

Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

Π Τ Υ Χ Ι Α Κ Η Ε Ρ Γ Α Σ Ι Α
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΡΕΥΣΤΩΝ
ΣΕ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ ΔΟΧΕΙΑ ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΑΞΟΝΑ ΚΑΙ
ΣΕ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΔΟΧΕΙΑ

ΚΑΡΑΚΑΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΒΟΥΛΛΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΛΥΜΠΕΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΚΩΝΣΤΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	<u>ΣΕΛΙΔΑ</u>
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</u>	
<u>ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ ΔΟΧΕΙΑ ΜΕ ΚΑΘΕΤΟ ΑΞΟΝΑ</u>	
1. Γενικά	16
1.1. Μέγεθος δοχείου	16
1.2. Βέλτιστες διαστάσεις δοχείων	16
1.2.1. Δοχεία με πάχους κελύφους ανεξάρτητο από το D και H	17
1.2.2. Δοχεία με πάχους κελύφους εξαρτώμενο από το D και H	18
1.2.3. Βέλτιστες διαστάσεις δοχείων	19
1.3.1. Πάχος κελύφους	19
1.3.1.1. Πίεση δοκιμής και τροποποίηση της εξίσωσης πάχους κελύφους	22
1.3.2. Πάχος οροφής	23
1.3.3. Πάχος πυθμένα	25
1.4.1. Υπολογισμός δοκίδων	31
1.4.2. Κεντρικός στύλος	33
1.4.3. Κυκλική πλάκα έδρασης δοκίδων	35
1.4.4. Βάση στήριξης του κεντρικού στύλου	44
1.4.5. Γωνίες κελύφους	44
1.5.1. Πάχος τοιχώματος σωλήνων	46
1.5.2. Τοποθέτηση σωλήνων	47
1.5.3. Λεκάνη αποστράγγισης	48
1.5.4. Υπολογισμός μη τυποποιημένων φλαντζών	48
1.5.5. Υπολογισμός των κοχλιών της φλάντζας	54
1.5.6. Ανθρωποθυρίδες	55
1.5.6.1. Ανθρωποθυρίδα κελύφους	55
1.5.6.2. Ανθρωποθυρίδα οροφής	58

1.5.7.	Πλάκες ενίσχυσης	59
1.6.	Αντισεισμικός σχεδιασμός	60
1.6.1.	Μέθοδος μοντελοποίησης με μηχανικό ισοδύναμο	60
1.6.2.	Μέθοδος στατικής θεώρησης	63
1.6.3.	Έλεγχος του κεντρικού στύλου σε σεισμό	68
1.7.	Συγκολλήσεις	69
1.7.1.	Γενικά	69
1.7.2.	Συγκολλήσεις κελύφους	70
1.7.3.	Συγκόλληση ελασμάτων οροφής	72
1.7.4.	>> >> πυθμένα	73
1.7.5.	>> >> των δοκίδων στα σημεία στήριξης	74
1.7.6.	>> γωνιών κελύφους	76
1.7.7.	>> λάμας αντηρίδας	75
1.7.8.	>> του κεντρικού στύλου στη βάση στήριξης	76
1.7.9.	>> βάσης στήριξης του κεντρικού στύλου στον πυθμένα	77
1.7.10.	>> ανθρωποθυρίδας	77
1.7.11.	>> σωλήνων στο δοχείο	78
1.7.12.	>> φλαντζών	78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΦΑΙΡΙΚΟ ΔΟΧΕΙΟ

2.1.	Γενικά	80
2.2.	Δυναμική αντοχή	80
2.3.	Πάχος	82
2.3.1.	Στατική φόρτιση	82
2.3.2.	Δυναμική φόρτιση	84
2.4.	Έλεγχος σε υδροστατική πίεση	85
2.5.	Υπολογισμός ανθρωποθυρίδας	86
2.6.	Λεπτομερέστατη έκφραση του Se	87
2.7.	Κοχλίες με δυναμική αντοχή, κοχλίες με πρόταση	89
2.8.	Στήριξη του δοχείου	92
2.9.1.1.	Συγκόλληση ελάσματος κελύφους	93
2.9.1.2.	Έλεγχος σε υδροστατική πίεση δοκιμής	95

2.9.2.1. Συγκόλληση ανθρωποθυρίδας	95
2.9.3. Συγκόλληση σωλήνων	96
2.9.4. Συγκόλληση στα σημεία στήριξης της σφαίρας	96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1. Αεροδυναμική αντίσταση	97
3.2. Απώλειες θερμότητας-μόνωσης	100
3.2.1. Γενικά	100
3.2.2. Μετάδοση θερμότητας διά αγωγής	101
3.2.3. Μετάδοση θερμότητας εξ' επαφής	103
3.2.4. Μετάδοση θερμότητας δια ακτινοβολίας	103
3.2.5. Ροή θερμότητας σε απλά σώματα	103
3.2.6. Καθορισμός του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας h	104
3.2.6.1. Μεταφορά θερμότητας σε κύλινδρο κάθετο προς τη ροή αέρα	104
3.2.6.2. Μεταφορά θερμότητας σε ροή αέρα εξωτερικά σφαιρικού σώματος	106
3.2.6.3. Μεταφορά θερμότητας σε ροή αέρα σε επίπεδη πλάκα	106

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1. Υπολογισμός κυλινδρικού δοχείου αποθήκευσης μαζούτ	107
4.1.1. Διαστάσεις	107
4.1.2. Πάχος κελύφους	107
4.1.3. Αριθμός δοκίδων	108
4.1.4. Πάχος οροφής	108
4.1.5. Πάχος πυθμένα	109
4.1.6. Υπολογισμός δοκίδων	109
4.1.7. Κεντρικός στύλος	109
4.1.8. Κυκλική πλάκα έδρασης δοκίδων	110
4.1.9. Λάμα αντηρίδας	112
4.1.10. Γωνίες κελύφους	113
4.1.11. Σωλήνες εισόδου –εξόδου	113
4.1.12. Ανθρωποθυρίδες	116
4.1.13. Πλάκες ενίσχυσης	118
4.1.14. Έλεγχος κελύφους σε σεισμό	118
4.1.15. Συγκολλήσεις	120

4.2.	Υπολογισμός σφαιρικού δοχείου αποθήκευσης αερίου βουτανίου	125
4.2.1.	Διάμετρος	125
4.2.2.	Πάχος κελύφους	125
4.2.3.	Ανθρωποθυρίδα	126
4.2.4.	Σωλήνες εισόδου-εξόδου	128
4.2.5.	Δοκοί στήριξης	129
4.2.6.	Συγκολλήσεις	131

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.	Αποτελέσματα	132
5.1.	Για το κυλινδρικό δοχείο	132
5.1.2.	Για το σφαιρικό δοχείο	135

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΣΥΜΒΟΛΑ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ

ΣΥΜΒΟΛΑ	ΜΟΝΑΔΕΣ
A= επιφάνεια	cm ²
b= πλάτος	cm
c= προσθήκη για διάβρωση	11
D,d= διάμετρος	11
F= δύναμη	Kp
H,h= ύψος	cm
I= ροπή αδράνειας	cm ⁴
L= μήκος	cm
M=καμπτική ροπή	Kp*cm
Y=μετατόπιση	cm
N= συντελεστής ασφάλειας	cm
V= συντελεστής εξασθένηση κόλλησης	cm
P= πίεση	Kp/cm ²
E= ειδικό βάρος	Kp/cm ³
Q= θερμότητα	Watts
q= μοναδιαίο φορτίο	Kp/cm ³
R= ακτίνα	cm
S= πάχος	cm
V= όγκος	cm ³
W=φορτίο	Kp
Ξ= ροπή αντίστασης	cm ³
C _D =συντελεστής αεροδυναμικής αντίστασης	cm ³
λ= θερμική αγωγιμότητα	W/m-°K
T=θερμοκρασία	°K
h= συντελεστής μεταφοράς θερμότητας	Watt/m-°K
S _y = όριο ροής	Kp/cm ²
σ= ορθή τάση	>>
τ= διατμητική τάση	>>
ν= συντελεστής Poisson	
ε= μέτρο ελαστικότητας	Kp/cm ²

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή αυτή εργασία έγινε με σκοπό να δώσει ένα πλήρη σχεδιασμό για την κατασκευή όλων των στοιχείων που συγκρατούν μια εγκατάσταση αποθήκευσης ρευστού, με ειδικότερη επέκταση στα κυλινδρικά δοχεία. Η εργασία αυτή παρουσιάζει την πρωτοτυπία, αφ' ενός μεν προς εμάς, διότι μας έδωσε την δυνατότητα να έρθουμε σε μια στενή επαφή με ένα κατασκευαστικό σχεδιασμό άγνωστο προς εμάς διερευνώντας τις γνώσεις μας στο χώρο αυτό, αφ' ετέρου διότι παρουσιάζει όλα τα στοιχεία σχεδιασμού που απαιτεί μια τέτοια εγκατάσταση, ενώ συγχρόνως διευρύνει τις γνώσεις του συγκεκριμένου κατασκευαστικού σχεδιασμού της χώρας μας που είναι ελλιπής. Η θεωρία που παρατίθεται θα αναφέρει χωριστά διάφορα τμήματα κάθε εγκατάστασης και σε μερικά σημεία θα αναφέρονται εναλλακτικές λύσεις ώστε να είναι δυνατόν να επιλεγεί η πιο κατάλληλη και τεχνικοοικονομικά εφικτή λύση σε κάθε περίπτωση. Στην συνέχεια θα γίνει εφαρμογή για αποθήκευση, στο μεν κυλινδρικό δοχείο μαζούτ όγκου 1000 m^3 , στο δε σφαιρικό αέριο βουτάνιο όγκου 1000 m^3 , που θα έχει σαν σκοπό την καλύτερη εμπέδωση της θεωρίας που προηγήθηκε. Τα δυο αυτά ρευστά επιλέχθηκαν με το σκεπτικό ότι χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα εδώ και αρκετά χρόνια σαν καύσιμη ύλη σε πολλούς κλάδους του ενεργειακού τομέα, επισφραγίζοντας το επιθυμητό ενεργειακό αποτέλεσμα, συγχρόνως με την ενεργειακή οικονομία που τα χαρακτηρίζει. Στο τέλος παρατίθεται παράρτημα από σχήματα και πίνακες τυποποίησης που αφορούν τις προαναφερθείσες εφαρμογές.

Για την δημιουργία της εργασίας αυτής επιθυμούμε να ευχαριστήσουμε θερμά τους καθηγητές μας κ. Λάζαρη Β., κ. Κωνσταντόπουλο Ν. και κ. Λιαπόπουλο Χ. τόσο για την συμπαράστασή τους, όσο για τις συμβουλές και γνώσεις που μας πρόσφεραν πάνω στο θέμα αυτό. Ευχαριστούμε τέλος τις εταιρίες BP και Motor oil για τις πολύτιμες συμβουλές που μας προσέφεραν καθώς και για την άδεια που μας παρείχαν στο να επισκεφτούμε τις εγκαταστάσεις τους και να έχουμε μια πιο άμεση επαφή με το αντικείμενο αυτής της εργασίας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο «Δεξαμενή» εννοείται ένα δοχείο που είναι σχεδιασμένο να αντέχει σε πιέσεις από την ατμοσφαιρική μέχρι περίπου $1atg$, ενώ με τον όρο "πιεστικό δοχείο» εννοείται ένα δοχείο που μπορεί να αντέχει σε εξωτερικές ή εσωτερικές πιέσεις πάνω από $1atg$. Συνήθως ονομάζονται δεξαμενές πιεστικά δοχεία τοποθετημένα σε οριζόντια και κάθετη θέση καθώς και δοχεία κενού. Η σχεδιαστική περιεκτικότητα ενός συστήματος αποθήκευσης υγρού, δε θα πρέπει να υπερέχει, παρά μόνο ελάχιστα το μίνιμουμ του επιθυμητού αποθέματος. Το απόθεμα αντιπροσωπεύει το κεφάλαιο κίνησης, ενώ η αποθηκευτική ικανότητα αντιπροσωπεύει παθητικό κεφάλαιο, που μαζί με τα έξοδα λειτουργίας ελαττώνουν το κέρδος μιας επιχείρησης. Για να μπορέσει κανείς να βρει το βέλτιστο επίπεδο αποθέματος θα έπρεπε να κάνει μια πολύ προσεκτική οικονομοτεχνική μελέτη. Στην μελέτη αυτή θα έπρεπε να λάβει υπ' όψιν τους 5 παρακάτω κύριους αλληλένδετους παράγοντες:

- 1) Αποθήκευση των πρώτων υλών και το κόστος της αποθήκευσης θα πρέπει να εξισορροπηθούν, έτσι ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος μιας πρόσθετης επιβάρυνσης που θα μπορούσε να προέλθει από σταμάτημα του εργοστασίου και από χαμένη παραγωγή.
- 2) Η αποθηκευτική ικανότητα των πρώτων υλών και το κόστος αποθήκευσης πρέπει να εξισορροπηθούν με το κόστος που επέφερε, μια επανάληψη παραγγελιών, πιθανή αποταμίευση από εκπτώσεις για μαζικές παραγγελίες, και αποταμίευση του κόστους μεταφοράς σε χύμα.
- 3) Η αποθηκευτική ικανότητα πρέπει να είναι επαρκής για να χωρέσει τόσα φορτία, ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος από έξοδα υπερημερίας.
- 4) Τα έξοδα αποθήκευσης και οι δαπάνες αποθέματος πρέπει να εξισορροπούν για πιθανές ζημιές σε κέρδη και πωλήσεις, καθώς και όσον αφορά την απώλεια αξιοποίησης προς τον πελάτη.
- 5) Τα έξοδα αποθήκευσης και το κόστος αποθήκευσης πρέπει να εξισορροπηθούν για τυχόν κλείσιμο εγκατάστασης σε περίπτωση μιας απρόβλεπτης έλλειψης δοχείων αποθήκευσης.

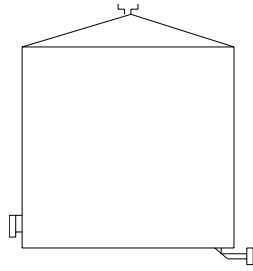
ΠΙΝ.1. ΔΟΧΕΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (AP112F)

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (bb1)	Εξωτερική διαμ. (Ft-in)	ύψος (ft)	ΠΙΕΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ (or/ in ²)	
			πίεση	κενό
90	7-11	10	16	1/2
100	9- 6	8	16	1/2
150	9- 6	12	16	1/2
200	12- 0	10	16	1/2
210	10- 0	15	16	1/2
250	11- 0	15	16	1/2
300	12-0	15	16	1/2
400	12- 0	20	16	1/2
500	15- 6	16	8	1/2

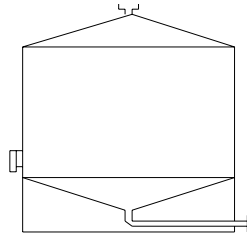
Σημείωση: 1 bb1 = 0.16 m³

Η εφαρμογή των ανωτέρων παραγόντων είναι η σωστή πρακτική και αυτή έχει σαν αποτέλεσμα να περιορίζει το οικονομικό μέγεθος των δεξαμενών όχι παραπάνω από 160.000 m³ . Σε μερικές περιπτώσεις συμφέρει να έχουμε πολλαπλές μονάδες αντί να έχουμε μεγάλες (τεράστιες) δεξαμενές. Ο κανόνας αυτός μπορεί να παραμερισθεί μόνο όταν συμβαίνουν οι κάτωθι λόγοι:

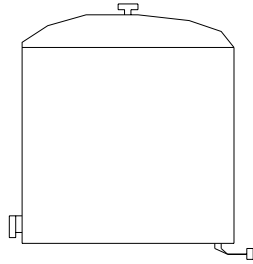
- Όταν θέλουμε να έχουμε απόθεμα μεγαλύτερο από 160.000 m³
- Όταν χρειάζονται πολλαπλές δεξαμενές, έτσι ώστε να ελέγχουμε την ποιότητα των πρώτων υλών, της ενδιάμεσης ύλης ή του παραγόμενου προϊόντος.
- Όταν απαιτείται ειδική δεξαμενή για να δεχθεί τις πρώτες ύλες που μπορεί να είναι ειδικές για κάποιο λόγο.
- Όταν απαιτείται ειδική δεξαμενή για να προμηθεύει ειδικό προϊόν ή ειδική ποσότητα σε πελάτη που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής.
- Όταν απαιτούνται μέτρα προφύλαξης για απώλειες, ζημιές, δηλαδή να μην έχουμε όλο το εμπόρευμα σε μια δεξαμενή, σε περίπτωση πυρκαγιάς, αστοχίας, πολυμερισμού, μόλυνσης κ.λπ.



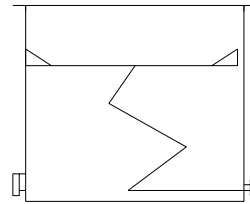
1. Κωνική κορυφή σταθερή οροφή



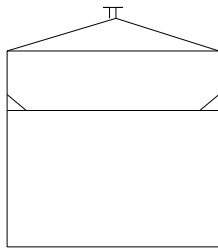
2 Κωνική πυθμένας πτερόζωψια



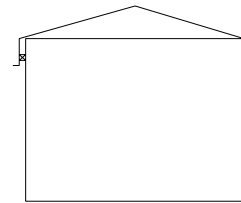
3. Θολωτή οροφή



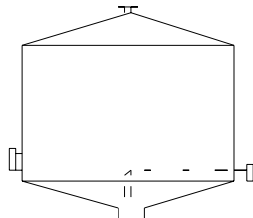
4. Γλωπή φορή ανοιχτή κορυφή



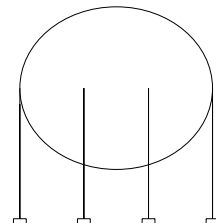
5. Γλωπή φορή σταθερή κορυφή



6. Επεκταμένη οροφή



7. Κωνικός πυθμένας χωρίς πτερόζωψια



8 Σφαίρα



9 Οριζόντιο

Σχ. 1. Τυπικά σχήματα δοχείων αποθήκευσης

ΤΟΠΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

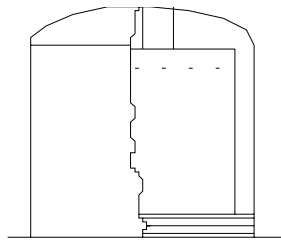
Θερμοκρασία: Αυτή επηρεάζει την πτητικότητα των αποθηκευμένων υγρών, με το γεγονός ότι υψηλότερες θερμοκρασίες δίνουν υψηλότερη πτητικότητα. Ίσως χρειασθεί να διατηρείται η θερμοκρασία πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος, τότε καταφεύγουμε σε θέρμανση του υγρού ή μόνωση της δεξαμενής για να εξασφαλίσουμε ρευστότητα όταν αποθηκεύουμε υγρά δυσρευστά ή κάποιο που έχει υψηλό σημείο ψύξης. Άλλα υγρά (και υγροποιημένα αέρια) απαιτούν αποθήκευση σε θερμοκρασίες κάτω του περιβάλλοντος (π.χ. το υγροποιημένο οξυγόνο, η αμμωνία και το χλωριούχο βινύλιο).

Μπορούμε να παίζουμε με το κόστος του υλικού του τοιχώματος και το κόστος ψύξης. Κάθε περίπτωση έχει τα υπέρ και τα κατά, αλλά σαν γενικό κανόνα μεγάλες ποσότητες και η υψηλή πτητικότητα είναι προτιμότερο να αποθηκεύονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες ή ακόμη και σε κρυογενή περιοχή αποθήκευσης. Πρέπει να δίνεται για αποθήκευση υγρών με υψηλή θερμοκρασία διότι πρέπει να εισάγονται στην δεξαμενή αυτή ενώσεις με χαμηλότερο σημείο βρασμού (ζέστη), (π.χ. νερό που μπαίνει σε μια δεξαμενή που περιέχει ζεστό λάδι, μπορεί να αεριοποιηθεί με κίνδυνο έκρηξης και θραύσης της δεξαμενής). Συχνά τοποθετούνται προθερμαντήρες στην αναρρόφηση από την δεξαμενή, για την εξυπηρέτηση δύσρευστων υγρών. Το υγρό θερμαίνεται μέχρι να είναι αρκετά ρευστό για την άντλησή του. Το υπόλοιπο που μένει επειδή είναι σε χαμηλότερη θερμοκρασία, μειώνει στο ελάχιστο τις απώλειες θερμότητας από την δεξαμενή γενικά. Αυτό επίσης βοηθά στην μείωση της διάσπασης των υγρών που είναι ευαίσθητα στην θερμοκρασία. Κατά τον σχεδιασμό τα υποστυλώματα πρέπει να υπολογίζονται αν η περιοχή παγώνει ή υπόκειται σε παγετούς. Συνήθως για χρήση σε χαμηλή θερμοκρασία ή κρυογενή ή πιο οικονομική θερμοκρασία αποθήκευσης είναι αυτή κατά την οποία η πίεση ατμού του υγρού ελαφρά υπερβαίνει την ατμοσφαιρική πίεση.

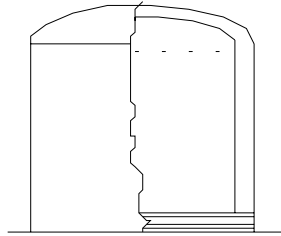
ΠΙΝ.2. ΔΟΧΕΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	Εξωτερική διαμ.	ύψος	ΠΙΕΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	
			(or/ in²)	
(bb1)	(gt-in)	(ft)	πίεση	κενό
500	15- 6	16- 0	8	1/2
750	15- 6	24- 0	8	1/2
500	21- 6	8- 0	6	1/2
1000	21- 6	16- 0	6	1/2
1500	29- 9	24- 0	6	1/2
1000	29- 9	8- 0	4	1/2
2000	29- 9	16- 0	4	1/2
3000	29- 9	24- 0	4	1/2
5000	38- 8	24- 0	3	1/2
10000	55-0	24- 0	3	1/2

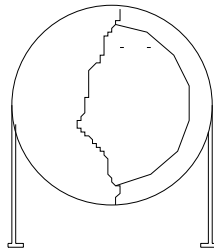
Οι χαμηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με μεγαλύτερο πάχος τοιχώματος μπορεί να έχουν σαν αποτέλεσμα ψαθυρή θραύση (αστοχία) του ανθρακούχου χάλυβα. Οι κατασκευαστές δεξαμενών το ξέρουν αυτό καλά ώστε όταν κανείς τους προδιαγράψει σωστά τις συνθήκες κάτω από τις οποίες θα λειτουργήσει αυτή δεξαμενή είναι σε θέση να αποφύγουν αυτό κατά τον σχεδιασμό. Πριν χρησιμοποιηθεί ένα δοχείο (δεξαμενή) σε χαμηλή θερμοκρασία ή κρυογενή περιοχή ο χρήστης πρέπει να ελέγχει τις συνθήκες λειτουργίας και να διαπιστώσει αν η δεξαμενή αντέχει σε αυτές τις θερμοκρασίες. Οι θερμοκρασιακές μεταβολές του περιβάλλοντος καθημερινές διακυμάνσεις αυτού θα καθορίσουν το ποσό της θερμικής διακύμανσης του υγρού ώστε να επηρεάσουν τον σχεδιασμό του συστήματος εξαερισμού, την πίεση λειτουργίας κ.λπ. Στοιχεία γι' αυτό είναι συνήθως καθορισμένα και γνωστά.



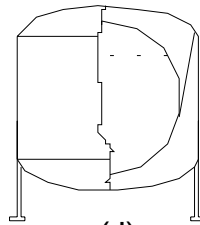
(a)



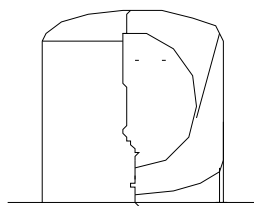
(b)



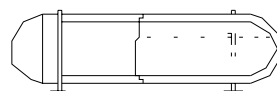
(c)



(d)



(e)



(f)

Σχ. 2. Δοχεία αποθήκευσης ψυκτικών

Φορτία ανέμου: Στον σχεδιασμό της δεξαμενής θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν τα φορτία ανέμου στο κατά πόσον θέτουν σε κίνδυνο αυτή. Γενικά μεγάλα φορτία αέρα από ότι χρειάζεται, οδηγούν στον σχεδιασμό δεξαμενών χαμηλότερων και αντιαισθητικών ως πιο οικονομικές. Συνίσταται οι δυνατοί άνεμοι να ερματίζονται (δηλαδή να βάζουμε σαν σαβούρα), στην δεξαμενή με νερό ή άλλο προϊόν για να προστατεύσει αυτή από ανατροπή. Όταν υπολογίζονται οι δυνάμεις που επιδρούν στην δεξαμενή αποθήκευσης, πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν το πάχος μόνωσης, οι πλατφόρμες, οι σωλήνες, το σχήμα της οροφής κ.λπ.

Σεισμικά φορτία: Ο ορθολογιστικός υπολογισμός των δυνάμεων σε μια κατασκευή ή δεξαμενή εξ' αιτίας των σεισμικών δυνάμεων είναι πιο πολύπλοκος από τα φορτία αέρος. Μερικές εταιρείες έχουν εξειδικευθεί σε αυτό το είδος ανάλυσης.

Αξία της γης και επιτρεπτό φορτίο για την βάση (στήριξη): Αυτά επηρεάζουν το σχήμα της δεξαμενής αποθήκευσης υγρού. Η αξία της γης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα κατά τον σχεδιασμό των διαστάσεων της δεξαμενής. Όταν η αξία αυτή, είναι υψηλή σχεδιάζονται ψηλές και στενές δεξαμενές. Το αντίθετο συμβαίνει, όταν η αξία αυτή είναι μικρή. Σχεδιάζουμε τότε δεξαμενές κοντύτερες και με φαρδύτερες διαμέτρους (κάτι ανάλογο με κτηριακές κατασκευές).

Γειτονιά: Τα χαρακτηριστικά μιας περιοχής γύρω από την τοποθεσία μιας δεξαμενής επηρεάζουν κατά πολύ τα κριτήρια σχεδιασμού του συστήματος αποθήκευσης. Σε απομακρυσμένες περιοχές για να αποφευχθούν κίνδυνοι για το κοινό θα χρειαστεί προστατευτικό περίφραγμα (τάφος), κατά προτίμηση πνευματικά όργανα ελέγχου. Σε παραγωγικές μονάδες, όμως απαιτείται μεγαλύτερη προσοχή όσον αφορά το προσωπικό για την αποφυγή ζημιών και για ασφάλεια. Τοποθετούνται σπρίνγκλερς, βαλβίδες ασφαλείας, ανιχνευτής αναθυμιάσεων, σύστημα αποχέτευσης από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Φορτία χιονιού: Αυτά θα επηρεάσουν τον σχεδιασμό για την κατασκευή οροφής σε μεγάλα δοχεία και δεξαμενές. Κατά τον σχεδιασμό θα πρέπει να αντιμετωπιστούν και άλλα προβλήματα από τον κρύο καιρό. Πρέπει να γίνεται προστασία της δεξαμενής, από την παγωνιά των βοηθητικών συσκευών (αντλίες, όργανα, προθερμαντήρες ατμού κ.λπ.) καθώς και του περιεχομένου αυτής.

Υπαρξη και αξιοπιστία των εγκαταστάσεων ύδρευσης, αποχέτευσης, ηλεκτροδότησης, τηλεφώνου: Εάν αυτές οι παροχές, είναι διαθέσιμες ή όχι θα επηρεάσουν τον σχεδιασμό του συστήματος αποθήκευσης. Αυτές οι παροχές μπορεί να συμπεριλαμβάνουν:

- Ηλεκτροδότηση, ψύξη, έλεγχο αναθυμιάσεων καπνών, όργανα ελέγχου, υδραντλίες για πυρκαγιά, αντλίες προϊόντος
- Ατμό από τις ανάγκες θέρμανσης
- Νερό για την καταπολέμηση πυρκαγιάς και χρήση σε συσκευές αντιρύπανσης
- Επεξεργασία αποβλήτων
- Εκροή βρόχινου νερού
- Τηλέφωνο
- Τηλεμέτρηση της στάθμης της δεξαμενής
- Συναγερμός αναθυμιάσεων

Όλα αυτά συνήθως δεν είναι πρόβλημα κοντά σε ένα χημικό συγκρότημα αλλά δεν διατίθενται όλα σε απομακρυσμένες περιοχές.

Εξωτερική διάβρωση: Αυτή κυριαρχεί γενικότερα στην χημική βιομηχανία παρά στην βιομηχανία πετρελαίου. Πρέπει να λαμβάνεται μεγαλύτερη πρόνοια στην χημική βιομηχανία διότι τυχόν διαρροές μπορεί να καταλήξουν σε απώλεια ακριβών προϊόντων, μόλυνση προϊόντος (οπότε καθίσταται απούλητο), μόλυνση του εδάφους ή κίνδυνο ζωής, υγείας ή περιουσίας. Συχνά παρουσιάζονται περισσότερες δυσκολίες διάβρωσης στην εξωτερική επιφάνεια από την εσωτερική, διότι οι περιοχές χημικής διαδικασίας έχουν ατμούς οξέων, βάσεων ή σκόνης αλάτων στην ατμόσφαιρα. Όσο και αν είναι σπάνιες αυτές οι ακαθαρσίες, ενώνονται με τη δροσιά ή τους ατμούς υγρασίας και το ατμοσφαιρικό οξυγόνο, για να σχηματίσουν ένα πολύ επιθετικό μέσο διάβρωσης. Σχεδόν κάθε τύπος διάβρωσης μπορεί να παρουσιαστεί (επιθετική διάβρωση, γαλβανική διάβρωση, διάβρωση ρωγμής, εσωτερική διάβρωση των κόκκων, στιγματική διάβρωση).

- Διάβρωση των πλακών του πυθμένα της δεξαμενής στα σημεία στήριξης
- Διάβρωση ανοξειδωτων κατασκευών λόγω χλωριδίων που μεταφέρονται από τον αέρα
- Η ίδια διάβρωση όπως στο παραπάνω λόγω των χλωριδίων της μόνωσης της δεξαμενής

- Υγροποιημένοι υδρατμοί που βρίσκονται ιδιαίτερα κάτω από την μόνωση
- Διάβρωση σε σχισμές όπως στις συγκολλήσεις, στις ενισχύσεις, στα στηρίγματα, στις βίδες κ.λπ.

ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΟΥ ΥΓΡΟΥ

Η φύση του υγρού κυριαρχεί στα κριτήρια σχεδιασμού ενός συστήματος αποθήκευσης. Εκτός από την διαβρωτικότητα, σαν πιο κύρια φυσικά χαρακτηριστικά ενός υγρού θεωρούνται τα παρακάτω:

- 1) **Ευφλεκτικότητα**
- 2) **Πίεση ατμού (εξάτμιση)**
- 3) **Πυκνότητα**
- 4) **Αξία, μοναδικότητα ή ευαισθησία**
- 5) **Διαβρωτικότητα**
- 6) **Τοξικότητα (οξεία ή χρόνια)**
- 7) **Χημική αντιδραστικότητα (τάση για πολυμερισμό)**

Ευφλεκτικότητα: Αυτή δίνεται σε πίνακα στα στάνταρ για την προστασία κατά της πυρκαγιάς NEPA(13) και 325M(12): NEPA 325M και 49(14) που ταξινομούν διάφορα καύσιμα υγρά: Αυτές οι παραπομπές βοηθούν στον να προσδιορίσουμε:

1) Χαρακτηριστικά για την προστασία κατά της πυρκαγιάς

- ακροφύσια ελεγχόμενα
- ακροφύσια ψεκασμού
- σύστημα αφρού
- αποχέτευση

2) Ταξινόμηση ηλεκτρολογική

Πίεση ατμού (εξάτμιση): Αυτή και η περιεκτικότητα έχουν ήδη συζητηθεί κάτω από τοπικές συνθήκες- θερμοκρασία.

Πυκνότητα: Η πυκνότητα ενός αποθηκευμένου υγρού θα επηρεάσει τις τάσεις μιας δεξαμενής ή ενός δοχείου, ώστε ένα δοχείο που είναι σχεδιασμένο για βαρύτερα υγρά μπορεί να έχει μεγαλύτερο πάχος τοιχώματος από ένα παρόμοιο δοχείο για ελαφρύτερα υγρά. Επίσης στο στόμιο λήψης θα είναι διαφορετικό για βαρύτερα υγρά από το νερό.

Αξία: Η αξία του χημικού θα επηρεάσει το βαθμό προσοχής και ακρίβειας που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του αποθέματος και για τις μεταφορές. Μετρητές ακρίβειας της ροής, μετρητές ακρίβειας της στάθμης, ακρίβεια βάρους, όργανα ελέγχου κ.λπ. είναι στοιχεία που θα βελτιώσουν τον έλεγχο όταν οικονομικοί λόγοι δικαιολογούν την δαπάνη αυτών των ελέγχων. Επίσης πρέπει να στραγγίζονται καλά τα υπολείμματα που έχουν μείνει στους σωλήνες και στις αντλίες μετά την μεταφορά διότι θα εξοικονομείται σημαντική ποσότητα δαπανηρών υγρών.

Διαβρωτικότητα: Έχει γίνει αρκετή έρευνα τελευταία σχετικά με την εσωτερική διάβρωση. Σαν συμπέρασμα κατέληξαν να χρησιμοποιούν χάλυβα σαν το πιο κοινό υλικό για κατασκευές αποθήκευσης. Για τις χημικές ουσίες που δεν πρέπει να έρθουν σε επαφή με τον χάλυβα, γίνεται αντικαταστάτης αυτού από άλλα υλικά (όπως επικαλύψεις, επιστρώσεις).

Οργανικές επικαλύψεις

Μίγματα και μέταλλα

Ανόργανες επικαλύψεις

Φάιμπερ γκλάς ενισχυμένο πλαστικό

Επένδυση με μόλυβδο

Επένδυση με γυαλί

Ανοξειδωτος χάλυβας

Επένδυση με λάστιχο

Ένα πολύ σημαντικό ζήτημα είναι η προστατευτική συγκόλληση για τις δεξαμενές που προτίθεται να επενδυθούν ή επικαλυφθούν, διότι η επένδυση πρέπει να είναι συνεχής.

Τοξικότητα: Οι δεξαμενές για τοξικά υλικά απαιτούν ιδιαίτερη σκέψη στις λεπτομέρειες σχεδιασμού. Όλες οι επικαλυπτόμενες συγκολλήσεις απαιτούν στεγανοποίηση ώστε το διαβρωτικό υλικό να μην διεισδύει από σχισμές. Η δεξαμενή πρέπει να στραγγίζεται εντελώς για να μπορεί να καθαριστεί πιο εύκολα. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί να αποκτηθεί μια εσώκλειστη λεκάνη για να αποφευχθεί η μόλυνση του εδάφους, να τοποθετηθούν πινακίδες που θα προειδοποιούν δυνατούς κινδύνους ενός τοξικού υγρού και να καθαρίζουν τουλάχιστον την συσκευή που χρειάζεται για την μίνιμουμ ασφάλεια. Η απειλή της πυρκαγιάς υπαγορεύει ειδικές μεθόδους (φυσικά πρέπει να συλλέγονται όλες οι αναθυμιάσεις).

Χημική αντιδραστικότητα: Το NEPA 49 και 49 IM, δίνουν συμβατικούς καθορισμούς αντιδραστικότητας για τις περισσότερες κοινές βιομηχανικές χημικές ενώσεις. Ειδικά εφόδια, ανάλογα με την ανάγκη, θα εξαρτηθούν από τον τύπο της αντίδρασης (π.χ. υλικά που είναι ευαίσθητα στην θερμότητα μπορεί να απαιτούν ψεκασμό με νερό ή ψύξη, υλικά που τείνουν σε πολυμερισμό μπορεί να σταθεροποιηθούν με κάποιο ειδικό πρόσθετο).

ΔΟΧΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Για το σχεδιασμό υπάρχουν αρκετά είδη αυτών των δοχείων και αρκετά βοηθήματα διαθέσιμα. Τα βοηθήματα αυτά είναι προσδιορισμοί, κανονισμοί, στάνταρ και κώδικες. Επειδή αυτά δεν ρυθμίζονται ή προσαρμόζονται στις βιομηχανίες πρέπει να συμπληρώνονται.

Δεξαμενές χαμηλής πίεσης που κατασκευάζονται στο εργοτάξιο: Ο καθορισμός API 12F (1) αφορά τις δεξαμενές. Οι βασικοί τύποι είναι 1,2 και 7 (σχ.1). Η χωρητικότητα, οι διαστάσεις και η πίεση (ΠΙΝ. 1) κυμαίνονται σε μέγεθος μέχρι 80 (m²).

Όταν τα μεγέθη συμπεριλαμβάνονται στον πίν. 1 είναι πιο οικονομικό να καθορίζεται τα διαθέσιμα μεγέθη, από το να πληρώσετε επιπλέον εργασία σε μηχανικό για να σχεδιάσει διαφορετικά μεγέθη και σχήματα. Οι σωλήνες API 12F συνδέονται με σπείρωμα, αν χρειάζεστε συνδέσεις φλαντζωτές πρέπει να τις παραγγείλετε. Τα υλικά κατασκευής για δεξαμενές συμπεριλαμβανομένων αυτών των τύπων δίνονται για ανθρακούχο χάλυβα από το ASTM A-36 A-238 (κλίμακας c και d) και A-285-c.

Το πάχος της πλάκας πρέπει να είναι για τον πυθμένα 6,35MM (εκτός από τον κωνικό πυθμένα), για το κέλυφος και την οροφή (παίρνεται το ίδιο πάχος) 4,76MM ή 6,35MM. Η κλίση της οροφής είναι 25,44MM σε 304,8MM.

Αυτές καλύπτονται από το API 12D(2). Σταθεροί τύποι 1,2 και 7 (σχ.1) με χωρητικότητα, διαστάσεις και πιέσεις όπως αναφέρεται στον πίν.11. Στην περίπτωση αυτή των δεξαμενών προτιμήσατε τους σταθερούς τύπους μεγεθών, και χρησιμοποιήσατε υλικό πλάκας ανθρακούχο χάλυβα όπως δίνεται στο API 12F (1), με κλίση οροφής 25,4MM σε 304,8MM. Μπορεί να καθορισθεί μια λεπτή συγκόλληση από την οροφή ως το κέλυφος. Στην περίπτωση αυτή ελέγξτε το API 12F για λεπτομέρειες. Το τεύχος API 620 «Συνιστώμενοι κανονισμοί για σχεδιασμό και κατασκευή μεγάλων δεξαμενών συγκολλημένων χαμηλής πίεσης» (2) επιτρέπει την πίεση εξαέρωσης πάνω από το να φθάσει αλλά να μην υπερβαίνει την latg.

Τυποποιημένα σχήματα συμπεριλαμβάνουν τους τύπους 1,3 και 8 (σχ.1). Γίνονται δεκτοί και άλλοι τύποι. Αυτή η τυποποίηση έχει ανώτερο όριο θερμοκρασίας 200 °F. Για να αποφευχθεί ψαθυρή θραύση των στοιχείων που δέχονται την πίεση, ο σχεδιαστής πρέπει να καθορίσει «καθορισμένη θερμοκρασία μετάλλου» 15 °F πάνω από την πιο χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος μιας ημέρας.

Μεγάλες δεξαμενές χαμηλής πίεσης κατασκευασμένες στο εργοτάξιο το API standards 650. Δεξαμενές με συγκολλημένο χάλυβα για αποθήκευση πετρελαίου (4) αρχικά καθορίζουν λεπτομέρειες για δεξαμενές κυλινδρικές ανοιχτές ή κλειστές στο επάνω μέρος με εσωτερική πίεση που να πλησιάζει την ατμοσφαιρική. Επειδή δεν καθόριζε ορισμένη πίεση, ο κατασκευαστής συνήθως έδινε την πληροφορία αυτή.

Αργότερα, δημοσιεύτηκε μια μέθοδος σχεδιασμού για μικρή εσωτερική πίεση στο παράρτημα F.

Οι κώδικες δεξαμενές χαμηλής πίεσης περιλαμβάνουν τους τύπους 1,3,4,5 και 6 (σχ. 1).

Τα τυποποιημένα που καταχωρούνται στο παράρτημα A του API 650, ίσως αποκτούν αλλαγές για να ταιριάζουν σε ειδικές ανάγκες της χημικής βιομηχανίας.

Το παράρτημα J καλύπτει δεξαμενές κατασκευαζόμενες στο εργοστάσιο με περιοριστική διάμετρο 6M. Υπάρχει ελάχιστη διαφορά, μεταξύ των δεξαμενών του ίδιου μεγέθους όπως προδιαγράφονται από το API 12 και API 650.

Το API 650 έχει διάφορες εναλλακτικές μεθόδους σχεδιασμού που πιθανόν να ενδιαφέρουν την χημική βιομηχανία.

Αρχεία αποθήκευσης με εσωτερική πίεση: ASME τμήμα VIII: ΜΕΡΟΣ 1. «Δοχεία πίεσης (5) δίνει κριτήρια σχεδιασμού για αποθήκευση σε πιέσεις μεγαλύτερες από 1atg. Οι τύποι 8 και 9 (σχ. 1) δείχνουν τυπικά παραδείγματα αποθήκευσης πίεσης. Το ASME τμήμα VIII καλύπτει σχέδια, υλικά, κατασκευή, έλεγχο και δομή των δοχείων. Ο κώδικας ASME είναι επίσης ANSI (Ινστιτούτο Αμερικάνικων Εθνικών STANDARDS).

Δεξαμενές αλουμινίου χαμηλής πίεσης κατασκευασμένες εκτός εργοταξίου: Οι προδιαγραφές αυτής καθορίζουν σχεδιασμό για δεξαμενές αλουμινίου. Οι θερμοκρασίες κυμαίνονται από -40° μέχρι +400° F. Το όριο πίεσης είναι κοντά στην ατμοσφαιρική. Αν τυχόν χρειαστεί μεγαλύτερη πίεση για να λειτουργήσει η βαλβίδα ασφαλείας (ή ανακουφιστική βαλβίδα) απαιτείται ειδικός σχεδιασμός. Μπορεί επίσης να προδιαγραφεί και πλωτή οροφή.

Επενδυμένα ή επικαλυμμένα δοχεία: Οποιοσδήποτε από τα δοχεία που έχουν προαναφερθεί μπορεί να επενδυθεί με αντιδιαβρωτικά υλικά. Στην περίπτωση αυτή μια επιπρόσθετη προδιαγραφή θα ενημερώσει τον κατασκευαστή να προετοιμάσει το δοχείο για επένδυση. Όλες οι πιπιλιές από την συγκόλληση πρέπει να αφαιρεθούν καλά με άφθονο νερό ανάλογα με το ποσό επένδυσης που θα χρησιμοποιηθεί. Οι σωλήνες της δεξαμενής πρέπει να είναι αρκετά φαρδιές για να χρησιμοποιηθεί μια επένδυση.

Δοχεία χαμηλής πίεσης FRP(= πλαστικό ενισχυμένο γυαλί): Αυτά τα δοχεία μέχρι 1atg στον χώρο ατμού, (εξάτμιση) αρχίζουν να κερδίζουν αρκετά την χημική βιομηχανία (7). Τα δοχεία αυτά υπάρχουν στο σχ. 1 εκτός από τον τύπο 8. Η μέθοδος κατασκευής συνεπάγεται η επίστρωση με το χέρι ή με τη χρήση μηχανικής περιέλιξης μεταλλικού νήματος που τυλίγει ένα περίβλημα συνεχούς γυαλιού φαισμπερ που περιελίσσεται γύρω από μια κατασκευή από ενισχυμένο πλαστικό. Αυτό το μηχάνημα περιέλιξης μεταλλικού νήματος μπορεί να φτιάξει δεξαμενές με διάμετρο μέχρι 200ft και ύψος μέχρι 50ft.

Προς το παρόν κανένας κώδικας δεν δίνει κριτήρια σχεδιασμού για δοχεία αποθήκευσης χαμηλής πίεσης. Κάθε εταιρεία που χρησιμοποιεί πλαστικά δοχεία αναπτύσσει δικά της κριτήρια από πείρα.

FRP δοχεία για υψηλότερες εσωτερικές πιέσεις: Για πιέσεις πάνω από 10atg του ASME code τμήμα X, «Δοχεία από πλαστικό ενισχυμένο (8) προμηθεύει κριτήρια σχεδιασμού. Υπάρχουν αρκετές περιοριστικές δοκιμές μετά την κατασκευή που είναι αναγκαίες για το πλαστικό κάτω από αυτόν τον κώδικα.

Κρυογενής αποθήκευση: Η κρυογενική μηχανική αναπτύσσεται πάρα πολύ στην βιομηχανική οικονομία στα τελευταία χρόνια, αρχικά σαν αποτέλεσμα εκτεταμένης χρήσης κρυογενών υγροποιημένων αερίων στο πρόγραμμα αυτού του χώρου και στις βιομηχανίες με μεθόδους μεταλλουργικές, ενεργειακές και χημικές.

Απαιτήσεις σχεδιασμού και σχήματος: Γενικά, τα κρυογενή υγρά αποθηκεύονται σε δοχεία με διπλά τοιχώματα. Τα εσωτερικά και εξωτερικά δοχεία, συνήθως ομοκεντρικά, έχουν τον ίδιο βασικά σχεδιασμό. Με την αύξηση της κρυογενούς αποθήκευσης έχουν αναπτυχθεί τρία βασικά σχήματα δοχείων, ταξινομημένα με βάση το εσωτερικό σχήμα του δοχείου.

Δεξαμενές με επίπεδο πυθμένα: Αυτές οι δεξαμενές έχουν κλεισίματα των άκρων σχεδιασμένα για πιέσεις κοντά στην ατμοσφαιρική. Οι οροφές είναι ελλειψοειδής ή σφαιρικές με ακτίνες που κυμαίνονται από την διάμετρο και 4/5 αυτής

της αξίας. Οι πυθμένες συνήθως είναι επίπεδοι (σχ.2 α και β) ή σε ένα σχήμα παρόμοιο με την οροφή.

Το εσωτερικό δοχείο κείται σε ένα είδος μόνωσης που μεταφέρει το βάρος του περιεχομένου στην βάση (στα θεμέλια). Ο πυθμένας χρησιμεύει μόνο σαν στεγανότητα, που δεν υπόκειται σε βασική ένταση. Αυτό του επιτρέπει να γίνει από σχετικά λεπτό υλικό. Για τα δοχεία αυτά, το περίβλημα πρέπει να αντέχει εφελκυστικές δυνάμεις που δημιουργούνται από την εσωτερική πίεση. Μηχανισμοί θεμελίωσης πρέπει να επιτρέπουν στο δοχείο να κινείται αμέσως σε ανταπόκριση με τις θερμικές μετατοπίσεις. Αυτός ο τύπος δοχείου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πιέσεις από 0,5 ως 5 psig (3 ως 34 μετρητή Kra) στον χώρο του ατμού.

Το δοχείο χαμηλής πίεσης παρέχει κρυογενή αποθήκευση στο ελάχιστο κόστος, αλλά μπορούν να υπαγορευθούν ειδικά σχήματα από διάφορες απαιτήσεις υπηρεσιών.

Η πίεση που απαιτείται για την μεταφορά του περιεχομένου. Εκκένωση του χώρου μόνωσης που απαιτείται για να ελαττωθεί η μεταφορά θερμότητας.

Κρίσιμες συνθήκες θεμελίωσης που κάνουν άλλους τύπους πιο οικονομικούς.

Σφαιρικά δοχεία: Δεξαμενές όπως αυτές στην πάρ. 2 γ,δ,ε λειτουργούν ή με βασικό σύστημα μόνωσης ή με σύστημα σκόνης ή σε κενό. Η ιδέα στην σημ. 2γ συχνά εφοδιάζεται με ένα κυλινδρικό εξωτερικό περίβλημα (εικ. 2δ και ε) για χαμηλότερη απώλεια και χαμηλότερο κόστος. Ο σχηματισμός του δοχείου-κυλινδρικό εξωτερικά και σφαιρικό εσωτερικά- συνήθως είναι κατάλληλο για χωρητικότητα κάτω από 150.000 γαλόνια (568 m³). Όταν απαιτείται αποθήκευση πίεσης ή μόνωση σε κενό συνήθως τα σφαιρικά δοχεία είναι πιο οικονομικά για χωρητικότητα πάνω από 135 τόνους (122 μετρικούς τόνους) ή 28.000 γαλόνια (106 m²) υγροποιημένου οξυγόνου (ή παρόμοιους όγκους άλλων κρυογενικών υγρών). Όταν οι συνθήκες του εδάφους απαιτούν την στήριξη πάνω σε σωλήνες, τα σφαιρικά δοχεία ίσως αποδειχτούν πιο οικονομικά.

Κυλινδρικά δοχεία: Τέτοια δοχεία με άκρα κλεισίματος σχεδιασμένα για τις εσωτερικές πιέσεις κατασκευασμένα σε κρυογενή αποθήκευση, προσαρμόζονται σε ένα σύστημα μόνωσης με σκόνη σε κενό. Το κυλινδρικό σχήμα ικανοποιεί τις ίδιες συνθήκες όπως και το σφαιρικό, αλλά παρουσιάζει μερικά οικονομικά πλεονεκτήματα για αποθήκευση μικρότερου όγκου. Ο τύπος της 2f είναι κατάλληλη ειδικά για μικρότερες χωρητικότητες, διότι μπορεί να κατασκευαστεί σε ένα εργοστάσιο και να φορτωθεί σαν ένα συγκρότημα (μονάδα).

Επομένως όταν ο όγκος γίνεται μικρότερος, η δαπάνη ανά μονάδα όγκου αυξάνει αμέσως. Ένα επιπλέον μειονέκτημα αυτών των πολύ μικρών δοχείων είναι η αυξανόμενη εξάτμιση διά βρασμού εκατοστιαία αναλογία (συνήθως εκφράζεται σαν το επί τοις εκατό ωφέλιμου φορτίου που εξατμίζεται κάθε μέρα). Καθώς τα δοχεία λιγοστεύουν σε ωφέλιμο φορτίο, η επιφανειακή περιοχή δεν πέφτει τόσο γρήγορα όσο ο όγκος λιγοστεύει (και επομένως και η μεταφορά θερμότητας το ίδιο). Οι πίνακες 3 δείχνουν το φαινόμενο γραφικά.

Υλικά κατασκευής: Το πιο σπουδαίο στη κρυογενή εξυπηρέτηση είναι να διαλέξουμε τα κατάλληλα υλικά για κρυογενείς θερμοκρασίες. Οι μελέτες της μηχανικής για θραύση, που συνεπάγεται ιδιότητες όπως αντοχή σε εγκοπές, ελατότητα, κρίσιμα μεγέθη ρωγμών, ειδική θερμότητα συντελεστή θερμικής διαστολής, και συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας σε κρυογενείς θερμοκρασίες καθώς και συνήθη αντοχή και ελαστικές ιδιότητες του υλικού θα αποτελέσουν πολύτιμα δεδομένα για την καλύτερη απόφαση.

