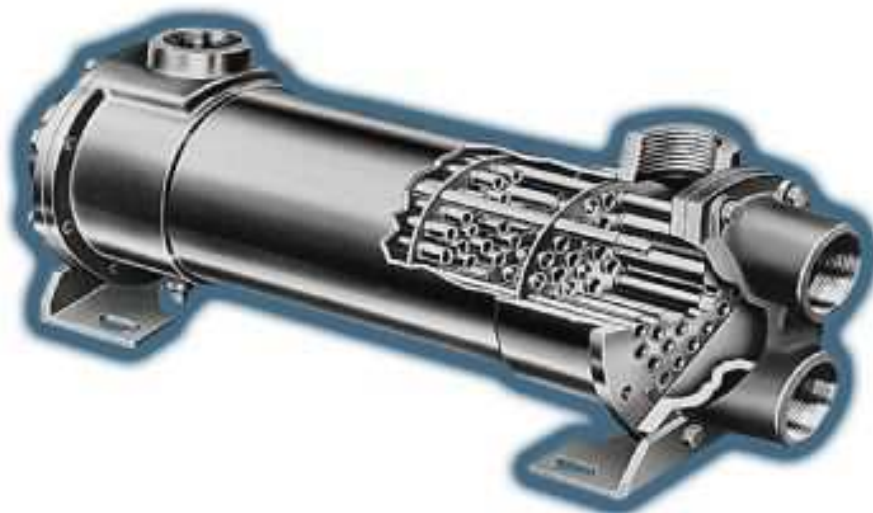


ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΝΤΙΠΡΟΗΣ
ΜΕ ΔΕΣΜΗ ΣΩΛΗΝΩΝ



Σπουδαστής: Σκαμάγκας Κλέαρχος
Εισηγητής: Παξινός Κοσμάς

Ηράκλειο 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην ακόλουθη πτυχιακή εργασία περιλαμβάνονται θεωρητικά μέρη με πληροφορίες για εναλλάκτες θερμότητας. Στην συνέχεια αναλύεται εκτενέστερα τροποποιημένη άσκηση από το βιβλίο του Κτενιαδάκη <<Εφαρμογές μετάδοσης θερμότητας >> για εναλλάκτη αντιρροής με δέσμη σωλήνων. Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνεται η διαδικασία από την επιλογή του εναλλάκτη και τη δέσμη σωλήνων έως το πάχος της φλάντσας και τον έλεγχο των δακτυλίων

ABSTRACT

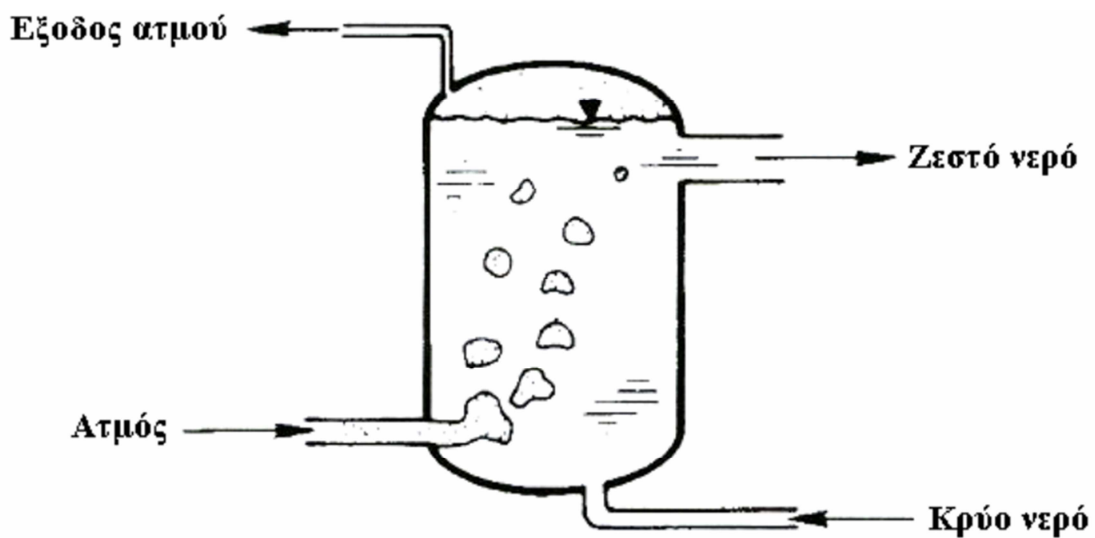
The following thesis includes theoretical parts with information on heat exchangers. Then analyzed extensively modified exercise from the book of Mr. Kteniadaki << Εφαρμογές μετάδοσης θερμότητας >> for heat reflux beam pipe. It includes the process of selecting the heat exchanger and the tube bundle to the thickness of flantsas and control rings.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

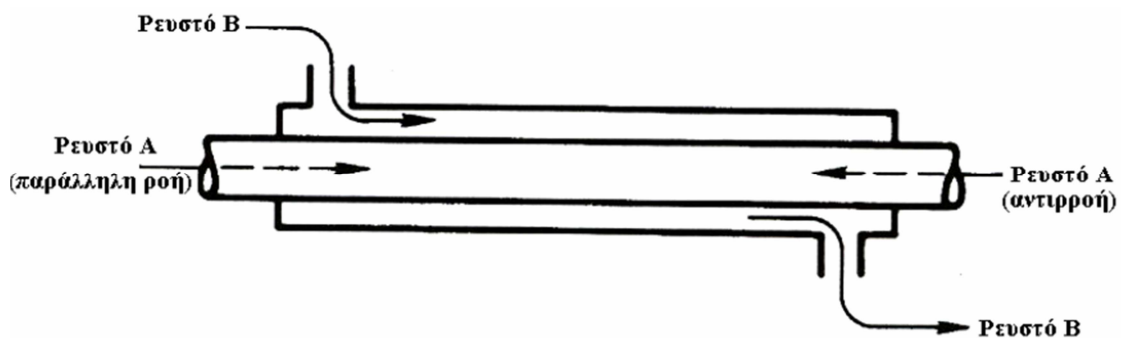
Όπως υποδηλώνει το όνομα, ένας εναλλάκτης θερμότητας είναι μια συσκευή που ανταλλάσσει θερμότητα μεταξύ δύο ρευστών (αέριο ή υγρό) τα οποία βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες . Απλά παραδείγματα είναι , η θέρμανση του καλοριφέρ, όπου το ζεστό νερό θερμαίνει τον ψυχρό αέρα για να θερμάνει ένα δωμάτιο, και στο αυτοκίνητο , όπου το ψυγείο ψύχει το νερό που προέρχεται από τον κινητήρα με αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον.

Διακρίνονται δύο τύποι εναλλακτών θερμότητας , ο άμεσης επαφής και ο έμμεσης επαφής. Στον άμεσης επαφής υπάρχουν ρευστά σε διαφορετική φάση που έρχονται σε άμεση επαφή, ανταλλάσσουν θερμότητα και στη συνέχεια διαχωρίζονται πάλι(A) και στον έμμεσης επαφής, τα δύο ρευστά παραμένουν συνεχώς χωρισμένα και η θερμότητα μεταφέρεται μέσω διαχωριστικής επιφάνειας (B).

A.



