10,22	10,30	10,39	10,47	240
250	10,55	για ενδιάμεσες τιμές δεν απαιτείται παρεμβολή									

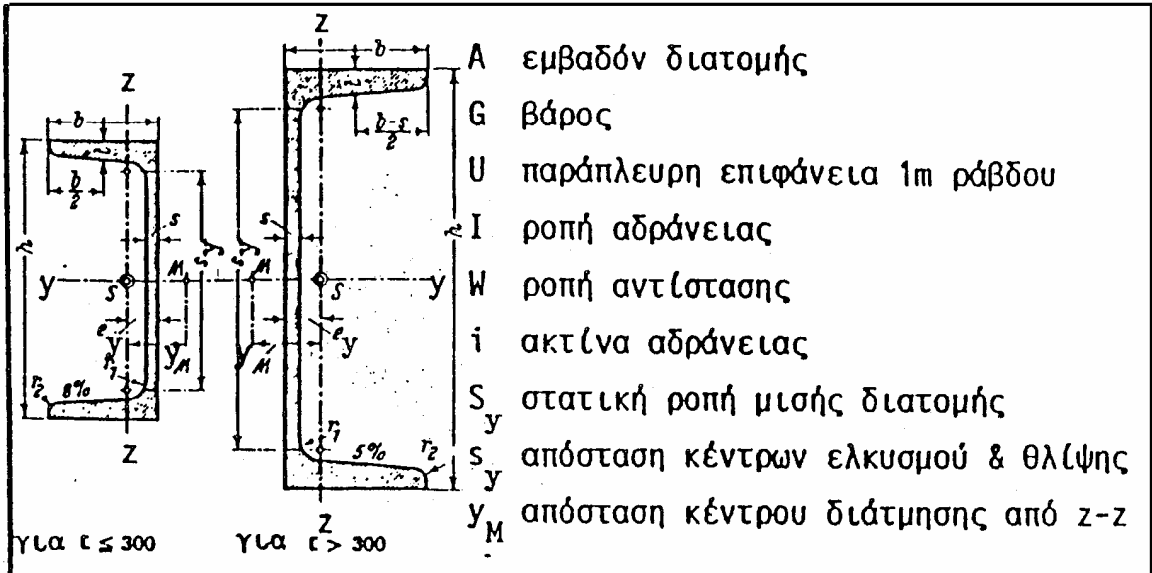
Πίνακας 3.3 : Τιμές αριθμών ω για δομικά στοιχεία από St 37

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	λ
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	20
30	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	30
40	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	40
50	1,12	1,13	1,13	1,14	1,15	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18	50
60	1,19	1,20	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	60
70	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	70
80	1,39	1,40	1,41	1,42	1,44	1,46	1,47	1,48	1,50	1,51	80
90	1,53	1,54	1,56	1,58	1,59	1,61	1,63	1,64	1,66	1,68	90
100	1,70	1,73	1,76	1,79	1,83	1,87	1,90	1,94	1,97	2,01	100
110	2,05	2,08	2,12	2,16	2,20	2,23	μεγαλύτερες τιμές βλ. Πίνακα 3.3				

Πίνακας 3.4 : Τιμές αριθμών ω για σωληνωτές διατομές από St 37



ΔΟΚΟΙ ΜΟΡΦΗΣ C  
(DIN 1026)