Τα πιο πολλά μέταλλα αυξάνουν σε αντοχή καθώς η θερμοκρασία μειώνεται. Μερικά όμως όπως ο ανθρακούχος χάλυβας, πάσχουν από μια σχεδόν πλήρη απώλεια αγωγιμότητας σε χαμηλή θερμοκρασία, επομένως είναι άχρηστα για κατασκευές εσωτερικών δοχείων. Ο χαλκός, το νίκελο, το αλουμίνιο και πολλά μίγματα αυτών των μετάλλων δεν παρουσιάζουν καθόλου ελατή ως εύθραυστη μετάβαση και επομένως είναι κατάλληλα για κρυογενή εξυπηρέτηση. Ο ανοξειδωτός χάλυβας της τάξης 18/8 (18% χρώμιο, 8 % νίκελο) δεν παρουσιάζει εξαιρετική αγωγιμότητα.

Τα δοχεία που στήνονται στο ύπαιθρο (έξω από το εργοστάσιο) για αποθήκευση υγρών κατασκευάζονται από ανοξειδωτο χάλυβα τύπου 304 (ASTM- A-240, τύπου 304) ή μίγμα αλουμινίου- μαγνησίου όπως το κατεργασμένο O- AA 5083 ή AA5086 (ASTM B-209 ποιότητα GM 41A ή 6M40A, αντίστοιχα) ή A553 ποιότητα A ή A353 9% νικελειούχο χάλυβα, για θερμοκρασίες κάτω του -320F (-195° C). Ο κώδικας ASME, API STANDARD 620 και διάφορα ρυθμιστικά σχήματα έχουν καθιερώσει ορισμένες ελάχιστες απαιτήσεις για κατασκευή δοχείων εξαιρετικά χαμηλής θερμοκρασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ ΔΟΧΕΙΑ ΜΕ ΚΑΘΕΤΟ ΑΞΟΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Η εγκατάσταση αποθήκευσης υγρού σε κυλινδρικό δοχείο με κάθετο άξονα, εδραζόμενο σε υπόστρωμα απαρτίζεται από:

- Το κέλυφος
- Την οροφή
- Τον πυθμένα
- Διάφορα υποστυλώματα
- Διάφορα βοηθητικά στοιχεία

1.1 ΜΕΓΕΘΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ

Το μέγεθος του δοχείου καθορίζεται από τις εκάστοτε αποκτήσεις. Συνήθως αυτό είναι συνάρτηση:

- Της κατανάλωσης
- Της ευχέρειας παραλαβής φορτίων και
- Του αποθέματος ασφάλειας που θα πρέπει να διατηρείται

Ο όγκος του δοχείου θα δίνεται από τη σχέση:

$$V = (\pi D^2 / 4) * H \quad (1.1)$$

1.2 ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΟΧΕΙΩΝ

Πριν σχεδιασθεί ένα δοχείο αποθήκευσης πρέπει να υποδειχθούν οι διαστάσεις του, ύψος H και διάμετρο D.

Κανένας γενικός κανόνας δεν μπορεί να δοθεί για την επιλογή της σχέσης, ύψος- διάμετρος, διότι αυτή η σχέση είναι συχνά μια συνάρτηση από επεξεργασία διαφόρων απαιτήσεων που είναι εφικτές σε κάθε χώρα και θέτουν περιορισμούς στο ύψος.

Ο κατώτερος περιορισμός για την βέλτιστη σχέση D/H συμβαίνει όταν το κόστος κελυφους- οροφής- πυθμένα, ανά μονάδα εμβαδού είναι ανεξάρτητο από το D και το H. Αυτή η θεώρηση υφίσταται για δοχεία μικρού όγκου.

Ο ανώτερος περιορισμός για τη σχέση D/H συμβαίνει όταν το πάχος του κελυφους είναι μια συνάρτηση του D και του H και το κόστος ανά μονάδα εμβαδού

του πυθμένα και της οροφής είναι ανεξάρτητο από το D και το H. Αυτή η θεώρηση αφορά δοχεία μεγάλου όγκου.

Οι βέλτιστες διαστάσεις του δοχείου επηρεάζονται από το κόστος και το κόστος από την κάθε χώρα. Για προσδιορισμό των διαστάσεων του δοχείου είναι προτιμότερο να εκφράζεται το κόστος ανά μονάδα εμβαδού και θέτοντας:

$$H = \frac{4V}{\pi D^2} \quad (1-2)$$

A₁ = εμβαδό κελυφους	M² = πDH
A₂ = εμβαδό πυθμένα ή οροφής	M² = πD ² /4
C₁ = ετήσιο κόστος κατασκευής κελυφους	N.M./ m²
C₂ = ετήσιο κόστος κατασκευής πυθμένα	N.M./ m²
C₃ = ετήσιο κόστος κατασκευής οροφής	N.M./ m²
C₄ = ετήσιο κόστος κατασκευής υποστρώματος	N.M./ m²
C₅ = ετήσιο κόστος κατασκευής του χώρου που πρέπει να αποδοθεί στο δοχείο σε N.M./ m ² (εμβαδόν πυθμένα)	N.M./ m²
C = ολικό κόστος δοχείου N.M./ έτος	
N.M. = Νομισματική Μονάδα εκάστοτε	

Προκύπτει **C = (A₁C₁) + A₂ (C₂+C₃+C₄+C₅)** **(1-3)**

Θέτοντας τα εμβαδά A₁ και A₂ ή (1-3) γίνεται:

$$C = \pi D H C_1 + \pi D^2 / 4 (C_2 + C_3 + C_4 + C_5) \quad (1-3a)$$

Συνδυάζοντας την (1-3^a) με την (1-2) προκύπτει:

$$C = 4V C_1 / D + \pi D^2 / 4 (C_2 + C_3 + C_4 + C_5) \quad (1-4)$$

Για τον προσδιορισμό των βέλτιστων διαστάσεων του δοχείου είναι αναγκαίο να κάνουμε χρήση της εξίσωσης **(1-4)**.

1.2.1 ΔΟΧΕΙΑ ΜΕ ΠΑΧΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟ ΑΠΟ D ΚΑΙ H

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση (1-4) και διαφορίζοντας το ολικό κόστος C ως προς την διάμετρο D προκύπτει:

$$\frac{dC}{dD} = \frac{-4VC_1}{D_2} + \frac{\pi D}{2}(C_2 + C_3 + C_4 + C_5) \quad (1-5)$$

Για ελάχιστο κόστος πρέπει η κλίση της καμπύλης κόστος- διάμετρο dC/ dD να είναι μηδέν, δηλαδή:

$$\frac{-4VC_1}{D_2} + \frac{\pi D}{2}(C_2 + C_3 + C_4 + C_5) = 0$$

ή

$$D^3 = \frac{8V}{\pi} \left(\frac{C_1}{C_2} + C_3 + C_4 + C_5 \right)$$

Θέτοντας την τιμή του όγκου V έχουμε:

$$D^3 = \frac{8}{\pi} \left(\frac{\pi D^2 H}{4} \right) \left(\frac{C_1}{C_2} + C_3 + C_4 + C_5 \right)$$

ή

$$D = 2H \frac{C_1}{C_2} + C_3 + C_4 + C_5 \quad (1-6)$$

1.2.2. ΔΟΧΕΙΑ ΜΕ ΠΑΧΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟ ΑΠΟ D ΚΑΙ H

Το κόστος του κελυφους ανά μονάδα εμβαδού C_1 , είναι μια συνάρτηση του D και H . Ο υπολογισμός βασίζεται στα ακόλουθα:

$$C_1 = C_6 (H - 1)D \quad (1-7)$$

ή

$$C_6 = \frac{C_1}{(H - 1)D} \quad (1-7a)$$

Θέτοντας την εξίσωση (1-7) στην (1-4) προκύπτει:

$$C = 4V \left[\frac{C_6 (H - 1)D}{D} \right] + \frac{\pi D^2}{4} (C_2 + C_3 + C_4 + C_5)$$

Αντικαθιστώντας το H από την εξίσωση (1-2) προκύπτει:

$$C = 4VC_6 \left(\frac{4V}{\pi D^2} \right) - 4VC_6 + \frac{\pi D^2}{4} (C_2 + C_3 + C_4 + C_5) \quad (1-8)$$

Διαφορίζοντας την (1-8) ως προς D και θέτοντας ίσον με μηδέν προκύπτει:

$$\frac{dC}{dD} = -\frac{32C_6 V^2}{\pi D^3} - 0 + \frac{2\pi D}{4} (C_2 + C_3 + C_4 + C_5) = 0$$

ή

$$\frac{\pi D}{2}(C_2 + C_3 + C_4 + C_5) = \frac{32C_6 V^2}{\pi D^3}$$

Θέτοντας όπου V το ίσον του από (1-1) και το C_6 από την εξίσωση (1-7^α) προκύπτει:

$$\frac{\pi D}{2}(C_2 + C_3 + C_4 + C_5) = \frac{32C_1}{(H-1)D^4 \pi} \left(\frac{\pi D_2 H}{4} \right)^2$$

ή

$$\frac{\pi D}{2}(C_2 + C_3 + C_4 + C_5) = \left(\frac{32C_1}{(H-1)D^4 \pi} \right) \left(\frac{\pi^2 D^4 H^2}{16} \right)$$

Θέτοντας όπου $H=12H$ προκύπτει:

$$D(C_2 + C_3 + C_4 + C_5) = 4C_1 H$$

ή

$$D = 4H \left(\frac{C_1}{C_2 + C_3 + C_4 + C_5} \right) \quad (1-9)$$

1.2.3 ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΟΧΕΙΩΝ

α. Για ένα μικρό δοχείο θέτοντας όπου $C_1=C_2=C_3$ και $C_5=0$ από την εξίσωση (1-6) προκύπτει:

$$D = \frac{2HC_1}{C_1} + C + 0 = H$$

β. Για ένα μεγάλο δοχείο θέτοντας όπου $C_1=2, C_2=C_3$ και $C_5=0$ από την εξίσωση (1-9) προκύπτει:

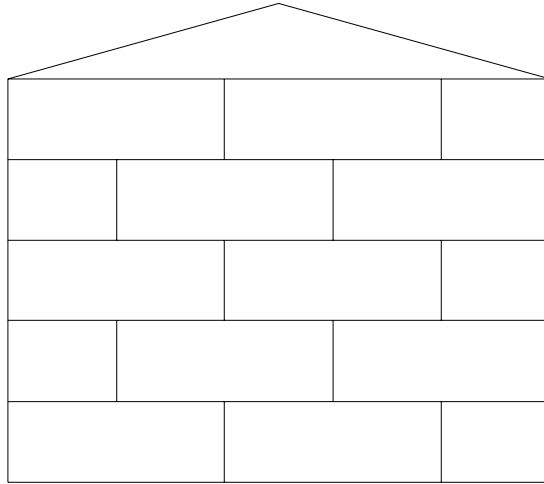
$$D = \frac{4H2C_2}{C_2} + 2C_2 + 0 = \frac{8}{3H}$$

Στον πίνακα Ζ1α, Ι1β του παραρτήματος δίνεται τυποποιημένη η διάμετρος και το ύψος του δοχείου σε σχέση με την περιεκτικότητά του.

1.3. ΠΑΧΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ

1.3.1. ΠΑΧΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

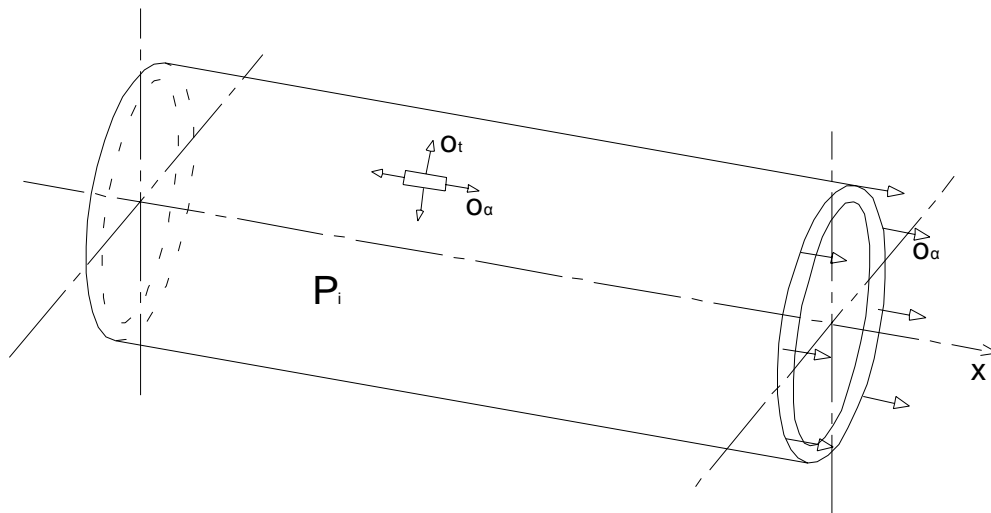
Ανάλογα με το ύψος του δοχείου, το κέλυφος απαρτίζεται από έναν αριθμό δακτυλίων όπως στο σχ. 1.1.



Σχ. 1.1. Απεικόνιση Δακτυλίων.

Το πάχος των δακτυλίων δεν είναι κατ' ανάγκην ενιαίο, αλλά είναι δυνατόν ν' αλλάζει από δακτύλιο σε δακτύλιο, με μείωση αυτού όσο ανερχόμαστε προς την οροφή του δοχείου.

Το πάχος του κάθε δακτυλίου θα υπολογίζεται, προσδιορίζοντας την εντατική κατάσταση που αναπτύσσεται στο τοίχωμα του δακτυλίου.



Σχ.1.3 Εγκάρσια Διατομή

Σε μια εγκάρσια διατομή σχ. 1.2., οι τάσεις που επενεργούν στο τοίχωμα του δοχείου είναι εφελκυστικές και προσδιορίζονται από την ισορροπία του ενός τμήματος του κυλίνδρου στη διεύθυνση x .

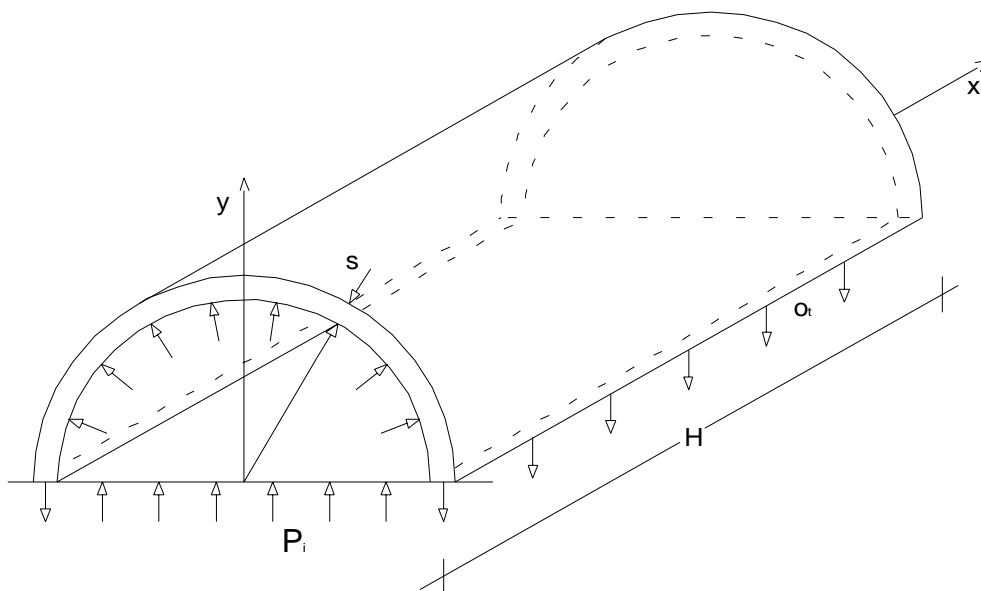
$$\Sigma F_x = -P_i \pi R^2 + \sigma_a 2 \pi R S = 0$$

Ο πρώτος όρος είναι η δύναμη που αναπτύσσεται στην βάση του δοχείου λόγω της εσωτερικής πίεσης P_i , ενώ ο δεύτερος όρος είναι η δύναμη που συνιστούν οι ορθές αξονικές τάσεις σ_a του τοιχώματος του δοχείου.

Από την συνθήκη ισορροπίας προκύπτει η ορθή τάση σ_a :

$$\sigma_a = P_i R / 2S = P_i D / 4S \quad (1-10)$$

Οι τάσεις στην διεύθυνση της περιμέτρου του δοχείου προκύπτουν αν φανταστούμε ένα δακτύλιο μήκους H κομμένο στα δύο κατά μήκος του σχ. 1.3.



Σχ.1.3 Διαμήκης Διατομή

Η ισορροπία του στοιχείου αυτού στη διεύθυνση Y δίνει:

$$\Sigma F_y = P_i R H^2 - 2 \sigma_t S H = 0$$

Ο πρώτος όρος της εξίσωσης αυτής δίνει την δύναμη που αναπτύσσεται από την πίεση στο διάγραμμα ελεύθερου σώματος στην διεύθυνση Y , ενώ ο δεύτερος όρος δίνει την δύναμη λόγω των τάσεων σ_t που αναπτύσσονται στο τοίχωμα του δοχείου στη διεύθυνση Y .

Από την συνθήκη αυτή προκύπτει η εξίσωση της περιμετρικής ή εφαπτόμενης τάσης σ_t που είναι διπλάσια της αξονικής τάσης σ_a .

$$\sigma_t = P_i R / S = P_i D / 2S \quad (1-11)$$

Το πάχος του ελάσματος για τον κάθε δακτύλιο, θα υπολογίζεται από την σχέση (1-11) που είναι και η δυσμενέστερη.

Παίρνοντας υπ' όψιν μας έναν συντελεστή ασφάλειας N, ένα συντελεστή συγκόλλησης V και μια προσθήκη r για διάβρωση, η σχέση (1-11) διαμορφώνεται ως εξής:

$$S = P_i D N / 2 S_y V + C \quad (1-11\alpha)$$

όπου:

P_i = $P H_i$ εσωτερική υδροστατική πίεση

P = ειδικό βάρος του περιεχόμενου υγρού

H_i = ύψος υγρού εντός του δοχείου πάνω από την κάτω ραφή για τον κάθε δακτύλιο.

1.3.1.1. ΠΙΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ ΠΑΧΟΥΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Είδαμε στην παράγραφο 1.3.1. ότι το πάχος του ελάσματος του κελυφους δίνεται από την σχέση (1-11^α).

Θέτοντας στην σχέση αυτή την επιτρεπόμενη τάση έχουμε:

$$S = P_i D / 2 \sigma_{\text{επ}} V + C \quad (1-11\beta)$$

Σύμφωνα με τους αμερικανικούς κανονισμούς, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τάσεις θεωρούνται κατά προσέγγιση, το ένα τρίτο του κατώτερου μέτρου αντοχής σε εφελκυσμό του χάλυβα. Αυτή η θεώρηση παρέχει έναν συντελεστή ασφάλειας εργασίας $N=3$, που είναι κοινός για κατασκευές από χάλυβα, στατικά φορτιζόμενες. Οι τάσεις υπολογίζονται θεωρώντας ότι η δεξαμενή είναι γεμάτη καθ' όλο το ύψος της H με νερό σε 15,5c (ειδικού βάρους 1000 HP/m³).

Η πίεση σε κάθε δακτύλιο υπολογίζεται σε ένα σημείο 1 ft=0.3048m υπεράνω της κεντρικής γραμμής της κατώτερης οριζόντιας σύνδεσης, των θεωρουμένων συνδεδεμένων ελασμάτων του δακτυλίου.

Η υδροστατική πίεση στο κυλινδρικό δοχείο αποθήκευσης ποικίλει από ένα ελάχιστο στην οροφή, σε ένα μέγιστο στον πυθμένα. Ο σχεδιασμός βασίζεται πάνω στην πίεση σε ύψος 0,3048 m πάνω από την κάθε οριζόντια σύνδεση του κάθε δακτυλίου και ο οποίος θεωρείται συντηρητικός.

Οι εξισώσεις που ακολουθούν παράγονται από μια θεώρηση ότι το ειδικό βάρος του περιεχόμενου υγρού δεν ξεπερνά αυτό του νερού, που χρησιμοποιείται για υδροστατικό έλεγχο της δεξαμενής.

Σύμφωνα με τα ανωτέρω η πίεση υπολογισμού είναι:

$$P_i = P (H - 0.3048) \text{ KP/M}^2 \quad (1-12)$$

Αντικαθιστώντας την (1-12) στην (1-11β) και θέτοντας $P=1000 \text{ KP/m}^2$ προκύπτει:

$$S = 5 (H - 0.3048) D / \sigma_{\text{επ}} V + C \quad (1-13)$$

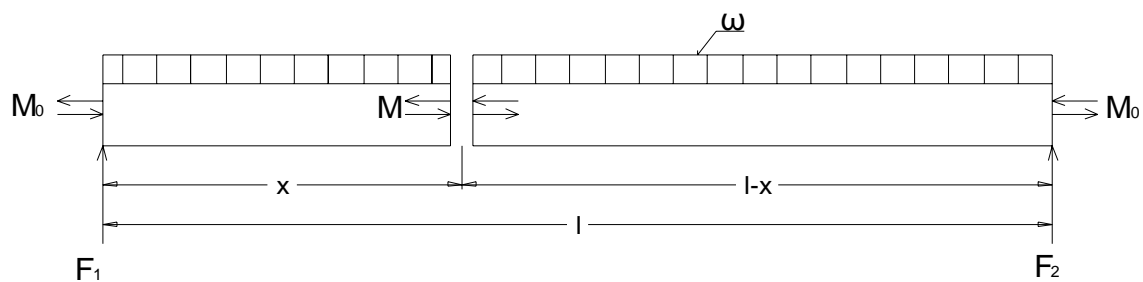
όπου:

s σε cm, H σε m, D σε m, $\sigma_{\text{επ}}$ σε HP/cm^2 και C σε cm. Η σχέση (1-13) είναι η τελική σχέση υπολογισμού του πάχους ελάσματος του κέλυφους.

Στον πίνακα $I_{2\alpha}$, $I_{2\beta}$ του παραρτήματος δίνονται τυποποιημένα πάχη σε σχέση με την διάμετρο, το ύψος και τον αριθμό των δακτυλίων, όταν το πλάτος του ελάσματος που χρησιμοποιούμε είναι 72 ή 96 in. Σύμφωνα με 10 το ελάχιστο πάχος πρέπει να λαμβάνεται 5 mm.

1.3.2. ΠΑΧΟΣ ΟΡΟΦΗΣ

Το πάχος ελάσματος της οροφής θα βασίζεται στον υπολογισμό ομοιόμορφα φορτισμένης συνεχής δοκού. Μια ομοιόμορφα φορτισμένη συνεχής δοκός, έχει ένα μεγάλο αριθμό από απέχοντα στηρίγματα και θεωρείται το ίδιο με μια απλά φορτισμένη δοκό με σταθερά άκρα σχ.1.4.



Σχ. 1.4. Ομοιόμορφα φορτισμένη συνεχής δοκός

Η δοκός θεωρείται από μια τομή της συνεχούς δοκού με ένα μεγάλο αριθμό από ισοδύναμα απέχοντα στηρίγματα μήκους 1. Τα στηρίγματα αυτά είναι οι δοκίδες που θα δούμε στη συνέχεια, επάνω στις οποίες στηρίζονται τα ελάσματα της οροφής και το μήκος 1 θα είναι η δυσμενέστερη απόσταση των δοκίδων.

Μια καμπτική ροπή M_0 υφίσταται πάνω από τα στηρίγματα. Παίρνοντας το άθροισμα των ροπών σε μια απόσταση X από το στήριγμα F_1 έχουμε:

$$M = M_0 + F_1 X - W X(x/2) \quad (\alpha)$$

όπου το W συμβολίζει το φορτίο ανά μονάδα μήκους, αλλά:

$$F_1 = WL/2 \quad (\beta)$$

για μια δοκό με στήριξη στα άκρα και

$$EI \frac{d^2 Y}{dX^2} = M \quad (1-14)$$

Αντικαθιστώντας στην (1-14) τα M και F_1 έχουμε:

$$M = EI \frac{d^2 Y}{dx^2} = M_0 + WLX/2 - WX^2/2 \quad (1-14\alpha)$$

ολοκληρώνοντας την (1-14^α) έχουμε:

$$EI \frac{dy}{dx} = M_0 x + WLX^2/2 - WX^3/2 + C_1 \quad (1-14\beta)$$

Για την σταθερά ολοκλήρωσης C_1 έχουμε:

$$\text{Για } x=0, \frac{dy}{dx}=0$$

από όπου η (1-14β) μας δίνει $C_1=0$ και:

για $x=1$, έχουμε σχεδόν $dy/dx=0$, από όπου η (1-14β) μας δίνει:

$$M_0 = -WI^2/12 = M_{\max} \quad (1-15\alpha) \text{ [Μέγιστη ροπή για ομοιόμορφα φορτισμένη δοκό με σταθερά άκρα]}$$

Αντικαθιστώντας την (1-15α) στην (1-14α) έχουμε:

$$M = EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -WI^2/12 + WIX/2 - WX^2/2 \quad (1-16)$$

Η καμπτική ροπή στο κέντρο είναι: $x=1/2$

$$(M)_{x=1/2} = wI^2/24 \quad (1-16\alpha)$$

Συγκρίνοντας την εξίσωση (1-15α) με την εξίσωση (1-16α) εξάγουμε ότι οι μέγιστες καμπτικές ροπές λαμβάνουν χώρα πάνω από τα στηρίγματα σύμφωνα με την εξίσωση (1-15α). Η μέγιστη μετατόπιση στην δοκό λαμβάνει χώρα για $x=1/2$ και εξάγεται αντικαθιστώντας την (1-15α) στην (1-15), αφού ολοκληρώσουμε και προσδιορίσουμε τη νέα σταθερά ολοκλήρωσης προκύπτει:

$$EIY = -WI^2 X/24 + WIX^3/12 - WX^4/24 + C_2 \quad (\gamma)$$

Αλλά $y=0$ για $x=0$

από όπου εξάγεται $C_2=0$

Αντικαθιστώντας και λύνοντας ως προς y_1 όπου $X=1/2$ προκύπτει:

$$Y = -WL^4/384EI = Y_{\max} \quad (1-17)$$

ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ

Οι μέγιστες τάσεις που αναπτύσσονται στην δοκό είναι:

$$\sigma = M_{\max}/Z$$

αλλά:

$$M_{\max} = -wl^2/12 = -9bl^2/12$$

όπου:

θ = μοναδιαίο φορτίο που ισούται με W όταν το πλάτος της δοκού b θεωρείται μοναδιαίο.

l = μήκος μεταξύ των δοκίδων

Για μια ορθογωνική δοκό έχουμε:

$$Z = bs^2/6$$

όπου:

b = πλάτος της δοκού

s = πάχος της δοκού

Για μοναδιαίο πλάτος δοκού $b=1$ cm έχουμε:

$$\sigma = M_{\max}/Z = -9l^2/12s^2 = -9l^2/2s^2 \leq \sigma_{\text{επ}} = S_Y/N \quad (1-18)$$

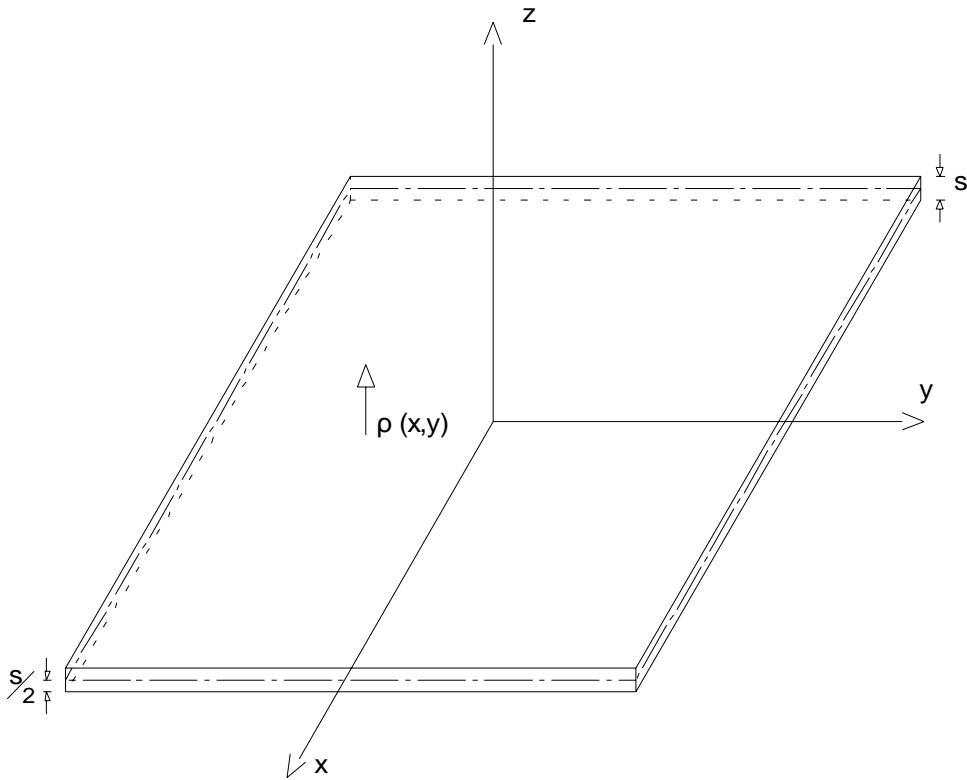
ή

$$S = l (9/2\sigma_{\text{επ}})^{1/2} \quad (1-18^a)$$

Σύμφωνα με το ελάχιστο πάχος πρέπει να λαμβάνεται 5 MM.

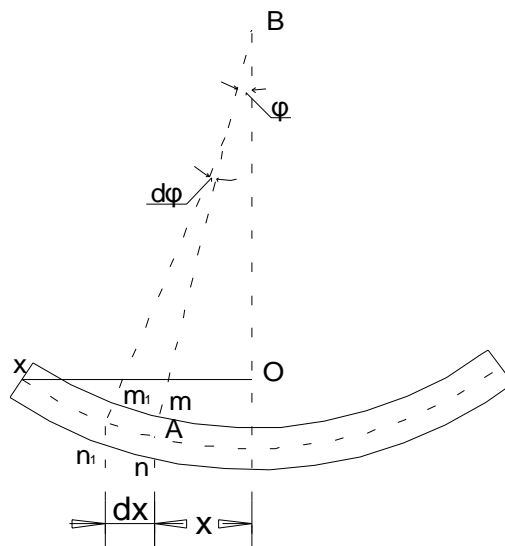
1.3.3. ΠΑΧΟΣ ΠΥΘΜΕΝΑ

Ο πυθμένας του δοχείου λαμβάνεται σαν επίπεδος και διαμορφώνεται από ορθογωνικά ελάσματα τα οποία εδράζονται στο υπόστρωμα σχ. 1.5. Το πάχος των ελασμάτων αυτών θα βασίζεται στον υπολογισμό ορθογωνικής πλάκας, που φέρει ομοιόμορφο φορτίο την υδροστατική πίεση και η οποία συγκολλείται στα άκρα της. Ο υπολογισμός της σε αντοχή έχει ως εξής.



Σχ. 1.5. Πλάκα ομοιόμορφα φορτισμένη

Θεωρείται ότι η μετατοπισμένη επιφάνεια στην περίπτωση αυτή είναι συμμετρική περί τον άξονα τον κάθετο στην πλάκα στο κέντρο της. Λαμβάνεται ένα συμμετρικό άξονα μέσω του οποίου είναι ικανός ο υπολογισμός των μετατοπίσεων και των τάσεων.



Σχ. 1.6.1 Στοιχειώδης διατομή πλάκας ομοιόμορφα φορτισμένης

Στο σχ. 1.6 παριστάνεται ένα τμήμα της πλάκας με άξονα συμμετρίας OZ θέτοντας Y την μετατόπιση της πλάκας στην διεύθυνση Z σε κάθε σημείο A που απέχει κατά X από τον άξονα. Για μικρές τιμές του Y θέτουμε:

$$\varphi = -dy/dx$$

Εκφράζοντας την κλίση της μετατοπισμένης επιφάνειας στο ίδιο σημείο. Η καμπυλότητα της πλάκας στην τομή XZ είναι:

$$1/r_1 = -d^2y/dx^2 = d\varphi/dx \quad (\alpha)$$

Στον καθορισμό της καμπυλότητας Y₂, στην διεύθυνση την κάθετη στο XZ επίπεδο, είναι απαραίτητο να σημειώσουμε ότι μετά την μετατόπιση της πλάκας, τομές όπως nm παριστούν μια κωνική επιφάνεια, όπου η κορυφή B είναι σημείο τομής της nm με τον άξονα OZ. Η AB παριστάνει την ακτίνα Y₂ και από το σχ. 1.6 προκύπτει:

$$1/r_2 = \varphi/x \quad (\beta)$$

Οι επιμηκύνσεις στην X και Y είναι:

$$E_x = z/r_1, \quad E_y = z/r_2$$

και οι τάσεις:

$$\sigma_x = Ez/1-r^2 (1/r_1 + r/r_2) \quad (1-19)$$

$$\sigma_y = Ez/1-r^2 (1/r_2 + r/r_1) \quad (1-20)$$

Οι καμπτικές ροπές θα δίνονται από τις σχέσεις:

$$\int \sigma_x z dy dz = M_1 dy \quad (1-21)$$

$$\int \sigma_y z dx dz = M_2 dx \quad (1-22)$$

Αντικαθιστώντας τις τάσεις σ_x και σ_y στις (1-21), (1-22) και σημειώνοντας ότι:

$$E/1-v^2 \int z^2 dz = Es^3/12(1-v^2) = \Delta \quad (\gamma)$$

Οι καμπτικές ροπές γίνονται:

$$\Delta(1/r_1 + r/r_2) = M_1 \quad (1-21\alpha)$$

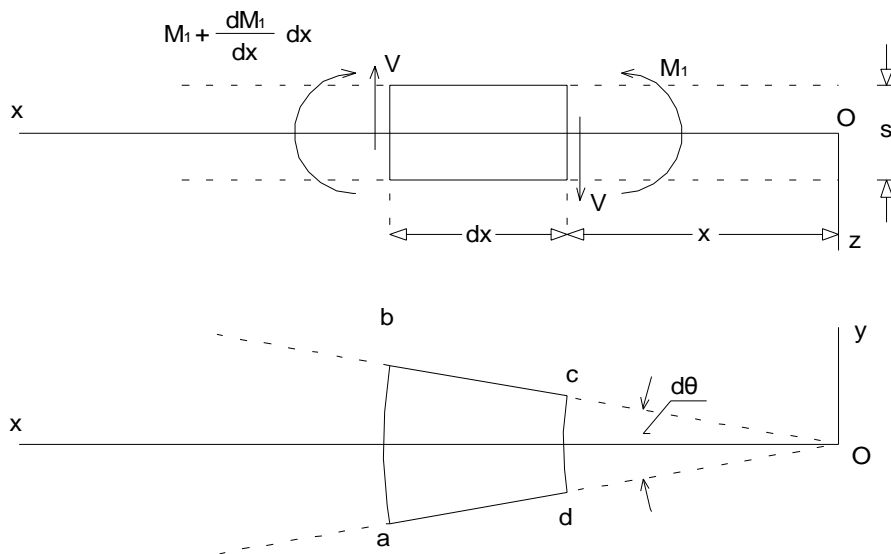
$$\Delta(1/r_2 + r/r_1) = M_2 \quad (1-22\alpha)$$

Αντικαθιστώντας σε αυτές τις (α) και (β) προκύπτει:

$$M_1 = \Delta [d\varphi/dx + r*(\varphi/x)] \quad (1-21\beta)$$

$$M_2 = \Delta [\varphi/x + r*(d\varphi/dx)] \quad (1-22\beta)$$

Στις εξισώσεις με M_1 και M_2 παριστάνονται οι καμπτικές ροπές ανά μονάδα μήκους. Με M_1 σχ. 1.7 παριστάνονται οι κατά μήκος της τομής όπως nm και με M_2 οι κατά μήκος της τομής όπως XZ .



Σχ. 1.7. Παράσταση καμπτικών ροπών M_1 , M_2 .

Οι εξισώσεις (1-21β) και (1-22β) περιέχουν μια μόνο μεταβλητή ϕ που μπορεί να προσδιορισθεί από την εξίσωση ισορροπίας για ένα στοιχείο $abcd$ σχ. 1.7. Το αντικαθιστάμενο ζεύγος στην πλευρά cd είναι:

$$M_1 x d\theta \quad (\delta)$$

Το αντίστοιχο ζεύγος στην πλευρά ab είναι:

$$[M_1 + (dM_1/dx) \cdot dx] \cdot (x+dx) \cdot d\theta \quad (\epsilon)$$

Τα ζεύγη στις πλευρές ad και dc είναι:

$$M_2 dx d\theta \quad (\sigma\tau)$$

Προσθέτοντας τις υπάρχουσες διατμητικές δυνάμεις Y στις πλευρές ab και cd . Εάν Y παριστάνει την διατμητική δύναμη ανά μονάδα μήκους, η ολική διατμητική δύναμη που αντικαθίσταται στις πλευρές cd και ab του στοιχείου είναι $YX d\theta$. Αυτές οι δύο δυνάμεις δίνουν ένα ζεύγος στο επίπεδο XZ ίσο με:

$$YX d\theta dx \quad (\zeta)$$

Η εξίσωση ισορροπίας του στοιχείου $abcd$ είναι:

$$[M_1 + (dM_1/dx) \cdot dx] \cdot (x+dx) \cdot d\theta - M_1 x d\theta - M_2 dx d\theta + YX dx d\theta = 0$$

από όπου προκύπτει:

$$M_1 + (dM_1/dx) \cdot x - M_2 + YX = 0 \quad (\eta)$$

Θέτοντας σε αυτή τις εξισώσεις (1-21β), (1-22β) προκύπτει:

$$d^2\varphi/dx^2 + 1/x * d\varphi/dx - \varphi/x^2 = -V/\Delta \quad (1-23)$$

Έστω ότι η πλάκα φορτίζεται με ένα ομοιόμορφα κατανομημένο φορτίο P. Η διατμητική δύναμη Y ανά μονάδα μήκους θα είναι:

$$2\pi X V = \pi X^2 P$$

$$\text{ή} \quad (θ)$$

$$V = PX/2$$

Θέτοντας την τιμή αυτή στην (1-23) προκύπτει:

$$d^2\varphi/dx^2 + 1/x * d\varphi/dx - \varphi/x = -PX/2\Delta$$

ή

$$d/dx [(1/x) * d(x\varphi)/dx] = -PX/2\Delta \quad (i)$$

Ολοκληρώνοντας προκύπτει:

$$1/x * d/dx(x\varphi) = -1/\Delta * (PX^2/4) + C_1 \quad (κ)$$

C_1 = σταθερά ολοκλήρωσης

Ολοκληρώνοντας την κ προκύπτει:

$$X\varphi = -PX^4/16\Delta + C_1 * X^2/2 + C_2$$

ή

$$\varphi = -Px^3/16\Delta + C_1 X/2 + C_2/X \quad (1-24)$$

C_2 = σταθερά ολοκλήρωσης

Για μικρές μετατοπίσεις προκύπτει:

$$\Phi = -dy/dx$$

από όπου προκύπτει η ακόλουθη εξίσωση μετατόπισης:

$$dy/dx = Px^3/16\Delta - C_1 X/2 - C_2/X$$

από όπου με ολοκλήρωση γίνεται:

$$Y = PX^4/64\Delta - C_1 X^2/4 - C_2 \log_e x + C_3 \quad (1-25)$$

Οι σταθερές ολοκλήρωσης C_1 , C_2 , C_3 θα προσδιορίζονται από τις οριακές συνθήκες.

Με γνωστή την συνάρτηση φ προσδιορίζονται οι καμπτικές ροπές M_1 και M_2 από τις σχέσεις (1-21β) και (1-22β).

Συνδυάζοντας τις εξισώσεις (1-19) με την (1-21α) και την (1-20) με την (1-22α) προκύπτει ότι οι τάσεις σ_x και σ_y είναι:

$$\sigma_x = EZ/(1-r^2) * M_1/\Delta, \quad \sigma_y = EZ/(1-r^2) * M_2/\Delta$$

το ίσον του προκύπτει:

$$\sigma_x = (12M_1/S^3) * z$$

$$\sigma_y = (12M_2/S^3) * z$$

Η μέγιστη ορθή τάση αναπτύσσεται στις εξωτερικές ζώνες, όπου $z=z_{\max}=(+-)$ $s/2$ για τις οποίες προκύπτει:

$$\sigma_{x\max} = \pm (\sigma M_1/S^2) \quad (1-26)$$

$$\sigma_{y\max} = \pm (\sigma M_2/S^2) \quad (1-27)$$

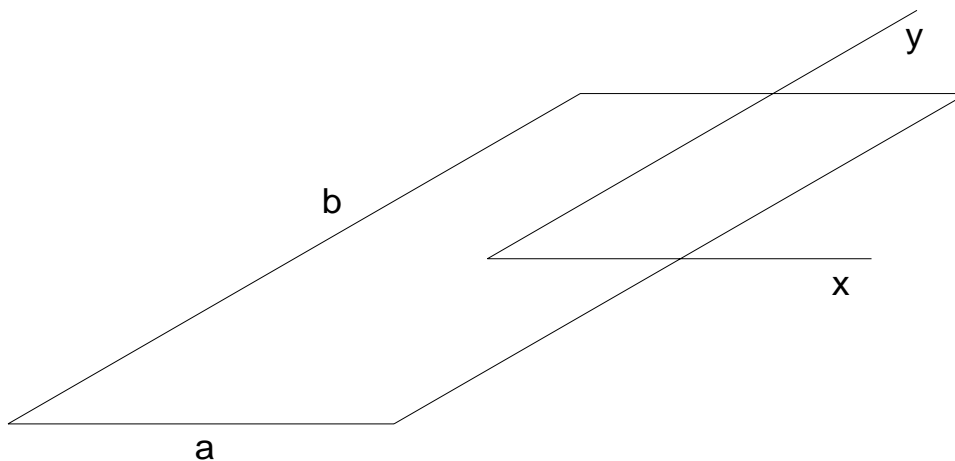
Για ορθογωνική πλάκα με πάκτωση στην περιφέρεια που φέρει ομοιόμορφο φορτίο q έχει υπολογισθεί και δίνεται (2)

$$Y_{\max} = d P \alpha^4 / E S^2 \quad (\lambda)$$

Η μέγιστη ροπή που αναπτύσσεται είναι η M_1 και είναι:

$$|M_1|_{\max} = \beta \rho \alpha^2 \quad (x = \pm \alpha/2, y = 0) \quad (\mu)$$

όπου οι συντελεστές α, β λαμβάνονται από τον πίνακα 1.1, σε σχέση με τον λόγο των διαστάσεων της πλάκας a και b όπως φαίνεται στο σχ. 1.8. (a είναι η μικρότερη διάσταση της πλάκας)



Σχ. 1.8. Διαστάσεις πλάκας

ΠΙΝ. 1.1. Σταθερές για ομοιόμορφα φορτισμένη ορθογωνική πλάκα με σταθερά άκρα.

b/a=	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	∞
α=	0.0138	0.0199	0.0240	0.0264	0.0277	0.0284
β=	0.0513	0.0665	0.0757	0.0806	0.0829	0.0833

Αντικαθιστώντας την (μ) στην (1-26) προκύπτει ότι η μέγιστη τάση $\sigma_{x\max}$ που αναπτύσσεται είναι :

$$\sigma_{x\max} = \sigma \left| M_1 \right|_{\max} / s^2 = \sigma \beta \alpha^2 / s^2 \leq \sigma_{\epsilon\pi\tau} \quad (1-28\alpha)$$

ή

$$s \geq \alpha (\sigma \beta / \sigma_{\epsilon\pi\tau})^{1/2} \quad (1-28\beta)$$

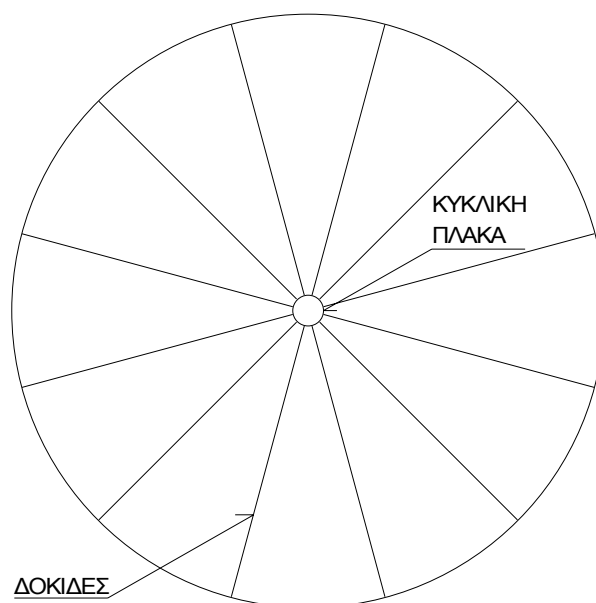
Στο παράρτημα στο σχ. Ι1 φαίνεται ο τρόπος διατάξεως των ελασμάτων του πυθμένα και της οροφής.

Σύμφωνα με το ελάχιστο πάχος πυθμένα πρέπει να λαμβάνεται 8MM.

1.4. ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

1.4.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΚΙΔΩΝ

Οι δοκίδες θα στηρίξουν τα ελάσματα της οροφής και θα μεταφέρουν το φορτίο της στον κεντρικό στύλο και στο κέλυφος. Φροντίζεται οι δοκίδες να παραλαμβάνουν το ίδιο φορτίο, γι' αυτό κατανέμονται στην περιφέρεια της οροφής σχ. 1.9.



Σχ. 1.9. κατανομή δοκίδων

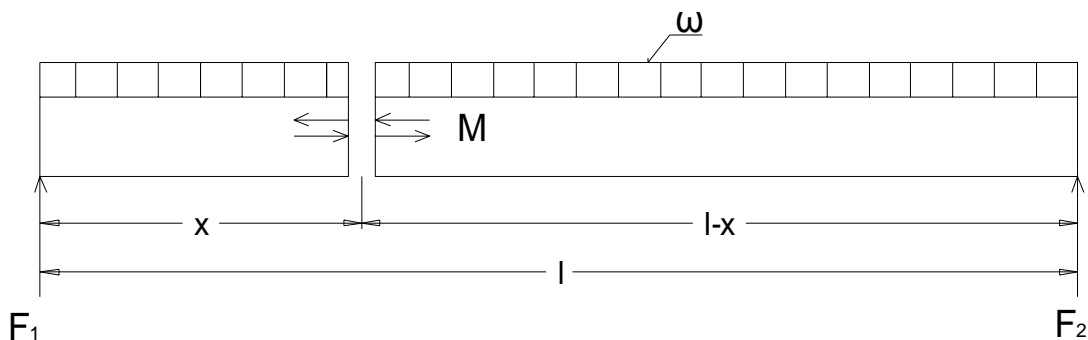
Σύμφωνα με (10) ο αριθμός αυτών N συνίσταται να λαμβάνεται ως κάτωθι:

$$N = 3.281 \text{ ΠD} / 2\text{Π} = 1.6405 \text{ D}$$

(1-29)

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΕ ΑΝΤΟΧΗ

Η κάθε μια δοκίδα καταπονείται και είναι αμφιέριστη. Ο υπολογισμός της θα βασίζεται στον υπολογισμό ομοιόμορφα φορτισμένης δοκού ελεύθερα στηριζόμενης στα άκρα, σχ. 1.10.



Σχ. 1.10. Ομοιόμορφα φορτισμένη δοκός με ελεύθερα άκρα.

Σύμφωνα με το σχ. 1.10, θεωρούμε ένα σημείο X μεταξύ των στηριζόμενων F_1 ΚΑΙ F_2 , σε μια δοκό ομοιόμορφα φορτισμένη με φορτίο W σε (Kp/cm). Για ομοιόμορφα φορτισμένη δοκό, ελεύθερα στηριζόμενη στα άκρα έχουμε:

$$F_1 = F_2$$

όπου:

$$F_1 = Wl/2$$

(1-30)

όπου l είναι το ενεργό μήκος της δοκού σε (cm) το οποίο συνίσταται σύμφωνα με (10) να λαμβάνεται ως κάτωθι:

$$l = D/2 - 0.2 \text{ [M]}$$

Η δύναμη F_1 παράγει με δεξιόστροφη ή θετική ροπή ίση προς F_1X και το ομοιόμορφο φορτίο αριστερά του X , αντιστοιχών σε μια δύναμη WX , παράγει μια αντιδρώσα ή αρνητική ροπή ίση με $-WX(X/2)$.

Η αντιδρώσα ροπή είναι:

$$M = (WlX/2) - (WX^2/2)$$

(α)

Για την εξαγωγή της μέγιστης καμπτικής ροπής παίρνεται:

$$dm/dx = 0$$

από όπου:

$$d/dx (Wlx/2 - Wx^2/2) = 0$$

ή

$$Wl/2 - Wx=0$$

από όπου $x=l/2$

Για $x=l/2$ η (α) γίνεται:

$$M_{\max} = Wl^2/8 \quad (1-31)$$

Για την μετατόπιση της δοκού προκύπτει:

$$M = EI d^2Y/dx^2 = (Wlx/2) - Wx^2/2$$

από όπου:

$$EI dy/dx = Wlx^2/4 - Wx^3/6 + C_1 \quad (\beta)$$

Η σταθερά ολοκλήρωσης C_1 εξάγεται από τη θεώρηση ότι:

$$dy/dx=0 \text{ για } x=l/2$$

από όπου:

$$C_1 = - Wl^3/24$$

Αντικαθιστώντας το C_1 στην εξίσωση (β) και ολοκληρώνοντας προκύπτει:

$$EYI = Wlx^3/12 - Wx^4/24 - Wl^3x/24 + C_2 \quad (\gamma)$$

η οποία δίνει $Y=0$ για $X=0$ και $C_2=0$

Αντικαθιστώντας στην εξίσωση (γ) $C_2=0$ και λύνοντας ως προς Y προκύπτει:

$$Y = 1/EI (Wlx^3/12 - Wx^4/24 - Wl^3x/24) \quad (\delta)$$

Η μέγιστη μετατόπιση συμβαίνει στο κέντρο της δοκού όπου $X=l/2$ και είναι:

$$Y_{\max} = 5Wl^4/384EI \quad (1-32)$$

Η μέγιστη τάση που θα αναπτύσσεται στην δοκό είναι:

$$\sigma_{\max} = M_{\max} / z \leq \sigma_{\epsilon\pi}$$

ή

$$z \geq M_{\max} / \sigma_{\epsilon\pi} = Wl^2/8\sigma_{\epsilon\pi} \quad (1-33)$$

Θα πρέπει λοιπόν η δοκός που θα επιλεγεί να έχει ροπή αντίστασης z , σύμφωνα με την σχέση (1-33).

1.4.2. ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΣΤΥΛΟΣ

Ο κεντρικός στύλος έχει σκοπό να παραλάβει το μισό φορτίο της οροφής και επεκτείνεται από την οροφή στον πυθμένα.