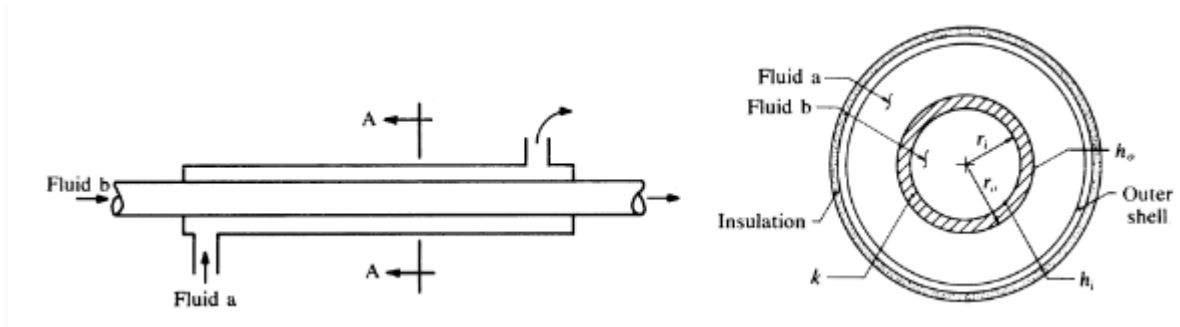
B.



Βασικές μορφές εναλλακτών έμμεσης επαφής.

1. Απλοί εναλλάκτες αυλών - κελύφους (shell and tube).

Είναι η πλέον απλή μορφή εναλλάκτη και αποτελείται από δυο σωλήνες όπως στο παρακάτω σχήμα:

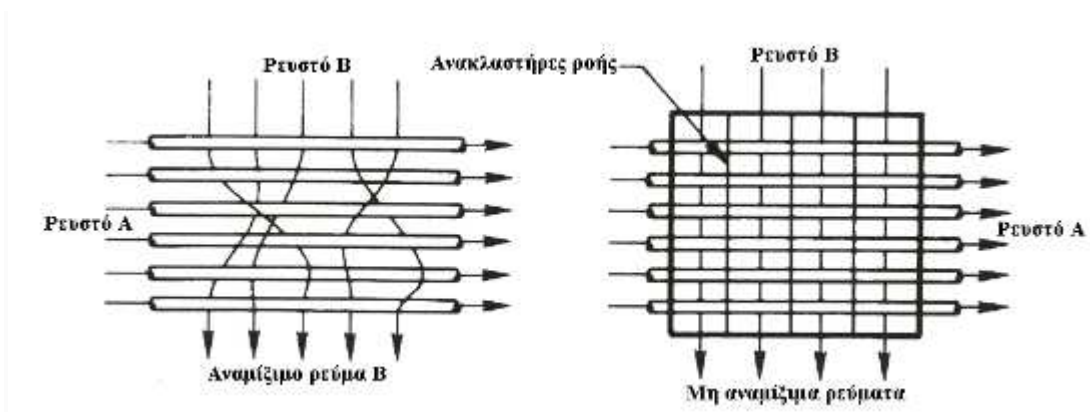


όπου το ρευστό (α) ανταλλάσει θερμότητα με το ρευστό (β) μέσω της επιφάνειας της ενδιάμεσης σωλήνας k .

Αν και τα δυο ρευστά κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση σε παράλληλη ροή, η διεργασία χαρακτηρίζεται **ομοροή (parallel-flow)**, ενώ αν κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις χαρακτηρίζεται ως **αντιροή (counter-flow)**.

2. Εναλλάκτες σταυρωτής ροής (cross flow).

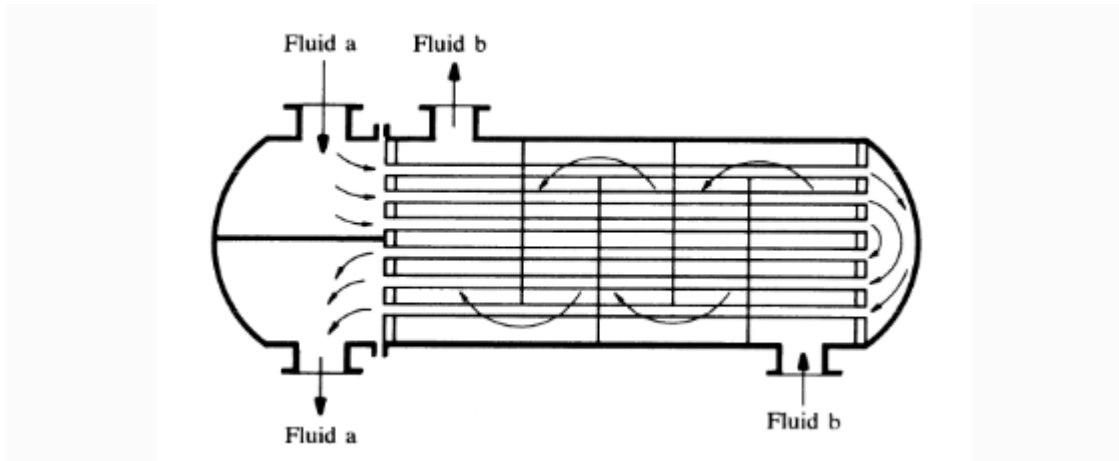
Έτσι ονομάζονται οι εναλλάκτες θερμότητας που η ροή του ενός ρευστού είναι κάθετη προς το επίπεδο ροής του δεύτερου ρευστού όπως στο παρακάτω σχήμα:



και χρησιμοποιούνται κυρίως όταν το ρευστό Β είναι αέρας.

3. Εναλλάκτες μικτής ροής.

Έτσι ονομάζονται οι εναλλάκτες στους οποίους η ροή δεν είναι καθαρά ένα από τα παραπάνω είδη, αλλά συνδυασμός αυτών, όπως στον εναλλάκτη δέσμης σωλήνων με ανακλαστήρες στο ακόλουθο σχήμα



όπου η ροή είναι συνδυασμός ομορροής, αντιρροής και σταυρωτής ροής.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΝΤΙΡΡΟΗΣ ΤΥΠΟΥ ΔΕΣΜΗΣ
ΣΩΛΗΝΩΝ

Παροχή νερού 1500 kg/h, θερμοκρασίας 25 °C, θερμαίνεται σε εναλλάκτη αντιρροής ,μέχρι θερμοκρασίας 67,5 °C. Η θέρμανση γίνεται με θερμό νερό από λέβητα θερμοκρασίας 85 °C, παροχής 2000kg/h.

Δεδομένα:

Θερμό νερό (h): απο λέβητα

Ψυχρό νερό (c): νερό για θέρμανση

$$\theta_{hi} = 85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_{ho} = 53.1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_{ci} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_{co} = 67,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_h = 2000 \text{ kg/h} = 0.5555 \text{ kg/s}$$

$$m_c = 1500 \text{ kg/h} = 0.4167 \text{ kg/s}$$

$$c_h = c_c = 4195 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{K}$$

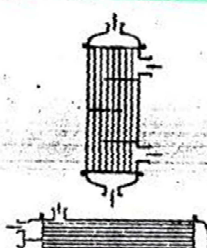
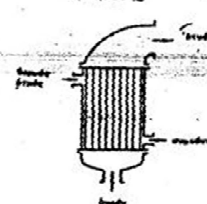
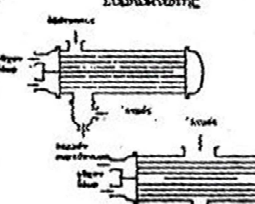
$$U = 675 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$\rho_i = 989.1 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_o = 981.7 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda_i = 0.638 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$\lambda_o = 0.669 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