C	Διαστάσεις σε mm					A cm <sup>2</sup>	G kg/m	U m <sup>2</sup> /m	ως προς άξονα						S <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	s <sub>y</sub> cm	e <sub>z</sub> cm	y <sub>M</sub> cm
	h	b	s	t=r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>				y-y			z-z						
									I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm	I <sub>z</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>z</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>z</sub> cm				
30 x 15	30	15	4	4,5	2	2,21	1,74	0,103	2,53	1,69	1,07	0,38	0,39	0,42	—	—	0,52	0,74
30	30	33	5	7	3,5	6,44	4,27	0,174	6,39	4,26	1,08	5,33	2,68	0,99	—	—	1,31	2,22
40 x 20	40	20	5	5,5	2,5	3,66	2,87	0,142	7,58	3,79	1,44	1,14	0,86	0,56	—	—	0,67	1,01
40	40	35	5	7	3,5	6,21	4,87	0,199	14,1	7,05	1,50	6,68	3,08	1,04	—	—	1,33	2,32
50 x 25	50	25	5	6	3	4,92	3,86	0,181	16,8	6,73	1,85	2,49	1,48	0,71	—	—	0,81	1,34
50	50	38	5	7	3,5	7,12	5,59	0,232	26,4	10,6	1,92	9,12	3,75	1,13	—	—	1,37	2,47
60	60	30	6	6	3	6,46	5,07	0,215	31,6	10,5	2,21	4,51	2,16	0,84	—	—	0,91	1,50
65	65	42	5,5	7,5	4	9,03	7,09	0,273	57,5	17,7	2,52	14,1	5,07	1,25	—	—	1,42	2,60
80	80	45	6	8	4	11,0	8,64	0,312	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	15,9	6,65	1,45	2,67
100	100	50	6	8,5	4,5	13,5	10,6	0,372	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	24,5	8,42	1,55	2,93
120	120	55	7	9	4,5	17,0	13,4	0,434	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59	36,3	10,0	1,60	3,03
140	140	60	7	10	5	20,4	16,0	0,489	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	51,4	11,8	1,75	3,37
160	160	65	7,5	10,5	5,5	24,0	18,8	0,546	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89	68,8	13,3	1,84	3,56
180	180	70	8	11	5,5	28,0	22,0	0,611	1350	150	6,95	114	22,4	2,02	89,6	15,1	1,92	3,75
200	200	75	8,5	11,5	6	32,2	25,3	0,661	1910	191	7,70	148	27,0	2,14	114	16,8	2,01	3,94
220	220	80	9	12,5	6,5	37,4	29,4	0,718	2690	245	8,48	197	33,6	2,30	146	18,5	2,14	4,20
240	240	85	9,5	13	6,5	42,3	33,2	0,775	3600	300	9,22	248	39,6	2,42	179	20,1	2,23	4,39
260	260	90	10	14	7	48,3	37,9	0,834	4820	371	9,99	317	47,7	2,56	221	21,8	2,36	4,66
260	280	95	10	15	7,5	53,3	41,8	0,890	6250	448	10,9	399	57,2	2,74	266	23,6	2,53	5,02
300	300	100	10	16	8	58,8	46,2	0,950	8030	535	11,7	495	67,8	2,90	316	25,4	2,70	5,41
320	320	100	14	17,5	8,75	75,8	59,5	0,982	10870	679	12,1	597	80,6	2,81	413	26,3	2,60	4,82
350	350	100	14	16	8	77,3	60,6	1,047	12840	734	12,9	570	75,0	2,72	459	28,6	2,40	4,45
380	380	102	13,5	16	8	80,4	63,1	1,110	15760	829	14,0	615	78,7	2,77	507	31,1	2,38	4,56
400	400	110	14	18	9	91,5	71,6	1,182	20350	1020	14,9	846	102	3,04	618	32,9	2,65	5,11





APPENDIX W — NONMANDATORY

Form U-1

(44) **CERTIFICATE OF COMPLIANCE**

We certify that the statements made in this report are correct and that all details of design, material, construction, and workmanship of this vessel conform to the ASME Code for Pressure Vessels, Section VIII, Division 1.

Date \_\_\_\_\_ Signed \_\_\_\_\_ (44) (Manufacturer) by \_\_\_\_\_ (44) (Representative)

"U" Certificate of Authorization No. \_\_\_\_\_ (45) expires \_\_\_\_\_ 19\_\_\_\_\_

(45) **CERTIFICATE OF SHOP INSPECTION**

Vessel made by \_\_\_\_\_ at \_\_\_\_\_

I, the undersigned, holding a valid commission issued by the National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors and/or the State or Province of \_\_\_\_\_ and employed by \_\_\_\_\_ of \_\_\_\_\_ have inspected the pressure vessel described in this Manufacturers' Data Report on \_\_\_\_\_ 19\_\_\_\_\_ and state that, to the best of my knowledge and belief, the Manufacturer has constructed this pressure vessel in accordance with ASME Code, Section VIII, Division 1.