Η διατομή του κεντρικού στύλου μπορεί να έχει οποιαδήποτε μορφή. Κατά το (10), συνήθως ο κεντρικός στύλος, για δοχεία αποθήκευσης πετρελαιοειδών έχει διατομή σύνθετου I όπως δείχνει για το σχ. 1.11. Αυτή η διατομή συνίσταται, αφ' ενός μεν για λόγους κατασκευαστικής διευκόλυνσης, (για την στήριξη του στύλου στην βάση στον πυθμένα όπως θα δούμε παρακάτω) αλλά και για λόγους καλύτερου ελέγχου αυτού (π.χ. ένας σωλήνας θα μπορούσε να τρυπήσει και να πληρωθεί από ρευστό).

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΕ ΑΝΤΟΧΗ

Ο κεντρικός στύλος καταπονείται σε λυγισμό. Για τον λυγισμό επιτρέπεται να χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο ω . Υπενθυμίζεται ότι κατ' αυτήν εισάγοντας ένα συντελεστή ασφάλειας N ως προς τον λυγισμό, υπολογίζονται οι διατομές σαν να επρόκειτο για θλίψη.

$$\sigma_{\alpha} = \sigma_{\kappa} / N \quad (\alpha)$$

όπου σ_{α} = τάση σε θλίψη, σ_{κ} = κρίσιμη τάση λυγισμού.

Για τα υλικά μας όμως μας δίνεται η επιτρεπόμενη σε ελκυσμό τάση $\sigma_{\epsilon\pi}$.

Εισάγοντας έναν συντελεστή ω προκύπτει :

$$\sigma_{\alpha} \leq \sigma_{\epsilon\pi} / \omega$$

τότε το επιτρεπόμενο φορτίο W είναι:

$$W = A \sigma_{\kappa} / N = A \sigma_{\epsilon\pi} / \omega \quad (1-34)$$

ή

$$A \geq W \omega / \sigma_{\epsilon\pi} \quad (1-34\alpha)$$

Έτσι απλουστεύονται πολύ οι υπολογισμοί αφού ο συντελεστής ω είναι συνάρτηση μόνο του βαθμού λιγηρότητας $\lambda = Lk/i$ όπου Lk το ελεύθερο μήκος λυγισμού και i η ακτίνα αδράνειας. Για δοχεία που ο πυθμένας και η οροφή έχουν μια μικρή κλίση το Lk παίρνεται ως κάτωθι:

$$Lk = H + D/2 (\alpha + \beta) \quad (\gamma)$$

Όπου α = κλίση της οροφής, β = κλίση του πυθμένα, H = ολικό ύψους του κέλυφους.

Στον πίνακα 8 δίνονται οι τιμές του συντελεστή ω σε συνάρτηση με τον βαθμό λιγηρότητας για τους χάλυβες st 00, st 37 και st 52 κατά Hutte, Bd I, 28^η έκδοση.

Εδώ ο συντελεστής N έχει ληφθεί 3,5 για την ελαστική περιοχή και 3,5 έως 1,75 για την ελαστοπλαστική.

ΠΙΝ. 8 Τιμές ω σε συνάρτηση με τον βαθμό λιγηρότητας λ

λ	ω		λ	ω	
	St 00	St 52		St 00	St 52
	St 37			St 37	
20	1,04	1,06	140	3,31	4,96
40	1,14	1,19	160	4,32	6,48
60	1,30	1,41	180	5,47	8,21
80	1,55	1,79	200	6,75	10,13
100	1,90	2,53	220	8,17	12,26
120	2,43	3,65	240	9,73	14,59

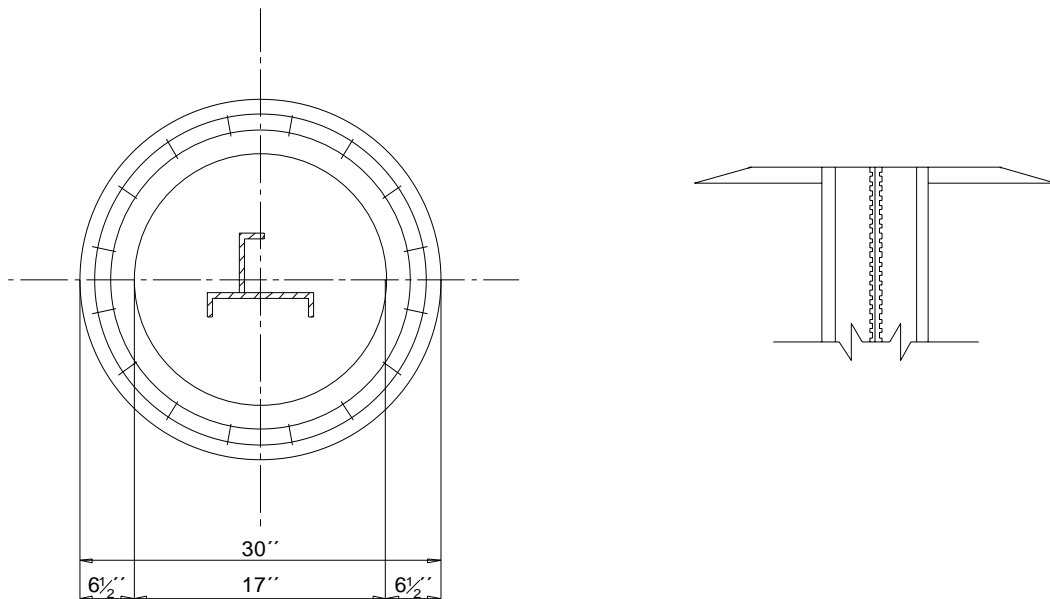
Εάν συνυπάρχει καμπτική ροπή M τότε η επιτρεπόμενη σε θλίψη τάση κατά DIN 1050 είναι:

$$\sigma = \Omega w / A + M / Z \leq \sigma_{\text{επ}} \quad (1-35)$$

Ο κεντρικός στύλος θα ελέγχεται και σε σεισμό (παρ. 1.6.3.)

1.4.3. ΚΥΚΛΙΚΗ ΠΛΑΚΑ ΕΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΔΟΚΙΔΩΝ

Για την στήριξη των δοκίδων και την μεταφορά των φορτίων στον κεντρικό στύλο παρεμβάλλεται κυκλική πλάκα, η οποία συγκολλείται στον κεντρικό στύλο σχ. 1.12.



Σχ. 1.12. Κυκλική πλάκα έδρασης δοκίδων.

Στην συνέχεια δίνονται δύο τρόποι στήριξης της πλάκας αυτής. Ο υπολογισμός της σε αντοχή έχει ως κάτωθι.

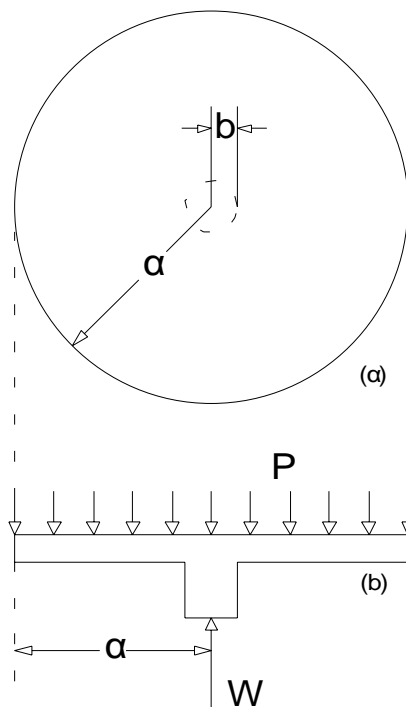
Πρώτος τρόπος:

Πλάκα ομοιόμορφα φορτωμένη, στηριζόμενη στο κέντρο. Στην πτώση αυτή δεχόμαστε ότι η πλάκα στηρίζεται στο κέντρο της στον κεντρικό στύλο και τα φορτία των δοκίδων που εδράζονται επ' αυτής δημιουργούν ομοιόμορφη φόρτιση. Για τον υπολογισμό της πλάκας αυτής στηριζόμαστε στην μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην παράγραφο 1.3.3. όπου οι καμπτικές ροπές M_1 , M_2 παριστάνουν τις κατά μήκος κυλινδρικής τομής όπως η nm και τις κατά μήκος της διαμετρικής τομής XZ αντίστοιχα σχ. 1.6., σχ. 1.7. Έστω ότι η πλάκα φορτίζεται με ένα ομοιόμορφο φορτίο A και ένα συγκεντρωμένο φορτίο W εφαρμοσμένο στο κέντρο. Η διατμητική δύναμη ανά μονάδα μήκους θα είναι:

$$2\pi X V = W + \pi X^2 P \quad (\alpha)$$

ή

$$V = \frac{P X}{2} + \frac{W}{2\pi X}$$



Σχ. 1.13. Ομοιόμορφα φορτισμένη κυκλική πλάκα στηριζόμενη στο κέντρο

Θέτοντας την τιμή αυτή στην σχ. (1-23) προκύπτει:

$$d^2\varphi/dx^2 + 1/x * d\varphi/dx - \varphi/x = - 1/\Delta * (Px/2 + W/2\pi X)$$

ή

$$d/dx [1/x * d(x\varphi)/dx] = - 1/\Delta (Px/2 + W/2\pi X) \quad (\beta)$$

Ολοκληρώνοντας την (β) προκύπτει:

$$1/x * d(x\varphi)/dx = - 1/\Delta [Px^2/4 + (W/2\pi) * \log_e x] + C_1 \quad (\gamma)$$

C_1 = σταθερά ολοκλήρωσης

Ολοκλήρωση της (C) δίνει:

$$X\varphi = - Px^4/16\Delta - W/2\pi\Delta * (X^2 \log_e x/2 - x^2/4) + C_1 x^2/2 + C_2$$

ή

$$\varphi = - PX^3/16\Delta - Wx/8\pi\Delta (2\log_e x - 1) + C_1 x/2 + C_2/x \quad (1-36)$$

C_2 = δεύτερη σταθερά ολοκλήρωσης

Για μικρές μετατοπίσεις παίρνεται:

$$\varphi = - dy/dx$$

από όπου προκύπτει η ακόλουθη εξίσωση μετατόπισης:

$$dy/dx = PX^3/16\Delta - Wx/8\pi\Delta (2\log_e x - 1) - C_1 x/2 - C_2/x \quad (\delta)$$

Ολοκλήρωση της (δ) δίνει:

$$Y = PX^4/64\Delta + wx^2/8\pi\Delta (\log_e x - 1) - C_1 x^2/4 - C_2 \log_e x + C_3 \quad (1-37)$$

Οι σταθερές ολοκλήρωσης C_1, C_2, C_3 βρίσκονται για κάθε περίπτωση από τις οριακές συνθήκες του προβλήματος.

Στην περίπτωση της εξεταζόμενης φόρτισης σχ. 1.13 η διατμητική V σε ένα σημείο που απέχει κατά X από το κέντρο είναι:

$$V = 1/2\pi X \pi P(X^2 - b^2) = PX/2 - Pb^2/2X \quad (1-38)$$

Θέτοντας την τιμή αυτή στη (1-23) και κάνοντας τις πράξεις οι (1-36) και (1-37) γίνονται:

$$\varphi = - Px^3/16\Delta + Pb^2x/8\Delta (2\log_e x - 1) + C_1 x/2 + C_2/x \quad (1-39)$$

ή

$$Y = PX^4/64\Delta - b^2Px^2/8\Delta (\log_e x - 1) - C_1 x^2/4 - C_2 \log_e x + C_3 \quad (1-40)$$

Παίρνοντας τις οριακές συνθήκες βρίσκουμε τις σταθερές C_1, C_2, C_3 , στην συνέχεια από (I-21I), (I-22I) τις καμπτικές ροπές και τέλος σε συνδυασμό με τις (I-21e), (I-22e) από τις (I-19), (I-20) βρίσκεται τις τάσεις.

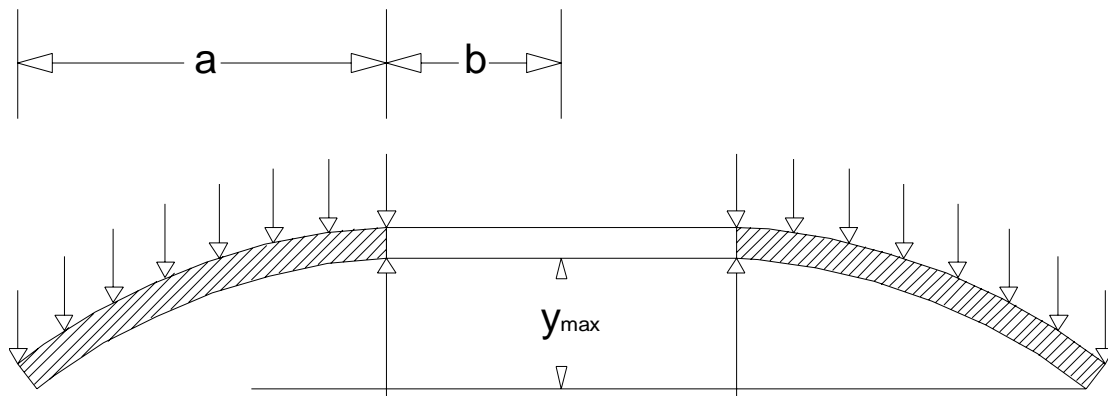
Από (I) δίνεται ότι η μέγιστη τάση που αναπτύσσεται σ_{max} και η μέγιστη μετατόπιση y_{max} είναι αντίστοιχα:

$$\sigma_{\max} = R P \alpha^2 / S^2 \quad \text{ή} \quad \sigma_{\max} = R W / S^2 \quad (1-41)$$

και

$$y_{\max} = R_1 P \alpha^4 / ES^3 \quad \text{ή} \quad y_{\max} = R_1 W \alpha^2 / ES^3 \quad (1-42)$$

όπου K και K_1 συντελεστές που παίρνονται σε σχέση με τον λόγο a/b σχ. 1.14 όπως δίνονται από τον πίνακα 9.



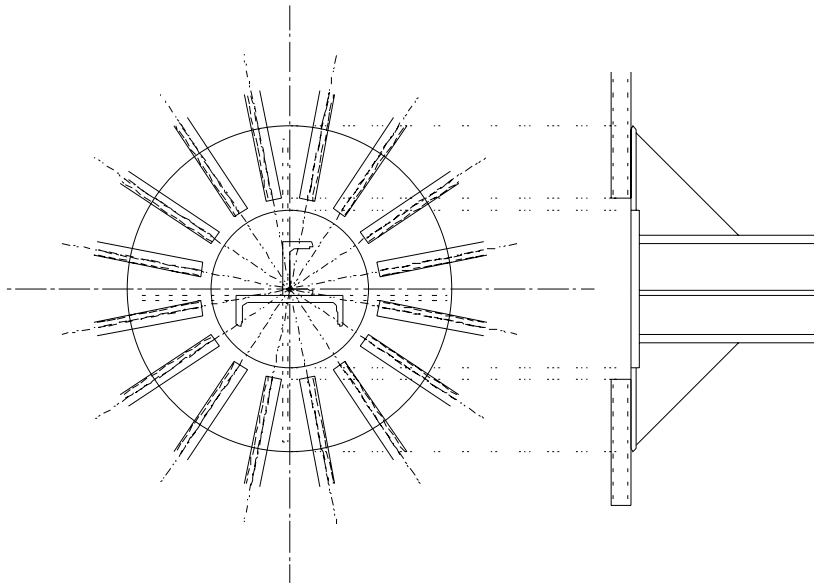
Σχ. 1.14. Κυκλική πλάκα με ομοιόμορφο φορτίο στηριζόμενο στο κέντρο

ΠΙΝ. 9 Συντελεστές K , K_1 σε σχέση με το λόγο a/b

a/b	1,25		1.5		2		3		4		5	
	k	k_1	k	k_1	k	k_1	k	k_1	k	k_1	k	k_1
	0.66	0.202	1.19	0.491	2.04	0.902	3.34	1.220	4.30	1.300	5.10	1.310

Δεύτερος τρόπος:

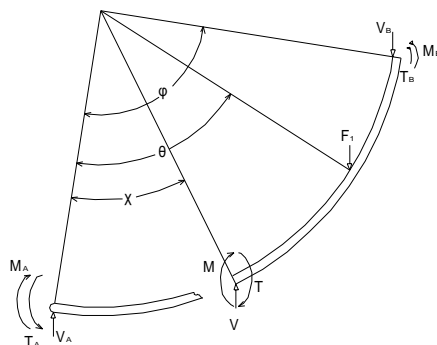
Πολλές φορές θέλοντας να δώσουμε μία πολύ μικρή κλίση της οροφής, επιλέγεται για λόγους κατασκευαστικής διευκόλυνσης ένας άλλος τρόπος στήριξης των δοκίδων όπως αυτός που φαίνεται στο σχ.1.15.



Σχ. 1.15. Στήριξη δοκίδων στον κεντρικό στύλο

Οι δοκίδες θα εδράζονται στην κυκλική πλάκα και τα φορτία μέσω των αντιρήδων θα μεταβιβάζονται στον κεντρικό στύλο.

Η επίλυση γίνεται εξιδανικεύοντας τον επιφανειακό φορέα (πλάκα) ενός τεταρτημορίου κύκλου σε καμπύλη δοκό. Η ανάλυση μιας τέτοιας δοκού προκαλεί ένταση καμπτική και στρεπτική. Η μεν καμπτική ένταση οδηγεί στη διαστασιολόγηση της πλάκας, η δε στρεπτική ένταση δεν λαμβάνεται υπ' όψιν μια και ο πραγματικός φορέας είναι πλάκα και η ένταση της στρέψης δεν επηρεάζει τον επιφανειακό φορέα. Παραθέτοντας τα σχ. 1.16. για κατανόηση και παίρνοντας σαν στοιχεία υπολογισμού:



Σχ. 1.16. πλάκα με συγκεντρωμένο φορτίο F_1

E= μέτρο ελαστικότητας

G= μέτρο δυσκαμψίας

λ= αστρεψία διατομής

I= ροπή αδράνειας διατομής

V= συντελεστής

Φ= γωνία καμπυλότητας άκρων δοκού (Vad)

Θ= γωνία που σχηματίζει απ' αρχής το σημείο εφαρμογής της δύναμης (Vad)

R= ακτίνα καμπυλότητας (σημείο εφαρμογής) πακτωμένη στα άκρα.

F₁= το συγκεντρωμένο φορτίο που φέρει κάθε δοκίδα.

Η καμπτική ροπή που ασκείται στην πάκτωση είναι σύμφωνα με το (6)

$$M = F_1 R \frac{(C_5 C_9 - C_6 C_8) + C_{a6} (C_3 C_8 - C_2 C_9) + C_{a9} (C_2 C_6 - C_3 C_5)}{C_1 (C_5 C_9 - C_6 C_8) + C (C_3 C_8 - C_2 C_9) + C_7 (C_2 C_6 - C_3 C_5)} \quad (1-43)$$

όπου:

$$\beta = E/G * I/\lambda$$

$$C_1 = (1+\beta)/2 * \varphi \sin \varphi - \beta(1 - \cos \varphi)$$

$$C_2 = (1+\beta)/2 * \varphi \cos \varphi - \sin \varphi$$

$$C_3 = -\beta(\varphi - \sin \varphi) - (1+\beta)/2 * (\varphi \cos \varphi - \sin \varphi)$$

$$C_4 = (1+\beta)/2 \varphi \cos \varphi + (1-\beta)/2 * \sin \varphi$$

$$C_5 = - (1+\beta)/2 * \varphi \sin \varphi$$

$$C_6 = C_1$$

$$C_7 = C_5$$

$$C_8 = (1-\beta)/2 * \sin \varphi - (1+\beta)/2 * \varphi \cos \varphi$$

$$C_9 = C_2$$

$$C_{a2} = (1+\beta)/2 [(\varphi - \theta) \cos (\varphi - \theta) - \sin(\varphi - \theta)]$$

$$C_{a3} = -\beta [\varphi - \theta - \sin (\varphi - \theta)] - C_{a2}$$

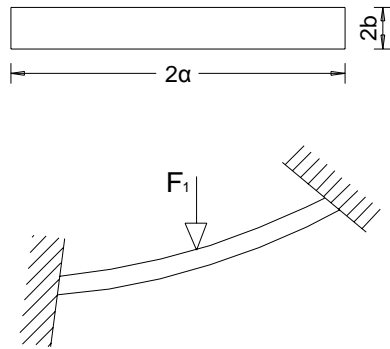
$$C_{a6} = (1+\beta)/2 [(\varphi - \theta) \sin (\varphi - \theta) - \beta[1 - \cos(\varphi - \theta)]]$$

$$C_{a9} = C_{a2}$$

Στην συνέχεια παίρνεται ένα στοιχειώδες τμήμα της πλάκας όπως δείχνεται στο σχ. 1.17 με:

$$I = 2\alpha(2b)^3/12 = 1.33ab^3$$

$$\lambda = ab^3 [5.33 - 3.36 b/a * (1 - (b^4/12\alpha^4))]$$



Σχ. 1.17. Στοιχειώδεις διατομής πλάκας

Έχοντας υπ' όψιν τα $E, G, \mu, \sigma_{\text{επ}}$ του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για την πλάκα και γνωρίζοντας τα 2^a και 2^b βρίσκονται τα I, λ, β . Από την μορφή στήριξης παίρνονται τα R και φ καθώς και ο αριθμός των δοκίδων j που δέχεται κάθε η- ταρτημόριο.

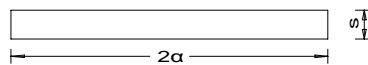
Για γωνία θ_1 εφαρμογής του φορτίου F_1 της δοκίδας βρίσκεται από την εξίσωση (1-43) καμπτική ροπή M_1 . Για γωνίες θ_2 βρίσκεται αντίστοιχα μια M_2 κ.ο.κ. έως γωνία θ_j με ροπή M_j . Εφαρμόζοντας επαλληλία η καμπτική ροπή στην πάκτωση είναι:

$$M = M_1 + M_2 + \dots + M_j \quad (1-44)$$

Θέτοντας με Z την ροπή αντίστασης πρέπει να ισχύει:

$$Z \geq M / \sigma_{\text{επ}}$$

$$Z \geq \frac{2aS^2}{6} \quad (1-45)$$



Σχ. 1.18. Στοιχειώδης διατομή πλάκας

Για τμήμα διατομής όπως στο σχ. 1.18 έχουμε:

$$Z = \frac{2 \alpha S^2}{6}$$

Θέτοντας την τιμή αυτή στην (1-45) με το α γνωστό προκύπτει:

$$\frac{2 \alpha S^2}{6} \geq \frac{M}{\sigma_{\text{ΕΠ}}}$$

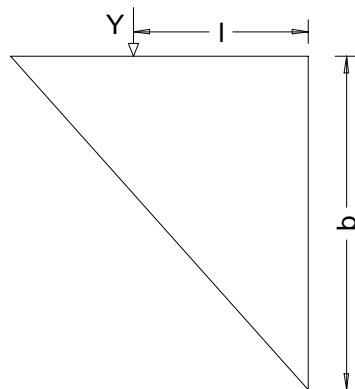
ή

$$S \geq \left(\frac{6M}{2\alpha \sigma_{\text{ΕΠ}}} \right)^{1/2} \quad (1-46)$$

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΑΝΤΟΧΗ ΤΗΣ ΛΑΜΑΣ ΑΝΤΗΡΙΔΑΣ

Θέτουμε j τον αριθμό των δοκίδων ανά η - τάρτημόριο. Η καταπονούσα δύναμη V της λάμας είναι:

$$V = F_1 * J \quad (\alpha)$$



Σχ. 1.19. Λάμα αντηρίδας

Η αναπτυσσόμενη μέγιστη ροπή είναι:

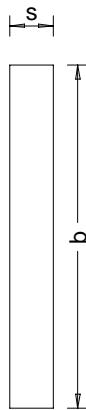
$$M = V \cdot l \quad (\beta)$$

Θέτοντας Z την ροπή αντίστασης λάμας πρέπει:

$$Z \geq \frac{M}{\sigma_{\epsilon\pi}} \quad (\gamma)$$

Παίρνοντας ένα στοιχειώδες τμήμα της λάμας σχ. 1.20 έχουμε:

$$Z = \frac{sb^2}{6} \quad (\delta)$$



Σχ.1.20. Διατομή λάμας αντηρίδας

Θέτοντας την (δ) στην (γ) προκύπτει:

$$\frac{sb^2}{6} \geq \frac{M}{\sigma_{\epsilon\pi}}$$

ή

$$s \geq \frac{6M}{b^2 \sigma_{\epsilon\pi}} \quad (1-47)$$

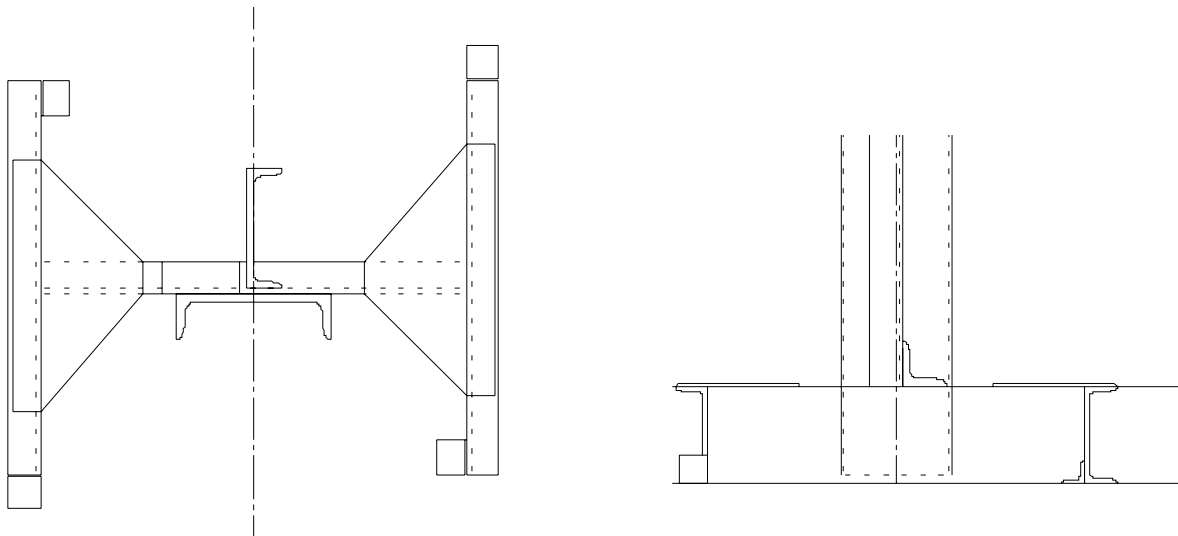
απ' όπου εκλέγοντας την διάσταση b βρίσκεται το πάχος s της αντηρίδας. Στην συνέχεια γίνεται έλεγχος σε διάτμηση θέτοντας $Q = V/2$.

Θα πρέπει η διατμητική τάση τ που αναπτύσσεται να είναι:

$$\tau = \frac{Q}{Sb} \leq \tau_{\epsilon\pi} \quad (1-48)$$

1.4.4. ΒΑΣΗ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΣΤΥΛΟΥ

Για την επίτευξη καλύτερης στήριξης του κεντρικού στύλου στον πυθμένα και για την αποφυγή συγκέντρωσης τάσεων που θα δημιουργούνταν στον πυθμένα, αν ο κεντρικός στύλος είχε συγκολληθεί όπως ήταν, σχεδιάζεται βάση στήριξης αυτού. Η συνήθης κατασκευαζόμενη βάση είναι αυτή που φαίνεται στο σχ. 1.21.



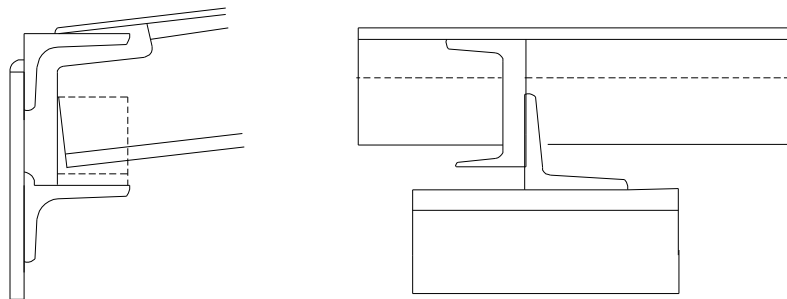
Σχ. 1.21. Σχηματική παράσταση βάσης στήριξης κεντρικού στύλου

Έτσι συγκολλούνται στον πυθμένα μόνο οι γωνίες L που φαίνονται στο σχ.1.21.

Στο παράρτημα Ι.2 δίνονται τυποποιημένες διαστάσεις του κεντρικού στύλου, πλάκας στήριξης των δοκίδων και της βάσης του κεντρικού στύλου σύμφωνα με (1-0).

1.4.5. ΓΩΝΙΕΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Στον δακτύλιο του κέλυφους που θα έρθει σε επαφή με την οροφή συγκολλείται μια γωνία σε όλη την περιφέρεια του δακτυλίου. Σε αυτήν θα απολήγουν και θα συγκολλούνται τα ελάσματα οροφής. Κατά αυτόν τον τρόπο θα επιτυγχάνεται η στεγανοποίηση του δοχείου. Σε απόσταση όση είναι το ύψος της δοκίδας από την γωνία που αναφέρθηκε και προς τα κάτω, θα συγκολλούνται επί του δακτυλίου τοπικές γωνίες οι οποίες θα στηρίζουν τις δοκίδες. Ο αριθμός των γωνιών αυτών θα είναι όσος και ο αριθμός των δοκίδων. Για κατανόηση των ανωτέρω παρατίθεται το σχ. 1.22.

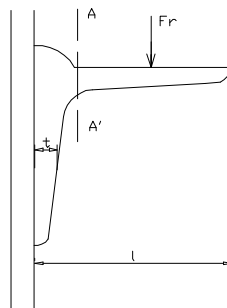


Σχ. 1.22. Γωνίες κελύφους

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΕ ΑΝΤΟΧΗ

Η γωνία που θα στηρίζει κάθε δοκίδα πρέπει να υπολογίζεται σε αντοχή. Θέτοντας l το μήκος της και s το πάχος της θα πρέπει αυτή να ικανοποιεί την εξίσωση:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{Z} \leq \sigma_{E\pi} \quad (\alpha)$$



Σχ. 1.23. Φορτία, διαστάσεις γωνία κελύφους

Η μέγιστη ροπή M_{max} θα υπολογίζεται στην θέση AA' και είναι:

$$M_{MAX} = \frac{F_1(l-s)}{2} \quad (\beta)$$

όπου F_1 = φορτίο που φέρει κάθε δοκίδα στα άκρα της

l = πλάτος γωνίας

Συνδυασμός των (α) και (β) δίνει:

$$\sigma = \frac{F_1(l-s)}{2Z} \leq \sigma_\epsilon, \quad (1-49)$$

Σύμφωνα με τα ανωτέρω, η γωνία που θα επιλεγεί πρέπει να έχει ελάχιστη ροπή αντίσταση Z , πλάτος l και πάχος s , τέτοια ώστε να ικανοποιείται η σχέση(1-49).

1.5. ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.5.1. ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ

Με βάση (7) από την εσωτερική πίεση P προκαλούνται σε μια σωλήνωση τρεις κύριες τάσεις:

- κατά την περιφέρεια
- κατά μήκος (κατά τον άξονα)
- κατά την ακτίνα

Η μέθοδος υπολογισμού αφορά σε σωλήνες που ο λόγος εξωτερικής προς εσωτερική διάμετρο είναι $l=D_o/D_i \leq 1,7$ και για τους οποίους ενδιαφερόμαστε, ώστε να μπορούμε να εργασθούμε με μέσες τάσεις. Για μια εσωτερική διάμετρο D_i και ένα πάχος τοιχώματος s , οι τάσεις που αναπτύσσονται είναι:

- η μέση περιφερειακή
 $\sigma_u = PD_i/2s \quad (\alpha)$

- η κατά μήκος τάση θα είναι αντίστοιχα
 $\sigma_\epsilon = PD_i/4s = 1/2 \sigma_u \quad (\beta)$

- και η μέση κατά την ακτίνα τάση
 $\sigma_r = - P/2 \quad (\gamma)$

Η ισοδύναμη τάση σ_{σ} θα πρέπει να υπολογιστεί για να είναι δυνατή η σύγκριση της τριαξονικής εντατικής κατάστασης με το χαρακτηριστικό μέγεθος αντοχής του υλικού που προέκυψε από την μονοαξονική καταπόνηση σε ελκυσμό, προκύπτει από την υπόθεση της διαμηθικής τάσης από την σχέση.

$$\sigma_{\perp \sigma} = \sigma_{\text{MAX}} = \sigma_v - \sigma_r = \frac{PDi}{2S} - \left(-\frac{P}{2}\right) = P \frac{Di + S}{2S} \quad (\delta)$$

Βέβαια στον υπολογισμό, δηλαδή στην σύγκριση της ισοδύναμης τάσης $\sigma_{\perp \sigma}$ προς το κέντρο αντοχής του υλικού s_y θα υπεισέλθει και ένας συντελεστής ασφάλειας N .

$$\sigma_{\perp \sigma} = \frac{S_y}{N} \quad (\epsilon)$$

Από συνδυασμό των **(δ)** και **(ε)** προκύπτει:

$$\sigma_{\perp \sigma} = \frac{P(Di + S)}{2S} \leq \frac{S_y}{N}$$

Από την οποία λύνοντας ως προς s προκύπτει:

$$S = S_0 + C = \frac{DiP}{2 \frac{S_y}{N} - P} + C \quad (1-50)$$

ή αν εργασθούμε με την εξωτερική διάμετρο:

$$S = S_0 + c = \frac{DaP}{2 \frac{S_y}{N} + P} + C \quad (1-51)$$

Προκειμένου βέβαια για ραφτούς σωλήνες θα πρέπει να ελεγχθεί η ποιότητα ραφής, που εκφράζεται κατά τα γνωστά με τον συντελεστή U , που εισέρχεται στον καθορισμό της επιτρεπόμενης τάσης. Είναι δηλαδή η επιτρεπόμενη τάση:

$$\sigma_{\text{επ}} = U S_y / N$$

οπότε στα προηγούμενα αντί του S_y/N θα υπεισέρχεται $U S_y/N$

Σημείωση:

Στον υπολογισμό του πάχους δεν ελήφθησαν υπ' όψιν οι δυνάμεις που προέρχονται από το βάρος του περιεχομένου και από διαστολές που μπορούν να υπάρξουν στον σωλήνα. Αυτό γιατί φροντίζεται μεν πρώτες να εξουδετερωθούν στηρίγματα σε κατάλληλες αποστάσεις, οι δε δεύτερες εξουδετερώνονται με κατάλληλη διαμόρφωση του δικτύου ή με την παρεμβολή διαστολικών, για την παραλαβή αυτών.

1.5.2. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ

Κάθε δοχείο αποθήκευσης θα έχει απαραίτητως ένα σωλήνα πλήρωσης και ένα λήψης. Σε ποιο ακριβώς μέρος του δοχείου θα τοποθετηθούν αυτοί οι σωλήνες, δεν υπάρχει κανένας γενικός κανόνας που να το προδιαγράφει. Εκείνο που θα πρέπει πάντα να προσέχει κανείς είναι διάφορες απαιτήσεις που μπορεί να παρουσιάζει ένα υγρό (π.χ. το μαζούτ λόγω του ότι περιέχει βαρείς και ελαφρούς

υδρογονάνθρακες, έχει σαν αποτέλεσμα μετά από χρονικό διάστημα οι βαρείς υδρογονάνθρακες να κατακάθονται στον πυθμένα καθώς και οι ποσότητες νερού που περιέχονται σε αυτό.

Έτσι δημιουργείται ένα κατάλοιπο το οποίο θέλουμε να αποφύγουμε. Για τον λόγο αυτό οι σωλήνες πλήρωσης και λήψης θα πρέπει να τοποθετούνται επάνω από 15-20 cm από τον πυθμένα του δοχείου. Επίσης αν ο σωλήνας λήψης είναι στα πλάγια, θα πρέπει να εισχωρεί τουλάχιστον 20 cm στο δοχείο)

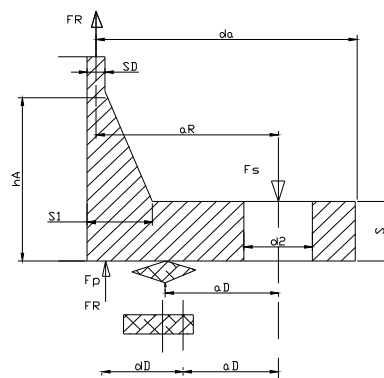
Στο σχ. 1.3 του παραρτήματος φαίνεται η τοποθέτηση των σωληνών στο δοχείο και στον πίνακα 1.3. παρατίθεται τυποποίηση των σωληνώσεων αυτών.

1.5.3. ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ

Πολλές φορές το αποθηκευμένο υγρό περιέχει προσμίξεις άλλων υγρών μεγαλύτερου ειδικού βάρους, η παρουσία των οποίων είναι ανεπιθύμητη. Για τον λόγο αυτό καταφεύγουμε στον σχεδιασμό του πυθμένα με μια μικρή κλίση αυτού προς το κέντρο και στην τοποθέτηση περί το κέντρο του πυθμένα λεκάνη αποστράγγισης. Αυτή θα έχει σαν σκοπό την συσσώρευση του βαρύτερου υγρού (π.χ. στο μαζούτ το υπάρχον σε αυτό νερό) εντός αυτής και στην συνέχεια με την συνεργασία του σωλήνα αποστράγγισης λόγω βαρύτητας την απαγωγή αυτού από το δοχείο. Τοποθέτηση της διάταξης αυτής και στοιχεία για την κατασκευή της φαίνονται στον πίνακα 1.4 και στο σχ. 1.4 του παραρτήματος.

1.5.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗ ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΦΛΑΝΤΖΩΝ

Υπάρχουν περιπτώσεις, όπου οι φλάντζες δεν είναι υποχρεωτικό να ακολουθήσουν την τυποποίηση, αν και πάντοτε τείνουμε προς αυτή. Θα πρέπει τότε για την περίπτωση αυτή οι φλάντζες να υπολογίζονται. Όπως φαίνεται στο σχ. 1.2.4. οι δυνάμεις που αναπτύσσονται πάνω στην φλάντζα είναι:



Σχ. 1.24. Δυνάμεις που καταπονούν την φλάντζα

- Η αξονική δύναμη του σωλήνα F_R
- Η δύναμη F_p που προέρχεται από την πίεση του ρευστού
- Η δύναμη F_D που ασκείται για την στεγανοποίηση μέσω του παρεμβάσματος
- Η δύναμη των κοχλιών F_s

Τα σημεία εφαρμογής της φαίνονται στο σχ. 1.2.4.

Αξονική δύναμη F_R

Η αξονική δύναμη που καταπονεί κυλινδρικό σώμα είναι:

$$F_R = \frac{Pd^2}{4} \quad (1-52)$$

Εσωτερική πίεση

Η από αυτήν προερχόμενη δύναμη είναι:

$$F_p = \frac{\Pi P(d_D^2 - d^2)}{4} \quad (1-53)$$

όπου: d_D η μέση διάμετρο του παρεμβάσματος.

Δύναμη στεγανοποίησης

Η δύναμη αυτή της στεγανοποίησης αποτελείται από δύο τμήματα:

- Μια δύναμη που πρέπει να ασκηθεί για να παραμορφωθεί τσόντα και να προσαρμοσθεί προς την επιφάνεια της φλάντζας, την καλούμε **δύναμη προέκτασης**.
- Μια δύναμη που μετά την ανάπτυξη της εσωτερικής πίεσης (που μειώνει την πίεση ανάμεσα σε τσόντα και φλάντζα) πρέπει να εφαρμοστεί για να εξασφαλιστεί η στεγανότητα, την καλούμε **δύναμη λειτουργίας**.

Η δύναμη προέκτασης εισάγεται σαν συνάρτηση ενός γινομένου $K_0 \cdot K_D$, όπου K_0 ένας χαρακτηριστικός αριθμός του παρεμβάσματος, που ανάγεται στο «ενεργό πλάτος στεγανοποίησης» και K_D χαρακτηριστικός αριθμός που εκφράζει την αντίσταση του παρεμβάσματος στην αλλαγή σχήματος (στην παραμόρφωση).

Η σχέση που δίνει την δύναμη προέκτασης F_D είναι:

$$F_{DV} = \Pi d_D K_0 K_D \quad (1-54)$$

Τιμές του K_0 και του $K_0 \cdot K_D$ δίνονται από διάφορα πειράματα για διάφορα είδη παρεμβασμάτων στον πίνακα 1.5. του παραρτήματος. Για μικρές πιέσεις λειτουργίας η δύναμη προέκτασης λαμβάνεται από την σχέση:

$$F'_{DV} = 0,5F_{DV} + B \quad (1-55)$$

όπου **B** προσθετός, του οποίου οι τιμές έχουν προσδιοριστεί πειραματικά και φαίνονται στα σχ. I.6 και I.7 του παραρτήματος.

Η δύναμη λειτουργίας δίνεται από τη σχέση:

$$F_{DB} = P \Pi d_b K_1 S_D \quad (1-56)$$

όπου: **K₁** είναι χαρακτηριστικό του είδους της στεγανοποίησης. Οι τιμές του δίνονται από πειράματα στον πιν. I.5 του παραρτήματος.

όπου: **S_D** συντελεστής ασφάλειας και παίρνεται 1.5 για μαλακά παρασκευάσματα, 1.4 για μαλακά με ενίσχυση ή επικάλυψη μεταλλική και 1.3 για μεταλλικά.

Για συγκολλούμενες μεταλλικές τάσεις η δύναμη προέκτασης **F_{DV}** είναι μηδέν και η δύναμη λειτουργίας δίνεται από την σχέση:

$$F_{DB} = 0,2 \frac{\rho \pi d^3}{4} \quad (1-56\alpha)$$

Δύναμη Κοχλιών F5

Η δύναμη **F_s** που ασκείται από τους κοχλίες πρέπει αφ' ενός κατά την σύνθεση (πριν από την λειτουργία) να μπορεί να επιφέρει την κατάλληλη παραμόρφωση του παρεμβάσματος

$$F_{SO} = F_{DV}$$

και αφετέρου να ισορροπεί τις δυνάμεις κατά την διάρκεια της λειτουργίας οπότε:

$$F_{SO} = B_1 F_{SB} = B_1 (F_R + F_P + B_2 F_{DB}) \quad (1-57)$$

Αν η φλάντζα καταπονείται και καμπτικά τότε σαν **F_{sB}** παίρνεται:

$$F'_{SB} = 2F_R + F_P + B_2 F_{DB} \quad (1-57\alpha)$$

όπου:

B₁ παράγων που εκφράζει την κατά την διάρκεια λειτουργίας αναμενόμενη λόγω της εσωτερικής πίεσης μείωση της δύναμης των κοχλιών, όσον αφορά στην στεγανοποίηση (αποδυνάμωση της σύνδεσης) και **B₂** παράγων που εκφράζει τον ερπυσμό των παρεμβασμάτων από μαλακό υλικό σε συνάρτηση με την θερμοκρασία.

Ο παράγων **B₁** λαμβάνεται ίσος προς 1.2 για διαμέτρους μέχρι 500mm και 1.4 για μεγαλύτερες. Ο παράγων **B₂** λαμβάνεται από τον πίνακα I.6 του παραρτήματος.

Υπολογισμός σε αντοχή

Η αναπτυσσόμενη τάση, η ονομαστική δηλαδή τάση πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση προς την επιτρεπτή για το υλικό. Πρέπει:

$$\sigma_{\sigma \nu} \leq \sigma_{\varepsilon \pi} = \frac{S_y}{N} \quad (1-58)$$

Ο υπολογισμός σε αντοχή στηρίζεται στην ισορροπία των ροπών αφ' ενός της εξωτερικής ροπής, δηλαδή του γινομένου των εξωτερικών δυνάμεων επί τους μοχλοβραχίονες τους, και αφ' ετέρου της εσωτερικής ροπής δηλαδή του γινομένου των εσωτερικών τάσεων επί την ροπή αντίστασης της επικίνδυνης διατομής δηλαδή:

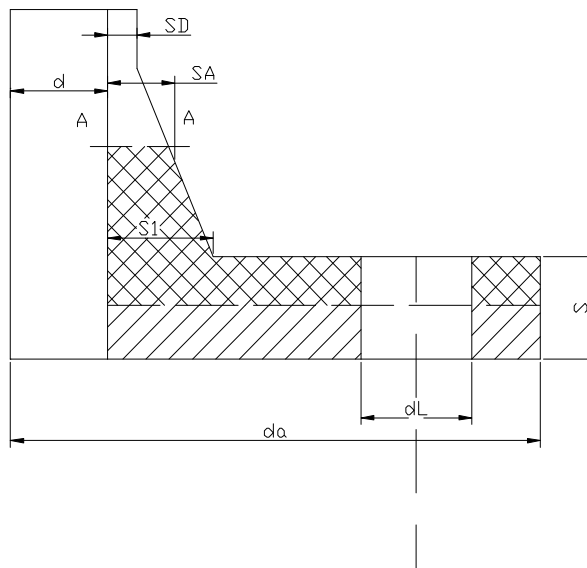
$$M_{\varepsilon \xi} = F l = M \varepsilon \sigma \quad (1-59)$$

Θα πρέπει να ισχύει:

$$\sigma_{\sigma \nu} = \frac{M}{Z} \leq \frac{S_y}{N} = \sigma_{\varepsilon \pi} \quad (1-60)$$

Στις κανονικές προσυγκολλούμενες φλάντζες βρίσκεται η επικίνδυνη διατομή στο κωνικό τμήμα. Η εξωτερική ροπή σχ. 1.2.4., 1.2.5. κατά υο μοντάρισμα είναι:

$$M_o = F_{s0} a_D \quad (a)$$



Σχ. 1.25. Προσυγκολλούμενη φλάντζα

και κατά την λειτουργία είναι:

$$M_1 = F_R \alpha_R + F_P \alpha_p + B_2 F_{DB} a_D = F_{SB} a_R \quad (b)$$

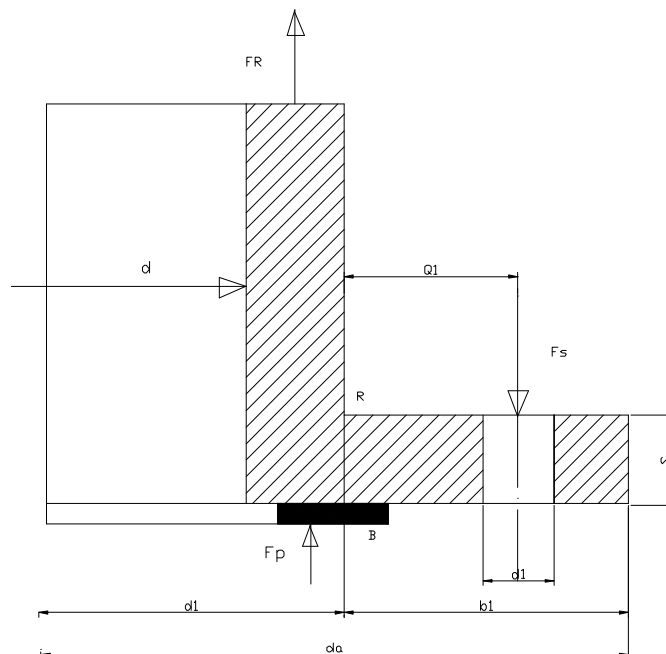
Η αντίσταση της φλάντζας είναι μέγεθος με διαστάσεις ροπής αντίστασης, υπολογίζεται δε από την σχέση:

$$Z = 2\pi \left[2A_1 e_1 + \frac{1}{8}(d + S_A) \left(S_A^2 - \frac{S_0^2}{4} \right) \right] \quad (c)$$

Όπου: $A_1 e_1$ και $F_2 e_2$ οι ανοιγμένες στο κέντρο βάρους s στατικές ροπές των μερικών επιφανειών της διατομής της φλάντζας μέχρι την επικίνδυνη διατομή βρίσκεται στο σημείο συνάντησης του επιπέδου τμήματος της φλάντζας προς τον κωνικό (επιφάνεια κάθετη προς τον άξονα) τότε,

$$Z = \frac{\pi}{4} \left[(d a - d - 2d_L) S^2 + (d + S_1) \left(S_1^2 - \frac{S_0^2}{4} \right) \right] \quad (d)$$

Εάν πρόκειται για στερεές φλάντζες, που το επίπεδο τμήμα (το πιάτο) είναι πολύ λεπτό, όπως στο σχ.1.26 τότε η επικίνδυνη διατομή είναι η BB και η μεν εξωτερική ροπή είναι: $M = F_s a_1$ (e)



Σχ. 1.26 Στέρη φλάντζα αδύνατη

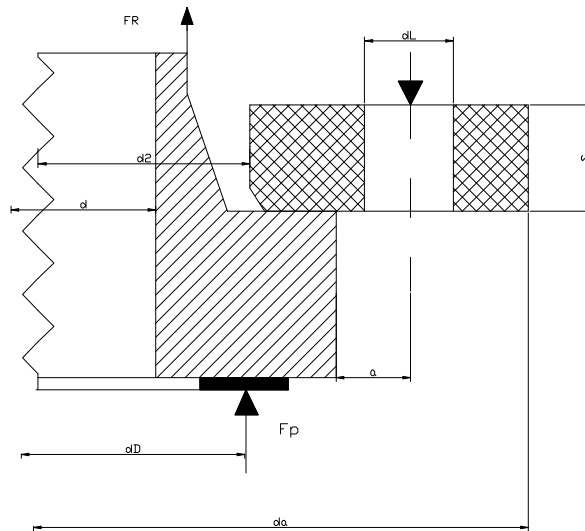
Η δε ροπή αντίστασης:

$$Z = \frac{\pi}{4}(da - 2d_L)S^2 \quad (\text{f})$$

Στις ελεύθερες φλάντζες (σχ.1.27.) έχουμε αντίστοιχα:

$$M = F_S a \quad (\text{g})$$

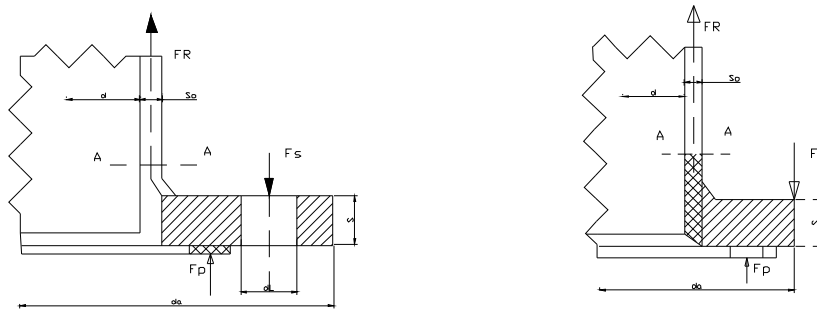
$$Z = \frac{\pi}{4}(da - d_2 - 2d_L)S^2 \quad (\text{h})$$



Σχ. 1.27. Ελεύθερη φλάντζα

Για την επίπεδη συγκολλούμενη φλάντζα κατά το σχ. 1.28 η ροπή υπολογίζεται κατά την (g) η δε ροπή αντιστάσεως κατά την:

$$Z = \frac{\pi}{4}(da - d - 2S_o - 2d_L)S^2 \quad (\text{i})$$



Σχ. 1.28. Επίπεδη συγκολλούμενη φλάντζας

Στοιχεία τυποποιημένων φλαντζών δίνονται στον πίνακα Ι.7. του παραρτήματος σε συνδυασμό με το σχ.Ι.9.