VDI-Wärmeatlas 2. Auflage 1974	'Επιλεγμένοι συντελεστές μεταδόσεως θερμότητας είνε μερικά είδη έναλλακτών θερμότητας	Cb 5
<p>3. 'Επιλεγμένοι συντελεστές μεταδόσεως θερμότητας είνε μερικά είδη έναλλακτών θερμότητας.</p> <p>Αί συγκρινωθείσθαι κληρονομακά τιμάς χρησιμεύουν διά τών επιλεγμένων συντελεστών τών έναλλακτών θερμότητας. Αί μικρότεροι τιμάς ίσχύουν διά σχετικάς δυσμενείς αναλογίας (εχ. μικρά ταχύτης ροής, υγρόν ζέωδες, έλευθερά συναγωγή, ροπή είνε άκαθαράς), αί μεγάλοι τιμάς διά λίαν εύνοικάς συνθήκας (εχ. μεγάλη ταχύτης ροής, λεκτέρευσα υγρόν, εύνοικαί ποσοτικά αναλογίας τών δύο ουσίμων μεταξύ τών καθάρων επιφανειών). Οί άναφερόμενοι συντελεστές μεταδόσεως θερμότητας δύνανται, είνε είνε κός περιπτώσεις, νά παραβιασθόντος τή άνω ή κός τή κάτω διά τούτο κρέμα νά χρησιμοποιηθώνται μέ τήν άδουσαν προσοχήν καί σκέψιν. Είνε τή άσπαιρικήν δέν λυαμένην τάσ όε' όελν ή άνεύσταίς είνε τήν άγωγήν τών μονοκινών καί ποσότητας τών σπυρίων.</p>		
ΕΙΔΟΣ ΚΑΤΑΚΕΥΣΗΣ	ΠΡΟΤΥΠΟΕΙΣ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ	Θερμότητα τμήτ 10% Δ, 2, 2m ² K
<p>Έναλλάκτης μετά όόουης σπλήνων</p> 	<p>Αέριου(11 bar) προς άέριον (=1 bar)</p> <p>Αέριον ύψηλής πίεσεως(200...300bar)έξω τών σπλήνων Αέριον ύψηλής πίεσεως(200...300bar)έντός τών σπλήνων</p> <p>Υγρόν προς άέριον (=1 bar)</p> <p>Αέριον ύψηλής πίεσεως (200...300 bar) έντός τών σπλήνων Υγρόν προς τών σπλήνων</p> <p>Υγρόν προς υγρόν</p> <p>Θερμός άτμός κέρει τών σπλήνων Υγρόν είνε τούς σπλήνας ές έξασπυτής καί συμπυκνωτής ζέει κάτω</p>	<p>5-35</p> <p>150-600</p> <p>15-70</p> <p>200-400</p> <p>150-1200</p> <p>300-1200</p>
<p>Έξασπυτής</p> 	<p>Θερμός άτμός κέρει τών σπλήνων</p> <p>1. Είνε φυσική κυκλοφορία</p> <p>α) ζέωδες υγρόν β) λεκτέρευσα υγρόν</p> <p>2. Είνε βελιστημένη κυκλοφορία</p> <p>NH₃- έξασπυτής θερμαινόμενος διά άλατούχα ύδατος</p>	<p>300-900</p> <p>800-1700</p> <p>900-3000</p> <p>200-800</p>
<p>Ελαστικωτής</p> 	<p>Υγρόν όόου έντός τών σπλήνων Οργανικός άτμός καί NH₃ κέρει τών σπλήνων</p> <p>Συμπυκνωτής άτμοσ στροβίλων (καθαρός άτμός H₂O, λεκταί άσερχέλιμοι σπλήνες)</p> <p>Η τιμή του k είνε τήν αύξανόμενη του ποσοτού όόουνοθε άέριου</p>	<p>300-1200</p> <p>1500-4000</p>

Επιλογή U βάσει πίνακα (150+1200)/2=675 W/m² · K

Αφού έχουμε πλήρη δεδομένα για το ένα ρευστό (c), υπολογίζουμε τη συναλλασσόμενη θερμική ισχύ \dot{q}

$$\begin{aligned}\dot{q} &= M_c \cdot C_c \cdot \Delta\theta_c \\ \dot{q} &= M_c \cdot C_c \cdot (\theta_{co} - \theta_{ci})\end{aligned}$$

$$\dot{q} = 0,4167 \cdot 4179 \cdot (67,5 - 25)$$

$$\dot{q} = 74000\text{W}$$

Και η άγνωστη θερμοκρασία εξόδου θ_{ho} βρίσκεται από την όμοια σχέση.

$$\begin{aligned}\dot{q} &= M_h \cdot C_h \cdot \Delta\theta_h \\ \dot{q} &= M_h \cdot C_h \cdot (\theta_{hi} - \theta_{ho})\end{aligned}$$

$$74000 = 0,5555 \cdot 4179 \cdot (85 - \theta_{ho})$$

$$\theta_{ho} = 53,1$$

Για να βρεθεί η ζητούμενη επιφάνεια συναλλαγής A, πρέπει πρώτα να υπολογιστεί η $\Delta\theta_m$

$$\Delta\theta_m = \frac{(\theta_{hi} - \theta_{co}) - (\theta_{ho} - \theta_{ci})}{\ln\left(\frac{(\theta_{hi} - \theta_{co})}{(\theta_{ho} - \theta_{ci})}\right)}$$

$$\Delta\theta_m = \frac{(\theta_{hi} - \theta_{co}) - (\theta_{ho} - \theta_{ci})}{\ln\left(\frac{(\theta_{hi} - \theta_{co})}{(\theta_{ho} - \theta_{ci})}\right)}$$

$$\Delta\theta_m = \frac{(85 - 67,5) - (53,1 - 25)}{\ln\left(\frac{(85 - 67,5)}{(53,1 - 25)}\right)}$$

$$\Delta\theta_m = 22,4^\circ\text{C}$$

Με γνωστή τη θερμική ισχύ $\dot{q} = 74000\text{W}$ και $\Delta\theta_m = 22,4^\circ\text{C}$ αντικαθιστάμε στη παρακάτω εξίσωση

$$\begin{aligned}\dot{q} &= U \cdot A \cdot \Delta\theta_m \\ 74000 &= 675 \cdot A \cdot 22,4 \\ A &= 4,89\text{m}^2\end{aligned}$$

Nenn- durch- messer D	Stahl- Außen- durch- messer D ₂	Wanddicke des Mantels (Nichtmaß!) S ₁ mm			D ₁ Kreis- kreis d ₁	Anzahl der Längs- nägel Z	Anzahl der Längs- nägel Z			Wärme- übertragung Koeffizient k ₁ m ²
		unlegierte Stähle S ₁	legierte Stähle S ₂	ein- seitig wirkende Schicht			per Längs- nägel Z	per Längs- nägel Z	per Längs- nägel Z	
150	158	4,0	—	4	143,2	2	14	14	—	1,1
200	210	5,0	—	4	151	2	25	14	—	2,5
250	273	6,0	—	4	247,7	2	44	21	—	3,5
300	324	7,0	—	6	296	2	60	23	—	5,0
350	375	8	6	4	325	4	68	13	12	5,0
400	430	8,8	6	4	382,6	4	86	23	21	6,5
500	538	—	6	4	481,5	4	104	40	42	12,9

Από τον πίνακα μπορώ να επιλέξω :

4,89/1,1= 4,45m από τον εναλλάκτη ονομαστικής διαμέτρου 150 mm

ή 4,89/2=2,45 m από τον εναλλάκτη ονομαστικής διαμέτρου 200 mm

ή 4,89/3,5=1,40 m από τον εναλλάκτη ονομαστικής διαμέτρου 250 mm

ή 4,89/5,2=0,94 m από τον εναλλάκτη ονομαστικής διαμέτρου 300 mm

κ.ο.κ με ανώτερο μήκος τα 500 mm που μπορούν να τυποποιηθούν σε μήκη αντίστοιχα, βάσει της σελίδας 63:

(4,5m) του 150

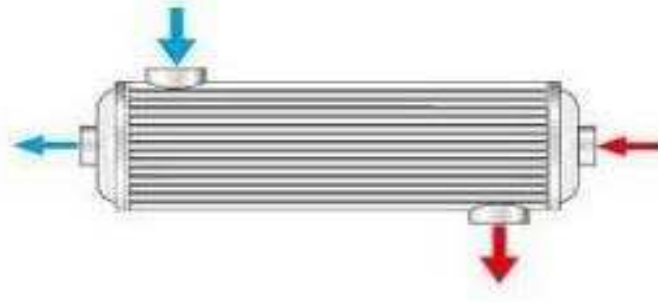
ή 2,5m του 200

ή 1,5m του 250

ή 1,0m του 300, ανάλογα με τον διαθέσιμο χώρο

Αν τον κατασκευάσουμε μόνοι μας, τον κάνουμε όσο θέλουμε. Εδώ θα προτιμήσω τον εναλλάκτη με τα 200mm στα 2,5m μήκους δέσμης σωλήνων, σαν ακριβέστερη προσέγγιση.