By signing this certificate neither the Inspector nor his employer makes any warranty, expressed or implied, concerning the pressure vessel described in the Manufacturers' Data Report. Furthermore, neither the Inspector nor his employer shall be liable in any manner for any personal injury or property damage or a loss of any kind arising from or connected with this inspection.

Date \_\_\_\_\_

Signed \_\_\_\_\_ (45) (Inspector) Commissions \_\_\_\_\_ (47) (Nat'l Board, State, Province and No.)

(48) **CERTIFICATE OF COMPLIANCE FOR FIELD WORK**

We certify that the statements made in this report are correct and that all details of design, material, construction, and workmanship of this vessel conform to the ASME Code for Pressure Vessels, Section VIII, Division 1.

Date \_\_\_\_\_ Signed \_\_\_\_\_ (48) (Manufacturer) by \_\_\_\_\_ (48) (Representative)

"U" Certificate of Authorization No. \_\_\_\_\_ (48) expires \_\_\_\_\_ 19\_\_\_\_\_

(49) **CERTIFICATE OF FIELD ASSEMBLY INSPECTION**

I, the undersigned, holding a valid commission issued by the National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors and/or the State or Province of \_\_\_\_\_ and employed by \_\_\_\_\_ of \_\_\_\_\_ have compared the statements in this Manufacturers' Data Report with the described pressure vessel and state that parts referred to as data items \_\_\_\_\_ not included in the certificate of shop inspection, have been inspected by me and that, to the best of my knowledge and belief, the Manufacturer has constructed and assembled this pressure vessel in accordance with ASME Code, Section VIII, Division 1.

The described vessel was inspected and subjected to a hydrostatic test of \_\_\_\_\_ psi.

By signing this certificate neither the Inspector nor his employer makes any warranty, expressed or implied, concerning the pressure vessel described in this Manufacturers' Data Report. Furthermore, neither the Inspector nor his employer shall be liable in any manner for any personal injury or property damage or a loss of any kind arising from or connected with this inspection.

Date \_\_\_\_\_

Signed \_\_\_\_\_ (49) (Authorized Inspector) Commissions \_\_\_\_\_ (47) (Nat'l Board, State, Province and No.)

APPENDIX W — NONMANDATORY

Form U-1A

**FORM U-1A MANUFACTURERS' DATA REPORT FOR PRESSURE VESSELS  
(Alternate Form for Single Chamber, Completely Shop-Fabricated Vessels Only)  
As Required by the Provisions of the ASME Code Rules, Section VIII, Division 1**

1. Manufactured by \_\_\_\_\_ (1)

2. Manufactured for \_\_\_\_\_ (2)

3. Location of Installation \_\_\_\_\_ (3)

4. Type \_\_\_\_\_ (5) #Horiz. or vert. tank) \_\_\_\_\_ (8) (Mfgr's Serial No.) \_\_\_\_\_ (9) (CRN) \_\_\_\_\_ (10) (Drawing No.) \_\_\_\_\_ (12) (Nat'l Brd No.) (Year Built) \_\_\_\_\_

5. The chemical and physical properties of all parts meet the requirements of material specifications of the ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE. The design, construction, and workmanship conform to ASME Rules, Section VIII, Division 1 \_\_\_\_\_ (13) and Addenda to \_\_\_\_\_ (13) and Code Case Nos. \_\_\_\_\_ (14) (Year) \_\_\_\_\_ (Date)

Special Service per UG-120(d) \_\_\_\_\_ (15)

Manufacturers' Partial Data Reports properly identified and signed by Commissioned Inspectors have been furnished for the following items of the report: \_\_\_\_\_ (16)

6. Shell: Matl. \_\_\_\_\_ (17) Norm. Thk. \_\_\_\_\_ (18) in. Allow. \_\_\_\_\_ (19) in. Diam. \_\_\_\_\_ (21) in. Lgth. \_\_\_\_\_ (22) ft \_\_\_\_\_ in. (Spec. No., Grade)