1.5.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΟΧΛΙΩΝ ΤΗΣ ΦΛΑΝΤΖΑΣ

Οι κοχλίες καταπονούνται από την δύναμη F_s σε ελκυσμό. Από την γενική σχέση του ελκυσμού προκύπτει για τους n κοχλίες της φλάντζας η σχέση:

$$\sigma = \frac{F_s}{\frac{\pi d^2}{4} n} \leq \sigma_{\epsilon \pi} = \frac{S_y}{N}$$

λύνοντας ως προς την διάμετρο d του πυρήνα προκύπτει:

$$d \geq \left(\frac{4F_s N}{\pi n S_y} \right)^{1/2} \quad (1-61)$$

Εισάγοντας ένα πρόσθετο C ένα συντελεστής ϕ για τυχόν πρόσθετη καμπτική φόρτιση η διάμετρος d θα λαμβάνεται από την σχέση:

$$d \geq \left(\frac{4F_s N}{\pi n S_y \phi} \right)^{1/2} + C \quad (1-62)$$

όπου: ο προσθετός $C=0$ για τις συνθήκες μονταρίσματος, ενώ για τις συνθήκες λειτουργίας $C=3\text{mm}$ για τους κανονικούς κοχλίες και $C=1\text{mm}$ για εξαιρετικά επεξεργασμένες εξασφαλισμένης παραλληλότητας φλάντζες και κοχλίες που το σπείρωμα τους έγινε με πλάκες εν ψυχρώ.

$\phi=0,5$ για αυτές της προϋποθέσεις και απλώς επεξεργασμένες επιφάνειες φλαντζών.

$\varphi=0,5$ για μη επεξεργασμένες επιφάνειες. Τυποποιημένος αριθμός n των κοχλιών καθώς και τυποποιημένη διάμετρος αυτών με την αντίστοιχο τρύπα επί της φλάντζας δίνονται στον πιν. 1.7. του παραρτήματος.

1.5.6. ΑΝΘΡΩΠΟΘΥΡΙΔΕΣ

Κατασκευάζονται για να μπορεί κάποιος να μπει στο εσωτερικό του δοχείου σε περίπτωση που αυτή είναι άδεια, για επίβλεψη αυτής ή τυχών διόρθωσής μίας βλάβης αλλά και στο να βοηθήσουν στον εξαερισμό αυτής. Κατασκευάζονται στο κέλυφος και στην οροφή και είναι μορφής κυλινδρικής. Συνήθως οι ανθρωποθυρίδες αυτές έχουν τυποποιηθεί και οι οποίες πρέπει να συνηθίζονται. Σε περιπτώσεις που δεν ακολουθείται η τυποποίηση αυτές πρέπει να υπολογίζονται.

1.5.6.1. ΑΝΘΡΩΠΟΘΥΡΙΔΑ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Τυποποιημένα στοιχεία για την ανθρωποθυρίδα αυτή δίνονται στο σχ. 1.8. στους πιν.1.8.α ,1.8.β, 1.8.γ, 1.8.δ του παραρτήματος. Σε περίπτωση μη τυποποίησης καταφεύγουμε στον υπολογισμό της. Η ανθρωποθυρίδα αποτελεί ένα κυλινδρικό δοχείο. Το πάχος του κυλινδρικού περιβλήματος αυτής θα είναι ίδιο με το πάχος της φλάντζας (λαιμός ανθρωποθυρίδας) που θα υπολογίζεται κατά τα προηγούμενα (παρ. 1.5.4) περί φλαντζών. Το πάχος του επίπεδου πυθμένα s (καπάκι) της ανθρωποθυρίδας θα υπολογίζεται ως κάτωθι:

Το καπάκι λαμβάνεται σαν κυκλική πλάκα πακτωμένη στα άκρα της που καταπονείται από μια ομοιόμορφα κατανεμημένη πίεση P . Επειδή η υδροστατική πίεση μεταβάλλεται πολύ ελάχιστα κατά το ύψος της ανθρωποθυρίδας, σαν καταπονούσα ομοιόμορφη πίεση P λαμβάνεται η δυσμενέστερη που ασκείται στο κάτω μέρος αυτής. Σαν ακτίνα a της πλάκας λαμβάνεται η απόσταση από το κέντρο της μέχρι του σημείου πάκτωσης.(Διάμετρος κύκλου κοχλιών).

Από τις εξισώσεις (1-36), (1-37) παράγρ. 1.4.3 θέτοντας $W=0$ και σημειώνοντας ότι $\varphi=0$ για $X=a$ και $X=0$ προκύπτει:

$$\left(\frac{PX^3}{16\Delta} - \frac{C_1X}{2} - \frac{C_2}{X} \right)_{X=a} = 0 \quad (\alpha)$$

$$\left(\frac{PX^3}{16\Delta} - \frac{C_1X}{2} - \frac{C_2}{X} \right)_{X=0} = 0 \quad (\beta)$$

από όπου: $C_2=0$ $C_1 = \frac{Pa^2}{8\Delta}$

Θέτοντας τις τιμές αυτές στην (1-36) προκύπτει:

$$\phi = \frac{PX}{16\Delta} (\alpha^2 - x^2) \quad \text{(c)}$$

Θέτοντας τις τιμές αυτές στην (1-37) προκύπτει:

$$Y = \frac{PX^4}{64\Delta} - \frac{Pa^2x^2}{32\Delta} + C_3 \quad \text{(d)}$$

Η σταθερά C_3 βρίσκεται από την θεώρηση ότι η μετατόπιση της πλάκας στα άκρα είναι μηδέν δηλαδή:

$$\frac{Pa^4}{64\Delta} - \frac{Pa^4}{32\Delta} + C_3 = 0 \quad \text{(e)}$$

από όπου :

$$C_3 = \frac{Pa^4}{64\Delta}$$

Θέτοντας την τιμή αυτή στην (d) προκύπτει:

$$Y = \frac{P}{64\Delta} (\alpha^2 - x^2)^2 \quad \text{(f)}$$

Η μέγιστη μετατόπιση είναι στο κέντρο της πλάκας και είναι:

$$Y_{\max} = \frac{Pa^4}{64\Delta} \quad \text{(g)}$$

Οι καμπτικές ροπές στην πλάκα βρίσκονται από τις εξισώσεις (1-21β) και (1-22β) παραγρ. 1.3.3 θέτοντας την τιμή της εξίσωσης (C). Κατά αυτόν τον τρόπο προκύπτει:

$$M_1 = \frac{P}{16} [a^2(1+\nu) - x^3(3+\nu)] \quad \text{(h)}$$

$$M_2 = \frac{P}{16} [a^2(1+\nu) - x^3(1+3\nu)] \quad \text{(i)}$$

Στα άκρα της πλάκας ($X=a$) οι ροπές είναι:

$$M_1 = -\frac{Pa^2}{8}, \quad M_2 = -\frac{\nu Pa^2}{8} \quad \text{(j)}$$

Στο κέντρο ($X=0$) οι ροπές είναι:

$$M_1 = M_2 = \frac{1+\nu}{16} Pa^2 \quad \text{(k)}$$

Οι μέγιστες τάσεις στα άκρα της πλάκας είναι:

$$(\sigma)_{\text{MAX}} = \frac{6Pa^2}{8S^2} = \frac{3Pa^2}{4S^2} \leq \sigma_{\text{E}\pi}$$

ή λύνοντας ως προς το πάχος της s προκύπτει:

$$S = \frac{a}{2} \left(\frac{3P}{\sigma_{\text{E}\pi}} \right)^{1/2} + C \quad (1-63)$$

όπου:

$P=PH$, με P το ειδικό βάρος του υγρού και H ύψος του υγρού από το κάτω μέρος της ανθρωποθυρίδας μέχρι την επιφάνεια. Σύμφωνα με τους Γερμανικούς Κανονισμούς το πάχος s του επίπεδου πυθμένα (καπάκι) θα υπολογίζεται από την σχέση:

$$S = CD_b \left(\frac{NP}{Sy} \right)^{1/2} + C \quad (1-64)$$

όπου: D_b = εσωτερική παράμετρος ανθρωποθυρίδας

C = συντελεστής που παίρνεται σύμφωνα με το σχ. 1.28, 1.29, ο τρόπος αναφέρεται πιο κάτω.

P = πίεση λειτουργίας σε ατμ

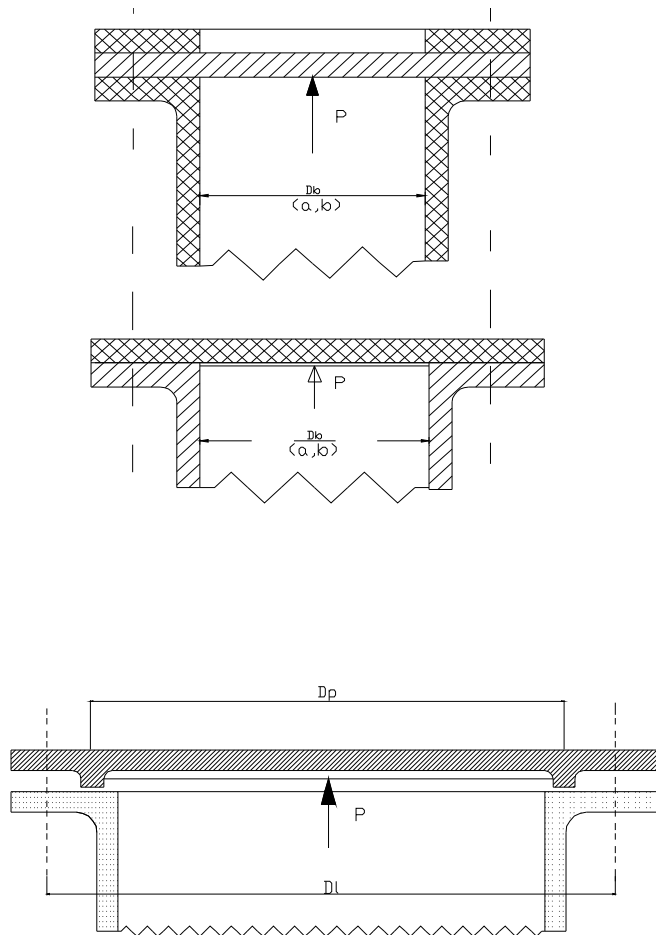
Οι τιμές του συντελεστή C είναι:

Πλάκες που εδράζονται ελεύθερα και κοχλιώνονται κατά το σχ. 1.28. $C=0,35$.

Ομοίως αλλά για την περίπτωση ανθρωποθυρίδων, όπου συνυπολογίζεται και η δύναμη που ασκείται από τους κοχλίες για την στεγανοποίηση και η οποία λαμβάνεται ίση με την επιτρεπτή καταπόνηση των κοχλιών. $C=0,45$.

Πλάκες κοχλιωμένες κατά την περιφέρεια με πρόσθετη καμπτική ροπή κατά το σχ. 1.29 σε συνάρτηση με τον λόγο D_e/D_b για:

$D_e/D_b = 1,0$	$C = 0,45$
$= 1,1$	$C = 0,50$
$= 1,2$	$C = 0,55$
$= 1,3$	$C = 0,60$



Σχ. 1.29α) Πλάκες ελεύθερα εδραζόμενες και κοχλιωμένες

β) Κοχλιωμένη επίπεδη πλάκα με πρόσθετη καμπτική ροπή

Ο συντελεστής ασφαλείας N λαμβάνεται κατά περίπτωση υλικού για:

- κοινούς ή ειδικούς χάλυβες με πιστοποιητικό παραλαβής $N=1,5$ $N=1,8$
- ομοίως αλλά χωρίς πιστοποιητικό
- χυτοχάλυβα

1.5.6.2 ΑΝΘΡΩΠΟΘΥΡΙΔΕΣ ΟΡΟΦΗΣ

Συνίσταται οι ανθρωποθυρίδες οροφής να κατασκευάζονται σύμφωνα με τις τυποποιημένες οδηγίες που παρατίθενται στο σχ.1.3 του παραρτήματος. Σημειώνεται ότι η ανθρωποθυρίδα οροφής αποτελεί στοιχείο που δεν φέρει αξιόλογο καταπονούσα φόρτιση, με αποτέλεσμα να μην αποτελεί αυτή σοβαρό στοιχείο υπολογισμού.

1.5.7 ΠΛΑΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

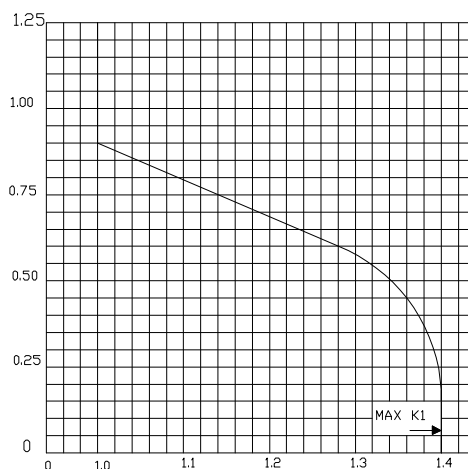
Σε κάθε περιοχή του δοχείου που ανοίγεται ένα στόμιο για την τοποθέτηση των σωληνώσεων, ανθρωποθυρίδων κ.λ.π. πρέπει να ενισχύεται η περιοχή γύρω από το στόμιο με μια πλάκα που εδώ καλείται πλάκα ενίσχυσης, όπως φαίνεται στο σχ.1.3, 1.8, 1.3 του παραρτήματος. Η ελάχιστη επιφάνεια διατομής της πλάκας δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το παράγωγο της επιφάνειας της καθέτου διαμέτρου του στομίου που δημιουργείται στο δοχείο. Η πλάκα θα έχει σχήμα παραλληλογράμμου εκτός από τις γωνίες της που θα πρέπει να έχουν μια ελάχιστη ακτίνα ίση με το 1/3 του μέγιστου ύψους του καθαρού ανοίγματος του στομίου. Συνιστάται το πλάτος ή το ύψος του καθαρού ανοίγματος να μην ξεπερνά τα 120 cm. Σύμφωνα με [10] η διατομή της επιφάνειας της πλάκας αυτής πάνω στην κορυφή του ανοίγματος του στομίου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την σχέση:

$$\frac{K_1 h s}{2}$$

όπου K_1 = συντελεστής επιφάνειας όπως φαίνεται στο σχ. 1.30

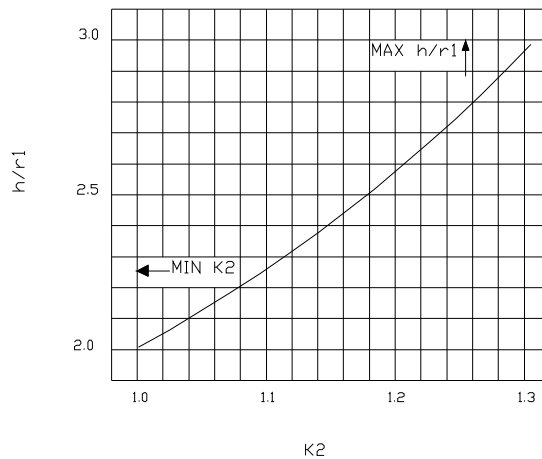
h = το μεγαλύτερο κάθετο ύψος του καθαρού ανοίγματος του στομίου I_n

s = το πάχος της κάθετης πλάκας του κελύφους που αναφερόμαστε I_n



Σχ. 1.30 Συντελεστής K_1

Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει το πάχος της πλάκας να είναι μικρότερο από το πολλαπλάσιο του K_2 στο σχ. 1.31 επί το πάχος της κάθετης πλάκας του κελύφους. Η πλάκα πρέπει να εφοδιαστεί με ένα ύψος L πάνω από την βάση του στομίου. Το L δεν πρέπει να ξεπερνά το $1,5h$. Στην περίπτωση που το στόμιο είναι μικρό το $L-h$ δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το $h/2k_2$ ή μικρότερο από 15 cm. Το ελάχιστο πλάτος της πλάκας ενίσχυσης από την κεντρική γραμμή του στομίου πρέπει να είναι 25 cm και τα πάχη (της πλάκας κελύφους και της πλάκας ενίσχυσης).



Σχ. 1.31 Συντελεστής K2

H = ύψος δοχείου ft

D = εσωτερική διάμετρος δοχείου ft

h = ύψος του καθαρού ανοίγματος

1.6 ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Το ξέσπασμα μιας ανεξέλεγκτης πυρκαγιάς κατά την διάρκεια ενός σεισμού είναι ένας ειδικός κίνδυνος. Ιδιαίτερη φροντίδα απαιτείται στον σχεδιασμό δοχείων αποθήκευσης υγρών για την καταπολέμηση αυτών των πυρκαγιών. Στα επόμενα που ακολουθούν εξετάζονται δύο μέθοδοι σχεδιασμού αντιμετώπισης του φαινόμενο του σεισμού.

1.6.1 α) ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ

Εάν ένα δοχείο που περιέχει υγρό με ελεύθερη επιφάνεια είναι υποκείμενο σε σεισμογόνο κινούμενο έδαφος, θα αναπτυχθούν ρευστοδυναμικές πιέσεις δυο τύπων.

Πρώτον: όταν τα τοιχώματα του δοχείου επιταχύνονται, το γειτονεύον ρευστό σχεδόν επιταχύνεται και ασκεί στο τοίχωμα μια ωστική πίεση, που είναι ίση αναλογικά προς την επιτάχυνση του τοιχώματος.

Δεύτερο: η επίδραση των ωστικών πιέσεων που ασκείται μέσω του τοιχώματος στο ρευστό, διεγείρουν το ρευστό σε μια ταλάντωση, και η επιτάχυνση ταλάντωσης του ρευστού δημιουργεί μεταφορά πιέσεων στο τοίχωμα και στην βάση όπου τα πλάτη είναι αναλογικά προς το πλάτος της ταλάντωσης.

Στο σχ. 1.33 παριστάνεται μηχανικό ισοδύναμο με το δοχείο ρευστού που φαίνεται στο σχ. 1.32 με αναφορά στις παραγόμενες δυνάμεις από την επιτάχυνση της βάσης. Όπου:

m_0 = η ισοδύναμη σταθερή μάζα

m_1 = η ισοδύναμη οριζόντια ταλαντούμενη μάζα

K_1 = μια σταθερά ελατηρίου που δίνει στην μάζα m_1 την φυσική περίοδο της ταλάντωσης, ίση προς την φυσική περίοδο του ρευστού σε κάθε πρώτη αναφορά. Τα ύψη h_0 και h_1 είναι αυτά όπου η προερχόμενη δύναμη που ασκείται σε m_0 και m_1 είναι επί της ευθείας με τις δυνάμεις που ασκούνται από το ρευστό. Η απόσταση της m_1 από το άκρο του δοχείου είναι δ και γ όπου είναι η οριζόντια επιτάχυνση του δοχείου. Μια απλοποιημένη ανάλυση οδηγεί στο ακόλουθο αποτέλεσμα. Το αποτέλεσμα των ωστικών πιέσεων που ανταποκρίνονται στην επιτάχυνση της βάσης Ξ , είναι το ίδιο με τη δύναμη που ασκείται σε μια αυστηρά προσαρτημένη μάζα m_0 όπως δείχνει το σχ.1.33. Το αποτέλεσμα της μεταφερόμενης πίεσης είναι το ίδιο σαν η δύναμη να ασκείται μέσω ενός ελατηρίου που συγκρατεί τη μάζα m_1 όπως δείχνει το σχ.1.33. Αυτή η θεώρηση γίνεται στην πρώτη αναφορά της ταλάντωσης του υγρού, όπου K_1 , m_1 την ίδια περίοδο ταλάντωσης όπως η πρώτη αναφορά. Η δυναμική του δοχείου είναι η ίδια με την δυναμική του συστήματος των δυο μαζών που δείχνεται στο σχ.1.33 είναι. Για κυλινδρικά δοχεία με επίπεδους πυθμένες, οι τιμές των m_0 , m_1 , K_1 , h_0 , h_1 που δείχνονται στο σχ. 1.33 είναι:

$$m_0 = m \frac{\tanh^* R/h^* \sqrt{3}}{R/h^* \sqrt{3}} \quad (1-65)$$

όπου: m =ολική μάζα του υγρού

$$m_1 = m \frac{3 \tanh^* h/R^* \sqrt{27/8}}{5^* h/R^* \sqrt{27/8}} \quad (1-66)$$

$$K_1 = m_1 \frac{g}{h} \sqrt{27/8} h/R \tanh \sqrt{27/8} h/R \quad (1-67)$$

$$h_0 = 3/8^* h^* \left[1 + \gamma \left(\frac{R/h^* \sqrt{3}}{\tanh^* R/h^* \sqrt{3}} - 1 \right) \right] \quad (1-68)$$

Στην έκφραση για h_0 η σταθερά γ , έχει την τιμή 1,33 εάν η πίεση στην βάση του δοχείου συμπεριλαμβάνεται στον υπολογισμό και έχει την τιμή 0 εάν στον υπολογισμό περιλαμβάνονται μόνο οι πιέσεις του τοιχώματος. Η έκφραση χρησιμοποιείται για δοχεία με $R/h \leq 1,6$

$$h_1 = h \left(1 - \frac{\cosh \sqrt{27/8} h/R - \beta}{\sqrt{27/8} h/R \sin \sqrt{27/8} h/R} \right) \quad (1-69)$$

Στην έκφραση για h_1 η σταθερή β , έχει την τιμή 2,0 εάν η πίεση στην βάση του δοχείου περιλαμβάνεται στον υπολογισμό μόνο η πίεση του τοιχώματος.

ΠΙΕΣΕΙΣ ΡΕΥΣΤΟΥ

Οι πιέσεις του ρευστού που ασκούνται στο τοίχωμα P_w και στην βάση του δοχείου P_b είναι οι ακόλουθες:

$$P_w = \gamma \rho h \left[\frac{Y}{h} - 1/2 \left(\frac{Y}{h} \right)^2 \right] \sqrt{3} \tanh \sqrt{3} R \cos \frac{\phi}{h} +$$

$$+ \delta \rho h^{15/16} \frac{k_1}{m_1} \left(1 - \cos^2 \frac{\phi}{3} - \sigma \frac{\phi}{2} \right) \cos \phi \frac{\cosh \sqrt{27/8} h - Y/R}{\cosh \sqrt{27/8} h/R} \quad (1-70)$$

$$P_b = \gamma \rho h^{3/2} \frac{\sinh \sqrt{3} X/h}{\cosh \sqrt{3} l/h} +$$

$$+ \delta \rho h^{15/16} \frac{k_1}{m_1} (X/R) \left[1 - 1/3 (X/R)^2 - 1/2 (Z/R)^2 \right] \frac{1}{\cosh \sqrt{27/8} h/R} \quad (1-71)$$

Τα X, Y, Z, l, h και ϕ δείχνονται στο σχ.1.32, δ, m_1 και K_1 δείχνονται στο σχ.1.33 και δ βρίσκεται από ανάλυση στο σχ. 1.33, ρ είναι η πυκνότητα του υγρού και Ξ η επιτάχυνση της βάσης. Όλες οι εκφράσεις βασίζονται σε απλοποιημένη ανάλυση και σε ασθενή εκτίμηση των δυνάμεων και πιέσεων.

1.6.2 β) ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΘΕΩΡΗΣΗΣ

Σε διάφορες υψηλές κατασκευές στις οποίες απαιτείται σοβαρότητα, γίνεται σκέψη για υπολογισμό της σεισμικότητας της περιοχής, καθώς και ο βαθμός της ζημιάς που θα προκαλούνταν από αυτό. Οι παράπλευρες δυνάμεις που εφαρμόζονται στις υψηλές κατασκευές αντικατοπτρίζουν το αποτέλεσμα της δυναμικής ανάλυσης και βασίζονται σε ένα παραπλήσιο πάνω στην φυσική περίοδο της κατασκευής.

1. Η πλευρική διατμητική δύναμη σε κάθε τμήμα της κατασκευής πρέπει να παίρνεται ως:

$$F = C \cdot W_t \quad (1-72)$$

όπου:

$$C = \frac{0,6}{n + 4,5}$$

n =ο αριθμός των τμημάτων πάνω από τον όροφο που εξετάζουμε

W_i =ολικό βάρος της κατασκευής πάνω από τον όροφο που εξετάζουμε

2. Η πλευρική δρώσα δύναμη σε ένα κομμάτι της κατασκευής παίρνεται ως:

$$F = C \cdot W \quad (1-73)$$

όπου: W =βάρος κομματιού

C =συντελεστής που δίνεται ως εξής:

$C=0,2$ για κατανεμημένα στηρίγματα και εξωτερικούς τοίχους

$C=1$ για στηθαία τοίχων και πρόβολου

$C=0,2$ για κατασκευές ορόφων, καπνοδόχους, πύργους και δοχεία, προσαρτημένα ή συγκροτούμενα κομμάτια από μια κατασκευή.

Εάν η εξίσωση (1-72) χρησιμοποιηθεί για να εκφράσει τον αριθμό των τμημάτων βασισμένο στη περίοδο της ταλάντωσης μπορεί να γραφτεί:

$$F_b = \frac{0,06}{Tn + 0,35} W \quad (1-74)$$

όπου:

F_b =η διατμητική δύναμη στην βάση

W =ολικό βάρος της κατασκευής από το έδαφος

Tn =η φυσική περίοδος της ταλάντωσης

Η εξίσωση (1-72) βασίζεται σε μια επιτάχυνση υπολογισμού που δίνεται από την σχέση:

$$a = \frac{0,06g}{Tn + 0,35}$$

Η διάτμηση στην βάση της κατασκευής είναι:

$$F_b = \frac{0,02}{Tn} W \quad (1-75)$$

όπου: $0,035W < F_b < 0,075W$

Βασιζόμενοι στην παραπάνω μέθοδο και σύμφωνα με τις οδηγίες ο υπολογισμός σε σεισμό μπορεί να γίνει ως εξής: Η ροπή ανατροπής M που θα ασκείται στην βάση του κελύφους κατά την διάρκεια του σεισμού είναι:

$$M = ZI[C_1 W_3 X_3 + C_1 W_r H_1 + C_1 W_1 X_1 + C_2 W_2 X_2] \quad (1-76)$$

όπου:

Z = συντελεστής σεισμικής επιρροής ανάλογα με την γεωγραφική περιοχή.

(0,1875 – 1,0)

I= συντελεστής (1-1,5)

C1,C2=συντελεστές εγκάρσιας δύναμης λόγω σεισμού

W3=ολικό βάρος του κελύφους του δοχείου

X3=ύψος από πυθμένα μέχρι το κέντρο βάρους του κελύφους M

Wr=βάρος οροφής και φορτίο λόγω χιονιού που δέχεται κέλυφος

H1=ολικό ύψος του κελύφους

W1=βάρος του περιεχομένου υγρού του δοχείου

X1=ύψος από πυθμένα μέχρι το κέντρο βάρους του περιεχόμενου

W2=βάρος της δρώσας μάζας 1ης απόκρισης του δοχείου (απόκριση κυματισμού)

X2=απόσταση από πυθμένα μέχρι σημείο εφαρμογής της W2

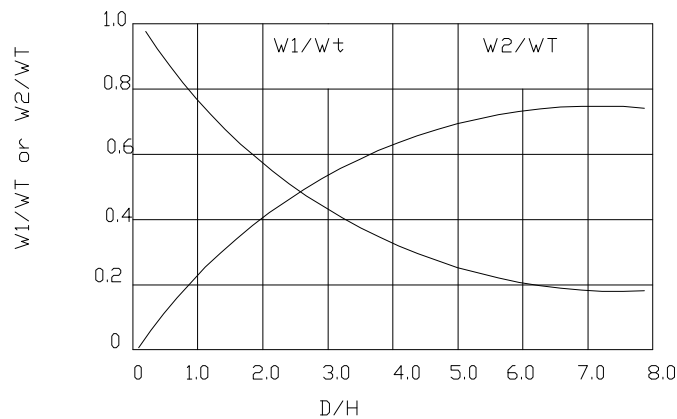
Στην συνέχεια τα σχήματα που παρατίθενται πιο κάτω δίνονται για την ταχύτερη εύρεση των ανωτέρω στοιχείων όπως δίνονται από 10. Από το σχ. 1.34 γνωρίζοντας

τον λόγο D/H βρίσκουμε τους λόγους $\frac{W1}{WT}$ και $\frac{W2}{WT}$

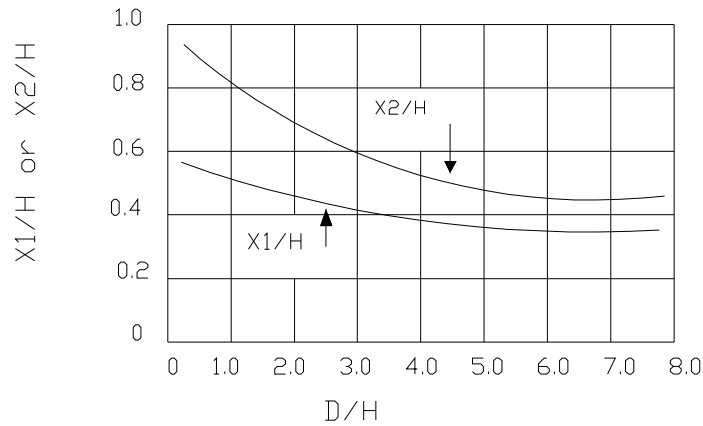
όπου: D=διάμετρος δοχείου

H= ύψος κελύφους του δοχείου

WT=ολικό βάρος του περιεχομένου



Σχ. 1.34 Λόγος $\frac{W1}{WT}$ και $\frac{W2}{WT}$ σε σχέση με τον λόγο $\frac{D}{H}$



Σχ. 1.35 Λόγος των $\frac{X1}{H}$ και $\frac{X2}{H}$ σε σχέση με τον λόγο D/H

Από το σχ. 1.35 βρίσκουμε τους λόγους $\frac{X1}{H}$ και $\frac{X2}{H}$ σε σχέση με το λόγο D/H ο συντελεστής $C1$ λαμβάνεται 0,24, ο συντελεστής $C2$ λαμβάνεται ως εξής:

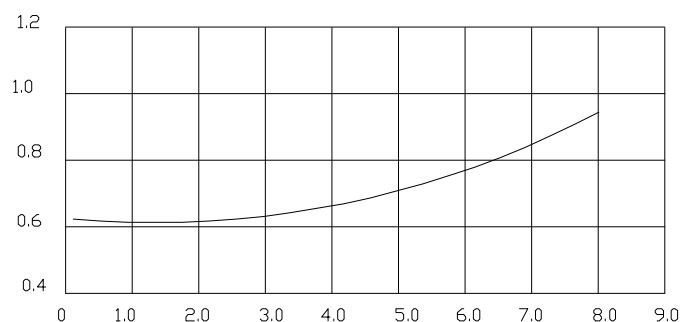
$$C_2 = 0,30 \cdot \frac{S}{T} \quad \text{όταν} \quad T \leq 4,5$$

και

$$C_2 = 1,35 \cdot \frac{S}{T^2} \quad \text{όταν} \quad T \geq 4,5$$

όπου:

T =η πρώτη φυσική σεισμική περίοδος σε sec και είναι: $T = KD^{1/2}$, το K δίνεται από το σχ.1.36 σε σχέση με τον λόγο D/H .



Σχ.1.36 Συντελεστής K σε σχέση με τον λόγο D/H

s= συντελεστής που εξαρτάται από το εδαφικό προφίλ και είναι:

$$S: \frac{A}{1,0} \quad \frac{B}{1,2} \quad \frac{C}{1,5}$$

όπου: A,B,C δηλώνουν ποιότητα εδάφους με ισχυρή, μεσαία και μικρή συνοχή αντίστοιχα.

Η ροπή αντίστασης σε ανατροπή στην βάση του κελύφους δίνεται από τον τύπο:

$$Z_L = 7,9S \sqrt{SyPH} \quad \text{KP/M} \quad (1-77)$$

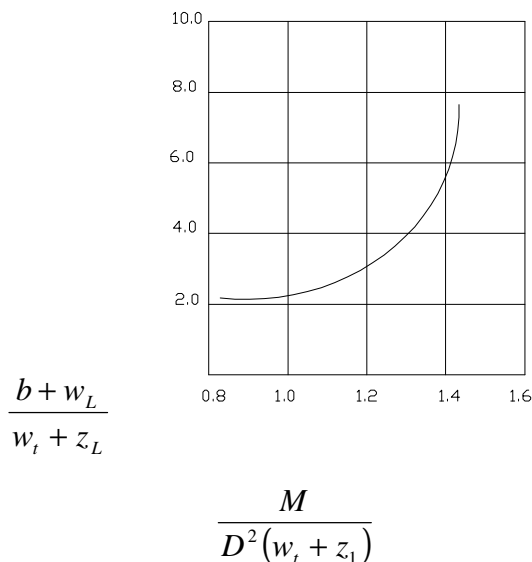
και η οποία δεν πρέπει να ξεπερνά την τιμή: **1,25eHD**.

Η μέγιστη πίεση Pb που θα ασκείται στην βάση του κελύφους δίνεται ως εξής:

$$\alpha) P_b = W_t + \frac{1,273M}{D} \quad \text{KP/M} \quad \text{όταν} \quad \frac{M}{D^2(W_t + Z_L)} \leq 0,785 \quad (1-78)$$

$$\beta) \frac{P_b + Z_L}{W_T + Z_L} = \frac{1,490}{\left[1 - \frac{0,637M}{D^2(W_T + Z_L)}\right]^{1/2}} \quad \text{όταν} \quad 1,5 < \frac{M}{D^2(W_t + Z_L)} < 1,57 \quad (1-79)$$

όπου: W_t = βάρος του κελύφους και βάρος από οροφή που δέχεται το κέλυφος
Παρακάτω δίνεται το σχ. 1.37 για διευκόλυνση των υπολογισμών.



Σχ.1.37 Εύρεση της μέγιστης πίεσης Pb σύμφωνα με τις εξισώσεις (1-78), (1-79)

σε σχέση με τον λόγο $\frac{M}{D^2(W_t + Z_L)}$

Όταν $\frac{M}{D(W_t + Z_L)} > 1,57$ πρέπει να προβαίνουμε σε διορθώσεις του s ή αύξηση του D και μείωση του H , διαφορετικά θα πρέπει να προβούμε στην κατασκευή αγκυρώσεων.

1.6.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΣΤΥΛΟΥ ΣΕ ΣΕΙΣΜΟ

Γνωρίζουμε ότι ο κεντρικός στύλος θα παραλάβει το μισό φορτίο της οροφής. Εάν θέσουμε $W_{ολ}$ το ολικό φορτίο της οροφής, τότε το φορτίο που θα καταπονεί τον κεντρικό στύλο είναι $W_{ολ}/2$

Θέτουμε:

A = επιφάνεια διατομής του κεντρικού στύλου

Z_x, Z_y = ροπή αντίστασης της διατομής ως προς τους άξονες X και Y αντίστοιχα.

L_x, L_y = ακτίνες αδράνειας ως προς τους άξονες X και Y αντίστοιχα.

l = ελεύθερο μήκος λυγισμού του στύλου

λ_x, λ_y = τους βαθμούς λυγρότητας ως προς άξονες X και Y αντίστοιχα.

Είναι: $\lambda_x = l/i_x$ και $\lambda_y = l/i_y$

Θεωρούμε με Wl το ίδιο βάρος του στύλου και το οποίο είναι: **$Wl = W \cdot l$ (α)**

όπου: W = βάρος ανά μονάδα μήκους του στύλου.

Για τον λυγισμό οι επιτρεπόμενες τάσεις δίνονται ως εξής:

α) Για $\lambda = 0 \div 120$

$$\sigma_{\varepsilon \pi \bar{x}} = \frac{17000 - 0,485 (\lambda/i_x)^2}{14,19} \quad (1-80)$$

$$\sigma_{\varepsilon \pi \bar{y}} = \frac{17000 - 0,485 (l/i_y)^2}{14,19}$$

β) για $\lambda = 121 \div 200$

$$\sigma_{\varepsilon \pi \bar{x}} = \frac{18000}{\left[1 + \frac{1}{18000} (l/i_x)^2 \right]} 14,19 \quad (1-81)$$

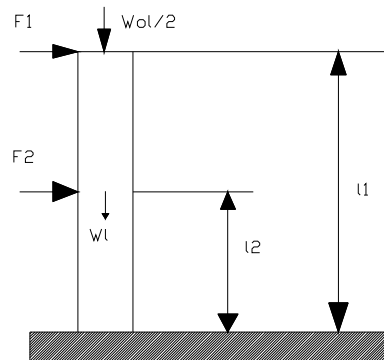
$$\sigma_{\varepsilon \pi \bar{y}} = \frac{18000}{\left[1 + \frac{1}{18000} (l/i_x)^2 \right]} 14,19$$

κατά την διάρκεια του σεισμού επιβάλλεται στον κεντρικό στύλο μια εγκάρσια δύναμη F_1 στο σημείο εφαρμογής της $W_{ολ}/2$ και μια εγκάρσια δύναμη F_2 στο σημείο εφαρμογής της W_1 . σύμφωνα με την σχέση (1-73) θα είναι:

$$F_1 = C W_{ολ}/2 \quad \text{και} \quad F_2 = C W_1 \quad \text{(b)}$$

όπου: C συντελεστής παίρνεται σύμφωνα με την παράγραφο 1.6.2 Οι δυνάμεις αυτές δημιουργούν μια ροπή ανατροπής στην βάση του στύλου. Η ροπή αυτή είναι:

$$M_L = F_1 l_1 + F_2 l_2 \quad \text{(c)}$$



Σχ. 1.38 Δυνάμεις ασκούμενες στον κεντρικό στύλο

Ο κεντρικός στύλος λοιπόν θα δέχεται μια σύνθετη καταπόνηση. Για τον έλεγχο σε αντοχή στην σύνθετη αυτή καταπόνηση θα πρέπει να ισχύει:

$$\frac{W}{A} + \frac{M_L}{Z_x} \leq 1 \quad \text{(1-82)}$$

$\sigma_{ΕΠΧ} \quad \sigma_{ΕΠΥ}$

$$\text{όπου: } W = W_{ολ}/2 + W_1 \quad \text{(d)}$$

1.7. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

1.7.1. ΓΕΝΙΚΑ

Ο υπολογισμός σε αντοχή ακολουθεί τις μεθόδους της αντοχής των υλικών. Αν το πάχος της συγκόλλησης είναι a και το μήκος της ραφής είναι l , τότε το σύνολο της επιφάνειας που μεταφέρει δύναμη είναι $\Sigma a l$. Επειδή μπορεί να υπάρχουν πολλές διαφορετικές ραφές. Τότε με την παρατήρηση ότι γενικά:

$$a = S/\sqrt{2}$$

όπου: S = πάχος ελάσματος που συγκολλείται.

Ισχύει:

Για εξελκυσμό

$$\sigma = \frac{F_N}{\Sigma a} \quad (1-83)$$

Για θλίψη

$$\tau = \frac{F_T}{\Sigma a} \quad (1-84)$$

Για κάμψη

$$\sigma = \frac{M_b}{I} Y_{MAX} \quad (1-85)$$

Για στρέψη

$$\tau = \frac{M_t * r}{A * r^2} = \frac{M_t}{A * r} \quad (1-86)$$

όπου I είναι η ροπή της επιφάνειας της διατομής της συγκόλλησης σε σχέση με το κέντρο επιφάνειας της και Y_{max} η μέγιστη απόσταση από το κέντρο αυτό, A είναι η επιφάνεια της συγκόλλησης και r η μέση απόσταση της από το κέντρο επιφάνειας της. Στην περίπτωση συνδυασμένης φόρτισης, το κριτήριο ισοδύναμης τάσης είναι κατά τις πειραματικές έρευνες, του I.S.O:

$$\sigma_{ισ} = (\sigma^2 + 1,8\tau^2)^{1/2} \quad (1-87)$$

Από πείρα και έρευνες έχουν βρεθεί ορισμένοι συντελεστές για την εκτίμηση της τάσης υπολογισμού, όταν δίνεται το υλικό των στοιχείων και συγκολλούνται. Έτσι οι τάσεις υπολογισμού θα είναι:

$$\sigma' = \frac{\sigma}{\nu_1 \nu_2} \leq \frac{S_y}{N} \quad (\text{στατική φόρτιση}) \quad (1-88)$$

$$\sigma' = \frac{\sigma}{\nu_1 \nu_2} \leq \frac{S_y}{N} \quad (\text{δυναμική φόρτιση}) \quad (1-89)$$

όπου:

S_y = όριο ροής του υλικού που συγκολλείται.

Οι τιμές ν_1, ν_2 δίνονται από πίνακες για διάφορες μορφές συγκόλλησης.

1.7.2. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Για τον κάθε δακτύλιο του κελύφους, η διαμήκης ραφή θα υπολογίζεται με την περιφερειακή τάση σ_t που δίνεται από την εξίσωση (1-11) και οι περιφερειακές ραφές θα υπολογίζονται με την διαμήκη τάση σ_a που δίνεται από την εξίσωση (1-10).

Έχοντας υπ' όψιν ότι τόσο οι περιφερειακές όσο και οι διαμήκεις τάσεις είναι εφελκυστικές, οι συγκολλήσεις θα υπολογιστούν σε εφελκυσμό.

Διαμήκης Ραφή

Γνωρίζουμε ότι η περιφερειακή τάση από την εξίσωση (1-11) είναι:

$$\sigma_t = \frac{p_i * D}{2S} \quad (a)$$

Αν $l=h$ είναι το ύψος του κάθε δακτυλίου, τότε η εφελκυστική δύναμη που αναπτύσσεται είναι:

$$F_N = \sigma_t * h * s \quad (b)$$

Σύμφωνα με την εξίσωση (1-83) οι τάσεις που αναπτύσσονται είναι:

$$\sigma = \frac{F_N}{\sum a} \quad (c)$$

Οι τάσεις υπολογισμού θα είναι: εξ. (1-88)

$$\sigma' = \frac{\sigma}{\nu \gamma} \leq \frac{S_y}{N} \quad (d)$$

Συνδυάζοντας τις ανωτέρω εξισώσεις (α), (β),(c),(d) προκύπτει:

$$\sigma' = \frac{\sigma_t h s}{\sum a h} \leq \frac{S_y}{N}$$

ή

$$\frac{\sigma_t * h * s}{\nu \gamma \sum a h} \leq \frac{S_y}{N}$$

ή

$$\sum a \geq \frac{\sigma_t * s * N}{S_y \nu \gamma} \quad (1-90)$$

Από την οποία υπολογίζεται το πάχος της ραφής a για τον τύπο ραφής που επιλέγεται.

Περιφερειακή Ραφή

Από την εξίσωση (1-10) η διαμήκης τάση είναι:

$$\sigma_\alpha = \frac{PD}{4S}$$

Η εφελκυστική δύναμη F_N είναι:

$$F_N = \sigma_\alpha * \pi * D * S$$

Θέτοντας $l=PD$, από τις ανωτέρω και έχοντας υπ' όψιν τις εξισώσεις (1-83), (1-88) προκύπτει:

$$\sigma' = \frac{\sigma_{\alpha} \Pi D}{\sum \alpha \Pi} = \frac{\sigma_{\alpha} \Pi D S}{\sum \alpha \pi \bar{D} N} \leq \frac{S_Y}{N}$$

ή

$$\sum \alpha \frac{\sigma_{\alpha} * S * N}{\sum \alpha \pi \bar{D} N} \leq \frac{S_Y}{N} \quad (1-91)$$

Έλεγχος σε σεισμό

Οι συγκολλήσεις κελύφους πρέπει να ελέγχονται και σε σεισμό. Στην παράγραφο 1.62 εξίσωση (1-78), (1-79) η μέγιστη πίεση που ασκείται στην βάση του δοχείου είναι P_b , θα πρέπει η συγκόλληση της βάσης του δοχείου η οποία δέχεται και την δυσμενέστερη καταπόνηση να αντέχει στην πίεση αυτή.

Θα πρέπει δηλαδή:

$$\sigma' = \frac{bI}{\sum \alpha I} \leq \frac{S_Y}{N}$$

ή

$$\sum \alpha \frac{bN}{\sum \alpha I} \leq \frac{S_Y}{N} \quad (1-92)$$

1.7.3 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΟΡΟΦΗΣ

Έχει προαναφερθεί ότι η οροφή σχηματίζεται από ελάσματα τα οποία τοποθετούνται με απλή επικάλυψη. Επομένως η συγκόλληση εδώ θα είναι μορφής επικάλυψης.

Σύμφωνα με την παράγραφο είναι:

$$M_{\max} = \frac{Wl^2}{12} = \frac{Pbl^2}{12} \quad (a)$$

Για αποφυγή σύγχυσης των συμβόλων θέτουμε b το μοναδιαίο μήκος της ραφής.

Σύμφωνα με την σχέση (1-85) οι τάσεις που αναπτύσσονται είναι:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{I} Y_{\max} \quad (b)$$

θέτω:

$$I = ba^3/12, \quad Y_{\max} = a/2$$

όπου προκύπτει:

$$\sigma = \frac{6 * M_{\max}}{ba^2}$$

Οι τάσεις υπολογισμού θα είναι:

$$\sigma' = \frac{\sigma}{\nu \nu} = \frac{6 P b f}{V V_1 12 b a^2} \leq \frac{S_Y}{N}$$

ή

Πάχος συγκόλλησης α είναι:

$$\alpha \geq l \left(\frac{P N}{2 S_Y V V_1} \right)^{1/2} \quad (1-93)$$

1.7.4. ΣΥΓΚΟΛΜΗΣΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΠΥΘΜΕΝΑ

Όπως τα ελάσματα οροφής, έτσι και του πυθμένα θα τοποθετούνται με απλή επικάλυψη. Η ραφή του πυθμένα θα είναι επικάλυψης. Σύμφωνα με την παράγραφο 1.3.3 εξισ. (1-28) η μέγιστη ροπή που αναπτύσσεται είναι:

$$M_{\max} = b \rho \alpha^2 \quad (a)$$

Όπου α εδώ είναι διάσταση της πλάκας. Για αποφυγή σύγχυσης θέτουμε ως το πάχος της ραφής. Σύμφωνα με την εξίσωση (1-85) θα ισχύει:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{I} Y_{\max} \quad (b)$$

Οι τάσεις υπολογισμού θα είναι κατά την εξίσωση (1-88)

$$\sigma' = \frac{\sigma}{\nu \nu} \leq \frac{S_Y}{N} \quad (c)$$

Συνδυάζοντας τις ανωτέρω εξισώσεις και θέτοντας:

$$Z = \frac{I}{Y_{\max}} = \frac{\alpha^2 \sigma}{6}$$

Έχουμε :

$$\sigma' = \frac{6 \beta \rho^2 \alpha}{V V_1 a^2 \sigma} \leq \frac{S_Y}{N}$$

ή

$$a_{\sigma} \geq \alpha \left(\frac{6 \beta \rho N}{V V_1 S_Y} \right)^{1/2} \quad (1-94)$$

1.7.5. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΩΝ ΔΟΚΙΔΩΝ ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Σύμφωνα με την εξίσωση. (1-30) της παραγράφου 1.4.1 οι δοκίδες μεταφέρουν φορτίο F_1 στην πλάκα του κεντρικού στύλου και στις γωνίες κελύφους που είναι:

$$F_1 = \frac{Wl}{2} \quad (\text{a})$$

Κατά την διάρκεια του σεισμού αναπτύσσεται επί της δοκίδας μια εγκάρσια δύναμη η οποία ασκείται στην πλάκα και στην γωνία του κελύφους αντίστοιχα και είναι:

$$F = c * F_1 \quad (\text{b})$$

Όπου : C παίρνεται από παράγραφο 1.6.2

Η συγκόλληση της δοκίδας στην πλάκα όσο και στην γωνία κελύφους αντίστοιχα πρέπει να μπορεί να παραλάβει την δύναμη αυτή. Η συγκόλληση καταπονείται σε διάτμηση.

Οι διατμητικές τάσεις που αναπτύσσονται είναι:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{F}{\sum a} \quad (\text{c})$$

Οι τάσεις υπολογισμού της συγκόλλησης θα είναι:

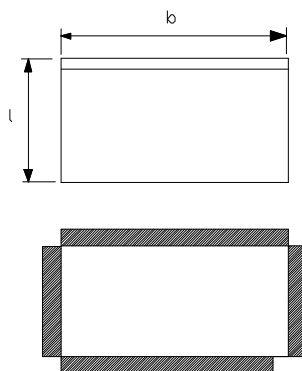
$$\tau' = \frac{\tau}{\sum VV_1} = \frac{F}{\sum VV_1 \sum a} = \frac{cF_1}{\sum VV_1 \sum a} = \tau_{\epsilon \pi}$$

ή

$$\sum a \geq \frac{cF_1}{\sum VV_1 \tau_{\epsilon \pi}} \quad (1-95)$$

1.7.6. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΓΩΝΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Οι τάσεις που αναπτύσσονται είναι τέμνουσες και καμπτικές.



Σχ. 1.39 Τρόπος συγκόλλησης της γωνίας κελύφους

A) Τέμνουσα

Η τέμνουσα παίρνεται από τις κατακόρυφες ραφές μήκους l έχουμε:

$$\tau = \frac{F_1}{A_k} = \frac{F_1}{2al} \quad (\text{a})$$

Η συγκόλληση υπολογίζεται για τάσεις:

$$\tau' = \frac{\tau}{VV_1} \quad (\text{b})$$

Συνδυασμός των (α) και (β) δίνει:

$$\tau' = \frac{F_1}{VV \cdot 2al} \quad (\text{c})$$

β) Κάμψη

Οι καμπτικές τάσεις υπολογίζονται ως εξής:

$$\sigma = \frac{M_{\text{MAX}}}{I} Y_{\text{MAX}} \quad (\text{d})$$

Όπου:

$$M_{\text{MAX}} = F_1(l+s)/2 \quad (\text{e})$$

Με l το πλάτος της γωνίας και s το πάχος της.

$$I = \frac{b}{12} [(l+a)^3 - l^3] + 2 \frac{a}{12} l^3 \quad (\text{f})$$

$$Y_{\text{MAX}} = (l+2a)/2$$

Όπου b το μήκος της γωνίας.

Οι τάσεις υπολογισμού της συγκόλλησης θα είναι:

$$\sigma' = \frac{\sigma}{VV_1} \quad (\text{g})$$

Σύμφωνα με το κριτήριο ισοδύναμης τάσης εξίσωση (1-87) πρέπει:

$$\sigma_{\text{ε}} = (\sigma'^2 + 1,8 \tau'^2)^{1/2} \leq \sigma_{\text{επ}} = S_Y / N \quad (\text{h})$$

Θα πρέπει το πάχος της ραφής a που επιλέγεται να ικανοποιεί την ανωτέρω σχέση.