Εδώ λοιπόν είναι ο εναλλάκτης μας



Μόνο σε μαύρο χάλυβα, 5,9 mm πάχος που θα ελεγχθεί, με 26 σωληνάκια εξωτερικής διαμέτρου 25mm και πάχους 2,5mm.

Στην συνέχεια θα προσπαθήσουμε να πραγματοποιήσουμε (επαληθεύσουμε) κατασκευαστικά το $U=675 \text{ W/m}^2\text{K}$ που πήραμε.

Από το Warheatlay βρίσκω τις τιμές για τα 2 ρευστά μέσα, και έξω τις μέσες θερμοκρασίες τους για 1 bar πίεση.

Εντός : $\rho_i = 989,1 \text{ kg/m}^3$ εκτός: $\rho_0 = 981,7 \text{ kg/m}^3$

$$\lambda_i = 0,638 \text{ W/mK}$$

$$\lambda_0 = 0,669 \text{ W/mK}$$

$$n_i = 602 \cdot 10^{-6} \text{ kg/ms} \quad n_0 = 255 \cdot 10^{-6} \text{ kg/ms}$$

$$Pr_i = 3,96$$

$$Pr_0 = 1,37$$

$$Re = \frac{w \cdot d_i \cdot \rho_i}{n_i} = \frac{1 - 0,02 - 989,1}{602 \cdot 10^{-4}} = 32860$$

$$Re = \frac{w \cdot d_i \cdot \rho_i}{n_i} = \frac{1 - 0,025 - 981,7}{255 \cdot 10^{-4}} = 96245$$

Και στα δύο ρευστά οι τιμές είναι μεγαλύτερες από 2300, άρα οι ροές είναι τυρβώδης.

$$Nu_i = 0,024 [1 + (d_i/L)^{2/3}] \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,3} \cdot (nF/nW)^{0,14}$$

$$Nu_i = 0,024 [1 + (0,02/2,5)^{2/3}] \cdot 32860^{0,8} \cdot 3,96^{0,3} \cdot 1$$

$$Nu_i = 0,024 \cdot 1,04 \cdot 4105 \cdot 1,58 \cdot 1 = 162$$

$$Nu_o = 0.022 * Re^{0.6} * Pr^{0.3} * (nF/nW)^{0.14}$$

$$Nu_o = 0.024 * 96245 * 1.37^{0.3} * 1$$

$$Nu_o = 0.024 * 977 * 1.11 * 1.58 * 1 = 239$$

$$a_i = \frac{Nu_i * \lambda_i}{d_i} = \frac{162 * 0.638}{0.02} = 5168 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$a_o = \frac{Nu_o * \lambda_o}{d_o} = \frac{239 * 0.669}{0.025} = 6396 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{a_i} + \Sigma \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{a_o}\right)} \Sigma = \frac{d}{\lambda} = \frac{0.0025}{46.5} + \frac{1}{800}$$

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{5168} + \frac{0.0025}{46.5} + \frac{1}{800} + \frac{1}{6396}\right)} = 605 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Είναι μικρότερο, αλλά μπορώ να το δεχτώ.

$$F = \frac{74009}{605 * 22,4} = 5,46 \text{ m}^2$$

$$1,1 = 4,96 \text{ m των } 150 \text{ mm}$$

$$2,0 = 2,73 \text{ m των } 200 \text{ mm}$$

$$3,5 = 1,56 \text{ m των } 250 \text{ mm}$$

$$5,2 = 1,05 \text{ m των } 300 \text{ mm}$$

$$5,3 = 1,03 \text{ m των } 350 \text{ mm}$$

$$6,9 = 0,79 \text{ m των } 400 \text{ mm}$$

$$12,9 = 0,42 \text{ m των } 500 \text{ mm}$$

Η καλύτερη επιλογή είναι 1m των 350mm.

Επειδή άλλαξε το μήκος υπολογίζω το νέο Nu_i

$$Nu_i = 0.024[1+(0.02/1)^{2/3}] * 32860^{0.8} * 3.96^{0.3} * 1$$

$$Nu_i = 0,024 * 1,07 * 4105 * 1,58 * 1 = 107$$

$$a_i = \frac{107 * 0,638}{0.02} = 3413$$

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{3413} + 0,000054 + 0,001250 + 0,000156\right)} = \frac{1}{0,00175} = 571 \text{ W/m}^2\text{K}$$

μικραίνει η διαφορά.

$$\text{Νέο } F = \frac{74009}{571 * 22,4} = 5,79 \text{ m}^2$$

$$1,1 = 5,26\text{m των } 150\text{mm}$$

$$2,0 = 2,90\text{m των } 200\text{mm}$$

$$3,5 = 1,65\text{m των } 250\text{mm}$$

$$5,2 = 1,11\text{m των } 300\text{mm}$$

$$5,3 = 1,09\text{m των } 350\text{mm}$$

$$6,9 = 0,84\text{m των } 400\text{mm}$$

$$12,9 = 0,45\text{m των } 500\text{mm}$$

πιο κοντή στα 3,0m του 200άρη, τον ξανασυναντήσαμε τον ίδιο αλλά στα 2,5m.

$$\text{Οπότε } Nu_i = 0.024[1+(0.02/3)^{2/3}] * 4105 * 1,58 * 1$$

$$Nu_i = 0,024 * 1,0354 * 4105 * 1,58 * 1 = 161$$

$$a_i = \frac{161 * 0,638}{0.02} = 5136 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{5136} + 0,000054 + 0,001250 + 0,000156\right)} = \frac{1}{0,001655} = 604 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Εδώ καταλήγουμε με 3 εναλλάκτες τα 3m του 200άρη, τα 2,5m του ίδιου με καλύτερη την 1^η, δηλαδή πιο σίγουρη μετάδοση θερμότητας και το 1m του 300άρη.