7. Seams: Long. \_\_\_\_\_ (23) (Welded, Dbl, Sngl, Lap, Butt) R.T. \_\_\_\_\_ (24) (Spot or Full) Efficiency \_\_\_\_\_ (24) % H.T. Temp. \_\_\_\_\_ (25) F Time \_\_\_\_\_ (25) hr Girth \_\_\_\_\_ (26) (Welded, Dbl, Sngl, Lap, Butt) R.T. \_\_\_\_\_ (27) (Spot, Partial, or Full) No. of Courses \_\_\_\_\_ (20)

8. Heads: (a) Material \_\_\_\_\_ (17) (25) (29) (Spec. No., Grade) (b) Material \_\_\_\_\_ (Spec. No., Grade)

Location (Top, Bottom, Ends)	Min. Thk.	Corr. Allow.	Crown Radius	Knuckle Radius	Ellipse Ratio	Conical Apex Angle	Hemisp. Radius	Flat Diam.	Side to Pressure (Convex or Concave)
(a)	_____ (28)	_____ (19)							
(b)									

If removable, bolts used (describe other fastenings) \_\_\_\_\_ (30) (Material, Spec. No., Gr., Size, No.)

9. Constructed for max. allowable working pressure \_\_\_\_\_ (34) psi at max. temp. \_\_\_\_\_ (35) F. Min. temp. (when less than -20 F) \_\_\_\_\_ (36) F. Hydrostatic, pneumatic, or combination test pressure \_\_\_\_\_ (37) psi.

10. Safety Valve Outlets: Number \_\_\_\_\_ (38) Size \_\_\_\_\_ Location \_\_\_\_\_

11. Nozzles and Inspection Openings:

Purpose (Inlet, Outlet, Drain)	No.	Diam. or Size	Type	Matl.	Nom. Thk.	Reinforcement Matl.	How Attached	Location
_____ (39)	_____ (40)			_____ (17)				

12. Supports: Skirt \_\_\_\_\_ (42) (Yes or no) Lugs \_\_\_\_\_ (No.) Legs \_\_\_\_\_ (No.) Other \_\_\_\_\_ (24) (25) (26) (27) (29) (Describe) \_\_\_\_\_ (37) (43) (51) Attached \_\_\_\_\_ (Where and how)

13. Remarks: \_\_\_\_\_ (23)

(44) **CERTIFICATE OF COMPLIANCE**

We certify that the statements made in this report are correct and that all details of design, material, construction, and workmanship of this vessel conform to the ASME Code for Pressure Vessels, Section VIII, Division 1.

Date \_\_\_\_\_ Signed \_\_\_\_\_ (44) (Manufacturer) by \_\_\_\_\_ (44) (Representative)

"U" Certificate of Authorization No. \_\_\_\_\_ (44) expires \_\_\_\_\_ 19 \_\_\_\_\_

(45) **CERTIFICATE OF SHOP INSPECTION**

Vessel made by \_\_\_\_\_ at \_\_\_\_\_

I, the undersigned, holding a valid commission issued by the National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors and/or the State or Province of \_\_\_\_\_ and employed by \_\_\_\_\_ have inspected the pressure vessel described in this Manufacturers' Data Report on \_\_\_\_\_ 19 \_\_\_\_\_, and state that, to the best of my knowledge and belief, the Manufacturer has constructed this pressure vessel in accordance with ASME Code, Section VIII, Division 1. By signing this certificate neither the Inspector nor his employer makes any warranty, expressed or implied, concerning the pressure vessel described in the Manufacturers' Data Report. Furthermore, neither the Inspector nor his employer shall be liable in any manner for any personal injury or property damage or a loss of any kind arising from or connected with this inspection.

Signed \_\_\_\_\_ (45) (Inspector) Date \_\_\_\_\_ Commissions \_\_\_\_\_ (47) (Nat'l Board, State, Province and No.)