1.7.7 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΛΑΜΑΣ ΑΝΤΗΡΙΔΑΣ

Για τον υπολογισμό της συγκόλλησης στην λάμα αντηρίδας θα ακολουθείται η ίδια μέθοδος όπως και αυτή που προαναφέρθηκε για την συγκόλληση των γωνιών κελύφους. Σύμφωνα με το σχ.1.13 της παραγρ. 1.4.3 η τέμνουσα εδώ θα είναι:

$$\tau = \frac{V}{2ab} \quad (\text{a})$$

Λόγω συγκόλλησης

$$t' = \frac{t}{vV_1} \quad (\text{b})$$

Και για κάμψη

$$\sigma = \frac{M}{I} Y_{\text{MAX}} \quad (\text{c})$$

Όπου:

$$M = v^* l \quad (\text{d})$$

$$I = 2ab^3/12 \quad (\text{e})$$

Και

$$Y_{\text{MAX}} = b/2 \quad (\text{g})$$

Λόγω συγκόλλησης

$$\sigma' = \sigma/vv_1 \quad (\text{h})$$

Θα πρέπει και εδώ το πάχος της ραφής a να ικανοποιεί την εξίσωση (h) της παράγρ. 1.7.6.

1.7.8 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΣΤΥΛΟΥ ΣΤΗΝ ΒΑΣΗ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Οι τάσεις που αναπτύσσονται στην συγκόλληση αυτή είναι τέμνουσες και καμπτικές. Κατά την διάρκεια ενός σεισμού οι δυνάμεις που αναπτύσσονται στον κεντρικό στύλο είναι αυτές που φαίνονται στο σχ. 1.38 της παραγρ. 1.6.3. Σύμφωνα με το σχήμα αυτό παίρνεται:

$$\tau = \frac{F_1 + F_2}{\sum \alpha l} = \frac{F}{\sum \alpha} \quad (\text{a})$$

Οι συγκόλληση υπολογίζεται για τάσεις.

$$\tau' = \frac{\tau}{vv_1} \quad (\text{b})$$

Από (α) και (β) έχουμε:

$$\tau' = \frac{Ml}{vv_1 \sum \alpha} \quad (\text{c})$$

Καμπτικές τάσεις

$$\sigma = \frac{Ml}{I} Y_{\text{MAX}} \quad (\text{d})$$

Όπου $M_1 = F_1 l_1 + F_2 l_2$

Η συγκόλληση υπολογίζεται για τάσεις σ'

$$\sigma' = \frac{\sigma}{\nu \nu_1} = \frac{M_L}{I \nu \nu_1} Y_{\max} \quad (\text{e})$$

Σύμφωνα με το κριτήριο ισοδύναμης τάσης θα πρέπει να πρέπει:

$$\sigma_{\text{ε}} = (\sigma'^2 + 1,8 \tau'^2)^{1/2} \leq \sigma_{\text{εΠ}} = S_Y / N \quad (\text{f})$$

Σύμφωνα με την μορφή της συγκόλλησης η οποία εξαρτάται από την μορφή του κεντρικού στύλου θα προκύπτει μια ροπή αδράνειας I της συγκόλλησης και ένα Y_{\max} αυτής γνωστά. Οπότε το πάχος a και το μήκος l της ραφής θα πρέπει να ικανοποιούν την εξίσωση (f). Σημειώνεται ότι αν υπάρχουν οριζόντιες και κατακόρυφες ραφές οι τέμνουσες θα παίρνονται μόνο από τις οριζόντιες.

1.7.9. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΒΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΣΤΥΛΟΥ ΣΤΟΝ ΠΥΘΜΕΝΑ

Έχει αναφερθεί ότι η βάση του κεντρικού στύλου θα συγκολλείται στον πυθμένα μέσω των 4 γωνιών που φέρει αυτή (βλέπε σχ. 1.21). Οι συγκολλήσεις αυτές θα δέχονται τέμνουσες και καμπτικές τάσεις. Οι τάσεις που θα δέχεται κάθε μια γωνία χωριστά θα είναι:

Για τις τέμνουσες το 1/4 αυτής που δίνεται στην εξίσωση (c) της παραγρ. 1.7.8.

Για τις καμπτικές το 1/4 αυτής που δίνεται στην εξίσωση (e) της παραγρ 1.7.8.

Στην συνέχεια θα πρέπει να ισχύει το κριτήριο ισοδύναμης τάσης, εξίσωση (J) της παραγρ. 1.7.8.

1.7.10. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΑΝΘΡΩΠΟΘΥΡΙΔΑΣ

Η συγκόλληση θα παραλάβει την αξονική δύναμη που καταπονεί την ανθρωποθυρίδα. Αυτή δίνεται από την σχέση:

$$F = p \frac{\pi D^2}{4} \quad (\text{a})$$

Όπου: D η εσωτερική διάμετρος της ανθρωποθυρίδας. Η δύναμη αυτή καταπονεί την συγκόλληση σε εφελκυσμό για τον οποίο και θα υπολογίζεται. Οι εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται είναι:

$$\sigma = \frac{F}{\Sigma a} \quad (\text{b})$$

Και λόγω συγκόλλησης

$$\sigma' = \frac{\sigma}{\nu\nu_1}$$

ή

$$\sigma' = \frac{F}{\nu\nu_1 \sum \alpha l} \leq \sigma_{\text{E}\pi} = S_Y / N \quad (\text{c})$$

Θα πρέπει το $\Sigma \alpha l$ της συγκόλλησης να ικανοποιεί την εξίσωση (C). Για την ανθρωποθυρίδα που συγκολλείται στην εξωτερική διάμετρο $D_{\text{εξ}}$, παίρνεται $l = \pi D_{\text{εξ}}$.

1.7.11. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΩΛΗΝΩΝ ΣΕ ΔΟΧΕΙΟ

Η συγκόλληση θα παραλάβει την αξονική δύναμη που καταπονεί τον σωλήνα. Η δύναμη αυτή είναι:

$$F = P \frac{\pi D^2}{4}$$

Όπου D η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα και P η πίεση που επικρατεί σε αυτόν. Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με την προηγούμενη παραγρ. 1.7.10, υπολογίζεται το $\Sigma \alpha l$ της συγκόλλησης, γνωστού ότι $l = \pi D_{\text{εξ}}$.

1.7.12. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΦΛΑΝΤΖΩΝ

Η συγκόλληση της φλάντζας θα πρέπει να παραλάβει τις καμπτικές τάσεις που την καταπονούν. Γνωρίζοντας την καμπτική ροπή M που καταπονεί την φλάντζα (βλέπε παραγρ. 1.5.4 περί φλαντζών), προκύπτει:

$$\sigma = \frac{M d}{n I_y 2} \quad (\text{a})$$

Με

$$I_x = \pi d^4 / 8 \quad (\text{b})$$

Όπου d η εξωτερική διάμετρος του κυλινδρικού στοιχείου που συγκολλείται η φλάντζα και n ο αριθμός των περιφερειακών ραφών. Οι τάσεις υπολογισμού της συγκόλλησης θα είναι:

$$\sigma' = \frac{\sigma}{\nu\nu_1} \quad (\text{c})$$

Συνδυάζοντας τις ανωτέρω εξισώσεις προκύπτει:

$$\sigma' = \frac{M}{\nu\nu_1 n \frac{\pi}{8} d^3 a} \frac{d}{2} \leq \sigma_{\text{E}\pi}$$

ή

$$\alpha \geq \frac{4M}{VV_1 n \pi d^2 \sigma_{E\Pi}} \quad (1-96)$$

Για τις φλάντζες του σχ. 1.28 το $n=2$.

Για την φλάντζα του σχ.1.25 το $n=1$ και αντί του d μπαίνει στους τύπους το dm , όπου dm η μέση διάμετρος του κυλινδρικού στοιχείου που συγκολλείται η φλάντζα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΔΟΧΕΙΑ ΥΠΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ

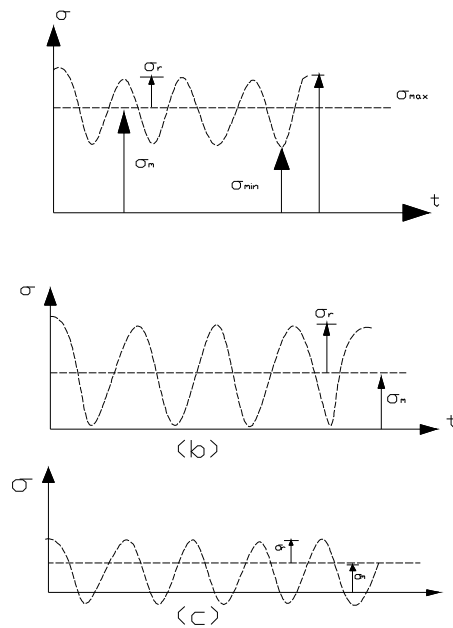
Μια άλλη μορφή δοχείων αποθήκευσης αποτελούν τα σφαιρικά δοχεία.

Λόγω της γεωμετρικής συμμετρίας που έχουμε στη σφαίρα, οι τάσεις που αναπτύσσονται στο κέλυφος της, είναι το ήμισυ αυτών που αναπτύσσονται στα δοχεία κυλινδρικής μορφής. Για τον λόγο αυτό γίνεται πολλάκις σχεδιασμός σφαιρικής μορφής όταν πρόκειται να αποθηκευτεί ρευστό μεγάλης πίεσης και όταν συγχρόνως οικονομικοί λόγοι το συνιστούν, επιτυγχάνοντας κατ' αυτό τον τρόπο μεγαλύτερη ασφάλεια στην κατασκευή. Συμβαίνει πολλές φορές η πίεση του ρευστού που αποθηκεύεται να είναι εναλλασσόμενη. Για τον λόγο αυτό δίνονται στη συνέχεια στοιχεία σχεδιασμού τόσο στατικής φόρτισης όσο και δυναμικής.

2.2. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

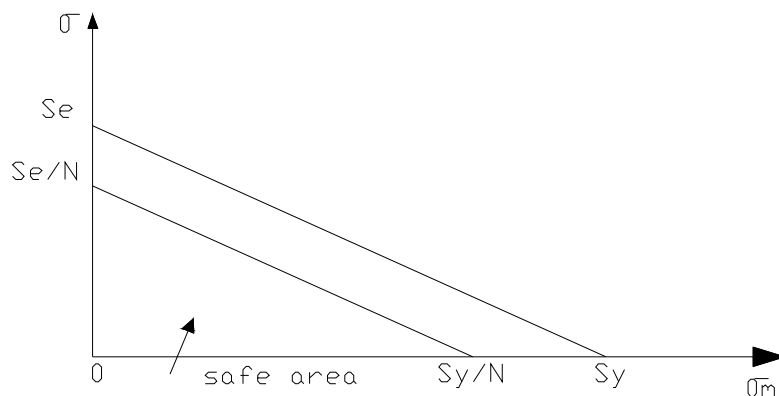
ΚΡΙΤΗΡΙΟ SODERBERG

Στα βιβλία των υλικών δίνονται οι τιμές s_y (όριο ροής σε εφελκυσμό και s_n (διαρκής αντοχή). Δίνονται δηλαδή δύο τιμές, s_y και s_e που αντιστοιχούν σε στατική και καθαρή εναλλασσόμενη φόρτιση. Πολλές φορές δίνεται μεταβαλλόμενη φόρτιση με τιμή σ_m και ημιεύρος σ_r σχ. 2.1.



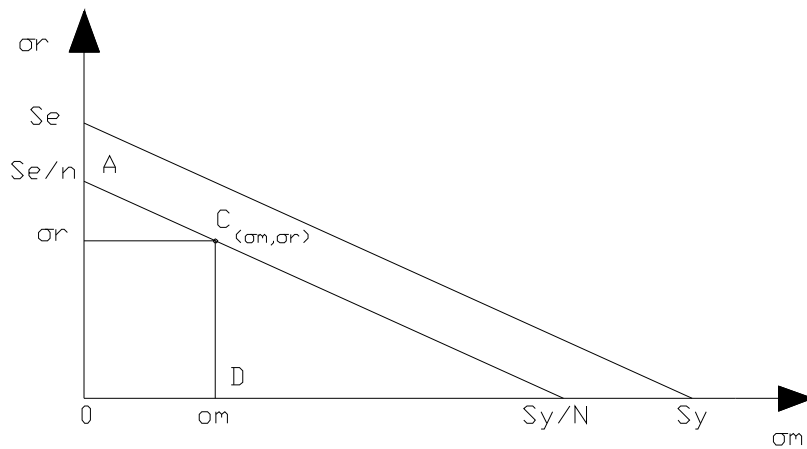
Σχ. 2.1. Μεταβαλλόμενη φόρτιση

Για να διερευνηθεί η περίπτωση κατασκευάζεται ένα διάγραμμα (σ_m, σ_r) . Είναι φανερό πως δύο σημεία είναι γνωστά. $(s_y, 0)$ αντιστοιχεί στην στατική και $(0, s_e)$ στην καθαρά εναλλασσόμενη φόρτιση. Η υπόθεση του Soderberg είναι, ότι αν συνδέσουμε τα σημεία αυτά με μία ευθεία αυτή δίνει την σχέση (σ_m, σ_r) για την αστοχία του υλικού. Πειράματα που γίνονται δείχνουν καλή και συντηρητική προσέγγιση. Θεωρώντας και τον συντελεστή ασφαλείας N , παίρνεται μια παράλληλη γραμμή ασφαλείας σχ.2.2. Για να μην χρειάζεται κάθε φορά να κατασκευάζεται το διάγραμμα χρησιμοποιείται η έννοια της ισοδύναμης τάσης.



Σχ. 2.2. Διάγραμμα σ_m, σ_r

Τώρα η εντατική κατάσταση μπορεί να χαρακτηριστεί στο σχ. 2.3. από ένα σημείο και (σ_m, σ_r) σημείο C.



Σχ. 2.3. Ισοδύναμο διάγραμμα σ_m, σ_r

Από τα όμοια τρίγωνα AOB και CDB προκύπτει:

$$\frac{\left(\frac{S_y}{N}\right) - \sigma_m}{\sigma_r} = \frac{S_y}{S_e}$$

ή

$$\frac{S_y}{N} = \sigma_m + \sigma_r \frac{S_y}{S_e}$$

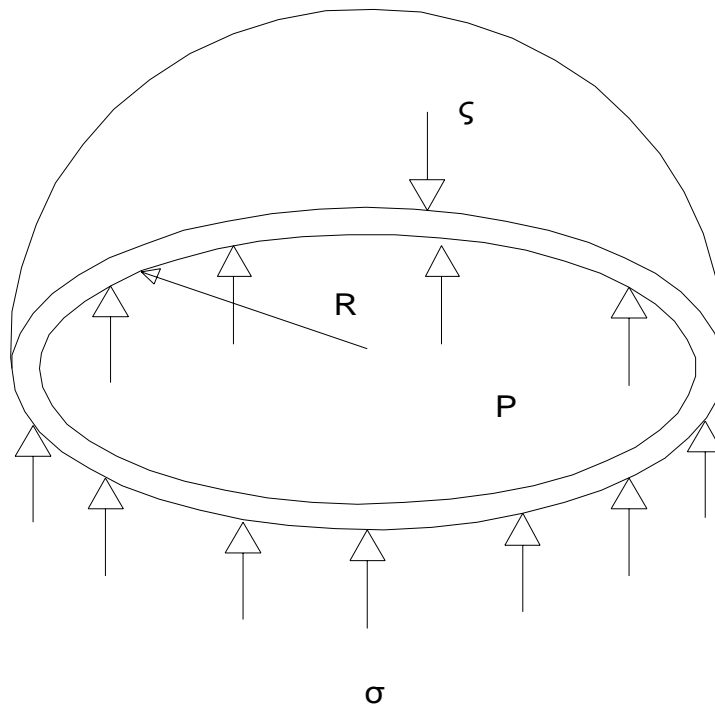
Έτσι ορίζεται η ισοδύναμη τάση:

$$\sigma_{i \bar{\sigma}} = \frac{S_y}{N} = \sigma_m + \sigma_r \frac{S_y}{S_e} \quad (2-1)$$

2.3. ΠΑΧΟΣ

2.3.1. ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

Το πάχος κελύφους θα υπολογίζεται προσδιορίζοντας την εντατική κατάσταση που αναπτύσσεται στην σφαίρα. Λόγω γεωμετρικής συμμετρίας δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ αξονικής και περιφερειακής τάσης. Οι τάσεις που ενεργούν στο κέλυφος του δοχείου είναι εφελκυστικές και προσδιορίζονται από την ισορροπία της μισής σφαίρας.



Σχ. 2.4. ημισφαίριο υπό πίεση P

Η ισορροπία της μισής σφαίρας σχ. 2.4. δίνει:

$$\Sigma F = -P \Pi R^2 + \sigma 2 \Pi R S \quad (2-2)$$

Ο πρώτος όρος είναι η δύναμη που αναπτύσσεται λόγω εσωτερικής πίεσης P, ενώ δεύτερος όρος είναι η δύναμη που συνιστούν οι ορθές αξονικές τάσεις σ του κελύφους του δοχείου.

Από την συνθήκη ισορροπίας προκύπτει η ορθή τάση σ :

$$\sigma = \frac{PR}{2S} = \frac{PD}{4S} \quad (2-2\alpha)$$

Παίρνοντας υπ' όψιν ένα συντελεστή ασφαλείας N, ένα συντελεστή συγκόλλησης V και μια ανοχή C για διάβρωση η εξίσωση (2-2α) μετασχηματίζεται ως κάτωθι :

$$S = \frac{PDN}{4SyV} + C \quad (2-3)$$

Σύμφωνα με τις οδηγίες [11] σε ένα σφαιρικό κέλυφος που καταπονείται από εσωτερική πίεση αναπτύσσονται σε αυτό οι κάτωθι τάσεις.

σ_r =ακτινική τάση

σ_t =περιφερειακή (εφαπτομενική) τάση

σ_3 =περιφερειακή (διαμήκης μεσημβρινή) τάση

Οι τιμές των τάσεων αυτών δίνονται με μια άλλη μορφή ως κάτωθι:

$$\sigma_1 = \sigma_t = \frac{P(z^3+2)}{2(y^3-1)} \quad (2-4)$$

$$\sigma_2 = \sigma_r = \frac{P(z^3+2)}{2(y^3-1)}$$

$$\sigma_3 = \sigma_r = \frac{P(1-Z^3)}{(y^3-1)}$$

όπου :

P= εσωτερική πίεση

Y= λόγος της εξωτερικής προς την εσωτερική ακτίνα του κελύφους

Z= λόγος της εξωτερικής προς την μέση ακτίνα του κελύφους .

2.3.2. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

Στην περίπτωση δυναμικής φόρτισης, όπου η πίεση P του δοχείου μεταβάλλεται από μια P_{max} σε μια P_{min} το πάχος κελύφους θα υπολογίζεται ακολουθώντας την κάτωθι διαδικασία. Θέτοντας με P_m και P_r την μέση πίεση και το ημιεύρος της αντίστοιχα προκύπτει :

$$P_m = \frac{P_{max} + P_{min}}{2} \quad (a)$$

$$P_r = \frac{P_{max} - P_{min}}{2} \quad (b)$$

Από την εξίσωση (2-2α) η αναπτυσσόμενη ορθή τάση σ είναι :

$$\sigma = \frac{PD}{4S} \quad (c)$$

Θέτοντας με σ_m και σ_r την μέση τιμή και το ημιεύρος της αντίστοιχα προκύπτει :

$$\sigma_m = \frac{P_m}{4S} \quad (d)$$

$$\sigma_r = \frac{P_r * D}{4S} \quad (e)$$

Έχοντας υπ' όψιν το κριτήριο Soderberg πρέπει:

$$\sigma_{i, \bar{\sigma}} = \sigma_m + \sigma_r \frac{S_y}{S_e} \leq \frac{S_y}{N} \quad (f)$$

Συνδυάζοντας τις ανωτέρω εξισώσεις προκύπτει ότι :

$$\sigma_{i, \bar{\sigma}} = \frac{P_m * D}{4S} + \frac{P_r * D}{4S} \frac{S_y}{S_e} \leq \frac{S_y}{N}$$

ή

$$S \geq \frac{D \left(P_m + P_r \frac{S_y}{S_e} \right) N}{4S_y} \quad (2-5)$$

Λαμβάνοντας υπ' όψιν έναν συντελεστή συγκόλλησης V και μια προσθήκη C για διάβρωση η (2-5) γίνεται :

$$S = \frac{D \left(P_m + P_r \frac{S_y}{S_e} \right) N}{4S_y V} + C \quad (2-6)$$

Η εξίσωση (2-6) δίνει το πάχος του κελύφους του δοχείου, όταν αυτό καταπονείται σε δυναμικά φορτία.

2.4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

Σύμφωνα με τους κανονισμούς, θα πρέπει για ασφάλεια να γίνεται έλεγχος σε αντοχή του κελύφους για πίεση μεγαλύτερη κατά α% της μέγιστης πίεσης που ασκείται στο δοχείο.

Θέτοντας P_D την πίεση δοκιμής. Αυτή είναι :

$$P_D = (1 + \alpha\%) P_{max}$$

Συνήθως το α λαμβάνεται 30-50%. Σύμφωνα με την εξίσωση (2-3) θα το πάχος του κελύφους s να είναι :

$$S = \frac{P_D * D * N}{4 * S_y * V} + C \quad (2-7)$$

Το πάχος s του κελύφους που θα επιλέγεται τελικά θα πρέπει να είναι το μεγαλύτερο από αυτό που δίνουν οι εξισώσεις (2-6) και (2-7).

2.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΘΡΩΠΟΘΥΡΙΔΑΣ

Η κατασκευαζόμενη ανθρωποθυρίδα έχει κυλινδρική μορφή. Ο υπολογισμός της σε αντοχή θα βασίζεται στην θεώρηση ενός κυλινδρικού τμήματος που καταπονείται σε εσωτερική πίεση. Σύμφωνα με την παρ. 1.3.1. οι τάσεις που αναπτύσσονται σε κυλινδρικό τμήμα καταπονούμενο υπό εσωτερική πίεση P είναι :

-Αξονική τάση σ_a

$$\sigma_a = PD/4S$$

-Περιφερειακή τάση σ_t

$$\sigma_t = PD/2S$$

Από αυτές, δυσμενέστερη είναι η σ_t βάση της οποίας θα γίνεται ο υπολογισμός.

Για δυναμική καταπόνηση θα έχουμε :

$$P_m = \frac{P_{max} + P_{min}}{2} \quad (a)$$

και

$$P_r = \frac{P_{max} - P_{min}}{2} \quad (b)$$

οπότε οι αντίστοιχες τάσεις θα είναι:

$$\sigma_{\varepsilon m} = \frac{P_m * D}{2S} \quad (c)$$

και

$$\sigma_{\varepsilon r} = \frac{P_r * D}{2S} \quad (d)$$

Από κριτήριο Soderberg έχουμε :

$$\sigma_{i, \sigma} = \sigma_{tm} + \sigma_{tr} \frac{S_y}{S_e} \leq \frac{S_y}{N}$$

ή

$$\sigma_{i, \sigma} = \frac{P_m * D}{2S} + \frac{P_r * D}{2S} \frac{S_y}{S_e} \leq \frac{S_y}{N} \quad (e)$$

Από την οποία εισάγοντας τον συντελεστή συγκόλλησης V και λύνοντας ως προς το πάχος αυτής s έχουμε :

$$S = \frac{D \left(P_m + P_r \frac{S_y}{S_e} \right) N}{2 S_y V} + C \quad (2-8)$$

Στην συνέχεια θα γίνεται σύγκριση του αποτελέσματος που εξάγεται από την (2-8) με το πάχος της φλάντζας της ανθρωποθυρίδας (πάχος λαιμού) που θα πρέπει να υπολογίζεται και με το πάχος του κελύφους που θα τοποθετηθεί. Το τελικό πάχος αυτής θα είναι το μεγαλύτερο από τα πάχη της σύγκρισης.

Έλεγχος σε υδροστατική πίεση δοκιμής P_D

Η ανθρωποθυρίδα θα πρέπει να αντέξει και στην πίεση δοκιμής που θα γίνεται στο δοχείο. Πρέπει δηλαδή να είναι :

$$\sigma_t = \frac{P_D * D}{2S} \leq \frac{S_y}{N}$$

ή εισάγοντας τα V και C κατά τα γνωστά η προηγούμενη εξίσωση μετασχηματίζεται ως εξής :

$$S = \frac{P_D * D * N}{2 * S_y * V} + C \quad (2-9)$$

Από τις εξισώσεις (2-8) και (2-9) θα εκλέγεται το μεγαλύτερο πάχος s .

2.6. ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΣΤΑΤΗ ΕΚΦΡΑΣΗ ΤΟΥ S_e

Θεωρείται απαραίτητο να δοθεί πιο κάτω μια λεπτομερέστατη έκφραση για το s_e (αντοχή σε δυναμική φόρτιση). Λεπτομερέστατα χρησιμοποιείται η εξίσωση :

$$S_e = C_F C_R C_S C_w \frac{1}{K_f} S' n \quad (2-10)$$

όπου :

C_F =συντελεστής επιφανειακής κατεργασίας δίνεται από σχ. II.1 του παραρτήματος

C_R =συντελεστής αξιοπιστίας που δίνεται από την εξίσωση :

$$C_R = 1 - 0,08(DMF)$$

όπου το DMF δίνεται στον πιν. II.1 του παραρτήματος. C_s = συντελεστής διόρθωσης μεγέθους αναγκαίος από το γεγονός ότι πειράματα αντοχής γίνονται σε ορισμένες διαμέτρους. Μόνο και για διαφορετικά μεγέθη αντοχής αλλάζουν κατά κύριο λόγο. Αν δεν υπάρχουν στοιχεία είναι :

Για κάμψη και στρέψη : $C_s = 0,85$ για $10\text{mm} < d < 50\text{mm}$ και για εφελκυσμό $C_s = 1$, C_w =συντελεστής απομείωσης αντοχής συγκόλλησης σε κόπωση όταν δεν γίνεται

θερμική κατεργασία για απάλειψη των τάσεων που δημιουργούνται από την συγκόλληση. Στο σχ. II.2 του παραρτήματος δίνονται μερικές τιμές αυτού.

K_j =διαρκής αντοχή χωρίς συγκέντρωση τάσεων προς την διαρκή αντοχή με την συγκέντρωση τάσεων. Είναι ένας συντελεστής συγκέντρωσης τάσεων σε κόπωση που δίνεται από την εξίσωση :

$$K_f = 1 + 9(k_t - 1) \quad (2-11)$$

q = συντελεστής ευαισθησίας σε ρωγμές δίνεται στο σχ. II.3 του παραρτήματος

K_t =συντελεστής συγκέντρωσης τάσεων θεωρητικός

S_n = διαρκής αντοχή του υλικού

Κάτωθι δίνονται ορισμένες τιμές του K_t όταν δεν υπάρχουν άλλα στοιχεία.

α) Για κοχλίες

1. Μαλακοί χάλυβες και άλλα συνεκτικά υλικά

Στατική φόρτιση : $K_{tn}=2,5\sim 3$

2. Ψαθυρά υλικά. Χάλυβες υψηλής αντοχής, ανοξειδωτη χάλυβες

Στατική φόρτιση : $K_{tn}=6,7$

3. Δυναμική φόρτιση : $K_{tn}=6,7$

Αν δεν υπάρχουν τιμές του 9 παίρνεται $K_f = 2,2$ για χάλυβα ανοπτημένο, σπείρωμα σχηματισμένο με εξέλαση.

-2,3 για σπείρωμα κομμένο στον τόρνο

-3,0 για βαμμένο χάλυβα, σπείρωμα με εξέλαση

-3,8 για βαμμένο χάλυβα, σπείρωμα με κοπή στον τόρνο

β) Για συγκολλήσεις

Αν δεν υπάρχουν άλλα στοιχεία, παίρνονται :

Για στατική καταπόνηση :

$K_t=1,67$ για εφελκυσμό

1,44 για διάτμηση

Για δυναμική καταπόνηση :

$K_t = 1,2$ για παράλληλη ραφή

1,5 για ραφή T_a

2,7 για ραφή επικαλύψεως

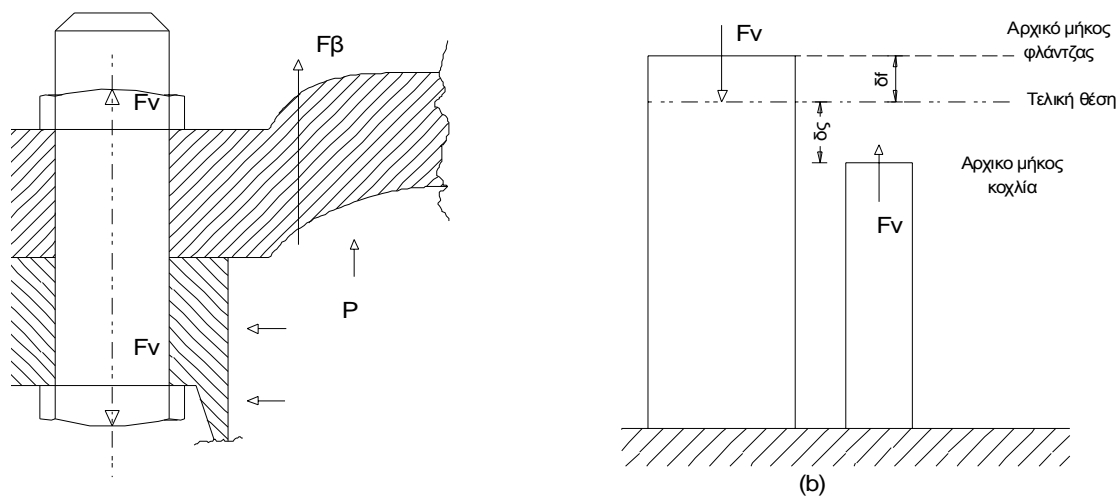
2.7. ΚΟΧΛΙΕΣ ΜΕ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

ΚΟΧΛΙΕΣ ΜΕ ΠΡΟΤΑΣΗ

Στην περίπτωση δυναμικής φόρτισης γίνεται χρήση του διαγράμματος Soderberg. Η εφαρμογή όμως αυτή δεν είναι τόσο φανερή όταν οι κοχλίες έχουν πρόταση. Αυτό γίνεται όταν για λόγους στεγανότητας χρειάζεται να σφιχτούν δυο επιφάνειες έτσι που όταν φορτιστεί το σύστημα να μην αποχωριστούν οι επιφάνειες αυτές. Τέτοιες περιπτώσεις συναντώνται σε φλάντζες σωλήνων, δοχείων πίεσεως κ.λ.π.

Θεωρείται το καπάκι ενός δοχείου σχ. 2.5. Για να εξασφαλισθεί στεγανότητα όταν στο δοχείο υπάρχει πίεση P και συνισταμένη δύναμη F_B στο καπάκι, θα πρέπει να σφιχτεί το καπάκι με μια δύναμη F_V . Το τελικό πάχος της φλάντζας μετά την συμπίεση F_V είναι βέβαια ίσο με το τελικό μήκος του κοχλίου. Θέτοντας δ_f την βράχυνση της φλάντζας και δ_s την μείωση του κοχλίου και υποθέτοντας ότι βρισκόμαστε στην ελαστική περιοχή, μπορεί να κατασκευασθεί διάγραμμα δύναμης-μήκυνσης για φλάντζα και κοχλίο.

Αν η κλίμακα είναι η ίδια μπορεί κανείς να τα βλέπει όπως φαίνεται στο σχ. 2.6.



Σχ. 2.6. Ελαστοστατική κοχλία- φλάντζας

Το σχήμα αυτό τώρα είναι χρήσιμο για την μελέτη επιβολής πρόσθετης δύναμης. Αν η δύναμη αυτή είναι F_B , ο κοχλίας και η φλάντζας έχουν πάντα το ίδιο μήκος το σημείο λειτουργίας και του κοχλίου και της φλάντζας θα είναι στην ίδια τμημένη. Άρα η δύναμη στην φλάντζα θα είναι : $F_f = F_{max} - F_B$. Παρατηρείτε ότι το φορτίο του κοχλίου ανέβηκε από F_V σε F_{max} . Η διαφορά $F_{diff} = F_{max} - F_V$ είναι

στο πεδίο μεταβολής του φορτίου του κοχλία όταν το εξωτερικό φορτίο μεταβάλλεται από 0 σε F_B . Για να πάμε στο διάγραμμα Soderberg χρειαζόμαστε το στατικό και δυναμικό φορτίο, που είναι :

$$F_{ST} = F_V + F_{diff}/2 \quad (2-12)$$

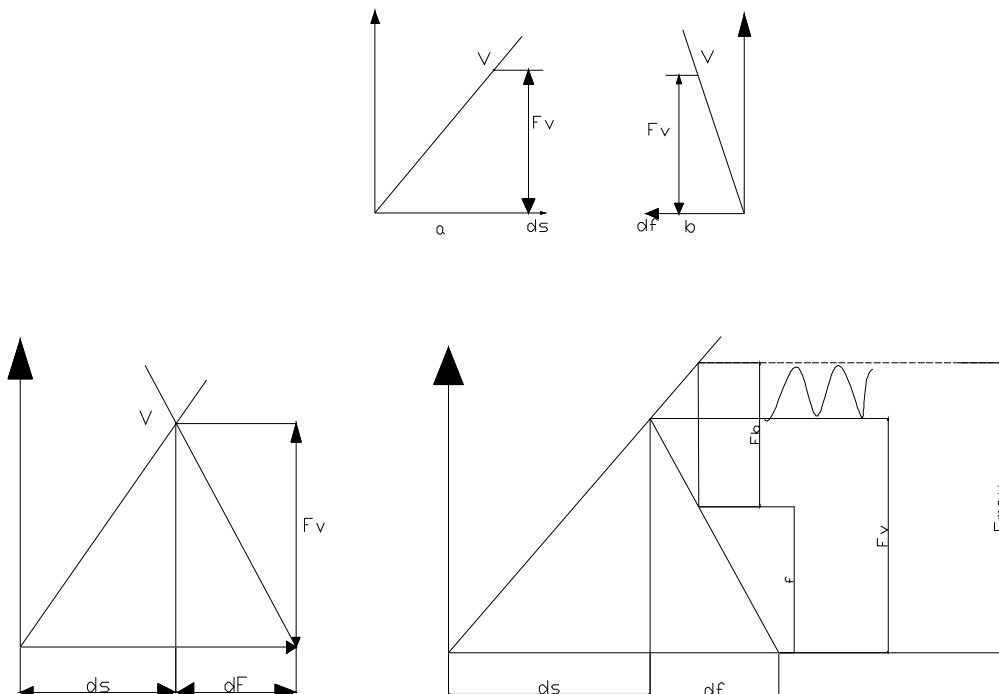
$$F_{dyN} = F_{diff}/2 \quad (2-13)$$

Το σύστημα εδώ είναι υπεραστικό. Για να υπολογισθεί το F_{diff} χρειάζονται τα ελαστικά χαρακτηριστικά του κοχλία και της φλάντζας. Αν A_s η διατομή του κοχλία και A_f η συνεργαζόμενη διατομή της φλάντζας τότε, για $\Delta l = FL/AE$.

$$\delta_s/d_f = A_f E_f / A_s E_s \quad (2-14)$$

Η A_s είναι δοσμένη από την εξωτερική διάμετρο του κοχλία. Η A_f υπολογίζεται σαν ένα δακτυλίδι με εσωτερική διάμετρο, την διάμετρο της τρύπας της φλάντζας που περνάει ο κοχλίας και εξωτερική διάμετρος τρεις φορές την εξωτερική διάμετρος του κοχλία.

Από την γεωμετρία του σχ.2.6. προκύπτει:



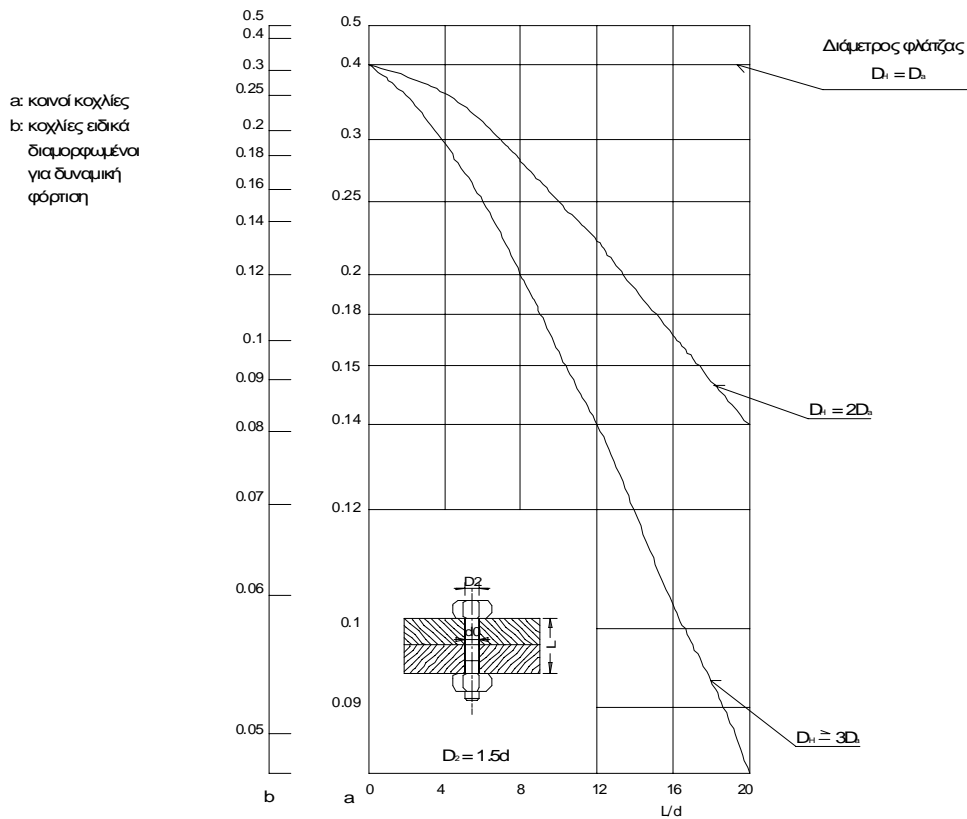
Σχ. 2.6. Ελαστική συμπεριφοράς κοχλία- φλάντζας

$$\frac{F_{diff}}{F_B} = \frac{\delta_f}{\delta_f + \delta_s} \quad , \quad F_{diff} = \frac{1}{1 + \delta_s / \delta_f} F_B \quad (2-15)$$

ή

$$F_{diff} = C_k * F_B \quad , \quad C_k = \frac{1}{1 + \delta_s / \delta_f} \quad (2-16)$$

Ο συντελεστής C_k υπολογίζεται πρόχειρα από την εξίσωση (2-14) αν δεν υπάρχουν πειραματικά αποτελέσματα. Ο[3] δίνει τον συντελεστή C_k από πειραματικά δεδομένα σχ. 2.7.



Σχ. 2.7. Συντελεστής ελαστικότητας φλάντζας

Η μέγιστη δύναμη F_B που μπορεί να δεχθεί μια φλάντζα χωρίς να χάσει την στεγανότητα της βρίσκεται από το σημείο όπου $F_f=0$. Στην πράξη όμως η δύναμη της φλάντζας F_f πρέπει να έχει κάποια θετική τιμή για να υπάρχει ασφάλεια από ανομοιομορφίες στην επιφάνεια της φλάντζας στα σπειρώματα. Πρέπει λοιπόν η παραμόρφωση της φλάντζας που αντιστοιχεί στο F_f , δηλαδή $\delta_f/F_f/F_v$, να είναι μεγαλύτερη από όλες μαζί τις ανομοιομορφίες. Αν στα όρια δεχτούμε, $F_f=0$ τότε **$F_B=F_v+F_{diff}$** και **$F_v=F_B(1-C_k)$** . Αν η φλάντζα αποτελείται από περισσότερα υλικά (λόγου χάρη ελαστικό παρέμβασμα) τότε η σταθερά ελατηρίου της (ελατήρια σε σειρά), αν για παράδειγμα υπάρχουν δυο υλικά στην σειρά με αντίστοιχες σταθερές ελατηρίου K_1 και K_2 θα είναι:

$$\frac{1}{K_f} = \frac{1}{K_{12}} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2}$$

Γενικά, αν δεν υπάρχουν λεπτομερειακά στοιχεία, η πρόταση παίρνεται κατά 3 ως εξής :

$F_v=1,5 F_B$ για στατικό φορτίο

$F_v=2 \dots \dots \dots 2,5 F_B$ για δυναμικό φορτίο

Για αποφυγή θραύσης του κοχλίου από κόπωση σχεδιάζεται όσο τον δυνατόν μακρύτερος, έτσι που ο λόγος δ_s/δ_f να είναι φανερό πως η δύναμη συμπίεσης της φλάντζας F_f μικραίνει απότομα. Προσπαθήστε τότε να γίνει ο κοχλίας πιο σκληρός και η φλάντζα πιο μαλακή.

2.8. ΣΤΗΡΙΞΗ ΤΟΥ ΔΟΧΕΙΟΥ

Για την στήριξη του δοχείου δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος τρόπος που να είναι καθοριστικός. Μια μορφή στήριξης είναι αυτή του σχήματος II.1 όπου τοποθετούνται περιφερειακά στηρίγματα στα δοχεία τα οποία συγκολλούνται. Τα στηρίγματα αυτά καταπονούνται σε λυγισμό. Για τον υπολογισμό τους θα ακολουθήσουμε την μεθοδολογία της παρ. 1.4.2. Στην συνέχεια θα πρέπει να γίνεται έλεγχος των στηριγμάτων σε σεισμό σύμφωνα με την μεθοδολογία της παρ. 1.6.3. Σύμφωνα με το σχ. 1.38. της παραγρ. 1.6.3. η δύναμη F_2 θα παίρνεται όπως έχουμε προαναφέρει στην παράγραφο αυτή, η δύναμη F_1 θα παίρνεται ως κάτωθι :

$$F_1 = \frac{c * W * \lambda}{n} \quad (2-17)$$

όπου :

C=συντελεστής που δίνεται στην παράγραφο (1.6.2.β.)

$W_{ολ}$ = βάρος κελύφους και βάρος περιεχομένου και βάρος από μικτό φορτίο

n=αριθμός στηριγμάτων

Στο παράρτημα σχ. II.4 φαίνεται τρόπος στήριξης του δοχείου κατά [11].

2.9. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

2.9.1.1. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Από παράγραφο 2.3.1. η αναπτυσσόμενη τάση στο σφαιρικό κέλυφος είναι:

$$\sigma = \frac{P * D}{4S} \quad \text{(a)}$$

Έχοντας θέση με l ένα μήκος του ελάσματος, η εφελκυστική δύναμη που θα αναπτύσσεται σε αυτό είναι :

$$F_N = \sigma * S * l = \frac{P * D}{4 * S} S * l = \frac{P * D * l}{4} \quad \text{(b)}$$

Την δύναμη αυτή F_N θα πρέπει να παραλάβει η συγκόλληση. Παίρνεται l το αντίστοιχο μήκος της συγκόλλησης και α το πάχος της τότε οι τάσεις που θα αναπτύσσονται στην συγκόλληση είναι:

$$\sigma = \frac{F_N}{\Sigma a} \quad \text{(c)}$$

Στην περίπτωση της δυναμικής φόρτισης το F_N μεταβάλλεται από F_{Nmin} σε F_{Nmax} όπου :

$$F_{Nm} = \frac{F_{Nmax} + F_{Nmin}}{2} \quad \text{(d)}$$

και

$$F_{NY} = \frac{F_{Nmax} - F_{Nmin}}{2} \quad \text{(e)}$$

με

$$F_{Nmax} = \frac{P_{max} * D * l}{4} \quad \text{(f)}$$

και

$$F_{Nmin} = \frac{P_{min} * D * l}{4} \quad \text{(g)}$$

Σύμφωνα με το κριτήριο Soderberg προκύπτει:

$$\sigma_m = \frac{F_{Nm}}{\sum \alpha} \quad (\text{h})$$

και

$$\sigma_r = \frac{F_{Nr}}{\sum \alpha} \quad (\text{i})$$

Η ισοδύναμη τάση είναι:

$$\sigma_{i\sigma} = \frac{F_{Nm}}{\sum \alpha} + \frac{F_{Nr}}{\sum \alpha} \frac{S_y}{S_e} \quad (\text{j})$$

Κατά [3] για δυναμική φόρτιση θα πρέπει για την ισοδύναμη τάση συγκόλλησης $\sigma_{i\sigma}$ να ισχύει :

$$\sigma_{i\sigma} \leq V_1 V_2 \frac{S_y}{N} \quad (\text{k})$$

όπου:

V_1, V_2 συντελεστές συγκόλλησης για δυναμική αντοχή όπως δίνονται στον πίνακα 1-10, 1-12 της παρ. 1.7.1. Συνδυασμός των εξισώσεων (j) και (k) δίνει:

$$\frac{F_{Nm}}{\sum \alpha} + \frac{F_{Nr}}{\sum \alpha} \frac{S_y}{S_e} \leq V_1 V_2 \frac{S_y}{N} \quad (\text{l})$$

Θέτοντας στις εξισώσεις (d) και (l) και (g) και αντικαθιστώντας στην (l) τις τιμές F_{Nm} και F_{Nv} με το ίσον τους μετά από πράξεις προκύπτει:

$$\frac{DI(P_{max} + P_{min})}{8 \sum \alpha l} + \frac{DI(P_{max} - P_{min})}{8 \sum \alpha l} \frac{S_y}{S_e} \leq V_1 V_2 \frac{S_y}{N}$$

$$\frac{D}{8 \sum \alpha} \left[(P_{max} + P_{min}) + (P_{max} - P_{min}) \frac{S_y}{S_e} \right] \leq V_1 V_2 \frac{S_y}{N} \quad (\text{m})$$

ή

$$\sum \alpha \frac{D \left[(P_{max} + P_{min}) + (P_{max} - P_{min}) \frac{S_y}{S_e} \right] N}{8 V_1 V_2 S_y} \quad (\text{2-18})$$

2.9.1.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

Από εξίσωση (2-2α) είναι:

$$\sigma = \frac{P_D * D}{4 * S} \quad (\text{a})$$

Ακολουθώντας την μεθοδολογία της παρ. 1.7.2. θα πρέπει (εξισ. 1-19):

$$\sum \alpha \frac{\sigma * S * N}{V V_1 S_y} \quad (\text{b})$$

ή θέτοντας στην εξισ. (b) την εξισ. (a) πρέπει:

$$\Sigma \alpha \frac{P_D D N}{4 V V_1 S_y} \quad (2-19)$$

2.9.2.1. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΑΝΘΡΩΠΟΘΥΡΙΔΑΣ

Η συγκόλληση θα παραλάβει την δύναμη

$$F_N = P \frac{\pi D^2}{4}$$

όπου D = εσωτερική διάμετρος ανθρωποθυρίδας

Οι εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται είναι:

$$\sigma = \frac{F_N}{\Sigma \alpha}$$

αλλά

$$F_{N_{\max}} = \frac{P_{\max} \pi D^2}{4} \quad \text{και} \quad F_{N_{\min}} = \frac{P_{\min} \pi D^2}{4} \quad (a)$$

και

$$F_{N_m} = (F_{N_{\max}} + F_{N_{\min}}) / 2, \quad F_{N_r} = (F_{N_{\max}} - F_{N_{\min}}) / 2 \quad (b)$$

Ακολουθώντας την μεθοδολογία της παραγρ. 2.9.1.1. προκύπτει:

$$\frac{F_{N_m}}{\Sigma \alpha l} + \frac{F_{N_r}}{\Sigma \alpha S_e} \leq V_1 V_2 \frac{S_y}{N}$$

η εξίσωση (1) της παραγρ. 2.9.1.1.

Θέτοντας σε αυτή την εξίσωση (b) και (a) προκύπτει ότι:

$$\frac{\pi D^2 (P_{\max} + P_{\min})}{8 \Sigma \alpha l} + \frac{\pi D^2 (P_{\max} - P_{\min}) S_y}{8 \Sigma \alpha l S_e} \leq V_1 V_2 \frac{S_y}{N}$$

ή λύνοντας ως προς Σα1 προκύπτει:

$$\Sigma \alpha l \frac{\pi D^2 \left[(P_{\max} + P_{\min}) + (P_{\max} - P_{\min}) \frac{S_y}{S_e} \right] N}{8 V_1 V_2 S_y} \quad (2-20)$$

2.9.2.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

Σύμφωνα με την παρ. 1.7.10. εξισ. (c) θα πρέπει οι τάσεις που θα πάρει η συγκόλληση είναι:

$$\sigma' = \frac{F_N}{V V_1 \Sigma \alpha l} \leq \frac{S_y}{N}$$

Θέτοντας σε αυτή:

$$F_N = \frac{P_D \pi D^2}{4}$$

και λύνοντας ως προς Σα1 προκύπτει:

$$\Sigma \alpha \lambda \frac{P_D \Pi D^3 N}{4 V V_1 S y} \quad (2-21)$$

2.9.3. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΩΛΗΝΩΝ

Για την συγκόλληση των σωλήνων θα ισχύουν οι εξισώσεις (2-20) και (2-21) με την διαφορά ότι το D στις εξισώσεις αυτές θα είναι η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα. Στο παράρτημα σχ. II.5 φαίνονται διάφορες μορφές τοποθέτησης και συγκόλλησης των σωλήνων.

2.9.4. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΗΣ ΦΛΟΓΑΣ

Παίρνεται Wολ. το υλικό βάρος του δοχείου. κάθε στύλος θα δέχεται δύναμη

$$F = \frac{W_{ολ}}{n} \text{ όπου}$$

n=αριθμός των στύλων

Η συγκόλληση καταπονείται σε διάτμηση. Για την συγκόλληση κάθε στύλου θα είναι:

Διατμητική τάση

$$\tau = F / \Sigma \epsilon$$

Η συγκόλληση θα πάρει τάση Ζ΄

$$\tau' = \frac{\tau}{V V_1} = \frac{F}{V V_1 \Sigma \alpha \lambda} = \frac{W_{ολ}}{n V V_1 \Sigma \alpha \lambda} \leq \tau_{\epsilon \pi}$$

ή

$$\Sigma \alpha \lambda \geq \frac{W_{ολ}}{n V V_1 \tau_{\epsilon \pi}}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1. Αεροδυναμική αντίσταση

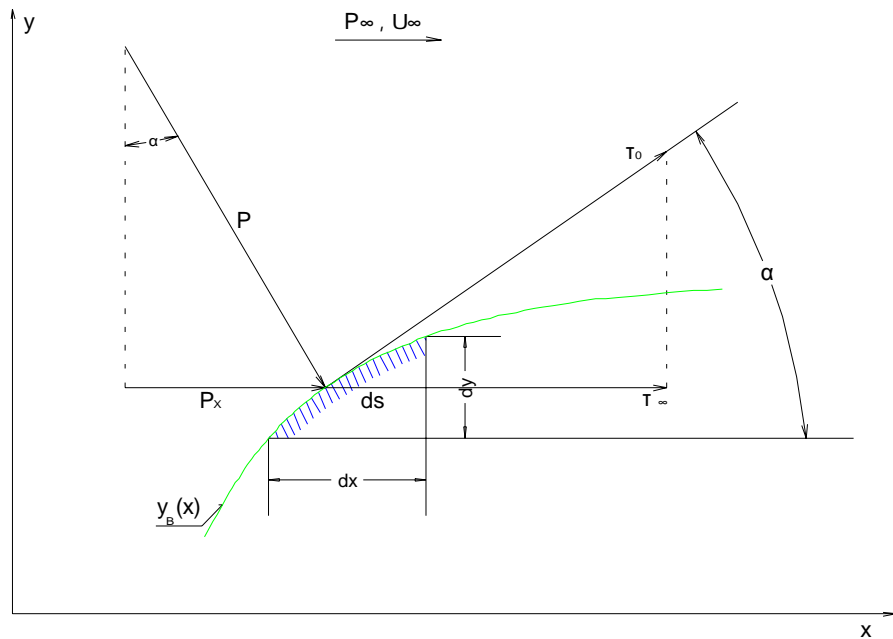
Όταν ένα σώμα περιρρέεται από ένα ρευστό, επιδρούν στο σώμα διάφορες δυνάμεις οι οποίες συνιστούν μια δύναμη. Για σώματα συμμετρικά τα οποία προσφέρονται επίσης συμμετρικά, πρωτεύει ο ρόλος της αντίστασης. Για την ροηκή δύναμη αντίστασης χρησιμοποιείται από αδιάστατο συντελεστή αντίστασης C_D .

$$C_D = \frac{D}{A_r \cdot \rho \cdot U_\infty^2 / 2} = \frac{D}{q_\infty \cdot A_r} \quad (3.14)$$

Αν είναι μια χαρακτηριστική επιφάνεια αναφοράς και q_∞ η δυναμική πίεση της απέρατης ροής. Το πρόβλημα της αντίστασης είναι πρόβλημα της εσωτερικής τριβής του ρευστού. Αντίστοιχα μεγάλο είναι το μέρος της αντίστασης πίεσης σε σχέση με την αντίσταση τριβής.