Το επόμενο βήμα είναι να επαληθεύσουμε τις ταχύτητες των ρευστών

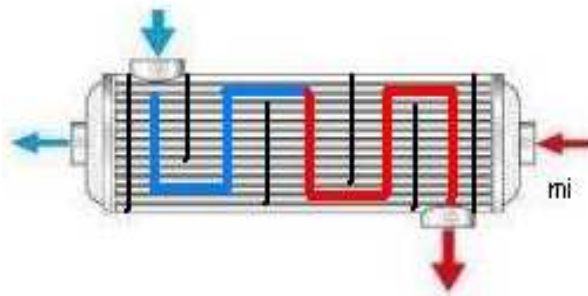
$$(W_i=W_o=1,0 \text{ m/s})$$

$$W_i = m_i / (3600 * \rho_i * f_i) = 2000 / (3600 * 989.1 * f_i)$$

$$f_i = z * \frac{\pi * d_i^2}{4} = 26 * \frac{\pi * (0.02)^2}{4} = 0.008164 \text{ m}^2$$

$$W_i = 0.688 \text{ m/s}$$

Η ταχύτητα είναι περίπου 15 φορές μικρότερη, που θα διορθωθεί αν διαμοιράσω τη διατομή της ροής, δηλαδή $26/5=5$ σωληνάκια ανά κατεύθυνση που γίνεται με φράγματα στα καλύμματα klopper, ή θα υποθέσουμε μια μικρότερη ταχύτητα αλλά θα πρέπει να ξαναγίνουν οι υπολογισμοί του U.



$$W_o = \frac{m_o}{3600 * \rho_o * f_o} = \frac{1500}{3600 * 981.7 * f_o} = 1 \text{ m/s} \Rightarrow f_o = 0.000424 \text{ m}^2$$

Στην συνέχεια πρέπει να υπολογιστεί η $f_o = \sqrt{f_H * f_V}$ σε 2 σημεία

- 1) Στο κυκλικό τμήμα κάτω από τους δίσκους αλλαγής πορείας f_V
- 2) Στο εγκάρσιο ορθογώνιο στη μέση του εναλλάκτη f_H όπου ορίζεται $f_H = S * N * (t - d_o)$, όπου S η απόσταση ανάμεσα σε 2 διαδοχικούς δίσκους, N=7 ο αριθμός των κενών μεταξύ των σωλήνων στο κέντρο της δέσμης, $t=0,032$ ο καταμερισμός των σωλήνων.

(πίνακας για N)

$$S = \frac{fV}{N(t-do)} = \frac{0.000424}{7(0.032-0.025)} = 0.00865m \lll 0.2*Di$$

Και θα χρειαστούν Α δίσκοι

$$A = \frac{L}{S} - 1 = \frac{2.5}{0.00865} - 1 = 288 \text{ δίσκους}$$

Υπερβολικά και τα 2 άρα θα επιλέξουμε πιο χαμηλή ταχύτητα $W_o=0.1m/s$

Οπότε $f_o = \frac{1500}{3600*981.7*0.1} = 0.00424 m^2$ και $S=0,0865 > 0,04$ και θα χρειαστώ

$$\frac{2.5}{0,00424} - 1 = 28 \text{ δίσκους αλλαγής πορείας ένα κάθε } 89mm$$

$F_V = f_s - zh \frac{\pi * do^2}{4}$ όπου f_s η επιφάνεια του κυκλικού τμήματος που πρέπει να καλυφθεί, z_h ο αριθμός των σωλήνων εντός των τμημάτων ύψους h

$$h = (Di/2) * [1 - \sin(\alpha/2)]$$

$$f_s = \frac{Di^2}{4} \left[\frac{\pi * \alpha}{360} - \eta \mu \frac{\alpha}{2} (1 - \sin \frac{\alpha}{2}) \right]$$

Η μέθοδος προβλέπει δοκιμές trial – error. Αφού υποθέσουμε μια γωνία, θα βρώ το h και θα μετρήσω τα σωληνάκια ώσπου $f_V = 0,00424 m^2$

Υποθετικά 22mm στο σχέδιο αντιστοιχούν στα 200mm= Do του εναλλάκτη .Κλίμακα περίπου 1mm=9.1mm πραγματικά

Έστω $\alpha=60^\circ$ $h = 191 * [1 - \sin 30^\circ] = 26mm = 3mm$ στο σχέδιο όπου περιλαμβάνονται 2 μισά = 1 σωληνάκι

$$f_s = \frac{0,191^2}{4} \left[\frac{\pi * 60}{360} - \eta \mu \frac{60}{2} (1 - \sin \frac{60}{2}) \right] = 0,00912 [0,523 - 0,5 * (1 - 0,866)] = 0,00416$$

Και

$$f_V = 0,00416 - 1 \frac{\pi * 0,02^2}{4} = 0,00416 - 0,000314 = 0,00385 \text{ ελάχιστα μικρότερο απο τη απαραίτητη } f_V = 0,00424$$

επαναλαμβάνω τα παραπάνω με $\alpha=68^\circ$ και βρίσκω

$$f_V = 0,00424 = f_H = f_o \text{ όπου θέλουμε για } W_o=0.1m/s$$

αυτή την ταχύτητα θα χρησιμοποιήσω για την επιλογή του εναλλάκτη και των διαδρομών του.

$$Re = \frac{w \cdot d_i \cdot \rho_i}{\eta_i} = \frac{0,1 - 0,02 - 989,1}{602 \cdot 10^{-4}} = 3286 > 2300$$

$$Nu_i = 0,024 [1 + (d_i/L)^{2/3}] \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,3} \cdot (nF/nW)^{0,14}$$

$$Nu_i = 0,024 [1 + (0,02/2,5)^{2/3}] \cdot 3286^{0,8} \cdot 3,96^{0,3} \cdot 1$$

$$Nu_i = 0,024 \cdot 1,04 \cdot 651 \cdot 1,58 \cdot 1 = 25,7$$

$$a_i = \frac{25,7 \cdot 0,638}{0,02} = 820 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{820} + 0,000054 + 0,001250 + 0,000156\right)} = \frac{1}{0,00268} = 373 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$F = \frac{74009}{373 \cdot 22,4} = 8,86 \text{ m}^2$$

1,1 = 8,05m των 150mm

2,0 = 4,43m των 200mm

3,5 = 2,53m των 250mm

5,2 = 1,70m των 300mm

5,3 = 1,67m των 350mm

6,9 = 1,28m των 400mm

12,9 = 0,69m των 500mm

Η επιλογή μου είναι τα 2,5m του 250αρι με z=44 σωληνάκια .

Επαλήθευση ταχύτητας :

$$W_i = m_i / (3600 \cdot \rho_i \cdot f_i) = 2000 / (3600 \cdot 989,1 \cdot f_i)$$

$$f_i = z \cdot \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} = 44 \cdot \frac{\pi \cdot (0,02)^2}{4} = 0,0138 \text{ m}^2$$

άρα

$$W_i = 0,0407 \text{ m/s}$$

Έτσι με 2 διαδρομές πετυχαίνω $W_i = 0,0814 \text{ m/s}$ πολύ κοντά στο 0,1m/s

Υπολογισμός κατασκευαστικών στοιχείων εναλλάκτη

Το κέλυφος του εναλλάκτη μας είναι λεπτότοιχο δοχείο πίεσης. Το υλικό κατασκευής είναι 13CrMo44 (πίνακας 1) και η ονομαστική πίεση του νερού είναι 1 bar(P) και η ταχύτητα εισόδου του νερού είναι 0,814 m/s.

Αρχικά υπολογίζουμε τα απαιτούμενα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κελύφους του εναλλάκτη, όπως το μήκος και η εξωτερική διάμετρος του.

Από τον πίνακα 2 (DIN28 184) επιλέγουμε εναλλάκτη με εξωτερική διάμετρο $D_{out}=273\text{mm}$ πάχος $S=6,3\text{mm}$ και μήκος $L= 2,5\text{m}$ ο οποίος ικανοποιεί τις ελάχιστες γεωμετρικές απαιτήσεις που προέκυψαν από τα δεδομένα μας.

Υπολογίζουμε εάν το πάχος κυλίνδρου του δοχείου ικανοποιεί τις απαιτήσεις σε αντοχή με τον τύπο:

$$S = \frac{P \cdot D_{out}}{200 \frac{k}{s} \cdot \nu + P} + C = \frac{P \cdot D_{in}}{200 \frac{k}{s} \cdot \nu - P} + C \text{ (mm) όπου:}$$

k : Χαρακτηριστικό αντοχής του υλικού = 27.4kp/mm^2 από τον πίνακα 1 για υλικό 13 CrMo44 και θερμοκρασία 200°C .

s : Συντελεστής ασφαλείας =(πίνακας 3) 1.5 για κατάσταση λειτουργίας και 1.1 για δοκιμή από το σχήμα για θερμοκρασία λειτουργίας 200°C και υλικό σφυρηλατημένο χάλυβα ή εξελάσεως (rolledsteel).

ν : Συντελεστής εξασθένησης ραφής συγκόλλησης ο οποίος πρέπει να είναι μικρότερος από τη μονάδα, οπότε εκλέγουμε $\nu=0$.

C : Προσαυξήσεις πάχους = $C_1 + C_2 + C_3$ όπου:

C_1 : Προσαύξηση λόγω κατασκευαστικών ανοχών = $3\% \cdot S$.

C_2 : Προσαύξηση λόγω διάβρωσης και φθοράς = 2mm

C_3 : Προσαυξήσεις λόγω ειδικών κατεργασιών πχ κεραμικής επίστρωσης=0

**Υπολογισμός απαιτούμενου πάχους S χωρίς
προσαυξήσεις**

$$S = \frac{P \cdot D_{out}}{200 \frac{k}{s} \cdot \nu + P} = \frac{0.0102 \text{ Kp/mm}^2 \cdot 273 \text{ mm}}{200 \frac{27.4 \text{ Kp/mm}^2}{1.5} \cdot 0.8 + 0.0102 \text{ Kp/mm}^2} =$$

$$\frac{2.785 \text{ mm}}{2922.676} = 0.00095 \text{ mm}$$

Υπολογισμός προσαυξήσεων:

$$C_1 = 0.03 \cdot S = 0.03 \cdot 0.00095 \text{ mm} = 2.85 \cdot 10^{-4} \text{ mm}$$

$$\text{Άρα } C = C_1 + C_2 + C_3 = 2.85 \cdot 10^{-4} \text{ mm} + 2 \text{ mm} + 0 \text{ mm} \approx 2 \text{ mm}$$

Το τελικό πάχος είναι $S = 0.00095 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 2.00095 \text{ mm} < 6,3 \text{ mm}$ οπότε το πάχος είναι αποδεκτό.

Υπολογισμός καλυμμάτων:

Αρχικά υπολογίζουμε την εσωτερική διάμετρο d_i των ανοιγμάτων του εναλλάκτη μέσα από τις σχέσεις:

$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V}$, όπου ρ είναι η πυκνότητα του νερού, \dot{V} είναι η παροχή όγκου: $\dot{V} = w \cdot A$, με $w = 0,1 \text{ m/s}$ και $A = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4}$ να είναι η ταχύτητα των καυσαερίων και η διατομή του ανοίγματος αντίστοιχα.

$$\text{Λύνοντας ως προς } d_i \text{ έχουμε: } d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot \rho \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.4167 \text{ Kg/s}}{\pi \cdot 981.7 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,1 \text{ m/s}}} \Rightarrow d_i =$$

$$0.073 \text{ m}$$

Για το κάτω κάλυμμα εκτιμούμε ότι το απαραίτητο πάχος θα είναι όμοιο με το πάχος του εναλλάκτη οπότε το θέτουμε ίσο με $6,3 \text{ mm}$ και ελέγχουμε εάν η τιμή αυτή είναι αποδεκτή:

$$S = \frac{P \cdot D_{out} \cdot \beta}{400 \frac{k}{s} \cdot \nu} + C \text{ όπου:}$$

$\nu=1$ (άνευ ραφής, κοίλανση στη πρέσα)

$\beta = f\left(\frac{d_i}{D_{out}}, \frac{S-C_1-C_2}{D_{out}}\right)$ Από (διάγραμμα 4) για $d_i = 0$ (χωρίς άνοιγμα) οπότε

$$\beta = f\left(0, \frac{6,3mm - 2,85 \cdot 10^{-4}mm - 2mm}{273mm}\right) = f(0, 0.016) = 2.6$$

$$S = \frac{0.0102kp/mm^2 \cdot 273mm \cdot 2}{400 \frac{27,4kp/mm^2}{1.5} \cdot 1} + 2mm = 2.0007mm.$$

Άρα το $S=6,3mm$ είναι αποδεκτό

Για το κάτω κάλυμμα πράττουμε ομοίως αλλά με $d_i = 73mm$

$$\beta = f\left(\frac{d_i}{D_{out}}, \frac{S-C_1-C_2}{D_{out}}\right) = f\left(\frac{73mm}{273mm}, \frac{6.3mm - 2.85 \cdot 10^{-4}mm - 2mm}{273mm}\right) = f(0.27, 0.016) = 4.3$$

$$S = \frac{0.0102 \cdot 273mm \cdot 4.3}{400 \frac{27.4kp/mm^2}{1.5} \cdot 1} + 2mm = 2.002mm$$

Άρα το $S=6.3mm$ είναι αποδεκτό

$$\text{Οπότε } d_o = d_i + 2 \cdot S = 73mm + 2 \cdot 6.3mm = 85.6mm$$

Υπολογισμός ενισχύσεων οπών.

α) Επί του πλευρικού κυλινδρικού τμήματος. Το συνολικό ύψος S_A θα είναι ίσο με:

$S_A = S + h$ όπου h είναι το ύψος της ενίσχυσης και

$$S_A = \frac{P \cdot D_{out}}{400 \frac{k}{s} \cdot \nu_A + P} + C$$

Εκλέγουμε ένα υποθετικό S_A και επαληθεύουμε εάν η τιμή του είναι αποδεκτή. Έστω $S_A = 10mm$:

$$d_i = 73mm \text{ και } D_i = D_{out} - 2 \cdot S = 273mm - 2 \cdot 6.3mm = 260.4mm$$

Ο συντελεστής εξασθένησης ν_A είναι ίσος με:

$$\nu_A = f \left(\frac{d_i}{\sqrt{(D_i + S_A - C_1 - C_2) \cdot (S_A - C_1 - C_2)}}, \frac{S_S - C_1 - C_2}{S_A - C_1 - C_2} \right) = f(1.57, 0.54)$$

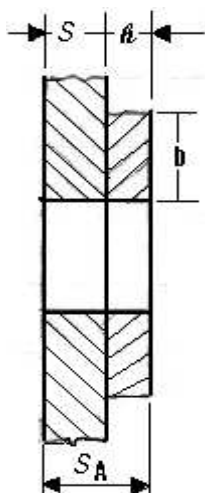
(Διάγραμμα 5)

$$\nu_A \approx 0.62 \text{ με } S_S = S = 6.3mm \text{ Οπότε: } S_A = \frac{P \cdot D_{out}}{400 \frac{k}{s} \cdot \nu_A + P} + C =$$

$$\frac{0.0102kp/mm^2 \cdot 273mm}{400 \frac{27.4kp/mm^2}{1.5} \cdot 0.62 + 0.0102kp/mm^2} + 2mm = 2.00027mm < 10mm$$

Άρα η τιμή είναι αποδεκτή και $h = 3.7mm$. Από τυποποιημένες τιμές εκλέγω

το $h = 10mm$ οπότε $S_A = 16.3mm$



Υπολογισμός των τοιχωμάτων των περιστομιών:

Το πάχος των περιστομιών υπολογίζεται από τον τύπο: $S = \frac{P \cdot d_o}{200 \frac{k}{s} \cdot v + P} +$

Όπου $v=0.8$:

$$S = \frac{0.0102 \text{kp/mm}^2 \cdot 85.6 \text{mm}}{200 \frac{27.4 \text{kp/mm}^2}{1.5} \cdot 0.8 + 0.0102 \text{kp/mm}^2} + 2 \text{mm} = 2.00006 \text{mm} < 6.3 \text{mm} \text{ οπότε}$$