Έτσι για την ολική αντίσταση μπορεί να γραφτεί για το στοιχειώδες μήκος ds μιας τυχαίας επιφάνειας της οποίας η καμπύλη δίνεται με την γνωστή συνάρτηση $Y_B(x)$ σχ. 3.1 ότι:

$$dD = P_x + Z_{ox} = P_b d\eta \mu \alpha \tau_0 bdsyna \quad (3-15)$$



Σχ. 3.1. Επίδραση της πίεσης και της διατμητικής τάσης σε στοιχείο καμπύλης επιφάνειας

είναι:

$$d_y = ds \eta \mu, \quad dx = ds \sigma \nu \iota, \quad dy = \left(\frac{dy_B}{dx} \right) dx$$

και η αντίσταση γράφεται (για τις δυο πλευρές διδιάστατου σώματος πλάτους b).

$$D = 2b \int_0^1 P y_B(x) dx + 2b \int_0^1 \tau_0 dx \quad (3.16)$$

$$Y'_B(x) = dy_B(x)/dx$$

Για την αντίσταση τριβής χρησιμοποιείται αντί της διατμητικής τάσης, ο τοπικός συντελεστής C_{F1} με επιφάνεια αναφοράς $A_r = b \cdot L$.

$$C_F = \tau_0 / q_\infty \quad (3.17)$$

Αντίστοιχα ορίζεται ο συντελεστής πίεσης C_p σαν λόγος της διαφοράς της τοπικής επιφανειακής πίεσης P και της στατικής πίεσης P_∞ της απέρατης ροής, προς την δυναμική πίεση q_∞ της απέρατης ροής.

$$C_p = (p - p_\infty) / q_\infty \quad (3.18)$$

Η εξίσ. (3.16) συνδυαζόμενη με τις εξισ. (3.17), (3.18) γίνεται:

$$C_D = D / b L q_\infty = \frac{2}{L} \int_0^1 \left(\frac{p}{q_\infty} \right) y'_B dx + \frac{2}{L} \int_0^1 \left(\frac{\tau_0}{q_\infty} \right) dx =$$

$$= 2 \int_0^1 C_p \gamma'_B dx + 2 \int_0^1 C_F dx + 2 \int_0^1 \left(\frac{p_\infty}{q_\infty} \right) \gamma'_B dy$$

Το τελευταίο ολοκλήρωμα όμως είναι μηδέν, επειδή πρόκειται για ολοκλήρωση ίσης κατανομής πίεσης γύρω από το σώμα.

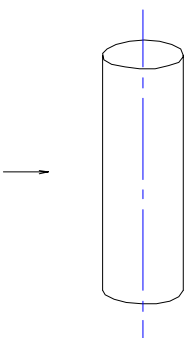
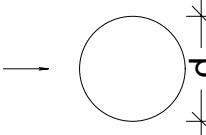
Για τον ολικό συντελεστή αντίστασης (τριβής και πίεσης) προκύπτει τελικά η σχέση :

$$C_D = 2 \int_0^1 C_p \gamma'_B dx + 2 \int_0^1 C_F dx \quad (3.19)$$

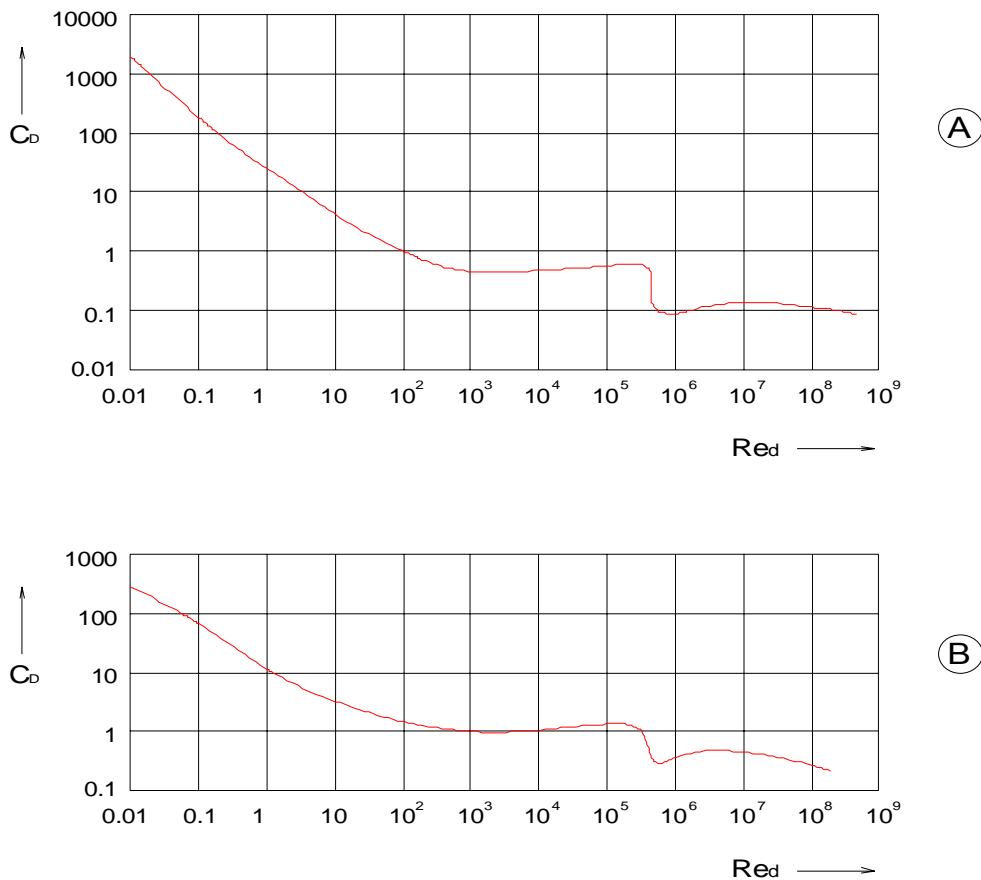
Η εξίσωση αυτή ισχύει για διδιάστατο σώμα μήκους L και πλάτους b με συνάρτηση επιφανειακής καμπύλης $\gamma_{B(x)}$. X είναι η αδιάστατη διάσταση X/L.

Για κύλινδρο και σφαίρα ο συντελεστής αντίστασης C_D δίνεται από τον πίνακα 3.1. ως κάτωθι:

ΠΙΝ. 3.1. Συντελεστής αντίστασης C_D

<p>Κύλινδρος $L + \infty$</p> 	<p>$c_D = f(Re)$</p> <p>βλέπε διάγραμμα στο κείμενο</p>		d	$d * L$						
<p>Σφαίρα</p> 	<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="587 1464 834 1547">$24 (Re)^{1/2}$</td> <td data-bbox="834 1464 1031 1547">$Re < 1$</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1547 834 1630">0.47</td> <td data-bbox="834 1547 1031 1630">$10^3 < Re < 3 * 10^5$</td> </tr> <tr> <td data-bbox="587 1630 834 1711">0.2</td> <td data-bbox="834 1630 1031 1711">$Re > 3 * 10^5$</td> </tr> </tbody> </table>	$24 (Re)^{1/2}$	$Re < 1$	0.47	$10^3 < Re < 3 * 10^5$	0.2	$Re > 3 * 10^5$		d	$\frac{\pi d^2}{4}$
$24 (Re)^{1/2}$	$Re < 1$									
0.47	$10^3 < Re < 3 * 10^5$									
0.2	$Re > 3 * 10^5$									

Σχ. 3.2. Συντελεστής αντίστασης C_D για κύλινδρο A και σφαίρα B σε συνάρτηση του αριθμού $Re_d = u^\infty d / \nu$



3.2. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - ΜΟΝΩΣΗ

3.2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Πολλές φορές ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής και ανάλογα με τις ιδιότητες του ρευστού που εναποθηκεύεται, είναι αναγκαίο να γίνει μόνωση.

Για το λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμο να δοθεί στην συνέχεια μεθοδολογία υπολογισμού. Οι απώλειες θερμότητας σε ένα σύστημα οφείλεται στην μετάδοση θερμότητας που λαμβάνει χώρα. Γενικά στην διεθνή βιβλιογραφία αναγνωρίζονται τρεις τρόποι μετάδοσης θερμότητας.

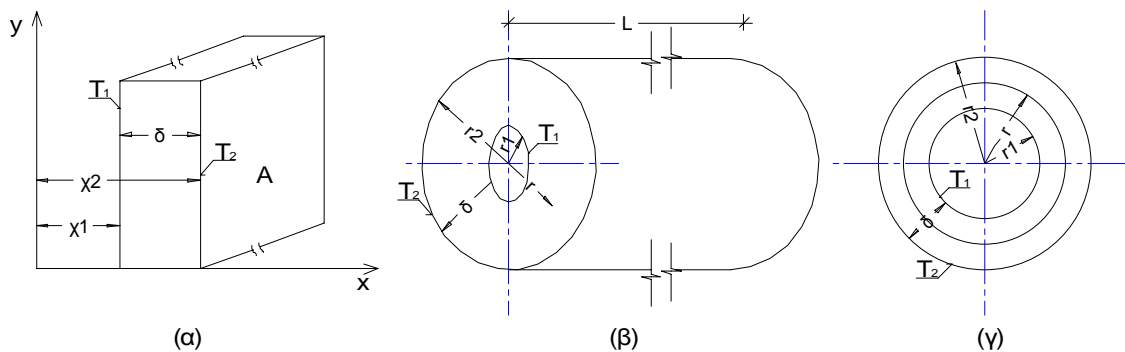
- α) Μετάδοση δια αγωγής
- β) Μετάδοση εξ' επαφής
- γ) Μετάδοση δι' ακτινοβολίας

3.2.2. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑ ΑΓΩΓΗΣ

Ο ρυθμός μετάδοσης της θερμότητας Q που λαμβάνει χώρα από το εσωτερικό προς το εξωτερικό μιας ισοθερμοκρασιακής επιφάνειας εμβαδού A σε ένα ιστροπικόμογενή σύστημα, διατυπώθηκε από τον J. Fourier και εκφράζεται από την εξίσωση :

$$Q = -\lambda(T)A \frac{\theta}{\delta} \quad (3.20)$$

όπου: θ/δ είναι η παράγωγος της θερμοκρασίας κατά την διεύθυνση την κάθετη στο εσωτερικό της επιφάνειας και του $\lambda(T)$ ο λεγόμενος συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού. Βασιζόμενοι στην εξισ. (3.20) θα υπολογισθεί η ροή θερμότητας που λαμβάνει χώρα σε απλά σώματα.



Σχ.3.2 (α) Επίπεδη πλάκα , (β) Κύλινδρος , (γ) Σφαίρα

Σαν απλά σώματα θεωρούνται αυτά έχουν σχήμα επίπεδης πλάκας, κυλίνδρου ή σφαίρας όπως φαίνεται στο σχ. 3.2. Έστω ότι οι δυο εξωτερικές επιφάνειες των απλών σωμάτων A_1 και A_2 βρίσκονται αντίστοιχα στις θερμοκρασίες T_1 και T_2 , χρησιμοποιώντας τον νόμο του Fourier.

$$Q' = -\lambda(T)A \frac{dT}{dx} = ct \quad (3.21)$$

Η εξίσωση (3.21) γράφεται:

$$Q \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{A(x)} = -\int_{T_1}^{T_2} \lambda(T) dT = (T_1 - T_2) \left\{ \frac{1}{(T_1 - T_2)} \int_{T_1}^{T_2} \lambda(T) dT \right\}$$

Κάνοντας χρήση του ορισμού της μέσης τιμής, προκύπτει:

$$Q \delta \left[\frac{1}{\delta} \int_{x_1}^{x_2} dx/A \right] = Q \left(\frac{1}{A} \right) = -\lambda (T_1 - T_2) \quad (3.22)$$

Όπου :

$\delta = X_2 - X_1$ για πλάκες, $\delta = Y_1 - Y_2$ για κυλίνδρους και σφαίρες l/A , λ οι μέσες τιμές των l/A και λ αντίστοιχα είναι:

$$\frac{1}{A_m} = \frac{1}{\delta} \int_{x_1}^{x_2} dx/A(x) = \left(\frac{T}{A} \right)$$

Τότε η (3.22) γράφεται:

$$Q = \lambda A_m / \delta (T_1 - T_2) \quad (3.23)$$

Ο λόγος $A_m / \delta = S$ που εξαρτάται μόνο από το σχήμα αφού:

$$1/s = \int dx/A(x)$$

Λέγεται "συντελεστής σχήματος", ενώ ο λόγος :

$$R\lambda = \delta / (\lambda A_m)$$

Λέγεται θερμική αντίσταση αγωγιμότητας.

Είναι επομένως οι ακόλουθες δύο μορφές της (3.23):

$$Q = \lambda S (T_1 - T_2) = \lambda S \Delta \quad (3.24)$$

$$Q = (T_1 - T_2) / R \lambda = \Delta T / R \quad (3.25)$$

Για τα σχήματα που χρησιμοποιούμε εδώ παίρνεται $A =$ στάθμη για τις πλάκες, για τους κυλίνδρους $A = 2\pi L V$ και για τις σφαίρες $A = 4\pi V^2$.

Επομένως :

$$\frac{1}{A_m} = \frac{1}{\delta} \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{A} = \frac{1}{A} \quad (\text{Πλάκες})$$

$$\frac{1}{A_m} = \frac{1}{2\pi L \delta} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{1}{2\pi L \delta} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (\text{Κύλινδροι})$$

$$\frac{1}{A_m} = \frac{1}{4\pi L \delta} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{1}{4\pi \delta} \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2} = \frac{1}{4\pi r_2} \quad (\text{Σφαίρες})$$

Και οι αντίστοιχες θερμικές αντιστάσεις είναι:

$$R \lambda = \frac{\delta}{\lambda A} \quad (\text{Πλάκες})$$

$$R_{\lambda} = \left(\frac{1}{2\pi L \lambda} \right) \ln(r_2/r_1) \quad (\text{Κύλινδροι})$$

$$R_{\lambda} = \frac{\delta}{4\pi r_2 \lambda} \quad (\text{Σφαίρες})$$

3.2.3. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΕΞ ΕΠΑΓΩΓΗΣ

Έστω μια ισοθερμοκρασιακή επιφάνεια ενός στερεού με θερμοκρασία T που γειτονεύει με ένα ρευστό θερμοκρασίας T_{∞} , όπου το υποσύμβολο ∞ δηλώνει ότι η θερμοκρασία T_{∞} μετριέται μακριά από την επιφάνεια ώστε να μην επηρεάζεται από αυτήν. Ο Newton έδωσε μια σχέση για τον ρυθμό μεταφοράς ενέργειας μεταξύ ρευστού και στερεού. Η σχέση είναι:

$$Q_{\Sigma} = hA(T - T_{\infty}) \quad (3-26)$$

Όπου h είναι ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας που εισήγαγε ο Newton. Ο συντελεστής h δεν είναι καμία ιδιότητα του στερεού ή του ρευστού, αλλά εξαρτάται, κατά κάποιο πολύπλοκο τρόπο από την ροή (φυσική ή εξαναγκασμένη), τις ιδιότητες του ρευστού και τις θερμοκρασίες T και T_{∞} .

3.2.4. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Ο ρυθμός εκπομπής της θερμικής ακτινοβολίας από μια επιφάνεια θερμοκρασίας T και εμβαδού A ακολουθεί το νόμο του Stefan και Boltzmann και εκφράζεται ως:

$$Q_a = \Sigma \sigma A^{\epsilon} \quad (3-27)$$

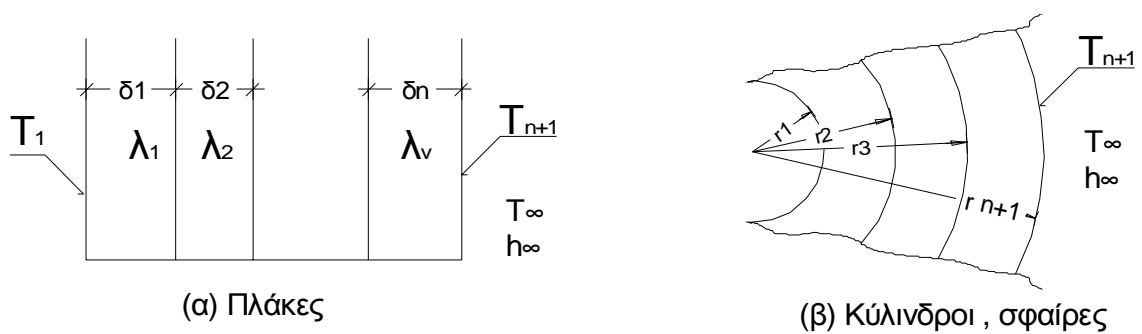
Όπου:

A σε m^2 , T σε βαθμούς $^{\circ}K$, $\epsilon < 1$ είναι μια αδιάστατη παράμετρος που λέγεται συντελεστής ικανότητας εκπομπής και σ μια σταθερά $\sigma = 5,6696 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}K$.

Επειδή η θερμική ακτινοβολία εξαρτάται από την T^4 , στις πρακτικές εφαρμογές πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν όταν $T \geq 350^{\circ}K$. Εάν μια επιφάνεια A_1 θερμοκρασίας T_1 περιβάλλεται από μια επιφάνεια T_2 , τότε η συναλλαγή θερμικής ακτινοβολίας είναι:

$$Q_a = \Sigma s A_1 (T_1^4 - T_2^4) \quad (3-28)$$

3.2.5. ΡΟΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΑΠΛΑ ΣΩΜΑΤΑ



Σχ.3.3. Σύνθετες κατασκευές από απλά σώματα

Μας δίνεται η γεωμετρία του σχήματος, οι αγωγιμότητες και οι θερμοκρασίες T_1 και T_{n+1} μιας σύνθετης κατασκευής που αποτελείται από διαφορετικά σώματα τα οποία βρίσκονται σε τέλεια θερμική επαφή. Έχουμε $n-1$ άγνωστες θερμοκρασίες και τον ρυθμό μεταφοράς Q , δηλαδή συνολικά n αγνώστους. Αγνοώντας την μετάδοση με ακτινοβολία και κάνοντας χρήση της εξίσωσης (3.25) προκύπτει:

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{R \lambda_1} = \frac{T_2 - T_3}{R \lambda_2} = \dots = \frac{T_n - T_{n+1}}{R \lambda_n} = \frac{T_1 - T_{n+1}}{\sum R \lambda_j} \quad (3-29)$$

Οι θερμοκρασίες προσδιορίζονται από τις εξισώσεις :

$$T_{j+1} = T_j - QR \lambda_j \quad 1 \leq j \leq n-1 \quad (3-30)$$

Στις περισσότερες πρακτικές εφαρμογές οι επιφάνειες του συστήματος A_1 και A_{n+1} βρίσκονται σε επαφή με δυο ρευστά που έχουν αντίστοιχες θερμοκρασίες T_1 και T_∞ και η μεταφερόμενη θερμική ενέργεια μπορεί να θεωρηθεί εξ' επαφής με δυο αντίστοιχους συντελεστές h_1 και h_∞ . Έτσι προκύπτει :

$$Q = h_1 A_1 (T_i - T_1) = h_\infty A_{n+1} (T_{n+1} - T_\infty) \quad (3-31)$$

Εάν λοιπόν ονομάζουμε τους όρους $1/h_1 A_1 = R_{e1}$ και $1/h_\infty A_{n+1} = R_{e\infty}$. Τότε η (3.29) αντικαθίσταται από την σχέση :

$$Q = \frac{T_i - T_\infty}{\sum R \lambda_j R_{e1} + R_{e\infty}} \quad (3-32)$$

Από την ανωτέρω εξίσωση για ένα συγκεκριμένο πάχος μόνωσης μπορούν να βρεθούν οι απώλειες και αντίστροφα.

3.2.6. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ h

Για τον καθορισμό του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας h εισάγεται ο αδιάστατος αριθμός Nu.

$$Nu = hD/\lambda \quad (3.33)$$

Όπου : D= η διάμετρος του κυλίνδρου και σφαίρας ή Nu=hL/λ όπου πρόκειται για επίπεδη πλάκα με L το μήκος αυτής στην διεύθυνση ροής και λ συντελεστή αγωγιμότητας του υλικού. Το πρόβλημα τώρα τίθεται στην εύρεση του αριθμού Nu για τις περιπτώσεις που εξετάζονται.

3.2.6.1. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΥΛΙΝΔΡΟ ΚΑΘΕΤΟ ΠΡΟΣ ΤΗ ΡΟΗ ΑΕΡΑ

Για την περίπτωση αυτή ο εμπειρικός αριθμός Nu δίνεται ως κάτωθι :

$$Nu = cRe^n Pr^{1/3} \quad (3.34)$$

Όπου : Re = U_∞D/r (αριθμός Reynolds)

Και Pr = C ρ μ / λ (αριθμός Prandl)

C, η συντελεστές που παίρνονται από τον πίνακα 3.2.

ΠΙΝ 3.2. Συντελεστές C και n

Re _p	C	n
0.4 to 4	0.989	0.330
4 to 40	0.911	0.385
40 to 4000	0.683	0.466
4000 to 40000	0.193	0.618
40000 to 400000	0.0266	0.805

Με θερμοκρασία αναφοράς Tf = (T_∞+T_w)/2 όπου :

T_w = θερμοκρασία εξωτερικής επιφάνειας του σώματος

T_∞ = θερμοκρασία της απέρατης ροής του αέρα

3.2.6.2. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΡΟΗ ΑΕΡΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

Για την περίπτωση αυτή ο [9] δίνει:

$$Nu = 0.37Re^{0.6} \quad \text{όταν} \quad 25 < Re < 10^5 \quad (3.35)$$

$$\text{Και} \quad h = C_p U_\infty P_\infty \left(2.2/\sqrt{Re} + 0.48/\sqrt{Re} \right) \quad \text{όταν} \quad 1 < Re < 25 \quad (3.36)$$

με ιδιότητες αναφοράς στην θερμοκρασία $T_f = (T_\infty + T_w)/2$ όπως έχει προαναφερθεί.

3.2.6.3. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΡΟΗ ΑΕΡΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΗ ΠΛΑΚΑ.

Για στρωτή ροή όταν $Re < 4 \div 5 \times 10^5$

$$N_{UL} = 0.664 (Re_L)^{1/2} (Pr)^{1/3} \quad (3.37)$$

Για τυρβώδη ροή όταν $Re > 4 \div 5 \times 10^5$

$$N_{UL} = 0.036 (Re_L)^{0.8} (Pr)^{1/3} \quad (3.38)$$

Με ιδιότητες αναφοράς στην θερμοκρασία T_f .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

4.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΔΟΧΕΙΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΜΑΖΟΥΤ

4.1.1. ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

Από Παράγραφο 1.2.3. για απλή περίπτωση κατασκευών και για ένα μικρό δοχείο επιδιώκεται να είναι: $D \approx H$. Επιλέγεται ύψος $H=11M$, με το σκεπτικό ότι τα τυποποιημένα ελάσματα του εμπορίου θα δημιουργήσουν το ύψος αυτό με οικονομικό τρόπο. Από εξίσωση (1.1.) προκύπτει.

$$D = \left(\frac{4V}{\pi H} \right)^{1/2} = \left(\frac{4 \cdot 1000}{\pi \cdot 11} \right)^{1/2} = 10,743M$$

4.1.2. ΠΑΧΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Παίρνονται 5 δακτύλιοι όπου ο κάθε ένας έχει ύψος 2.20 M. χρησιμοποιείται υλικό για την κατασκευή Rst 37.2 με $\sigma_{επ}=1479 \text{ KP/CM}^2$. Οι συντελεστές ν και c παίρνονται. $\nu=1$ και $c=1,6 \text{ mm}$.

Από εξίσ. (1.13) προκύπτει :

1^{ος} Δακτύλιος

Ύψος υγρού $H=11M$

$$S = \frac{5(11 - 0,3048) 10,743}{1479} \cdot 10 + 1,6\text{mm} = 5.484\text{mm}$$

Παίρνεται πάχος $s = 6 \text{ mm}$.

2^{ος} Δακτύλιος

Ύψος υγρού $H=8.8 M$

$$S = \frac{5(8,8 - 0,3048) 10,743}{1479} \cdot 10 + 1,6\text{mm} = 4.685\text{mm}$$

Παίρνεται το πάχος $S=5\text{mm}$.

3^{ος} Δακτύλιος

Ύψος υγρού $H=6.6 \text{ mm}$.

$$S = \frac{5(6.6 - 0.3048) 10.743}{1479} \cdot 10 + 1.6 = 3.886\text{mm}$$

Παίρνεται πάχος $S=5$ mm.

4^{ος} Δακτύλιος

Ύψος υγρού $H=4.4$ M

$$S = \frac{5(4.4 - 0.3048) 10.743}{1479} \cdot 10 + 1.6 = 3.087\text{mm}$$

Παίρνεται πάχος $S=5$ mm.

5^{ος} Δακτύλιος

Ύψος υγρού $H=2.2$ M

$$S = \frac{5(2.2 - 0.3048) 10.743}{1479} \cdot 10 + 1.6 = 2.288\text{mm}$$

Παίρνεται πάχος $S=5$ mm.

4.1.3. ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΔΩΝ

Από εξίσωση (1.29) προκύπτει:

$$N=1.6405, \quad D=1.6405 \cdot 10.743 = 17.6$$

Παίρνεται $N=17$

4.1.4. ΠΑΧΟΣ ΟΡΟΦΗΣ

Η δυσμενέστερη απόσταση μεταξύ των δοκίδων είναι:

$L=D \sin \theta / 2$ όπου:

$$\theta = \frac{360}{N} = \frac{360}{17} = 21.17^\circ$$

Οπότε:

$$l = 10.743 \cdot \sin 21.17 = 1.973\text{M} = 1973$$

Δεχόμεστε : μικτό φορτίο $q=130$ KP/M²

Ίδιο βάρος οροφής : $W=40$ KP/M²

Ολικό φορτίο: $q = q + w = 130 + 40 = 170\text{KP/M}^2 = 0.017\text{Kp/cm}^2$.

Από εξίσωση (1-18α) προκύπτει:

$$S = \left(\frac{0.017}{2 \cdot 1479} \right)^{1/2} 1973 = 4.7\text{mm}$$

Παίρνεται πάχος $S=5$ mm.

4.1.5. ΠΑΧΟΣ ΠΥΘΜΕΝΑ

Η πίεση P που ασκείται στο πυθμένα είναι:

$$P = \rho H = 1000 \cdot 11 = 11000 \text{ KP/M}^2 = 1.1 \text{ KP/cm}^2$$

Το έλασμα που επιλέγεται για τον υπολογισμό είναι διαστάσεων: **$d=537.2\text{cm}$** και **$a=40\text{cm}$**

Από πίνακα 1.1. για λόγο $b/a=13$ είναι $\beta=0.0833$ από εξισ. (1.28β)

$$\text{προκύπτει: } S = 400 \left(\frac{6 \cdot 0.0833 \cdot 1.1}{1479} \right) + 1.6 = 8\text{mm}$$

Παίρνεται πάχος $S=8\text{mm}$

4.1.6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΚΙΔΩΝ

Η επιφάνεια της οροφής είναι:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 10,743^2}{4} = 91 \text{ M}^2$$

Το ολικό φορτίο της οροφής $W_{ολ}$ είναι:

$$W_{ολ} = A \cdot 9 = 91 \cdot 170 = 15400 \text{ KP}$$

Το φορτίο ανά δοκίδα είναι:

$$W = W_{ολ} / N = 15400 / 17 = 910 \text{ KP.}$$

Το ενεργό μήκος της δοκίδας είναι:

$$L = D/2 - 0.2 = 10.743/2 - 0.2 = 5.2\text{m} = 520\text{cm.}$$

Παίρνεται υλικό δοκίδας με $\sigma_{επ} = 1450 \text{ KP/CM}^2$.

Από εξίσωση (1.33) πρέπει η ροπή αντίστασης z να είναι:

$$Z \geq \frac{W \cdot l}{8 \cdot \sigma_{επ}} = \frac{910 \cdot 520}{8 \cdot 1450} = 40,7\text{cm}^3$$

Εκλέγεται δοκίδα [NP 100 με ροπή αντίστασης $\zeta=41.2 \text{ cm}$

4.1.7. ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΣΤΥΛΟΣ.

Κατασκευάζοντας την οροφή με κλίση $\alpha=1/16$ και τον πυθμένα με κλίση $\beta=1/60$ προκύπτει από παράγραφο 1.4.2. ότι το ελεύθερο μήκος λυγισμού είναι :

$$L_k = 11 + \frac{10.743}{2} \left(\frac{1}{16} + \frac{1}{60} \right) = 14.43\text{M} = 1443\text{cm}$$

Για βαθμό λυγηρότητας $\lambda \leq 180$ θα πρέπει η ελάχιστη ακτίνα αδράνειας να είναι : $i_{\min} = 1443/80 = 8 \text{ cm}$. Για $\lambda \leq 180$ από πιν.8 είναι: $\omega = 5.47$. Ο κεντρικός στύλος θα παραλάβει το μισό φορτίο της οροφής:

$$W = W_o / 2 = 15400/2 = 7700 \text{ K P}$$

Παίρνεται υλικό με $\sigma_{\epsilon\pi} = 1450 \text{ Kp/cm}^2$.

Από εξίσωση (1.34α) πρέπει:

$$A \geq \frac{W \cdot \omega}{\sigma_{\epsilon\pi}} = \frac{7700 \cdot 5,47}{1450} = 29 \text{ cm}^2$$

Εκλέγεται σύνθετη διατομή [NP 200 και [NP280 με ελάχιστη ακτίνα αδράνειας $i=8$ και επιφάνεια **$A=85.5 \text{ cm}^2$**

4.1.8. ΚΥΚΛΙΚΗ ΠΛΑΚΑ ΕΔΡΑΣΗΣ ΔΟΚΙΔΩΝ

Εφαρμόζεται η μεθοδολογία του δεύτερου τρόπου στήριξης. Για τμήμα της πλάκας $2a, 2b$ με $2a=10\text{cm}$ και $2b=0.5\text{cm}$ προκύπτει:

$$I = 1,33ab^3 = 1,33(5)(0.25)^3 = 0.104 \text{ cm}^4$$

$$\lambda = ab^3 \left(5.33 - 3.36 \frac{b}{a} \left(1 - \frac{b^4}{12a^4} \right) \right) = 5.33(5)(0.25)^3 - 3.36(0.25)^4 + 0.28 \frac{0.25^8}{5^4} = 0.413 \text{ cm}^4$$

Παίρνεται υλικό με: $E=29 \times 10^6 \text{ Lb/in}^2$, $G=11.5 \times 10^6 \text{ Lb/in}$, $\nu=0.27$ οπότε:

$$\beta = \frac{29}{11,5} \frac{0,104}{0,412} = 0,65$$

Η ακτίνα R (σημείο εφαρμογής του φορτίου είναι):

$$R = (210+125)/1000 = 0.335 \text{ m}$$

$$\Phi = 90^\circ = \pi/2 = 1.57 \text{ rad}$$

$$\sin\phi = 1, \cos\phi = 0$$

$$C_1 = (1.65/2) \times 1.57 - 0.65 =$$

$$C_2 = (1.65/2) \times (0-1) = -0.83$$

$$C_3 = -0.65(1.57-1) - 1.65/2 \times (0-1) = 0.45$$

$$C_4 = 1.65/2 \times 0 + (1-0.65)/2 \times 1 = 0.18$$

$$C_5 = -1.65/2 \times 1.57 = -1.30$$

$$C_6 = C_1 = 0.65$$

$$C_7 = C_5 = -1.30$$

$$C_8=(1-0.65)/2-1.65/2 \times 0=0.18$$

$$C_9=C_2=-0.83$$

Οι γωνίες εφαρμογής του φορτίου είναι:

$$\theta_1=11.25^\circ=0.20 \text{ rad}$$

$$\theta_2=33.75^\circ=0.59 \text{ rad}$$

$$\theta_3=56.25^\circ=0.98 \text{ rad}$$

$$\theta_4=78.75^\circ=1.37 \text{ rad}$$

για $\theta_1=11.25^\circ$

$$\Phi-\theta=78.75=1.37 \text{ rad}$$

$$\sin(\Phi-\theta)=0.98, \cos(\Phi-\theta)=0.20$$

$$Ca_2=1.65/2(1.37\cos78.75-\sin78.75)=-0.59$$

$$Ca_3=-0.253+0.59=0.337$$

$$Ca_6=(1.65/2)*1.37*0.98-0.65(1-0.20)=0.588$$

$$Ca_9=Ca_2=-0.59$$

$$C_5 \cdot C_9 - C_6 \cdot C_8 = 1.30 \cdot 0.83 - 0.65 \cdot 0.18 = -0.61$$

$$C_3 \cdot C_8 - C_2 \cdot C_9 = 0.45 \cdot 0.18 - 0.83 \cdot 0.83 = -0.61$$

$$C_2 \cdot C_6 - C_3 \cdot C_5 = -0.83 \cdot 0.65 + 0.45 \cdot 1.30 = 0.05$$

$$F_1=455 \text{ KP}$$

Η εξίσωση (1.43) δίνει:

$$M_1 = 455 \cdot 33.5 \frac{0.337 \cdot 0.962 - 0.58 \cdot 0.61 - 0.59 \cdot 0.05}{0.65 \cdot 0.962 - 0.18 \cdot 0.61 - 1.30 \cdot 0.05} = -2032 \text{ Kp/cm}$$

Για $\theta_2=33.75^\circ$

$$\Phi-\theta=90-33.75=56.25^\circ=0.98 \text{ rad}$$

$$\sin(\Phi-\theta)=0.83, \cos(\Phi-\theta)=0.56$$

$$Ca_2=1.65/2(0.98*0.56-0.83)=-0.23$$

$$Ca_3=-0.65(0.98-0.83)+0.23=0.13$$

$$Ca_6=1.65/2*0.98*0.83-0.65(1-0.56)=0.39$$

$$Ca_9=-0.23$$

$$M_2 = 15243 \frac{0.13 \cdot 0.962 - 0.39 \cdot 0.61 - 0.23 \cdot 0.05}{0.45} = -4212 \text{ Kpcm}$$

Για $\theta_3=56.25^\circ$

$$\Phi-\theta=33.75^\circ=0.59 \text{ rad}$$

$$\sin(\Phi-\theta)=0.56, \cos(\Phi-\theta)=0.83$$

$$Ca_2=1.65/2*(0.5*0.83-0.56)=-0.06$$

$$Ca_3 = -0.65 \cdot (0.59 - 0.56) + 0.06 = 0.04$$

$$Ca_6 = (1.65/2) \cdot 0.59 \cdot 0.56 - 0.65 \cdot (1 - 0.83) = 0.16$$

$$Ca_9 = -0.06$$

$$M_3 = 15243 \frac{0.04 \cdot 0.962 - 0.16 \cdot 0.23 \cdot 0.05}{0.45} = -2392 \text{ Krcm}$$

Για $\theta_4 = 78.75^\circ$

$$\varphi - \theta = 11.25^\circ = 0.20 \text{ rad}$$

$$\sin(\varphi - \theta) = 0.20, \quad \cos(\varphi - \theta) = 0.98$$

$$Ca_2 = 1.65/2 \cdot (0.20 \cdot 0.98 - 0.20) = -0.003$$

$$Ca_3 = -0.65(0.20 - 0.20) + 0.003 = 0.003$$

$$Ca_6 = (1.65/2) \cdot 0.20 \cdot 0.20 - 0.65(1 - 0.98) = 0.02$$

$$Ca_9 = -0.003$$

$$M_4 = 15243 \frac{0.003 \cdot 0.962 - 0.02 \cdot 0.61 - 0.06 \cdot 0.05}{0.45} = -417 \text{ kp} \cdot \text{cm}$$

Εφαρμόζοντας επαλληλία βρίσκεται η ροπή M στο σημείο πάτωσης.

$$\mathbf{M = -4212 - 2392 - 2032 - 417 = -9053 \text{ Krcm}}$$

Για χάλυβα με $\sigma_{\text{επ}} = 1400 \text{ Kp/cm}^2$, πρέπει η ροπή αντίστασης να είναι:

$$Z \geq \frac{M}{\sigma_{\text{επ}}} = \frac{9053}{1400} = 6,47 \text{ cm}^3$$

Για τμήματα διατομής (2α,s) είναι:

$$Z = \frac{2aS^2}{6} = 10 \cdot S^2 / 6 = 1.666 \cdot S^2$$

Πρέπει:

$$1.666 \cdot S^2 \geq 6.47 \Rightarrow S^2 \geq 3.2 \Rightarrow S \geq 1.8 \text{ cm} = 18 \text{ mm}$$

Παίρνεται πάχος $s = 18 \text{ mm}$.

4.1.9. ΛΑΜΑ ΑΝΤΗΡΙΔΑΣ

Δοκίδες /τεταρτημόριο = $17/4 = 4,25$

Η διατμητική δύναμη v είναι:

$$V = F_1 \cdot 4.25 = 455 \cdot 4.25 = 1934 \text{ KP}$$

Η ροπή M είναι:

$$M = V \cdot l = 1934 \cdot 33.5 = 64789 \text{ Kp} \cdot \text{cm}$$

Παίρνεται υλικό αντηρίδας με $\sigma_{\epsilon\pi} = 1400 \text{ Kp/cm}^2$.

Πρέπει :

$$Z \geq \frac{M}{\sigma_{\epsilon\pi}} = \frac{64789}{1400} = 46,2 \text{ cm}^3$$

Παίρνεται αντηρίδα τριγωνική, γωνίας 45° με $b=30 \text{ cm}$.

Για τμήμα διατομής μήκους $b_1=25 \text{ cm}$ και πάχους s προκύπτει :

$$Z = s(25)^2/6 = 104s$$

Πρέπει :

$$104s \geq 46,2 \Rightarrow s \geq 0,44 \text{ cm} = 4,44 \text{ mm}$$

Παίρνεται πάχος $s=15 \text{ mm}$.

Έλεγχος σε διάτρηση

$$Q = \frac{V}{2} = 1934/2 = 967 \text{ KP} .$$

Η τάση διάτμησης είναι:

$$\tau = \frac{967}{(25 \cdot 0,5)} = 77,33 \text{ Kp/cm}^2 < \tau_{\epsilon\pi} = 0,35 \sigma_{\epsilon\pi} = 500 \text{ Kp/cm}^2 .$$

Άρα η εκλογή γίνεται δεκτή.

4.1.10. ΓΩΝΙΕΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Επιλέγεται γωνία L80·80·10.

Από παράγραφο 1.4.5. είναι:

$$M_{\text{MAX}} = F_1(l - s)/2 = 455(8 - 1)/2 = 1592,5 \text{ Kp} \cdot \text{cm} .$$

Είναι:

$$Z = bS^2/6 = 9 \cdot 1^2/6 = 1,5 \text{ cm}^3$$

Για την τάση σ προκύπτει:

$$\sigma = \frac{M_{\text{MAX}}}{Z} = 1592,5/1,5 = 1061 \text{ Kp/cm}^2 < 1400 = \sigma_{\epsilon\pi} .$$

Άρα η εκλογή γίνεται δεκτή.

4.1.11. ΣΩΛΗΝΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ-ΕΞΟΔΟΥ

Η διάμετρος των σωλήνων καθορίζεται από τις ανάγκες παροχής. Παίρνοντας διαστάσεις σωλήνων εισόδου και εξόδου ίδιες με:

Ονομαστική διάμετρος : **152,4mm**

Εξωτερική διάμετρος : **168mm**

Πάχος τοιχώματος : **7mm**

Οι σωλήνες τοποθετούνται στον πρώτο δακτύλιο. Σε ύψος του κεντρικού άξονα αυτών από τον πυθμένα: **0,279 M**

Έλεγχος αντοχής

Η πίεση που ασκείται είναι:

$$P = l \cdot H = 1000 (11 - 0.279) = 10730 \text{KP/M}^2 = 1.073 \text{Kp/cm}^2$$

Με **da=168,27mm**, **c=1,6mm** και υλικό με **$\sigma_{\text{επ}}=14,79 \text{ Kp/mm}^2$** από εξίσωση(1.51) προκύπτει :

$$S_o = \frac{168 \cdot 1.073}{200 \cdot 14.79 + 1.073} + 1.6 = 7 \text{mm}$$

Η εκλογή γίνεται δεκτή.

Φλάντζα σωλήνα

Παίρνεται επίπεδη συγκολλούμενη με πρόσθετη καμπτική φόρτιση με τα εξής στοιχεία.

Πάχος : **S=25.4mm**

Εξωτερική διάμετρος : **da=279,4mm**

Εσωτερική διάμετρος : **156,54mm**

Διάμετρος κύκλου κοχλιών : **241,3mm**

Διάμετρος τρύπας κοχλιών : **d_L=22.2mm**

Έλεγχος αντοχής

Από παρ. 1.5.4. σχ. 1.2.8. η ροπή που καταπονεί τη φλάντζα είναι: $M=F_s \cdot a$ με **$\alpha=(241,3-156,54)/2= 42.38 \text{ mm}$**

Η δύναμη των κοχλιών F_s είναι:

$$F_s = F'_{Dv} + F_{so}$$

Από εξίσωση (1.54^α) είναι:

$$F'_{Dv} = 0.5 F_{Dv} + B$$

Απο εξίσωση (1.54) είναι : $F_{Dv} = \pi d_D k_o k_D$ οπότε:

$$F'_{Dv} = 0.5 \pi d_D k_o k_D + B$$

Τοποθετείται παρέμβυσμα μαλακό με: $d_D=186 \text{ mm}$, πλάτος $b_D=28 \text{ mm}$.

Από πιν. Ι5 παράρτημα είναι:

$$K_0 K_D = 0.2 b_D = 5.6$$

Από σχ [6 παρ. για $P=1.073 \text{ Kp/cm}^2$ είναι $B=0,5$ οπότε:

$$F_{DV} = 0.5 \cdot \pi \cdot 186 \cdot 5,6 + 0.5 = 1637 \text{ Kp.}$$

Από εξίσωση (1.57), (1.57α) είναι:

$$F_{so} = B(2F_R + F_P + B_2 F_{DB})$$

Από εξίσωση (1.52) είναι:

$$F_R = 1.073 \pi [(154)^2 / 4] \cdot 100 = 199 \text{ KP.}$$

Από εξίσωση (1.53) είναι:

$$F_P = \frac{1.073 \cdot \pi}{100 \cdot 4} (186^2 - 154^2) = 91 \text{ K F}$$

Από εξίσωση (1.56) είναι:

$$F_{DB} = \frac{1.073}{100} \cdot \pi \cdot 186 \cdot 14 \cdot 1,5 = 132 \text{ K F}$$

Τέθηκε $K_1=0,5 b_D=14$ από πιν. [5 παράρτημα

Παίρνεται: $B_1=1.2$ και $B_2=1$ οπότε :

$$F_{so} = 1.2(2 \cdot 199 + 91 + 132) = 745.2 \text{ KP.}$$

Αρα η δύναμη κοχλιών είναι:

$$F_s = 1637 + 745.2 = 2383 \text{ KP.}$$

Η ροπή αντίστασης είναι:

$$Z = \frac{\pi}{4} (d_a - d - 2S_o - 2d_L) S^2 = \frac{\pi}{4} (279,4 - 154 - 2 \cdot 7 - 2 \cdot 22,2) (25,4)^2 = 44084 \text{ mm}^3$$

Από εξίσωση (1.60) πρέπει:

$$\sigma_{ov} = \frac{M}{Z} = \frac{F_s \cdot a}{Z} = \frac{2383 \cdot 42.38}{44084} = 3 \text{ KP/MM}^2 < 14,79 = \sigma_{E\pi}$$

Η εκλογή γίνεται δεκτή.

Κοχλίες φλάντζας σωλήνα

Επιλέγεται αριθμός κοχλιών $n=8$ και κοχλίες M19, υλικό χάλυβας με

$$\sigma_{E\pi} = 14 \text{ Kp/mm}^2$$

Παίρνεται $\varphi=0,5$ και $c=3 \text{ mm}$.

Από εξίσωση (1.62) προκύπτει :

$$d = \left(\frac{4 * 2383}{\pi * 8 * 14 * 0,5} \right)^{1/2} + 3\text{mm} = 10\text{mm} \leq 19$$

Η εκλογή γίνεται δεκτή.

4.1.12. ΑΝΘΡΩΠΟΘΥΡΙΔΕΣ

Θα τοποθετηθεί μια ανθρωποθυρίδα στον πρώτο δακτύλιο με απόσταση του κεντρικού άξονα αυτής από τον πυθμένα 750 mm. Η εσωτερική της διάμετρο είναι 610 mm και το ύψος της 203 mm. Το πάχος της λαμβάνεται ίδιο με το πάχος της φλάντζας (λαιμού) που θα υπολογιστεί πιο κάτω. Η πίεση P που θα ασκείται είναι :

$$P=1000(11-0,75)=10250 \text{ KP/m}^2=1.025 \text{ KP/cm}^2.$$

Υπολογισμός φλάντζας (λαιμού)

Παίρνεται φλάντζα με:

Εξωτερική διάμετρο : **da=788 mm**

Εσωτερική διάμετρο : **da=623mm**

Διάμετρος κύκλου κοχλιών : **725mm**

Διάμετρος τρύπας κοχλιών: **d_L=22.22 mm**

Από παρ. 1.5.4. είναι :

$$F_s = F'_{DV} + F_{SO}$$

Για παρέμβυσμα μαλακό με $d_D=16$. και

$$F'_{DV}=0.5*\pi*725*16+0,2=18222 \text{ KP}$$

Από εξίσωση 1.57. είναι :

$$F_{SD}=B_1(F_R+F_P+B_2F_{DB})$$

όπου:

$$F_R = \frac{1.025 * \pi * 610^2}{100 * 4} = 2995 \text{ K P}$$

$$F_P = \frac{1,025}{100} \frac{\pi}{4} (725^2 - 610^2) = 1236 \text{ K P}$$

$$F_{DB} = \frac{1,025}{100} * \pi * 725 * 1,5 = 35 \text{ K F}$$

Τέθηκε $K_1=0,5$, $b_D=40$

Οπότε :

$$F_{SO} = 1,2 (2995 + 1236 + 35) = 5119KR .$$

Και

$$F_s = 18222 + 5119 = 23341KR$$

Για φλάντζα της μορφής του σχ. 1.26. είναι :

$$M = F_s * A$$

Με $\alpha=51$ mm οπότε :

$$M=23341*51=1190391 \text{ Kpmm}$$

Η ροπή αντίστασης είναι:

$$Z = \frac{\pi}{4} * (d_a - 2d_L) S^2 = \frac{\pi}{4} * (788 - 2 * 22,2) S^2 = 600 S^2 \text{ mm}^3$$

Η αναπτυσσόμενη τάση είναι:

$$\sigma = \frac{M}{Z} = 119039/600 S^2 \leq \sigma_{E\pi} = 14,79 \text{ KP/mm}^2$$

ή

$$S \geq (119039/600 * 14.79)^{1/2} + 1.6 = 13 \text{ mm}$$

Παίρνεται $s=14$ mm.

Κοχλίες φλάντζας

Παίρνεται αριθμός κοχλιών $n=28$ και κοχλίες M19 υλικό με $\sigma_{E\pi}=14 \text{ KP/mm}^2$.

Από εξίσωση 1.62. είναι:

$$d = [(4 * 23341) / (\pi * 28 * 14 * 0,5)]^{1/2} + 3 \text{ mm} = 15 \text{ mm} < 19$$

τέθηκε $\phi=0.5$ και $c=3$ mm.

Η επιλογή είναι δεκτή.

Καπάκι ανθρωποθυρίδας

Εξωτερική διάμετρος : **788 mm**

Διάμετρος κύκλου κοχλιών: **$2\alpha=725$ mm**

Πίεση **$P=1,025 \text{ Kp/cm}^2$** , **$c=1.6$ mm**, **$\sigma_{E\pi}=1479 \text{ Kp/cm}^2$** .

Από εξίσωση 1.63. προκύπτει:

$$S = \frac{725}{2 * 2} [(3 * 1,025) / 1479]^{1/2} + 1,6 = 9,87 \text{ mm}$$

Παίρνεται $s = 12$ mm

B. ΟΡΟΦΗ

Εκλέγεται τυποποιημένη ανθρωποθυρίδα με :

Εσωτερική διάμετρο: **609,6 mm**

Πάχος : **5 mm**

Διάμετρος καπακιού : **762 mm**

Διάμετρος κύκλου κοχλιών : **698,5 mm**

Διάμετρος τρύπας στο στόμιο: **$D_P=625.5$ mm**

Διάμετρος πλάκας ενίσχυσης : **1168,4 mm**

Αριθμός κοχλιών 20 και κοχλίες: **M 19**.

4.1.13. ΠΛΑΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Οι πλάκες ενίσχυσης θα πρέπει να έχουν διατομή μεγαλύτερη ή ίση της παραγώγου που δημιουργούνται στα εκάστοτε στόμια. Το πάχος αυτών θα πρέπει να είναι ίσο ή μεγαλύτερο του πάχους του ελάσματος του στομίου.

Για τους σωλήνες παίρνεται :

Διάμετρος στομίου : **$D_R=171.45$ mm**

Μήκος πλάκας ενίσχυσης : **$L=400$ mm**

Πλάτος πλάκας ενίσχυσης : **$W=495.3$ mm**

Πάχος πλάκας ενίσχυσης : **6 mm**

Για την ανθρωποθυρίδα κελύφους είναι :

Πάχος= 14 mm, $L=1371.6$ mm και $W=1644.65$ mm.