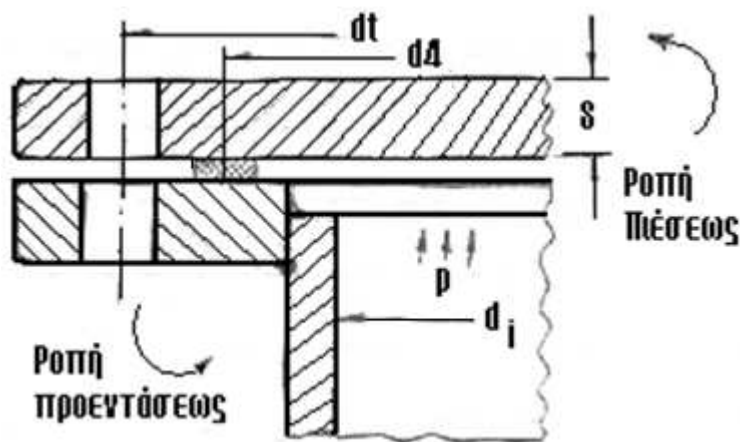
επιλέγω πάχος ίσο με 6.3mm

Υπολογισμός πλακών που κλείνουν τα περιστόμια προκειμένου να δοκιμασθεί το δοχείο σε πίεση 30% περισσότερη από τη πίεση λειτουργίας.

Επίπεδο κάλυμμα συνδεδεμένο μετά ροής: $S = C_1 \cdot d_4 \cdot \sqrt{\frac{P \cdot S}{100k_1}} + C_2$

Όπου $C_1 = f\left(\frac{d_t}{d_4}, \delta\right)$

$\delta = 1 + 4 \cdot \frac{k_1 \cdot S_D}{d_4}$, $S_D = 1.2$, $k_1 = 6$ είναι η χαρακτηριστική τιμή στεγανότητας για κατάσταση λειτουργίας και οβάλ δακτύλιο από το **σχήμα 6** οπότε $\delta=1.05$.



Αρχικά εκλέγουμε φλάντζα από το **πίνακας 7**

για $d_o = 85.6 \text{mm}$ και $P = 0.0102 \text{kp/mm}^2$ έχω $d_t = 190 \text{mm}$ και $d_4 = 162 \text{mm}$.

$$\text{Άρα } C_1 = f\left(\frac{190 \text{mm}}{162 \text{mm}}, 1.05\right) = f(1.17, 1.05) = 0.53$$

Ο συντελεστής ασφαλείας $s=1.1$ για συνθήκες δοκιμασίας (30% περισσότερη πίεση και κανονική θερμοκρασία).

$$\text{Οπότε: } S = C_1 \cdot d_4 \sqrt{\frac{P \cdot S}{100k_1}} + C_2 =$$

$$0.53 \cdot 162mm \cdot \sqrt{\frac{0.01326kp/mm^2 \cdot 1.1}{100 \cdot 6}} + 2mm = 2.42mm.$$

Τυποποιώντας $S = 6.3mm$

Υπολογισμός κοχλιών συνδέσεως :

Από το σχήμα 2.7 επιλέγω $n = 5$ κοχλίες M20 με μήκος $d_L = 22$ mm. Θα γίνουν δυο υπολογισμοί της απαραίτητης διαμέτρου κορμού (ελαστικού κοχλία) d_s , όπου $d_s \leq 0.9 d_k$ με d_k να είναι η διάμετρος άκαμπτου κοχλία (στη δική μας περίπτωση M22) που πρέπει να επιβεβαιωθεί. Θα βρούμε τη δυσμενέστερη κατάσταση με δυο υπολογισμούς, ένα σε κατάσταση λειτουργίας και ένα εκτός, δηλαδή μόνο για τη προένταση προς στεγανοποίηση κατάσταση που εν λειτουργία αποφορτίζεται.

α) Κατάσταση λειτουργίας:

Ισχύει: $d_s = Z \sqrt{\frac{P_{SB}}{k \cdot n}} + C_5$, όπου $k = 27.4kp/mm^2$, η προσαύξηση C_5 είναι

ίση με $1 \leq C_5 \leq 3 = \frac{65-n}{15} = 4$, $Z = \sqrt{\frac{4 \cdot s}{\pi \cdot \varphi}}$, με την ποιότητα επαφής φ να

είναι ίση με 1 και το συντελεστή ασφαλείας s να είναι ίσος με 1.5 οπότε $Z = 1.38$ και $C_5 = 3mm$.

Η δύναμη στο σύνολο των κοχλιών εν λειτουργία μαζί με τη προένταση, είναι:

$$P_{SB} = \frac{P}{100} \left(\frac{\pi \cdot d_4^2}{4} + 3.8 \cdot d_4 \cdot k_1 \right) kp$$

$$= \frac{0.0102kp/mm^2}{100} \left(\frac{\pi \cdot 162^2 mm}{4} + 3.8 \cdot 162mm \cdot 6 \right) = 2.48kp$$

$$\text{και } d_s = 1.38 \sqrt{\frac{4.48kp}{6.5}} + 3mm = 3.54mm.$$

β) Εκτός λειτουργίας υπό την επίδραση της ροπής σύνδεσης:

$$\text{Ισχύει: } d_s = Z \sqrt{\frac{P_{SD}}{k_{ZO} \cdot n}} \text{ όπου } k_{ZO} = 30.4 \text{ kp/mm}^2 \text{ από πίνακα 1, } Z = \sqrt{\frac{4 \cdot s}{\pi \cdot \varphi}} \text{ με}$$

το $\varphi = 1$ και $s = 1.1$ άρα $Z = 1.18$.

Η δύναμη στους κοχλίες εκτός λειτουργίας είναι $P_{SD} = P_{DV} = \pi \cdot d_4 \cdot k_0 \cdot k_D$ όπου $k_0 = 1.5mm$ είναι η χαρακτηριστική τιμή του δακτυλίου στεγανοποίησης για οβάλ και αέρια από το **πίνακας 8** και $k_D = 45 \text{ kp/mm}^2$ (από **πίνακας 9** για 13CrMo44) είναι η αντίσταση παραμόρφωσης.

Άρα $P_{SD} = \pi \cdot 162mm \cdot 1.5mm \cdot 45 \text{ kp/mm}^2 = 34353.31 \text{ kp}$ και

$$d_s = 1.18 \sqrt{\frac{34353.31 \text{ kp}}{30.4 \text{ kp/mm}^2 \cdot 5}} = 17.73mm.$$

Αυτή η d_s είναι μεγαλύτερη από τη προηγούμενη άρα $d_k = \frac{d_s}{0.9} = 19.7mm < M20$.

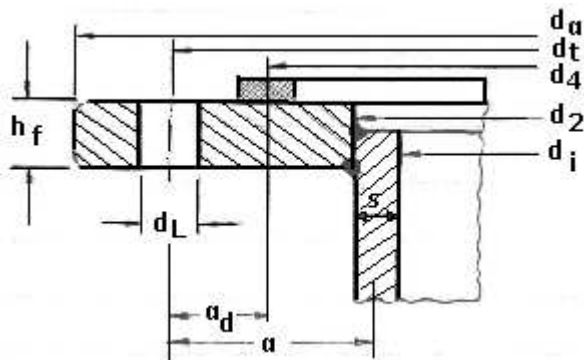
γ) Έλεγχος στεγανότητας των δακτυλίων στους 100 °C.