4.1.14. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΣΕ ΣΕΙΣΜΟ

Για το σεισμό θα γίνεται έλεγχος στη δυσμενέστερη περιοχή του δοχείου, που είναι ο πρώτος δακτύλιος. Στο σημείο στήριξης αυτού στον πυθμένα. Σύμφωνα με την παρ. 1.6.2. ακολουθείται η εξής διαδικασία :

Δεχόμαστε ότι το δοχείο θα τοποθετηθεί σε περιοχή που ο συντελεστής σεισμικής επιρροής είναι: **$Z=0,375$**

Παίρνεται : **$L=1$, $c_1=0.24$**

είναι:

$D/H = 10.743/11=0.98$

Από σχ. 1.36. για λόγο D/H =0.98 είναι K=0,56 οπότε :

$$T=K(D*3.281)^{1/2} = 0.56*(10.743*3.281)^{1/2}=3.32$$

Για $T\alpha=3,32$ L4.5 είναι: $C_2=0.30s/T$

Για έδαφος με ισχυρή συνοχή είναι: $s=1$

Οπότε :

$$C_2=0.30/3.32=0.09$$

Βάρος περιεχομένου μαζούτ :

$$W_T=1000*900=900000 \text{ KP.}$$

Από σχ. 1.34 για D/H=0.98 προκύπτει

$$W_2/W_T=0.2 \Rightarrow W_2=0.2W_T=0.2*900000=180000 \text{ KP}$$

Και

$$W_1/W_T=0.76 \Rightarrow W_1=0.76 W_T=0.76*900000=684000 \text{ KP}$$

$$W_3=\pi D H^2 \rho = \pi * 10,743 * 11^2 * 40 = 14850 \text{ KP}$$

$$W_r=15400/2=7700 \text{ KP}$$

Από σχ.1.35 για D/H 0.98 είναι:

$$X_1/H=0,4 \Rightarrow X_1=0.4*H=0.4*11=4,4 \text{ M}$$

Και

$$X_2/H=0.73 \Rightarrow X_2=0.73*11=8,08 \text{ M}$$

$$X_3= D/2=10.743/2=5.3 \text{ M}$$

$$H_1=11 \text{ M}$$

Από εξίσωση 1.76 η ροπή που ασκείται στη βάση είναι:

$$M=0,375(0,24*14850*5,3+0,24*7700*11+0,24*68400*4,4+0,09*180000*8,03)= \\ =90575 \text{ KP}\cdot\text{M}$$

Από εξίσωση 1.77 η ροπή αντίστασης για το δακτύλιο της βάσης του κελύφους είναι:

$$Z_L=7.9*0.6*(1479*900*11)^{1/2}=18137.6 \text{ KP/M}$$

Ο λόγος $M/D^2(W_t+Z_L)$ είναι με $W_t=(W_3+W_r)/\pi D=.....$

$$= (14850+7700)/\pi * 10.743=668 \text{ KP/m.}$$

$$\frac{90575}{(10.743)^2(668+18137.6)} = 0.04$$

Η μέγιστη πίεση P_d που ασκείται στη βάση του κελύφους είναι από εξισ.(1-78).

$$P_d = 668 + \frac{1.273 * 90573}{10.743} = 11400 \text{ KP} / M = 114 \text{ KP} / \text{cm}$$

Το πάχος στη βάση του δακτυλίου είναι: 0.6cm.

Η πίεση που θα αναπτύσσεται είναι $190 \text{ KP} / \text{cm}^2 < 1479 = \sigma_{\text{επ}}$

4.1.15 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

Κέλυφος

Οι συγκολλήσεις του κελύφους θα είναι πλήρης διεισδύσεως και πλήρους διαχύσεως.

Για τη διαμήκη ραφή η εξίσωση (1-90) δίνει:

Για τον 1^ο δακτύλιο το πάχος της ραφής είναι:

$$a \geq \frac{PDN}{2S_y V V_1} = \frac{1000 * 11 * 10.743}{100 * 2 * 1479 * 0.7} = 0.57 \text{ cm}$$

Για τον 2^ο δακτύλιο:

$$a \geq \frac{1000 * 8.8 * 10.743}{100 * 2 * 1479 * 0.7} = 0.45 \text{ cm.}$$

Για τους υπόλοιπους δακτυλίους επειδή έχουν παρθεί ελάσματα πάχους 0.5 cm, σαφώς αντέχει η συγκόλληση.

Για την περιφερειακή ραφή: η εξισ.(1-91) δίνει ότι οι τάσεις που καταπονούν αυτή, είναι οι μισές της διαμήκης. Για συγκόλληση πλήρους διεισδύσεως η αντοχή τους είναι εξασφαλισμένη.

Οροφής:

Θα είναι μορφής επικάλυψης. Από εξισ.(1-93) προκύπτει:

$$a \geq 400 \left(\frac{0.0833 * 6 * 1.1}{1479} \right)^{1/2} = 7mm$$

εκλέγεται το πάχος αυτό.

Πυθμένα :

Θα είναι μορφής επικάλυψης:

Από εξισ.(1-94) προκύπτει:

$$a \geq 400 \left(\frac{0,0833 * 6 * 1,1}{1479} \right)^{1/2} = 4,5mm.$$

Εκλέγεται το πάχος αυτό.

Δοκιδών στα σημεία έδρασης

Παίρνονται δύο ραφές, συνεχείς της δοκίδας στην πλάκα του κεντρικού στύλου.

Από εξισ.(1-95) και θέτοντας $\tau_{\text{επ}}=0.35*1479=518\text{KP/cm}^2$,

$C=0.24$, $F1=455\text{kp}$ προκύπτει:

$$2al = (0.24*455)/518=0.2\text{cm}^2$$

Παίρνεται μήκος $l=18.9\text{mm}$, οπότε:

$$a \geq 0.2/(18.9*2)=5.3*10^{-3}\text{cm}=0.053(\text{mm}).$$

Στη γωνία κέλυφους η δύναμη αυτή του σεισμού CF, θα παρθεί από τις 2 οριζόντιες συγκολλήσεις που γίνονται στη γωνία που έρχεται σε επαφή με τη δοκίδα (παρεμβάλλουσα γωνία στήριξης της δοκίδας για επίτευξη κλίσης αυτής). Το πάχος αυτών των 2 ραφών πρέπει να είναι για μήκος συγκόλλησης 4cm.

$$a \geq 0.2/(2*4)=0,025\text{cm}=0.25\text{mm}$$

Οι δύο κατακόρυφες συγκολλήσεις που θα γίνουν στην παρεμβάλλουσα γωνία θα πάρουν τη δύναμη F_1 της δοκίδας και θα καταπονούνται σε διάτμηση.

Θα πρέπει:

$$2a \geq F_1 / VV_{1T_{\epsilon\pi}} = 445 / 518 = 0.8 \text{ cm}^2$$

για μήκος $l=4\text{cm}$ προκύπτει: $a \geq 0.8 / 2 * 4 = 0.1 \text{ cm} = 15 \text{ mm}$.

Γωνίες κελύφους

Η γωνία που θα συγκολληθεί στο κέλυφος θα έχει δύο κατακόρυφες ραφές καθ' όλο το πλάτος της $l=8\text{cm}$ και δύο οριζόντιες καθ' όλο το μήκος της $b=19\text{cm}$.

Παίρνεται πάχος όλων των ραφών $a=0.7*5=0.7*1=0.7\text{cm}$ από παρ.1.7.6 είναι:

$$\tau' = 445 / (2 * 0.7 * 8) = 40.6 \text{ kp/cm}^2$$

$$M = 455 * 8 / 2 = 1820 \text{ kp.cm}$$

$$I = \frac{19}{12} [(8 + 0.7)^3 - 8^3] + 2 \frac{0.7}{12} * 8^3 = 291 \text{ cm}^4$$

$$Y_{\max} = 0.5(8 + 2 * 0.7) = 4.7 \text{ cm}$$

Οπότε:

$$s' = \frac{1820}{291} * 4.7 = 29.3 \text{ kp/cm}^2.$$

$$s_{is} = (s'^2 + 1.8t'^2)^{1/2} = (29.3^2 + 40.6^2 * 1.8)^{1/2} = 61.8 \text{ kp/cm}^2 < 1450$$

Άρα: η κόλληση αντέχει:

Λάμας αντιρίδας

Το μήκος της αντιρίδας στο σημείο συγκόλλησης είναι 29cm. Παίρνοντας συγκόλληση καθ' όλο το μήκος και κάνοντας 2 ραφές, μια για κάθε πλευρά με πάχος $0.7s=1.05\text{cm}$. s =πάχος αντιρίδας 1.5cm.

Από παρ.1.7.7 προκύπτει:

$$t' = \frac{1937}{2 * 1,05 * 30} = 30 \text{kp} / \text{cm}^2$$

$$m = 1934 * 33.5 = 64789 \text{kp.cm}$$

$$I = 2 \frac{1.05 * 30^2}{12} = 4725 \text{cm}^3$$

$$Y_{\max} = \frac{30}{2} = 15 \text{cm}$$

$$s' = \frac{1820}{291} * 4,7 = 29,3 \text{kp} / \text{cm}^2 .$$

Οπότε:

$$s_{is} = (205^2 + 1.8 * 30^2)^{1/2} = 208.9 < 1400 \text{kp} / \text{cm}^2$$

Η συγκόλληση γίνεται δεκτή.

Ανθρωποθυρίδας

Η πίεση είναι: $P=1.025 \text{kp/cm}^2$

Η εξωτερική διάμετρος είναι: $D=66 \text{cm}$ από παρ. 1.7.10 προκύπτει:

$$l = \Pi * D = \Pi * 66 = 207,3 \text{cm} .$$

Η κόλληση είναι συνεχής καθ' όλη τη περιφέρεια της ανθρωποθυρίδας. Οπότε το μήκος κόλλησης είναι:

$$l = \Pi * D = \Pi * 66 = 207,3 \text{cm} .$$

Το πάχος a είναι:

$$a \geq \frac{F}{l s_{ep}} = \frac{2995,5}{207,3 * 1479} = 9,7 * 10^{-3} \text{ cm} = 0.1 \text{ mm}$$

Παίρνεται πάχος $a=5\text{mm}$.

Σωλήνων στο δοχείο

Η πίεση στο σωλήνα είναι: $P=1.073\text{kp/cm}^2$

Εξωτερική διάμετρος $D_{εξ}=16,8\text{cm}$, Εσωτερική διάμετρος $D_{εξ}=15,24\text{cm}$.

Από παρ. 1.7.11 προκύπτει:

$$F = 1.073 \frac{\pi * 15,24^2}{4} = 194,7 \text{ kp}$$

Παίρνεται μήκος $l = \pi D_{εξ} = \pi * 16,8 = 52.7 \text{ cm}$

Για 2 ραφές είναι:

$$a > \frac{F}{2 l s_{ep}} = \frac{194,7}{2 * 52,7 * 1479} = 1,2 * 10^{-3} \text{ cm} = 0.012 \text{ mm}$$

Παίρνεται πάχος για κάθε ραφή $a=5\text{mm}$.

Φλάντζας σωλήνα

Η ροπή που καταπονεί τη φλάντζα είναι:

$$M = F_1 a = 2383 * 42.38 = 100991 \text{ kpmm} = 10099.1 \text{ kpcm}$$

Από παρ. 1.7.12 με εσωτερική διάμετρο φλάντζας $d=15.65\text{cm}$ και για 2 ραφές προκύπτει:

$$a \geq \frac{4 * 10099.1}{2 * \pi * 15,65^2 * 1479} = 0,017 \text{ cm} = 0.17 \text{ mm}$$

Παίρνεται πάχος κάθε ραφής 16mm .

4.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΔΟΧΕΙΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΑΕΡΙΟΥ ΒΟΥΤΑΝΙΟΥ

4.2.1. ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ

Ο όγκος V σφαιρικού δοχείου ακτίνας R είναι:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

ή

$$R = \left(\frac{3V}{4\pi}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{3 \cdot 1000}{4\pi}\right)^{\frac{1}{3}} = 6,2m = 620cm$$

Η διάμετρος είναι: **$D=2R=2 \cdot 620=1240cm$** .

4.2.2. ΠΑΧΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Το πάχος θα υπολογιστεί στην υδροστατική πίεση δοκιμής P_{Δ} που είναι κατά 50% μεγαλύτερη της πίεσης λειτουργίας. (η πίεση λειτουργίας είναι $P=7kp/cm^2$) οπότε:

$$P_{\Delta} = 1,5 \cdot P = 1,5 \cdot 7 = 10,5kp / cm^2$$

Επιλέγεται υλικό S+H-I με όριο ροπής $S_{\gamma}=36kp/mm^2$

Παίρνεται $N=3$, $\gamma=0.85$ και $C=0.16cm$.

Από εξισ.(2-7) προκύπτει:

$$S = \frac{10,5 \cdot 1240 \cdot 3}{4 \cdot 3600 \cdot 0,85} + 0,16 = 3,35cm = 33,5mm$$

Παίρνεται πάχος **$S=34mm$** .

4.2.3. ΑΝΘΡΩΠΟΘΥΡΙΔΑ

Παίρνεται φλάντζα (λαιμός) αυτής με τα κάτωθι στοιχεία εξωτερική διάμετρος:

$$d_a=715\text{mm}$$

Διάμετρος κύκλου κοχλιών: $D_L=650\text{mm}$

Διάμετρος οπής κοχλιών: $d_L=33\text{mm}$.

Η φλάντζα είναι της μορφής του σχ.1.29 b με πρόσθετη καμπτική φόρτιση.

Για το πάχος της S θα είναι: σύμφωνα με παρ.1.5.4

$$F_S=F_{DV}+F_{SO}$$

Παίρνεται περέμβυσμα μαλακό με μέση διάμετρο $d_D=550\text{mm}$ και πλάτος $b_D=50\text{mm}$
με $K_0K_D=0.2b_D=0.2*50=10$

Από εξισ.(1-54) είναι:

$$F_{DV} = \Pi * 550 * 10 = 17279kp$$

Από εξισ.(1-57), (1-57α) είναι:

$$F_{SO} = B_1(2F_R + F_P + B_2F_{DB})$$

Από εξισ.(1-52) είναι:

$$F_R = \frac{10.5 * \Pi * (500)^2}{100 * 4} = 20617kp$$

Από εξισ.(1-53) είναι:

$$F_P = \frac{10.5\Pi}{100*4}(550^2 - 500^2) = 4330kp$$

Από εξισ.(1-56) είναι:

$$F_{DB} = \frac{10.5}{100} * \Pi * 550 * 25 * 1,5 = 6804kp$$

Τέθηκε $K_1=0.5d_D=0.5*50=20$ και $N_D=1.5$

Παίρνεται $B_1=1.4$ και $B_2=1$ οπότε:

$$F_{So} = 1.4(2 * 20617 + 4330 + 6804) = 73316kp$$

Η δύναμη F_S είναι:

$$F_S = 17279 + 73316 = 90595kp.$$

Η ροπή M είναι:

$$M = F_S a = \frac{90595(650 - 500)}{2} = 6794625kpmm$$

Η ροπή αντίστασης είναι:

$$Z = \frac{\Pi}{4} * (d_a - d - 2S_o - 2d_L) S^2 = \frac{\Pi}{4} (715 - 500 - 2 * 34 - 2 * 33) S^2 = 61S^2.$$

Για υλικό ίδιο με το κέλυφος προκύπτει:

$$s = \frac{M}{Z} \leq s_{ep} \Rightarrow \frac{6794625}{61S^2} \leq \frac{3600}{2} \Rightarrow S \geq 8mm$$

Παίρνεται πάχος φλάντζας 34mm.

Το πάχος της ανθρωποθυρίδας παίρνεται ίδιο με το πάχος του κελύφους 34mm.

Καπάκι.

Το καπάκι της ανθρωποθυρίδας θα είναι του ίδιου υλικού. Από παρ.1.5.6 σχ.1.29(b) είναι:

$$\text{Για } \frac{D_L}{D_b} = \frac{650}{500} = 1.2, C=0.55.$$

Από εξισ.(1-64) προκύπτει:

$$S = 0.55 * 500 \left(2 * \frac{9.5}{3600} \right)^{1/2} + 1.6 = 21.5mm$$

Παίρνεται πάχος 24mm.

Πλάκα ενίσχυσης.

Ενισχύεται η περί το στόμιο περιοχή με πλάκα ενίσχυσης. Η πλάκα θα έχει κυκλική μορφή με διάμετρο 1397mm και πάχος 34mm.

Κοχλίες

Παίρνεται αριθμός κοχλιών $n=20$ και $N=1.6$, υλικό κοχλία **S+37.2** με $S_y=24\text{kp/mm}^2$.

Από παρ.1.5.5 $\varphi=0,5$.

Από εξισ.(1-62) προκύπτει:

$$d = \left(\frac{4 * 90595 * 1.6}{\pi * 20 * 24 * 0.5} \right)^{1/2} = 27.7\text{mm}$$

Παίρνονται κοχλίες M30.

4.2.4. ΣΩΛΗΝΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ-ΕΞΟΔΟΥ

Το μέγεθος των καθορίζεται από τη ζήτηση σε παροχή. Δεχόμαστε και τους δύο σωλήνες ίδιους με ονομαστική διάμετρο 101mm.

Παίρνεται υλικό **S+37.2** με $S_y=24\text{kp/mm}^2$, $N=2$ και $C=1\text{mm}$.

Από εξισ.(1-50) προκύπτει:

$$S = \frac{10.5 * 101}{200 \frac{24}{2} - 10.5} + 1 = 0.5\text{mm}$$

Παίρνεται σωλήνας τυποποιημένος 414 με πάχος 5,4mm και φλάντζα σωλήνα με:
πάχος :**23,8mm**

εξωτερική διάμετρο: **228,6mm**

διάμετρο κύκλου κοχλιών: **190,5mm**

διάμετρο οπής κοχλιών :**19mm**

αριθμός κοχλιών :**8**

κοχλίες :**M16**

Αν πρέπει να υπολογισθούν η φλάντζα και οι κοχλίες και να μη δεχθούμε την τυποποίηση, πρέπει να γίνεται υπολογισμός όπως στη 4.2.1.

Περί το στόμιο των σωλήνων θα τοποθετηθεί πλάκα ενίσχυσης κυκλική με διάμετρο 387,35mm και πάχος 34mm.

4.2.5. ΔΟΚΟΙ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Για τη στήριξη δεχόμαστε 8 σωλήνες με:

εξωτερική διάμετρο 50cm

εσωτερική διάμετρο 40cm

βάρος σωλήνα 664kp/m

$$\text{επιφάνεια } A = \frac{\pi 50^2}{4} - \frac{\pi 40^2}{4} = 706,86 \text{ cm}^2$$

$$\text{ροπή αδράνειας: } I_x = I_y = \frac{\pi 50^4}{64} - \frac{\pi 40^4}{64} = 181132,4 \text{ cm}^4$$

$$\text{ακτίνα αδράνειας: } i = \left(\frac{I}{A}\right)^{1/2} = (181132,4 / 706,86)^{1/2} = 16 \text{ cm}$$

$$\text{λυγηρότητα: } l = \frac{l}{i} = \frac{800}{16} = 50$$

με l=μήκος σωλήνα=800cm.

Από παρ.1.6.3 είναι:

$$s_{ep} = \frac{17000 - 0,845(50)^2}{14,19} = 1113 \text{ kp / cm}^2$$

Η ροπή αντίστασης είναι:

$$Z = \frac{I * 2}{d_{ex}} = \frac{181132,4}{25} = 7245,3 \text{ cm}^3$$

Ο όγκος που καταλαμβάνουν τα ελάσματα κελύφους είναι:

$$V = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d_{ex}}{2}\right)^3 - \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d_{es}}{2}\right)^3 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{12,468}{2}\right)^3 - \frac{4}{3} \pi \left(\frac{12,4}{2}\right)^3 = 16,52 \text{ m}^3$$

Το ειδικό βάρος του ελάσματος είναι: 9800kp/m³

Βάρος ελασμάτων:

$$B_K = 16.52 * 9800 = 161896kp$$

Το βουτάνιο είναι 2,07 φορές βαρύτερο του αέρα.

Το βάρος των $1000m^3$ είναι:

$$B_B = 2.07 * 29 * 1000 = 60030kp$$

Παίρνεται μικτό φορτίο

$$B_M = 20000kp.$$

Το ολικό βάρος είναι:

$$W_{ol} = B_K + B_B + B_M = 241926kp .$$

Σύμφωνα με παρ.1.6.3 είναι:

$$F_1 = 0.2 * 30240.75 = 6048kp$$

$$F_2 = 0.2 * 8 * 664 = 1062.4kp$$

Η ροπή ανατροπής στη βάση του σωλήνα είναι:

$$M_L = 6048 * 800 + 1062.4 * 400 = 5263360kpcm$$

Ολικό βάρος που καταπονείται ο σωλήνας είναι:

$$W = \frac{W_{ol}}{8} + \text{ίδιο βάρος} = 30240,75 + 5311 = 35552,7kp.$$

Από εξισ.(1-82) είναι:

$$\frac{35552,7}{1113} + \frac{5263360}{1113} = 0,045 + 0,65 = 0,7 < 1$$

Η εκλογή είναι δεκτή.

Μεταξύ του σωλήνα και του κελύφους περιλαμβάνεται έλασμα. Το μήκος του ελάσματος θα είναι όσο το τόξο επαφής του σωλήνα στο κέλυφος.

Είναι:

$$l = R * q = 620 * 2\pi * \frac{33}{360} = 357cm .$$

Το έλασμα υπολογίζεται για αντοχή σε πίεση επιφάνειας.

Η επιτρεπόμενη σε πίεση επιφάνειας είναι:

$$s_b = 0.57S_y = 0.57 * 3600 = 2079kp/cm^2 , \text{ για } N=3 \text{ είναι:}$$

$$S = \frac{W}{Sl} = \frac{30240.75}{357S} = \frac{84.8}{S} \leq S_{bep} = \frac{2079}{3} \Rightarrow$$

$$S = 3 * 84.8 / 2079 = 0.12cm = 1.2mm$$

Παίρνεται πάχος S=10mm.

4.2.6. ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

Κελύφους

Θα είναι διπλής διεισδύσεως και διπλής διαχύσεως .

Για $VV_1 = 0.85$ από εξισ.(2-19) είναι:

$$a \geq \frac{10.5 * 1240 * 3}{4 * 0.85 * 3600} = 32mm$$

Ανθρωποθυρίδας

Από εξισ.(2-21) για $l=PD$ (D εξωτερική διάμετρος ανθρωποθυρίδας). Είναι:

$$a \geq \frac{10.5 * 50 * 3}{4 * 0.56 * 3600} = 0.2cm = 2mm$$

Σωλήνες

Από παρ.1.7.10, 1.7.11 με $l=PD$ (D διάμετρος σωλήνα).

Είναι:

$$\Sigma a \geq \frac{10.5 * 11.5 * 3}{4 * 0.56 * 2400} = 0.1cm = 1mm$$

Φλάντζας ανθρωποθυρίδας

Παίρνοντας δύο ραφές με $l=Pd$ (d=εσωτερική διάμετρο φλάντζας) από εξισ.(1-96) πρέπει το πάχος της κάθε ραφής να είναι:

$$a \geq \frac{4 * 679462.5 * 3}{0.11 * 2 * \pi * 50^2 * 3600} = 1,3cm = 13mm$$

Παίρνεται πάχος 24mm.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην συνέχεια παρατίθενται συνοπτικά όλα τα αποτελέσματα υπολογισμού και οι απαιτήσεις για τα δύο δοχεία, προδιαγραφής.

5.1. ΓΙΑ ΤΟ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟ ΔΟΧΕΙΟ

<u>Διαστάσεις :</u>	Ύψος m	Διάμετρος m
	"	10,743
<u>Δακτύλιοι</u>	Ύψος m	Πάχος m
1 ^{ος}	2,20	6
2 ^{ος}	"	5
3 ^{ος}	"	"
4 ^{ος}	"	"
5 ^{ος}	"	"
<u>Πυθμένας</u>	Διάμετρος m	Πάχος m
	10,852	8
<u>Δοκίδες</u>	Αριθμός	Διατομή
	17	NP 100
<u>Κεντρικός Στύλος</u>	Ύψος m	Διατομή m
	14,43	NP 200+ NP 280

<u>Κυκλική Πλάκα</u>	Πλάκα	Εξωτ.Διάμ. m	Πάχος mm
	1	0,42	25
	2	0,92	15
<u>Λάμα Αντιρήδας</u>	Αριθμός	Μήκος cm	Πάχος mm
	4	29	15

<u>Γωνίες Κέλυφους</u>	Αριθμός	Διατομή
	17	80*80*10
<u>Σωλήνες –εισόδου -εξόδου</u>	Αριθμός	Διαστάσεις mm
	2	Φ(168/152)
<u>Φλάντζες Σωλήνων</u>	Αριθμός	Διαστάσεις mm
	2	Φ(279,4/168,5/25,4)
<u>Κοχλίες Φλάντζας Σωλήνων</u>	Αριθμός	Διαστάσεις mm
	8	M19
<u>Ανθρωποθυρίδες</u>	Αριθμός	Διαστάσεις mm
Κελύφους	1	Φ(638/610)
Οροφής	1	Φ(621,6/609,6)
<u>Κοχλίες Ανθρωποθυρίδων</u>	Αριθμός	Διάσταση mm
Κελύφους	28	M19
Οροφής	20	"

<u>Πλάκες Ενίσχυσης</u>	Μήκος	Πλάτος	Πάχος
Σωλήνων	400	495,3	6
Ανθρωποθ.Κέλυφους	1371,6	1644,6	14
Ανθρωποθ.Οροφής	1168,4	1163,4	5

Συγκολλήσεις

- Κελύφους : Όλες οι οριζόντιες και οι κατακόρυφες συγκολλήσεις θα είναι πλήρους διεισδύσεως και πλήρους διαχύσεως και θα ελέγχονται με ραδιογράφηση.
- Οροφής : Θα είναι απλής επικάλυψης με μήκος επικάλυψης 30mm, μορφής τριγωνικής και πάχους 5mm.
- Δοκίδων στα σημεία έδρασης : Θα είναι και από τις δύο πλευρές των δοκίδων και το πάχος αυτών θα είναι 15mm.
- Γωνίες Κελύφους : συνεχής ραφή καθ' όλο το μήκος και πλάτος τους, με πάχος 7mm.
- Λάμα Αντιρήςδας : συνεχής ραφή καθ' όλο το μήκος των πλευρών της με πάχος 10,5mm.
- Ανθρωποθυρίδας : Συνεχής ραφή καθ' όλη την περιφέρεια της, πάχους 5mm.
- Σωλήνων : Συνεχής καθ' όλη την περιφέρεια με πάχος 5mm και της φλάντζας θα είναι συνεχής καθ' όλη την περιφέρεια, διπλή με πάχος 16mm.

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ , ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΥΛΙΚΩΝ

Κέλυφος : υλικό κατασκευής R.S+37,2 $\sigma_{επ}=21000$ P_{Si}

Ελάσματα/δακτύλιοι :	Αριθμός ελασμ.	Διαστάσεις mm
1 ^{ος}	5	6750*2200*6
2 ^{ος}	5	6750*2200*6
3 ^{ος}	"	"
4 ^{ος}	"	"
5 ^{ος}	"	"
<u>Οροφή</u> :υλικό κατασκευής R.S+37,2		
	Αριθμός ελασμ.	Διαστάσεις mm
	11	600*2000*5

Ο σχεδιασμός κοπής των ελασμάτων για τον σχηματισμό της οροφής φαίνεται στο σχέδιο 1.2.

<u>Πυθμένας</u>	Αριθμός ελασμ.	Διαστάσεις mm
υλικό R.S+37,2	7	8000*2000*8

Ο σχεδιασμός κοπής των ελασμάτων για το σχηματισμό του πυθμένα φαίνεται στο σχέδιο 1.2

Δοκίδες : 17δοκίδες NP100, μήκος 5,2M, υλικό χάλυβα με $\sigma_{επ}=1450 \text{ kp/cm}^2$.

Κεντρικός στύλος : 1 τεμάχιο NP200, 1 τεμάχιο NP280, μήκους 14,43M, υλικό χάλυβα με $\sigma_{επ}=1450 \text{ kp/cm}^2$.

Κυκλική Πλάκα : 1 πλάκα, διάμετρος 420MM, πάχος 25MM, υλικό R.S.+37,2.

Λάμες Αντιρήδας : 4 τεμάχια, μήκους 230MM, πάχους 15MM, τριγωνικές 45° , υλικό χάλυβα με $\sigma_{επ}=1400 \text{ kp/cm}^2$.

Γωνίες στήριξης : 3 τεμάχια NP200 μήκος 760MM, 4 τεμάχια $75*75*8$ μήκους 200 και 1 τεμάχια $150*150*12$ υλικό χάλυβα με $\sigma_{επ}=1450 \text{ kp/cm}^2$.

Βάση στήριξης : 3 τεμάχια NP200 μήκους 760MM, 4 τεμάχια $75*75*8$ μήκους 200 και 1 τεμάχια $150*150*12$ υλικό χάλυβα με $\sigma_{επ}=1450 \text{ kp/cm}^2$.

Λεπτομέρειες για τα ανωτέρω δίδονται στα σχέδια 1.1, 1.2, 1.3.

5.1.2. ΓΙΑ ΤΟ ΣΦΑΙΡΙΚΟ ΔΟΧΕΙΟ

Διάμετρος : 1240cm

Πάχος Κελύφους : 34MM

Ανθρωποθυρίδα : 1 $\Phi(500/432)$ με διαστάσεις λαιμού $\Phi(715/500)$ πάχους 34MM, πάχος καπακιού

24MM, διάμετρος ενισχυτικής πλάκας 1397MM, πάχους 34MM.

Κοχλίες ανθρωποθυρίδας :

20κοχλίες M30

Σωλήνες εισόδου – εξόδου:

ονομαστική διάμετρος 101MM, πάχους 5,4MM με πλάκα ενίσχυσης διαμέτρου 387,35MM, πάχους 34MM, αριθμός κοχλιών φλάντζας 8 και κοχλίες M16.

Δοκοί Στήριξης :

8 σωλήνες στήριξης Φ(50/40) , μήκους 8M.

Συγκολλήσεις

Κελύφους :

θα είναι πλήρους δεισδύσεως και πλήρους διαχύσεως και θα ελέγχεται με ραδιογράφηση.

Σωλήνων :

συνεχής ραφή καθ' όλη την περιφέρεια, βλέπε σχέδιο 2 πρέπει πάχος ραφής α 1MM.

Ανθρωποθυρίδας : συνεχής ραφή καθ' όλη την περιφέρεια, βλέπε σχέδιο 2, πρέπει πάχος ραφής α 2MM.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΠΙΝ. Ι1α Διάμετρος, ύψος, αριθμός, δακτυλίων σε σχέση με την περιεκτικότητα, όταν τα ελάσματα του κέλυφους έχουν πλάτος 72IN. (10)

1 (Feet)	2 (Barrels)	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		12	18	24	30	36	42	48	54	60
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	14	170	250	335	420	505	....	....	....	....
15	31,5	380	565	755	945	1,130	....	....	....	....
20	56	670	1,010	1,340	1,680	2,010	2,350	2,690	....	....
25	87,4	1,050	1,570	2,100	2,620	3,150	3,670	4,200	4,720	5,250
30	126	1,510	2,270	3,020	3,780	4,530	5,290	6,040	6,800	7,550
35	171	2,060	3,080	4,110	5,140	6,170	7,200	8,230	9,250	10,280
40	224	2,690	4,030	5,370	6,710	8,060	9,400	10,740	12,100	13,430
45	283	3,400	5,100	6,800	8,500	10,200	11,900	13,600	15,300	17,000
50	350	4,200	6,300	8,400	10,500	12,600	14,700	16,800	18,900	21,000
60	504	6,040	9,000	12,160	13,110	18,130	21,150	24,190	27,220	28,860
										D=58
70	685	8,230	12,340	16,450	20,580	24,700	28,800	32,930	30,970	....
80	895	10,740	16,120	21,500	26,880	32,260	37,000	35,810	D=64	....
90	1,133	13,600	20,400	27,220	34,030	40,820	40,510	D=73	....	....
100	1,399	16,800	26,200	33,600	42,000	48,400	D=83	....	....	....
120	2,014	24,192	36,280	48,380	58,480	D=98	....	....	....	....
					D=118					
140	2,742	32,930	49,350	65,860	....	....	....	....	....	....
160	3,581	43,000	64,510	74,600	....	....	....	....	....	....
180	4,532	54,430	81,650	D=149	....	....	....	....	....	....
200	5,595	67,200	100,800	....	....	....	....	....	....	....
220	6,770	81,310	102,830	....	....	....	....	....	....	....
			D= 202							

ΠΙΝ. Ι1β Διάμετρος, ύψος, αριθμός, δακτυλίων σε σχέση με την περιεκτικότητα, όταν τα ελάσματα του κέλυφους έχουν πλάτος 96IN. (10)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
(Feet)	(Barrels)	16	24	32	40	48	56	64
		2	3	4	5	6	7	8
10	14	225	335	450	....	505	....	....
15	31,5	505	755	1,010	1,260	1,130	....	....
20	56	900	1,340	1,790	2,240	2,010	....	....
25	87,4	1,400	2,100	2,800	3,500	3,150	4,900	5,600
30	126	2,020	3,020	4,030	5,040	4,530	7,050	8,060
35	171	2,740	4,110	5,480	6,850	6,170	9,600	10,980
40	224	3,580	5,370	7,100	8,950	8,060	15,540	14,340
45	283	4,530	6,800	9,060	11,340	10,200	15,880	18,140
50	350	5,600	8,400	11,200	14,000	12,600	19,600	22,400
60	504	8,060	12,160	16,130	20,160	18,130	28,220	26,130
								D=54
70	685	10,960	16,450	21,950	27,440	24,700	30,140	....
80	895	14,320	21,500	28,760	35,840	32,260	D=62	....
90	1,133	18,130	27,220	36,290	45,360	40,820	....	....
100	1,399	22,380	33,600	44,800	D=88	48,400	....	....
120	2,014	32,250	48,380	54,200	....	D=88	....	....
				D=110	....	....	....	....
140	2,742	43,900	65,860	....	....	....	....	....
160	3,581	57,340	74,600	....	....	....	....	....
180	4,532	72,570	D=149	....	....	....	....	....
200	5,595	89,600	....	....	....	....	....	....
220	6,770	108,410	....	....	....	....	....	....

ΠΙΝ. Ι2α Πάχος κέλυφους σε σχέση με το ύψος, διάμετρο, αριθμό δακτυλίων, όταν το πλάτος του ελάσματος κέλυφους είναι 72IN. (10)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
(Feet)	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	....	....	....	....
15	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	....	....	....	....
20	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	....	....
25	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0,20	0,22
30	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0,21	0,24	0,26
35	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0,21	0,24	0,27	0,30
40	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0,21	0,24	0,28	0,31	0,35
45	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0,23	0,27	0,31	0,35	0,39
50	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	0,26	0,30	0,35	0,39	0,43
60	1/4	1/4	1/4	1/4	0,26	0,31	0,36	0,41	0,47	....
70	1/4	1/4	1/4	1/4	0,30	0,36	0,420	0,480	....	....
80	1/4	1/4	1/4	0,27	0,34	0,41	0,480	....	....	....
90	1/4	1/4	1/4	0,31	0,38	0,46	....	....	....	....
100	1/4	1/4	1/4	0,34	0,43	....	....	....	....	....
120	5/16	5/16	5/16	0,41	....	....	....	....	....	....
140	5/16	5/16	0,35	0,47	....	....	....	....	....	....
160	5/16	5/16	0,40	....	....	....	....	....	....	....
180	5/16	5/16	0,45	....	....	....	....	....	....	....
200	5/16	0,32	0,50	....	....	....	....	....	....	....
220	3/8	3/8	....	....	....	....	....	....	....	....

ΠΙΝ. Ι2β Πάχος κέλυφους σε σχέση με το ύψος, διάμετρο, αριθμό δακτυλίων, όταν το πλάτος του ελάσματος κέλυφους είναι 96IN. (10)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
(Feet)	8	16	24	32	40	48	56	64
	1	2	3	4	5	6	7	8
10	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	....	....
15	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	....	....	....
20	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	....	....
25	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0,20	0,23
30	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0,21	0,24	0,28
35	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0,24	0,28	0,33
40	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0,28	0,32	0,37
45	3/16	3/16	3/16	0,21	3/16	0,31	0,36	0,42
50	1/4	1/4	1/4	0,25	1/4	0,35	0,40	0,46
60	1/4	1/4	1/4	0,27	0,26	0,41	0,48	....
70	1/4	1/4	1/4	0,32	0,40	0,48	....	....
80	1/4	1/4	0,27	0,37	0,46	....	....	....
90	1/4	1/4	0,31	0,41	....	....	....	....
100	1/4	1/4	0,34	0,46	....	....	....	....
120	5/16	5/16	0,41	....	....	....	....	....
140	5/16	3/4	0,47	....	....	....	....	....
160	5/16	0,35	....	....	....	....	....	....
180	5/16	0,40	....	....	....	....	....	....
200	5/16	0,44	....	....	....	....	....	....
220	3/8	0,48	....	....	....	....	....	....

* όλες οι διαστάσεις είναι σε IN

ΠΙΝ. Ι3α Τυποποιημένες σωλήνες και διαστάσεις των, καθώς και διαστάσεις τοποθέτησής των.(10)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)±	(8)±	(9)±
48	48	}	48 1/8	96 3/4	117	16	52	48 3/8
46	46		46 1/8	92 3/4	112	16	50	46 3/8
44	44		44 1/8	88 3/4	107 1/4	15	48	44 3/8
42	42		42 1/8	84 3/4	102 1/2	15	46	42 3/8
40	40		40 1/8	80 3/4	97 3/4	15	44	40 3/8
38	38	}	38 1/8	76 3/4	92 3/4	14	42	38 3/8
36	36		36 1/8	72 3/4	88	14	40	36 3/8
34	34		34 1/8	68 3/4	83 1/4	13	38	34 3/8
32	32	}	32 1/8	64 3/4	78 1/2	13	36	32 3/8
30	30		30 1/8	60 3/4	73 1/2	12	34	30 3/8
28	28	}	28 1/8	56 3/4	68 3/4	12	32	28 3/8
26	26		26 1/8	52 3/4	64	12	32	26 3/8
24	24	0,50	24 1/8	48 3/4	60	12	32	24 3/4
22	22	0,50	22 1/8	44 3/4	55 1/4	11	32	22 3/4
20	20	0,50	20 1/8	40 3/4	50 1/2	11	32	20 3/4
18	18	0,50	18 1/8	37 1/2	45 3/4	10	22	18 3/4
16	16	0,50	16 1/8	33 1/2	40 3/4	10	20	16 3/4
14	14	0,50	14 1/8	29 1/2	36	10	18	14 3/4
12	12 3/4	0,50	12 7/8	27	33	9	17	13 1/2
10	10 3/4	0,50	10 7/4	23	28 1/4	9	15	11 1/2
8	8 5/8	0,50	8 3/4	19	23 1/4	8	13	9 1/2
6	6 5/8	0,432	6 3/4	15 3/4	19 1/2	8	11	7 7/8
4	4 1/2	0,337	4 3/4	12	15 1/4	7	9	6
3	3 1/2	0,300	3 5/4	10 1/2	13 1/2	7	8	5 1/4
2	2 3/8	0,218	2 3/2	...	...	6	7	3 1/2
1 1/2	1,90	0,200	2	....	....	6	6	3

όπου:

(1) = μέγεθος σωλήνα

(2) = εξωτερική διάμετρος

(3) = ελάχιστο πάχος φλάντζας

(4) = διάμετρος τρύπας της πλάκας ενίσχυσης

(5) = μήκος πλάκας ενίσχυσης

(6) = πλάτος πλάκας ενίσχυσης

(7) = ελάχιστη απόσταση της φλάντζας από το κέλυφος

(8), (9) = ελάχιστη απόσταση κεντρικού άξονα του σωλήνα από πυθμένα

* όλες οι διαστάσεις είναι σε IN.

ΠΙΝ. Ι3β Τυποποίηση σωλήνων. (10)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
3/16	1/2	5/8	3/16	1/4	1/4
1/4	1/3	5/8	1/4	1/4	1/4
5/16	1/4	5/8	5/16	1/4	1/4
3/8	1/5	5/8	3/8	1/4	1/4
7/16	1/6	5/8	7/16	1/4	1/4
1/2	1/7	5/8	1/2	1/4	5/16
9/16	1/2	5/8	9/10	1/4	5/16
5/8	1/2	3/4	5/8	5/16	5/16
11/16	1/2	3/4	11/16	5/16	5/16
3/4	1/2	3/4	3/4	5/16	5/16
13/16	1/2	15/16	13/16	3/8	5/16
7/8	1/2	15/16	7/8	3/8	5/16
15/15	1/2	15/16	15/16	3/8	5/16
1	1/2	1 1/16	1	7/16	5/16
1 1/15	9/16	1 1/16	1 1/16	7/16	5/16
1 1/8	9/16	1 1/16	1 3/8	7/16	5/16
1 3/16	5/8	1 1/4	1 3/16	1/2	5/16
1 1/4	5/8	1 1/4	1 1/4	1/2	5/16
1 5/15	11/19	1 1/4	1 3/16	1/2	5/16
1 3/15	11/19	1 3/8	1 3/2	9/16	5/16
1 1/15	9/4	1 3/8	1 3/8	9/16	5/16
1 1/2	3/4	1 3/8	1 1/2	9/16	5/16

όπου:

- (1) = πάχος πλάκας ενίσχυσης
- (2) = ελάχιστο πάχος τοιχώματος σωλήνα
- (3) = μέγιστη διάμετρος τρύπας στο κέλυφος
- (4) = κόλληση Β
- (5) = κόλληση Α για σωλήνα μεγαλύτερο από 2 (IN)
- (6) = κόλληση Α για σωλήνα 2, 1 1/2, 1 και 3/4 (IN)

* όλες οι διαστάσεις είναι σε IN.

ΠΙΝ. Ι1-5 Χαρακτηριστικοί αριθμοί παρεμβυσμάτων

Είδος παρεμβύσματος	Χαρακτηρισμός	Υλικό	Παραμόρφωση		Λειτουργία k_1
			k_0	$k_0 k_D$	
Μαλακές τσόντες	Επίπεδες	Κλιγκερίτης Χαρτόνι Ελαστικό Teflon	—	1,0 b_D	1,3 b_D
				0,2 b_D	1,0 b_D
				2,5 b_D	0,5 b_D
					1,1 b_D
Μαλακές με ενίσχυση μεταλλική	Αμιάντου spiral	Κοινός χάλυβας χρωμιούχος χάλυβας	—	5 b_D	1,3 b_D
	Κυματοειδής	Al, Cu, Ms, μαλακός χάλυβας	—	3 b_D 3,5 b_D 4,5 b_D	0,6 b_D 0,7 b_D 1,0 b_D
Μαλακές με επένδυση μεταλλική	Με επένδυση μεταλλικού φύλλου	—	—	5 b_D 6 b_D 7 b_D	1,4 b_D 1,6 b_D 1,8 b_D
Μεταλλικές τσόντες	Μεταλλικές επίπεδες	—	b_D	—	$b_D (1+5/b_D)$
	Μεταλλικές με ακμή	—	1	—	5
	Μεταλλικές οβάλ	—	2	—	6
	Μεταλλικές στρογγυλές	—	1,5	—	6
	Μεταλλικές ακτινοειδής	—	0,04b	—	0,075b
	Φακοειδής	—	2	—	6
	Μορφής κτένας	—	0,5	—	9+0,2
	Συγκολλητής	—	0	—	0

ΠΙΝ. Ι1-6 Παράγων B₂

Υλικό παρεμβύσματος	Τιμές B ₂ για t=			
	20 ° C	200° C	300° C	500° C
Κλιγκερίτης κ.λ.π.	1,1	1,6	2,0	
Αμίαντος spiral	1,0	1,0	1,25	1,45
Κυματοειδής τσόντες με				
-αλουμίνιο	1,0		2,5	
- χαλκό, ορύχαλκο	1,0		2,0	
- χαλκό χάλυβα	1,0	—	2,0	—
Επενδεδυμένες τσόντες με -αλουμίνιο	1,0		2,3	
- χαλκό, ορύχαλκο	1,0		2,5	
- χαλκό χάλυβα	1,0	—	1,7	—

ΠΙΝ. Ι7 Διαστάσεις τυποποιημένων φλαντζών. (10)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
48	2 3/4	59 1/2	53 1/2	56	44	1 5/8	1 1/2	0,25
46	2 11/16	57 1/2	51	53 3/4	40	1 5/8	1 1/2	0,25
44	2 5/8	55 1/4	49	51 3/4	40	1 5/8	1 1/2	0,25
42	2 5/8	53	47	49 1/2	36	1 5/8	1 1/2	0,25
40	2 1/2	50 3/4	44 1/4	47 1/4	36	1 5/8	1 1/2	0,25
38	2 3/8	48 3/4	42 1/4	45 1/4	32	1 5/8	1 1/2	0,25
36	2 3/8	46	40 1/4	42 3/4	32	1 5/8	1 1/2	0,25
34	2 3/16	43 3/4	37 3/4	40 1/2	32	1 5/8	1 1/2	0,25
32	2 1/4	41 3/4	35 3/4	38 1/2	28	1 5/8	1 1/2	0,25
30	2 1/8	38 3/4	33 3/4	36	28	1 3/8	1 1/4	0,25
28	2 1/16	36 1/2	31 1/4	34	28	1 3/8	1 1/4	0,25
26	2	34 1/4	29 1/4	31 3/4	24	1 3/8	1 1/4	0,25
24	1 7/8	32	27 1/4	29 1/2	20	1 3/8	1 1/4	0,19
22	1 13/16	29 1/2	25 1/4	27 1/4	20	1 3/8	1 1/4	0,19
20	1 11/16	27 1/2	23	25	20	1 1/4	1 1/8	0,19
18	1 9/16	25	21	22 3/4	16	1 1/4	1 1/8	0,19
16	1 7/15	23 1/2	18 1/2	21 1/4	16	1 1/8	1	0,19
14	1 3/8	21	16 1/4	18 3/4	12	1 1/8	1	0,19
12	1 1/4	19	15	17	12	1	7/8	0,13
10	1 3/16	16	12 3/4	14 1/4	12	1	7/8	0,13
8	1 1/8	13 1/2	10 4/8	11 3/4	8	7/8	3/4	0,10

όπου:

(1) = μέγεθος σωλήνα

(2) = ελάχιστο πάχος φλάντζας

(3) = εξωτερική διάμετρος φλάντζας

(4) = εξωτερική διάμετρος πατούρας της φλάντζας

(5) = διάμετρος κύκλου κοχλίων

(6) = αριθμός κοχλίων

(7) = διάμετρος τούπας του κοχλία

(8) = διάμετρος κοχλία

(9) = απόσταση μεταξύ εξωτερικής διαμέτρου σωλήνα και εσωτερικής διαμέτρου της φλάντζας

* όλες οι διαστάσεις είναι σε IN.

ΠΙΝ. Ι8α Τυποποιημένες διαστάσεις καπακιού και πάχους ανθρωποθυρίδας. (10)

(1)	(2)	(3) 20 in	(4) 24 in	(5) 30 in	(6) 36 in	(7) 20 in	(8) 24 in	(9) 30 in	(10) 36 in
21	9,1	5,16	3/8	7/16	1/2	1/4	1/4	5/16	3/8
27	11,7	3,8	7/16	1/2	9/16	1/4	5/16	3/8	7/16
32	13,9	3/8	7/16	9/16	5/8	1/4	5/16	7/16	1/2
40	17,4	7/16	1/2	5/8	11/16	5/16	3/8	1/2	9/16
45	19,5	1/2	9/16	5/8	3/4	3/8	7/16	1/2	5/8
54	23,4	1/2	9/16	11/16	13/16	3/8	7/16	9/16	11/16
65	28,2	9/16	5/8	3/4	7/8	7/16	1/2	5/8	3/4
75	32,5	5/8	11/16	13/16	13/16	1/2	9/16	11/16	13/16

όπου:

(1) = μέγιστο ύψος δοχείου

(2) = ισοδύναμη πίεση

(3),(4), (5), (6)= ελάχιστο πάχος καπακιού για ανθρωποθυρίδα διαμέτρου 20,24,30,36 (IN) αντίστοιχα

(7), (8), (9), (10)= ελάχιστο πάχος ανθρωποθυρίδας για διάμετρο αυτής 20,24,30,36 (IN) αντίστοιχα

* όλες οι διαστάσεις είναι σε IN.

ΠΙΝ. Ι8β Τυποποιημένες διαστάσεις ανθρωποθυρίδας. (10)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
3/16	3/16	3/16	3/16	46	55	22 5/8	24 1/4	20	21 3/4	3/16
1/4	3/16	1/4	1/4	46	55	22 1/2	24 1/2	20	22	1/4
5/16	3/16	5/16	5/16	45 3/4	54 3/4	22 3/8	24 1/2	20	22 1/4	1/4
3/8	3/16	3/8	3/8	45 1/2	54 1/4	22 1/4	24 3/4	20	22 1/2	1/4
7/16	3/16	7/16	7/16	45 1/4	53 3/4	22 1/8	24 3/4	20	22 3/4	1/4
1/2	3/16	1/2	1/2	45	53 1/2	22	25	20	23	1/4
9/16	1/4	9/16	9/16	44 3/4	53	21 7/8	25	20	23 1/4	1/4
5/8	1/4	5/8	9/16	44 3/4	53	21 3/4	25 1/4	20	23 1/2	1/4
11/16	5/16	11/16	9/16	44 1/2	52 1/2	21 5/8	25 1/4	20	23 3/4	1/4
3/4	5/16	3/4	3/4	44 1/4	52 1/4	21 1/2	25 1/2	20	24	1/4
13/16	3/8	13/15	3/4	44	51 2/4	21 3/8	25 1/2	20	24 1/4	5/16
7/8	3/8	7/8	3/4	44	51 3/4	21 1/4	25 3/4	20	24 1/2	3/8
15/16	7/16	15/16	3/4	44 1/4	52 3/4	21 1/8	25 3/4	20	24 3/4	7/16
1	1/2	1	1	44 1/2	52 1/4	21	26	20	25	7/16
1 1/16	1/2	1 1/16	1	44	52 1/2	20 7/8	26	20	25 1/4	7/16
1 1/8	9/16	1 1/8	1	44 3/4	52 1/2	20 3/4	26 1/4	20	25 1/2	1/2
1 3/16	9/16	1 3/15	1	45	52 3/4	20 5/8	26 1/4	20	25 3/4	3/16
1 1/4	5/8	1 1/4	1	45	52 3/4	20 1/2	26 1/2	20	26	5/8
1 5/16	5/8	1 5/16	1	45 1/4	53	20 3/8	26 1/2	20	26 1/4	5/8
1 3/8	11/16	1 3/8	1	45 1/4	53	20 1/4	26 3/4	20	26 1/2	11/16
1 7/16	11/16	1 7/16	1	45 1/2	53 1/4	20 1/8	26 3/4	20	26 3/4	11/16
1 1/2	3/4	1 1/2	1	45 1/2	53 1/4	20	27	20	27	3/4
1 9/16	3/4	19/16	1 1/8	45 3/4	53 1/2	19 7/8	27	20	27 1/4	3/4
1 5/8	13/16	1 5/8	1 1/8	45 3/4	53 1/2	19 3/4	27 1/4	20	27 1/2	13/16
1 11/16	13/16	1 11/16	1 1/8	46	53 3/4	19 5/8	27 1/4	20	27 3/4	13/16
1 3/4	7/8	1 3/4	1 1/8	46	53 3/4	19 1/2	27 1/2	20	28	7/8

ΠΙΝ. Ι8γ Ανθρωποθυρίδα 24 (IN)

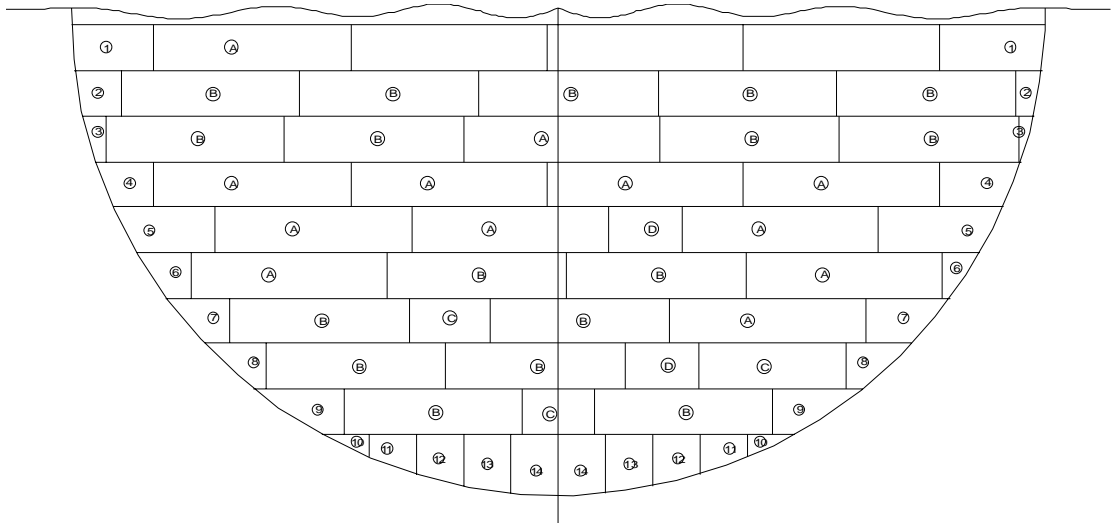
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
3/16	3/16	3/16	3/16	54	65	26 5/8	28 1/4	24	25 3/4	3/16
1/4	3/16	1/4	1/4	54	64 3/4	26 1/4	28 1/2	24	26	1/4
5/16	3/16	5/16	5/16	53 3/4	64 1/2	26 3/8	28 1/2	24	26 1/4	1/4
3/8	3/16	3/8	3/8	53 1/2	64	26 1/4	28 3/4	24	26 1/2	1/4
7/16	3/16	7/16	7/16	53 1/2	64	26 1/8	28 3/4	24	26 3/4	1/4
1/2	3/16	1/2	1/2	53 1/4	63 1/2	26	29	24	27	1/4
9/16	3/16	9/16	9/16	53	63	25 7/8	29	24	27 1/4	1/4
5/8	1/4	5/8	5/8	52 3/4	62 3/4	25 3/4	29 1/4	24	27 1/2	1/4
11/16	1/4	11/16	11/16	52 1/2	62 1/4	25 7/8	29 1/4	24	27 3/4	1/4
3/4	5/16	3/4	3/4	52 1/2	62 1/4	25 1/2	29 1/2	24	28	1/4
13/16	5/16	13/16	3/4	52 1/4	61 3/4	25 3/8	29 1/2	24	28 1/4	1/4
7/8	3/8	7/8	7/8	52 1/4	61 3/4	25 1/4	29 3/4	24	28 1/4	5/16
15/16	3/8	15/16	7/8	52 1/4	61 3/4	25 1/8	29 3/4	24	28 3/4	7/16
1	7/16	1	1	52 3/4	62 1/4	25	30	24	29	7/16
1 1/16	7/16	1 1/16	1	53 3/4	62 1/4	24 7/8	30	24	29 1/4	7/16
1 1/8	1/2	1 1/8	1	53	62 1/2	24 3/4	30 1/4	24	29 1/2	1/2
1 3/16	1/2	1 3/16	1	53	62 1/2	24 5/8	30 1/4	24	29 3/4	9/16
1 1/4	1/2	1 1/4	1	53 1/4	62 3/4	24 1/2	30 1/2	24	30	9/16
1 5/16	9/16	1 5/16	1	53 1/4	62 3/4	24 3/8	30 1/2	24	30 1/4	5/8
1 3/8	9/16	1 3/8	1	53 1/2	63	24 1/4	30 3/4	24	30 1/2	5/8
1 7/16	5/8	1 7/16	1	53 1/2	63	24 1/8	30 3/4	24	30 3/4	11/16
1 1/2	11/16	1 1/2	1	53 3/4	63 1/4	24	31	24	31	3/4
1 9/16	11/16	1 9/16	1 1/8	53 3/4	63 1/4	24	31	24	31 1/4	3/4
1 5/8	3/4	1 5/8	1 1/8	54	63 1/2	23 7/8	31 1/4	24	31 1/2	13/16
1 11/16	13/16	1 11/16	1 1/8	54	63 1/2	23 3/4	31 1/4	24	31 3/4	7/8
1 3/4	7/8	1 3/4	1 1/8	54 1/4	63 3/4	23 5/8	31 1/2	24	32	7/8

ΠΙΝ. 18δ Ανθρωποθυρίδα 30 (IN)

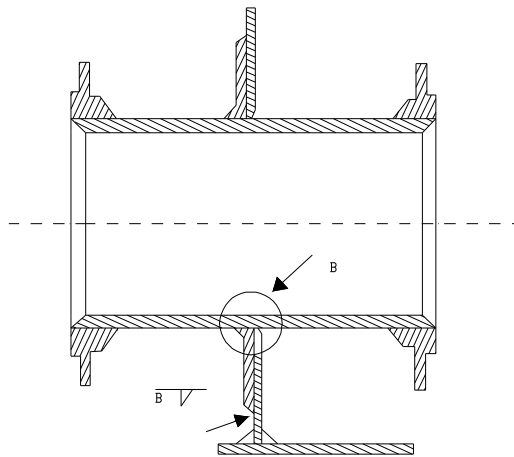
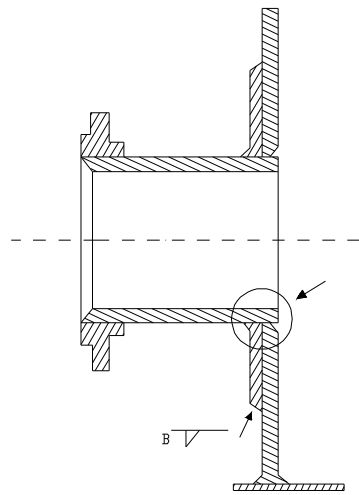
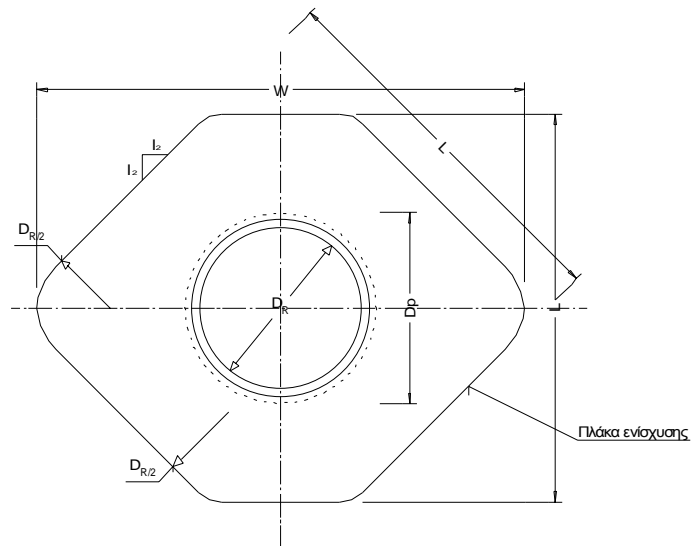
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
3/16	3/16	3/16	3/16	66	79 1/4	32 5/8	34 1/4	30	31 1/4	3/16
1/4	3/16	1/4	1/4	66	79 1/4	32 1/2	34 1/2	30	32	1/4
5/16	3/16	5/16	5/16	65 3/4	78 3/4	32 3/8	34 1/2	30	32 1/4	5/16
3/8	3/16	3/8	3/8	65 3/4	78 3/4	32 1/4	34 3/4	30	32 1/2	5/16
7/16	3/16	7/16	7/16	65 1/4	78	32 1/8	34 3/4	30	32 3/4	5/16
1/2	3/16	1/2	1/2	65 1/4	78	32	35	30	33	5/16
9/16	3/16	9/16	9/16	65	77 1/2	31 7/8	35	30	33 1/4	5/16
5/8	1/4	5/8	5/8	64 1/2	77	31 3/4	35 1/4	30	33 1/2	5/16
11/16	1/4	11/16	11/16	64 1/2	76 3/4	31 5/8	35 1/4	30	33 3/4	5/16
3/4	1/4	3/4	3/4	64 1/2	76 3/4	31 1/2	35 1/2	30	34	5/16
13/16	5/16	18/16	13/16	64 1/4	76 1/4	31 3/8	35 1/2	30	34 1/4	5/16
7/8	5/16	7/8	7/8	64 1/4	76 1/4	31 1/4	35 3/4	30	34 1/2	5/16
15/16	5/16	15/16	15/16	64 1/4	76 1/4	31 1/8	35 3/4	30	34 3/4	7/16
1	3/8	1	1	64 3/4	76 3/4	31	36	30	35	7/16
1 1/16	3/8	1 1/16	1	64 3/4	76 3/4	30 7/8	36	30	35 1/4	7/16
1 1/8	7/16	1 1/8	1	65	77	30 3/4	36 1/4	30	35 1/2	1/2
1 3/16	7/16	1 3/16	1	65	77	30 5/8	36 1/4	30	35 3/4	9/16
1 1/4	7/16	1 1/4	1	65 1/4	77 1/4	30 1/2	36	30	36	9/16
1 5/16	1/2	1 5/16	1	65 1/4	77 1/4	30 3/8	36 1/2	30	36 1/4	5/8
1 3/8	1/2	1 3/8	1	65 1/2	77 1/2	30 1/4	36 3/4	30	36 1/2	5/8
1 7/16	9/16	1 7/16	1	65 1/2	77 1/2	30 1/8	36 3/4	30	36 3/4	11/16
1 1/2	9/16	1 1/2	1	65 1/2	77 3/4	30	37	30	37	3/4
1 9/16	9/16	1 9/16	1 1/8	65 3/4	77 3/4	29 7/8	37	30	37 1/4	3/4
1 5/8	5/8	1 5/8	1 1/8	66	78	29 3/4	37 1/4	30	37 1/2	13/16
1 11/16	5/8	1 11/16	1 1/8	66	78	29 5/8	37 1/4	30	37 3/4	7/8
1 3/4	11/16	1 3/4	1 1/8	66 1/4	78 1/4	29 1/2	38	30	38	1

ΠΙΝ. Ι8ε Ανθρωποθυρίδα 36 (IN)

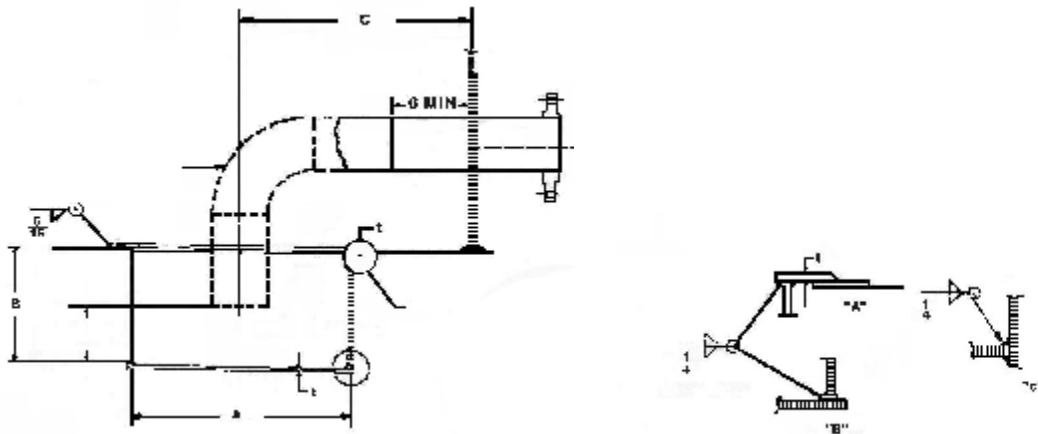
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
3/16	3/16	3/16	3/16	78	38 5/8	40 1/4	36	37 3/4	37 3/4	3/16
1/4	3/16	1/4	1/4	78	38 1/2	40 1/2	36	38	38	1/4
5/16	3/16	5/16	5/16	77 3/4	38 3/8	40 1/2	36	38 1/4	38 1/4	5/16
3/8	3/16	3/8	3/8	77 3/4	38 1/4	40 3/4	36	38 1/2	38 1/2	3/8
7/16	3/16	7/16	7/16	77 1/4	38 1/8	40 3/4	36	38 3/4	38 3/4	3/8
1/2	3/16	1/2	1/2	77 1/4	38	41	36	39	39	3/8
9/16	3/16	9/16	9/16	77	37 7/8	41	36	39 1/4	39 1/4	3/8
5/8	1/4	5/8	5/8	76 3/4	37 3/4	41 1/4	36	39 1/2	39 1/2	3/8
11/16	1/4	11/16	11/16	76 1/2	37 5/8	41 1/4	36	39 3/4	39 3/4	3/8
3/4	1/4	3/4	3/4	76 1/2	37 1/2	41 1/2	36	40	40	3/8
13/16	5/16	13/16	3/4	76 1/4	37 3/8	41 1/2	36	40 1/4	40 1/4	3/8
7/8	5/16	7/8	7/8	76 1/4	37 1/4	41 3/4	36	40 1/2	40 1/2	3/8
15/16	5/16	15/16	7/8	76 1/4	37 1/8	41 3/4	36	40 3/4	40 3/4	7/16
1	3/8	1	1	76 3/4	37	42	36	41	41	7/16
1 1/16	3/8	1 1/16	1	76 3/4	36 7/8	42	36	41 1/4	41 1/4	7/16
1 1/8	3/8	1 1/8	1	77	36 3/4	42 1/4	36	41 1/2	41 1/2	1/2
1 3/16	7/16	1 3/16	1	77	36 5/8	42 1/4	36	41 3/4	41 3/4	9/16
1 1/4	7/16	1 1/4	1	77 1/4	36 1/2	42 1/2	36	42	42	9/16
1 5/16	7/16	1 5/16	1	77 1/4	36 3/8	42 1/2	36	42 1/4	42 1/4	5/8
1 3/8	1/2	1 3/8	1	77 1/2	36 1/4	42 3/4	36	42 1/2	42 1/2	5/8
1 7/16	1/2	1 7/16	1	77 1/2	36 1/8	42 3/4	36	42 3/4	42 3/4	11/16
1 1/2	9/16	1 1/2	1	77 3/4	36	43	36	43	43	3/4
1 9/16	9/16	1 9/16	1 1/8	77 3/4	35 7/8	43	36	43 1/4	43 1/4	3/4
1 5/8	9/16	1 5/8	1 1/8	78	35 3/4	43 1/4	36	43 1/2	43 1/2	13/16
1 11/16	5/8	1 11/16	1 1/8	78	35 5/8	43 1/4	36	43 3/4	43 3/4	7/8
1 3/4	5/8	1 3/4	1 1/8	78 1/4	35 1/2	43 1/2	36	44	44	1



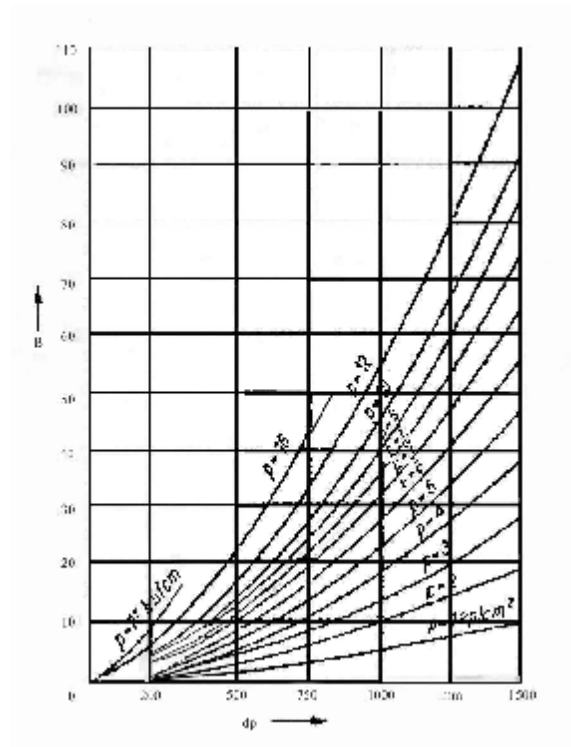
Σχ. Ι₁ Σχηματική παράσταση διάταξης ελασμάτων οροφής και πυθμένα.(10)



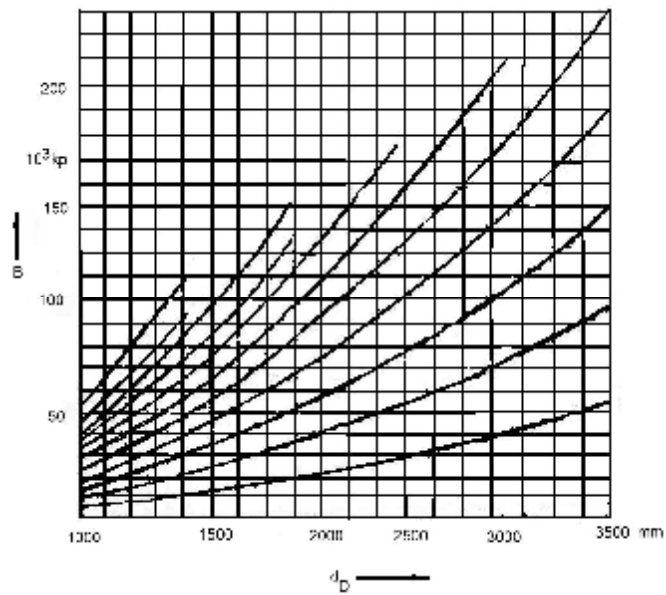
Σχ.Ι₃ Τυπική παράσταση σωλήνα εισόδου-εξόδου.(10)



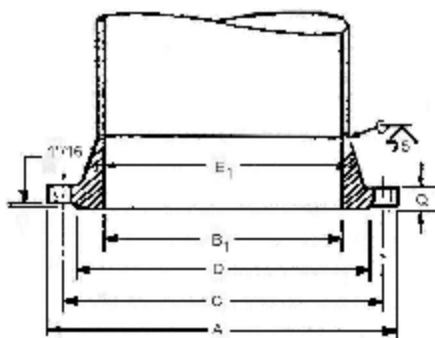
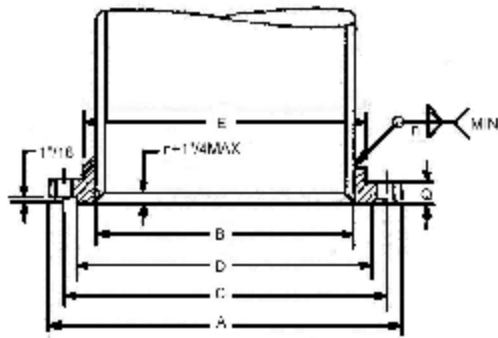
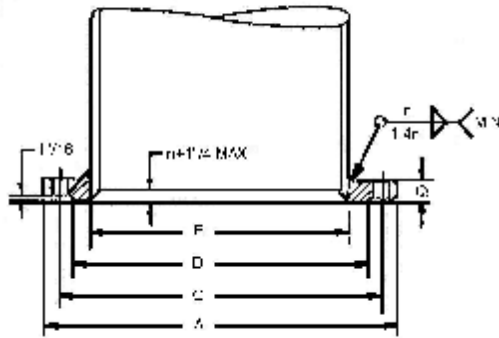
Σχ. Ι4 Τυπική λεκάνη αποστράγγισης.



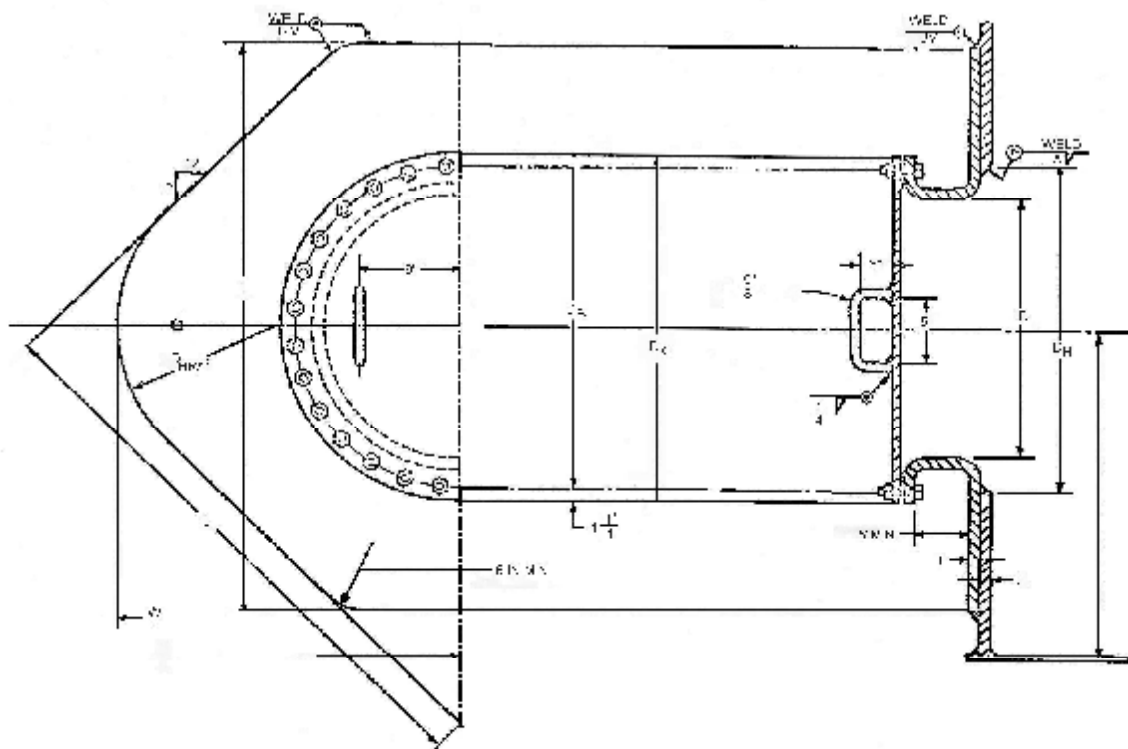
Σχ.ΙΙ₅ Τιμές B για $d_D = 1500$ mm



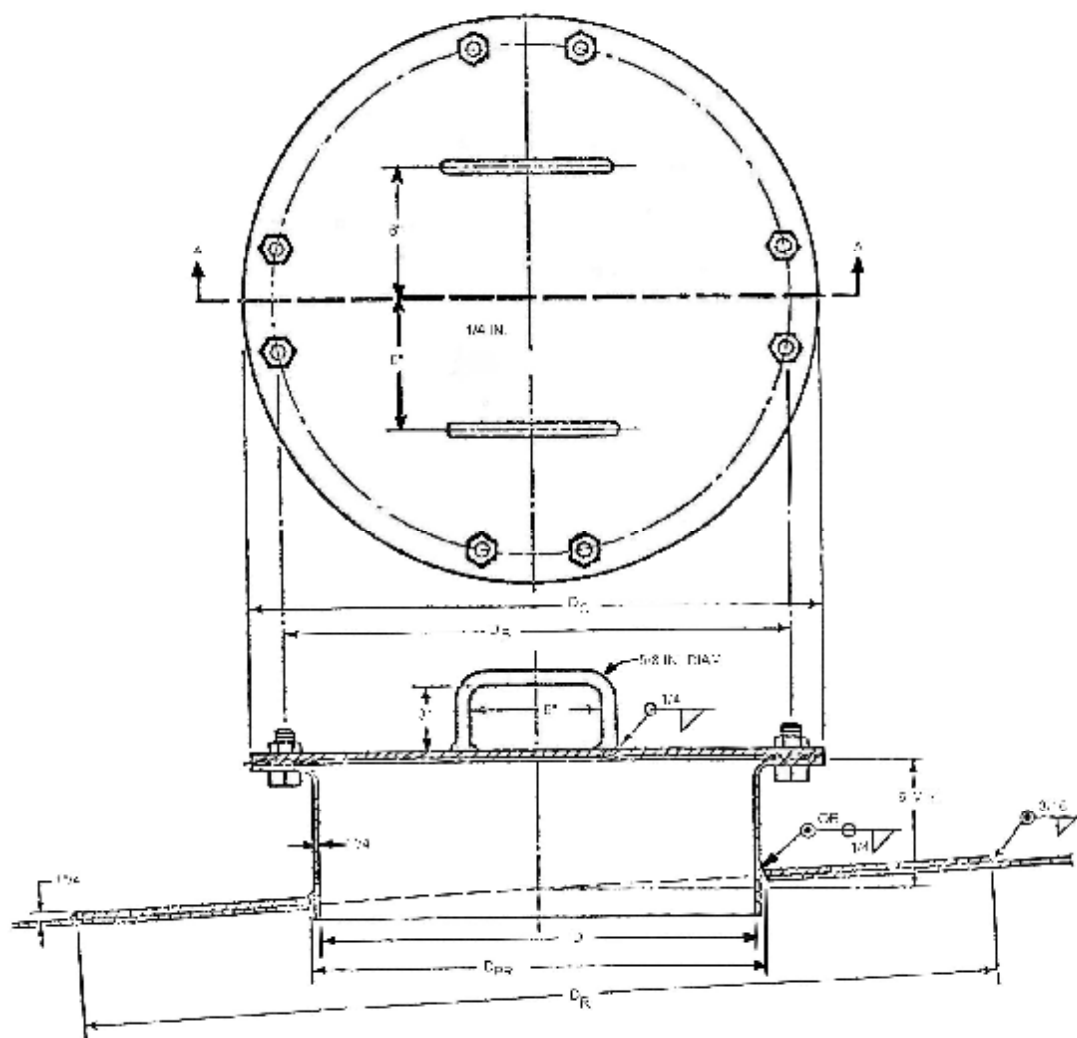
Σχ. ΙΙ₆ Τιμές B για d_D 1000-3500 mm



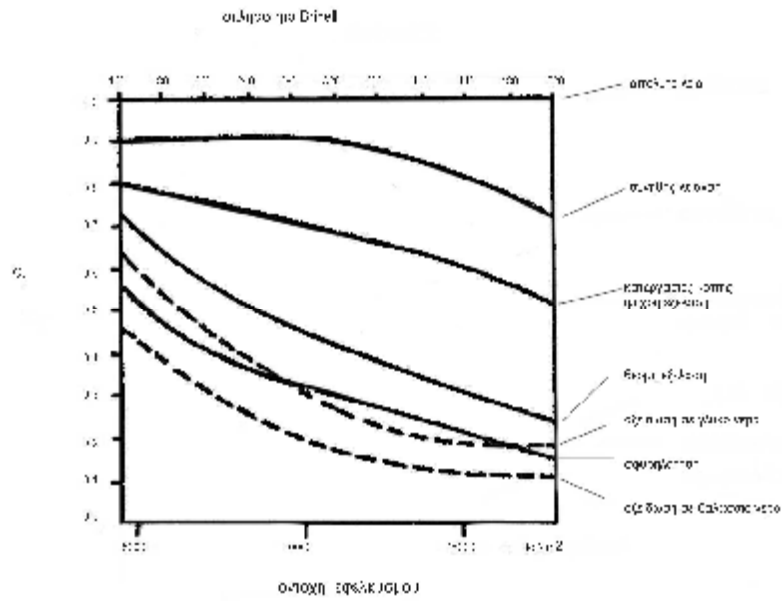
Σχ.Ι₇ Τυπική φλάντζα σωλήνα.



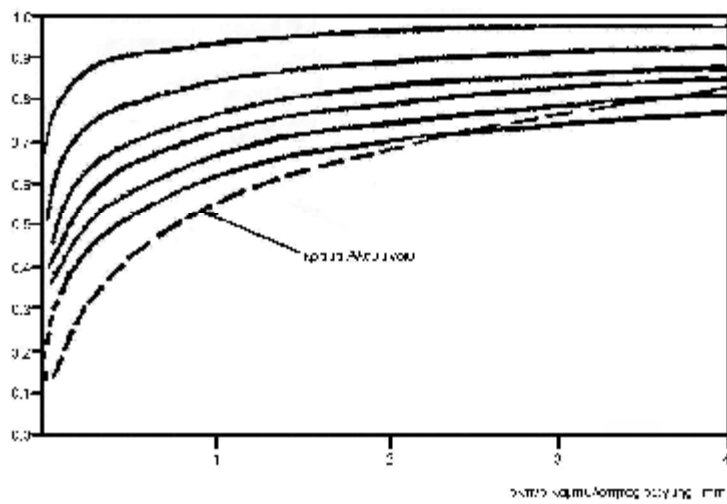
Σχ.Ι₈ Ανθρωποθυρίδα κελύφους



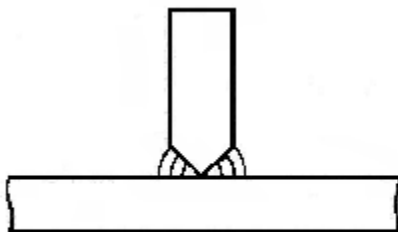
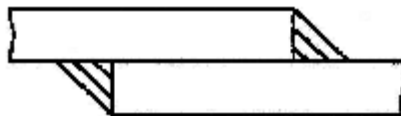
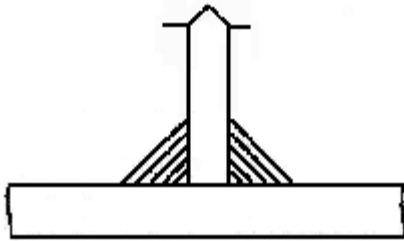
Σχ.Ι9 Τυποποιημένη ανθρωποθυρίδα οροφής



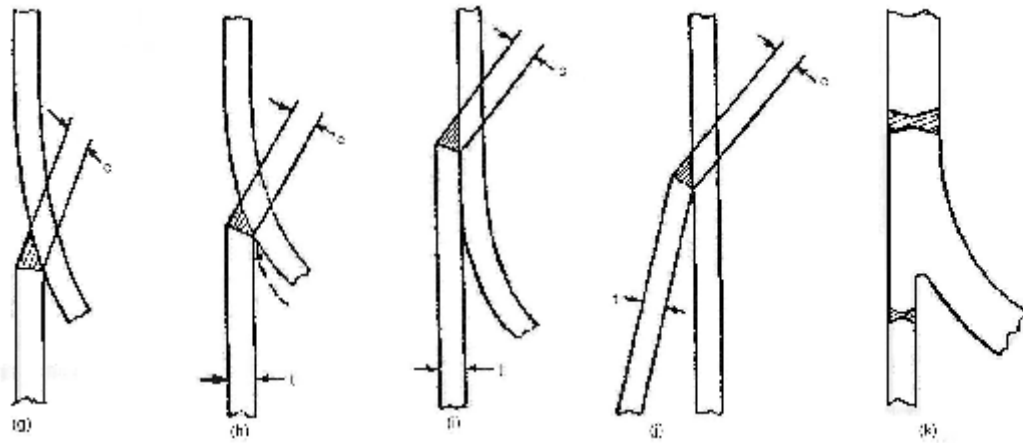
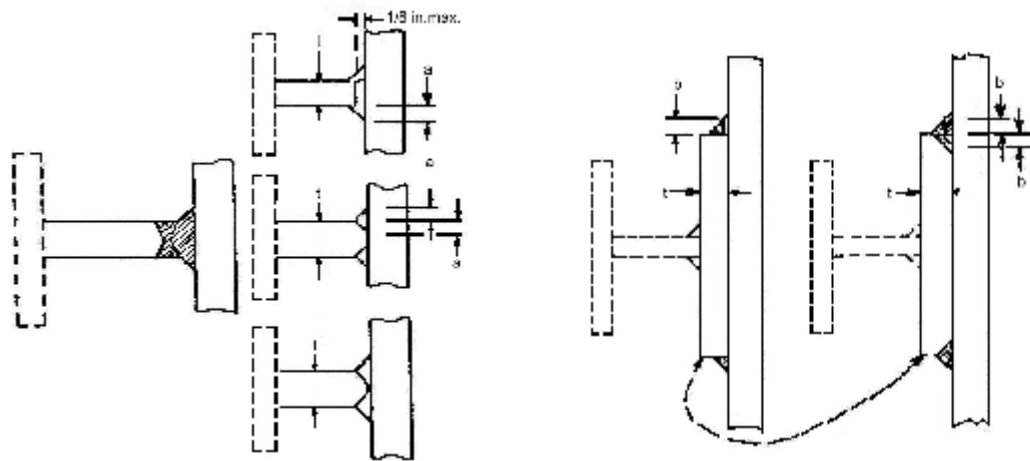
Σχ. II₁ Συντελεστής επιφανειακής κατεργασίας CF



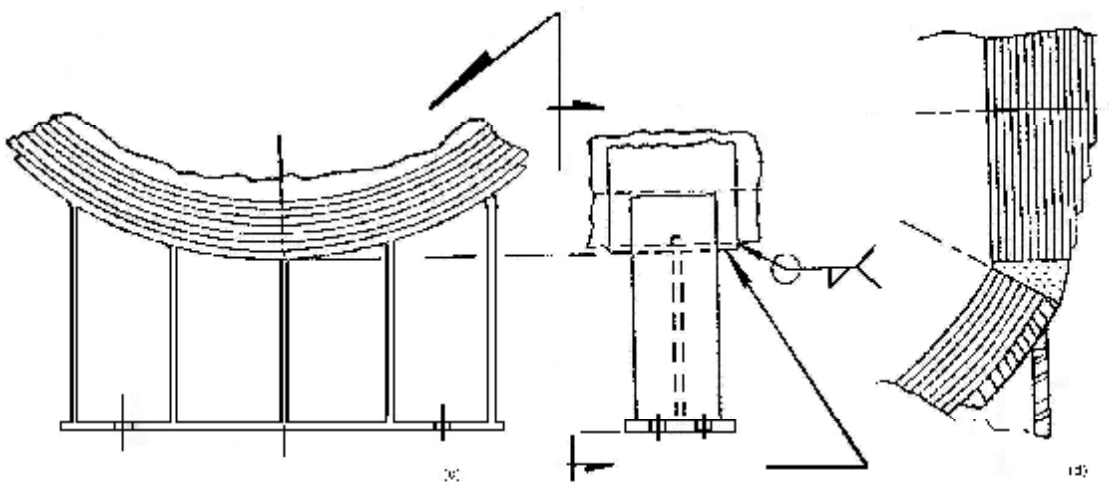
Σχ. II₂ Συντελεστής ευαισθησίας σε ρωγμές.



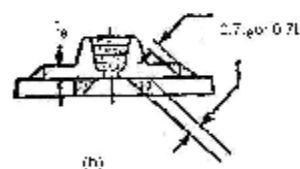
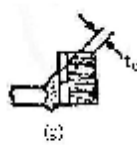
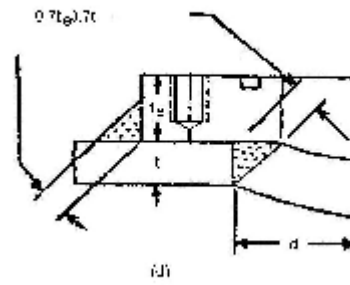
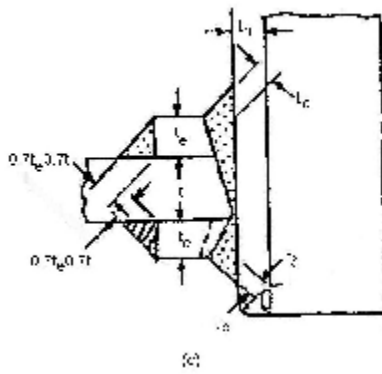
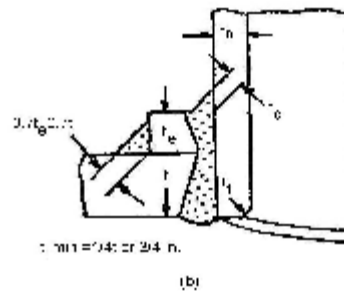
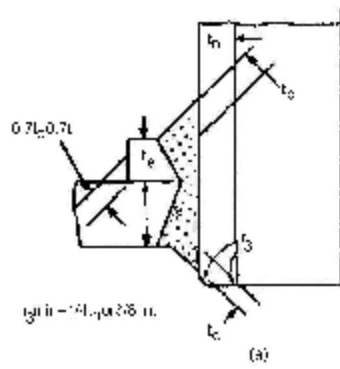
Σχ.ΙΙ₃ Συντελεστής απομείωσης συγκόλλησης



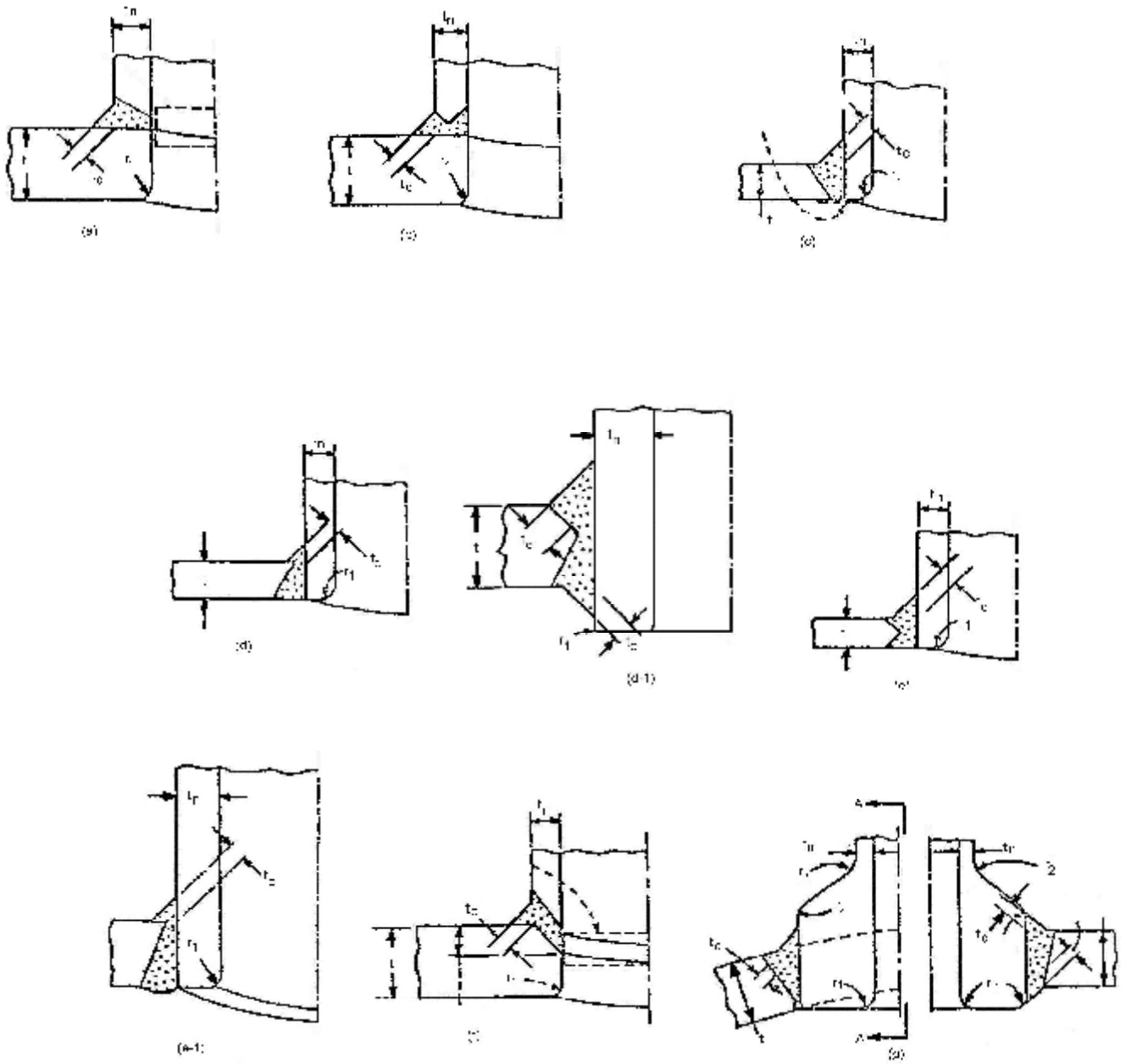
Σχ.ΙΙ_{4α} Τυπική στήριξη σφαιρικού δοχείου (11).



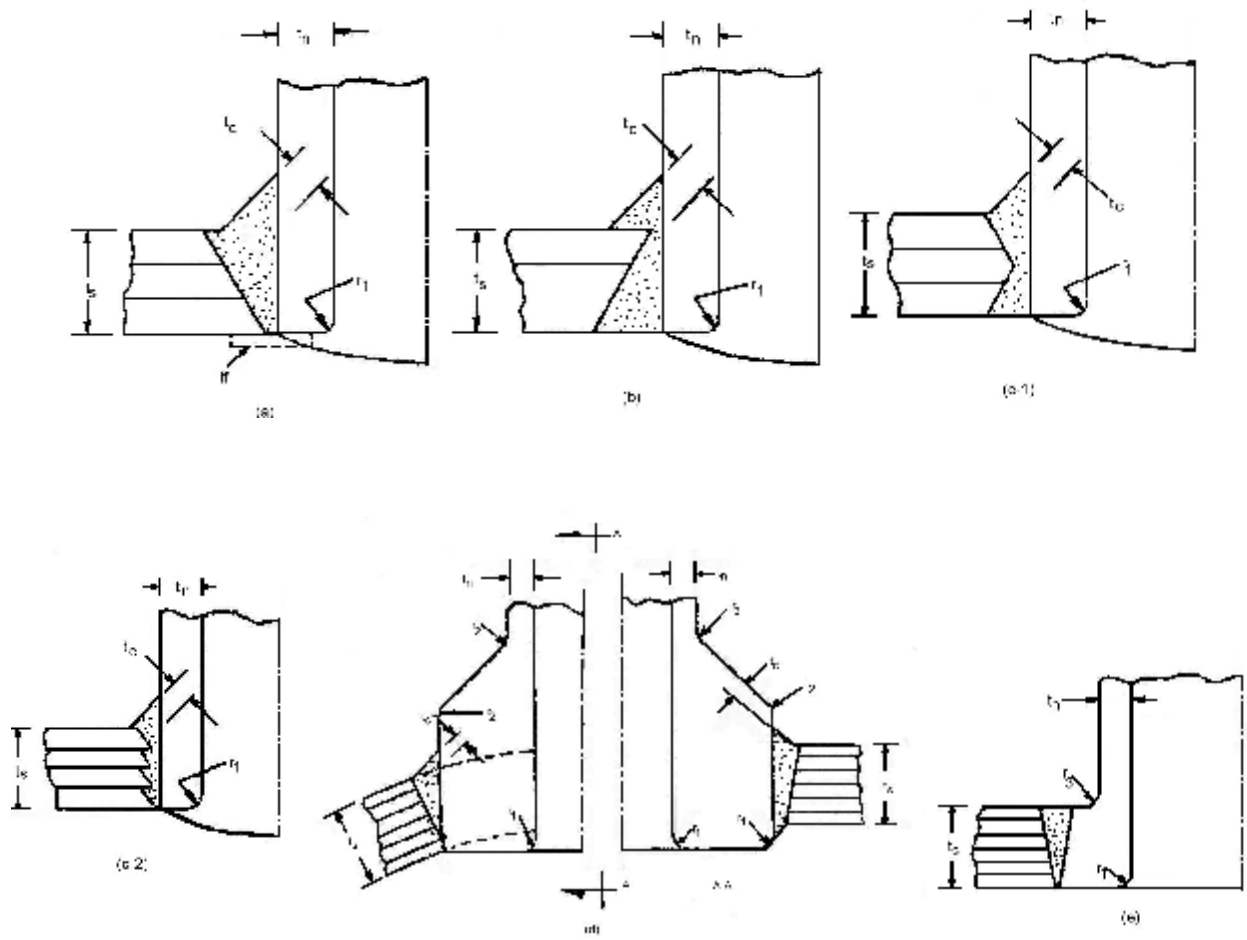
Σχ.ΙΙ_{4β} Τυπική στήριξη σφαιρικού δοχείου



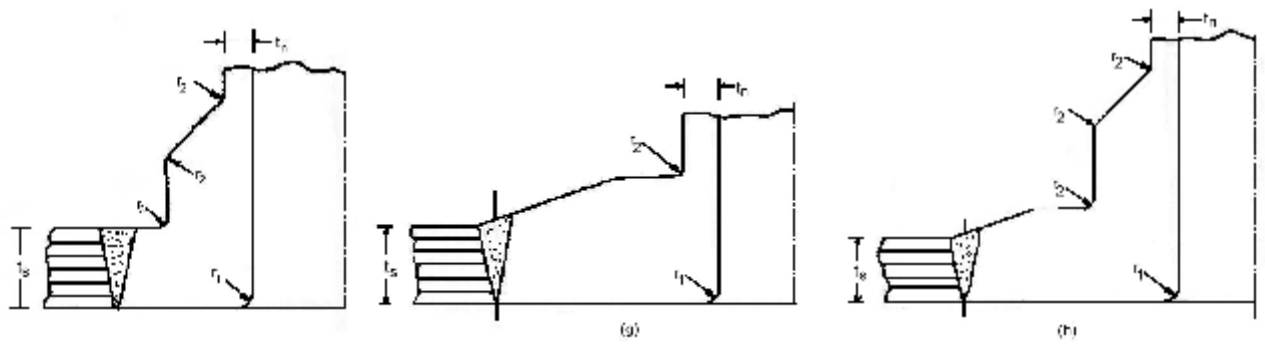
Σχ.ΙΙ_{5α} Τυπική κόλληση σωλήνων (11)



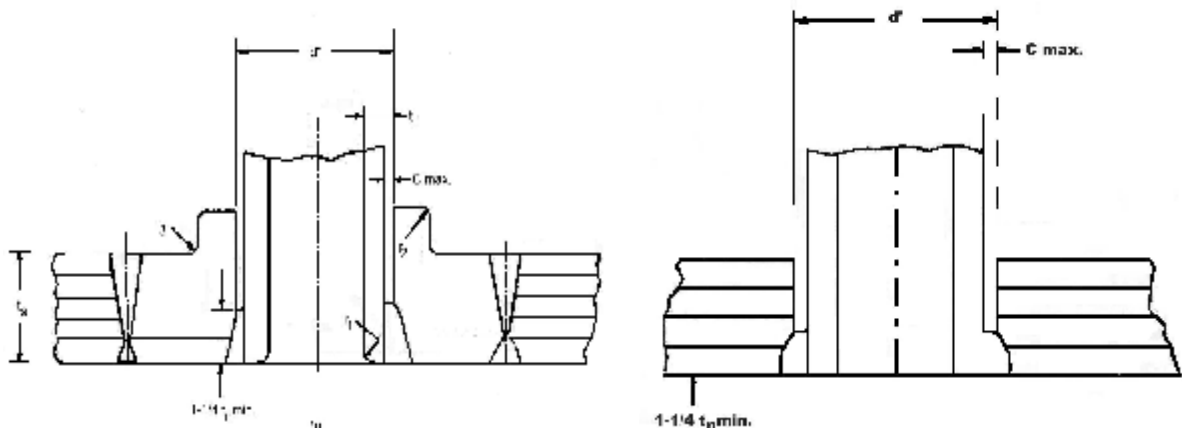
Σχ.ΙΙ_{5β} Τυπική κόλληση σωλήνων

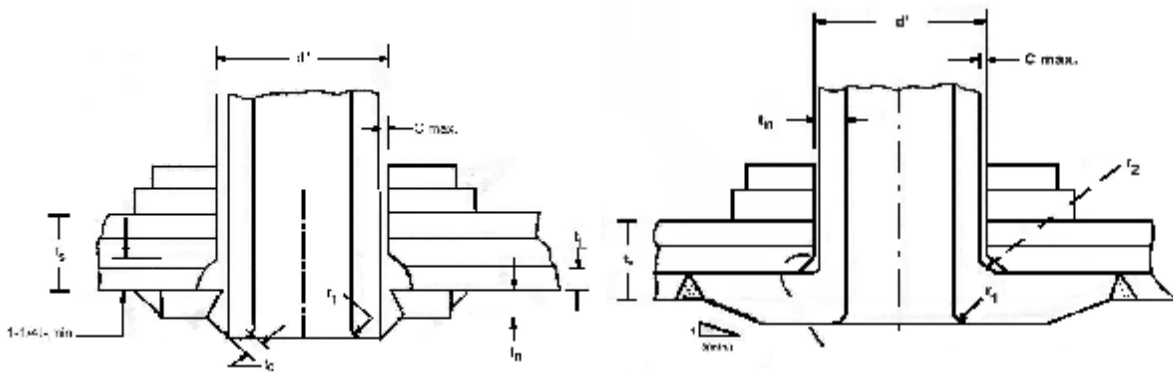


Σχ.ΙΙ_{5γ} Τυπική κόλληση σωλήνων



Σχ.ΙΙ_{5γ} Τυπική κόλληση σωλήνων





Σχ. Π55 Τυπική κόλληση σωλήνων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **TIMOSHENKO S.** Strength of materials, Part I, van nostrand New York, 1958.
2. **TIMOSHENKO S.** Strength of materials, Part II, van nostrand New York, 1958.
3. **NIEMANN, G.** maschinenelemente, springer verlag, Band I, 1975.
4. **Mc. GRAW HILL**, Shock and vibration handbook, New York.
5. **Mc. GRAW HILL**, Formulas for stress and strain, New York.
6. **Mc. GRAW HILL**, Cheminal engineering Deskbook, April 1978.
7. **Mc. ADAMS**, Heat Transmission, Mc. GRAW HILL, New York.
8. **HOUSNER, G.W.** Proc. 1952 symposium on Earthquake and Blast effects on structures, Earthquake eng. Research Inst., San Fransisco, 1952.
9. **Earthquake Resistant Design of Buildings**, Structures, and Tank Towers, 1950, Pacific Fire Rating Bureau, San Francisco, Calif.
10. **Y.G.B.** Kraftwerke 1978.
11. **ΔΗΜΑΡΟΓΚΩΝΑ, Α.** Στοιχεία μηχανών, Τόμος I, Πάτρα 1979.
12. **Κανονισμοί κατά API 650/1979.**
13. **Κανονισμοί κατά ASME 8 DIVISION 2.**
14. **ΠΑΠΑΝΙΚΑΣ Δ.** Εφαρμοσμένη ρευστομηχανική, Τόμος II, Πάτρα 1980.