Πρέπει $P_{D\theta} > P_{SD}$ όπου $P_{D\theta} = \pi \cdot d_4 \cdot k_0 \cdot k_{D\theta}$ όπου $k_0 = 1.6$ από **πίνακας 8** για αέρια (λόγω 100 °C) και $k_{D\theta} = 45 \text{ kp/mm}^2$.

Άρα

$$P_{D\theta} = \pi \cdot 162mm \cdot 1.6mm \cdot 45 \text{ kp/mm}^2 = 36643.53 \text{ kp/mm}^2 > P_{SD}$$

Υπολογισμός πάχους φλάντζας:



Τα βασικά χαρακτηριστικά της φλάντζας που έχουμε επιλέξει είναι:

$$d_i = 100mm$$

$$d_4 = 158mm$$

$$d_t = 180mm$$

$$d_L = 18mm$$

$$d_2 = d_i + 2S = 112.6mm$$

$$d_\alpha = d_t + 2d_L = 216mm$$

Το πάχος της φλάντζας είναι ίσο με $h_f = \sqrt{\frac{1,42 \cdot W - A}{b}}$ mm όπου W είναι η ροπή αντιστάσεως (mm^3)

$$A \approx (d_i + S) \cdot S^2 = (100mm + 6.3mm) \cdot 6.3^2mm = 4219.05mm^3$$

και b είναι το ενεργό πάχος φλάντζας και είναι ίσο με:

$b = d_\alpha - d_2 - 2d_L'$ όπου η ελαττωμένη διάμετρος του κοχλία $d_L' = v \cdot d_L$ με το συντελεστή ελάττωσης v από το **διάγραμμα 10** να είναι περίπου ίσος με 0.9 άρα $d_L' = 16.2mm$ και

$$b = 216mm - 112.6mm - 16.2mm = 87.2mm.$$

Για την W θα γίνουν τρεις υπολογισμοί για να βρεθεί η μέγιστη τιμή

α) Για πίεση λειτουργίας,

β) για την πίεση δοκιμής (+30%) και

γ) για τη προένταση πριν την έναρξη της λειτουργίας (φάση συναρμολόγησης).

$$\alpha) W_a = \frac{P_{SB} \cdot S}{k} \cdot \alpha \text{ όπου } \alpha = \frac{d_t - d_i - S}{2} = 43.6 \text{ mm} \text{ άρα:}$$

$$W_a = \frac{3.54 \text{ kp} \cdot 6.3 \text{ mm}}{27.4 \text{ kp/mm}^2} \cdot 43.6 \text{ mm} = 35.48 \text{ mm}^3$$

$$\beta) W_\beta = \frac{P'_{SB} \cdot S'}{k_{ZO}} \cdot \alpha \text{ όπου } P'_{SB} = 1.3 \cdot P_{SB} = 4.602 \text{ kp}, S' = S = 6.3 \text{ mm} \text{ και } k_{ZO} = 30.4 \text{ kp/mm}^2$$

$$\text{άρα: } W_\beta = \frac{4.602 \text{ kp} \cdot 6.3 \text{ mm}}{30.4 \text{ kp/mm}^2} \cdot 43.6 \text{ mm} = 41.58 \text{ mm}^3$$

$$\gamma) W_\gamma = \frac{P_{SD} \cdot S'}{k_{ZO}} \cdot \alpha_d \text{ όπου } \alpha_d = \frac{d_t - d_4}{2} = 11 \text{ mm} \text{ και } P_{SD} = \pi \cdot d_4 \cdot k_0 \cdot k_D = \pi \cdot 158 \text{ mm} \cdot 1.6 \text{ mm} \cdot 45 \text{ kp/mm}^2 = 35738.75 \text{ kp}$$

άρα:

$$W_\gamma = \frac{35738.75 \text{ kp} \cdot 6.3 \text{ mm}}{30.4 \text{ kp/mm}^2} \cdot 11 \text{ mm} = 81470.24 \text{ mm}^3$$

άρα η μέγιστη ροπή αντίστασης είναι η τρίτη και

$$h_f = \sqrt{\frac{1.42 \cdot 81470.24 \text{ mm}^3 - 4219.05 \text{ mm}^3}{87.2 \text{ mm}}} \\ = 35.75 \text{ mm}$$

ΠΙΝΑΚΕΣ & ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Είδος χαλύβου κατά DIN 17006 κ.λ.π.	Αντοχή σε εφελκυσμό N/mm ²	σ _{0,2} σε kg/cm ² 50	N/mm ² σε διάφορες θερμοκρασίες °C				
			120	200	250	300	400
H I	343-441	225		176	166	137	98
H II	402-490	245		206	186	156	117
H III	431-519	264		225	206	176	137
H IV	461-549	274		235	215	186	147
U St 34-1 R St 34-1	333	176	166	—	—	—	—
U St 37-1 R St 37-1	362	206	186	—	—	—	—
U St 34-2R U St 37-2R	333 362	176	166	137	127	107	—
17 Mn 4	461-549	284		245	225	186	156
13 Cr Mo 44	431-549	304		274	255	235	206
X40CrNiTi 189	539-735	225	196	166	161	156	147
X40CrNiTi 189	539-735	230	206	186	181	176	166

Πίνακας 1. Πίνακας χαρακτηριστικών αντοχής κ χαλύβων κατασκευής δοχείων πίεσης

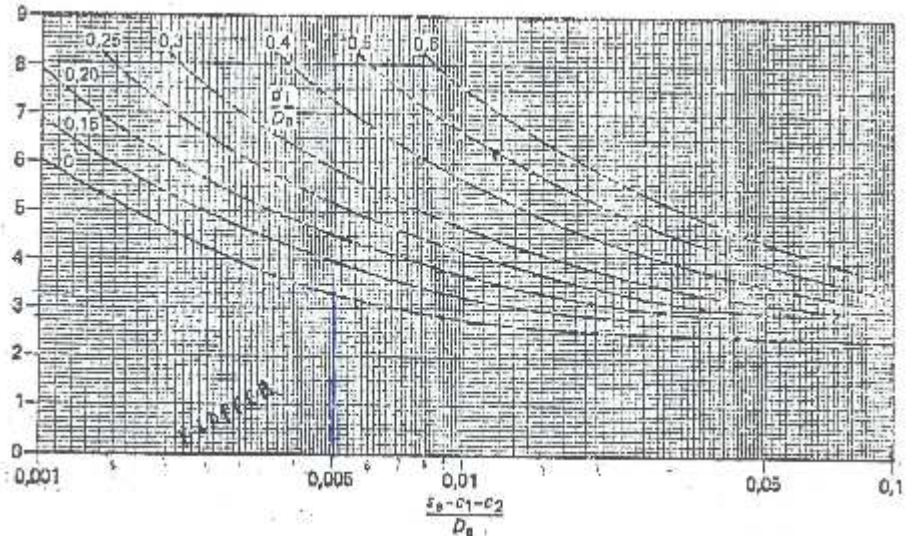
ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Nenn- durch- messer D	Mantel- Außen- durch- messer D ₀	Wanddicke des Mantels Richtmaß ²⁾			D' Hüll- kreis 4)	Gang- zahl	Anzahl der Längsrohre Z _L			Wärme- übertragung fläche je m Nennlänge ³⁾ m ²
		1)	2)	nicht- rostende Stähle			gesamt	U ₁ (D ₁)	U ₂ (D ₂)	
150	166	4,0	-	4	143,2	2	14	7	-	2,1
200	210	5,0	-	4	191	2	26	13	-	2,0
250	273	6,3	-	4	247,7	2	44	22	-	3,5
300	324	7,1	-	4	296	2	66	33	-	5,2
350	375	8	6	4	325	4	66	36	29	5,0
400	400	8,8	6	4	368,6	4	86	23	21	5,9
500	538	-	6	4	481,5	4	104	40	42	12,9

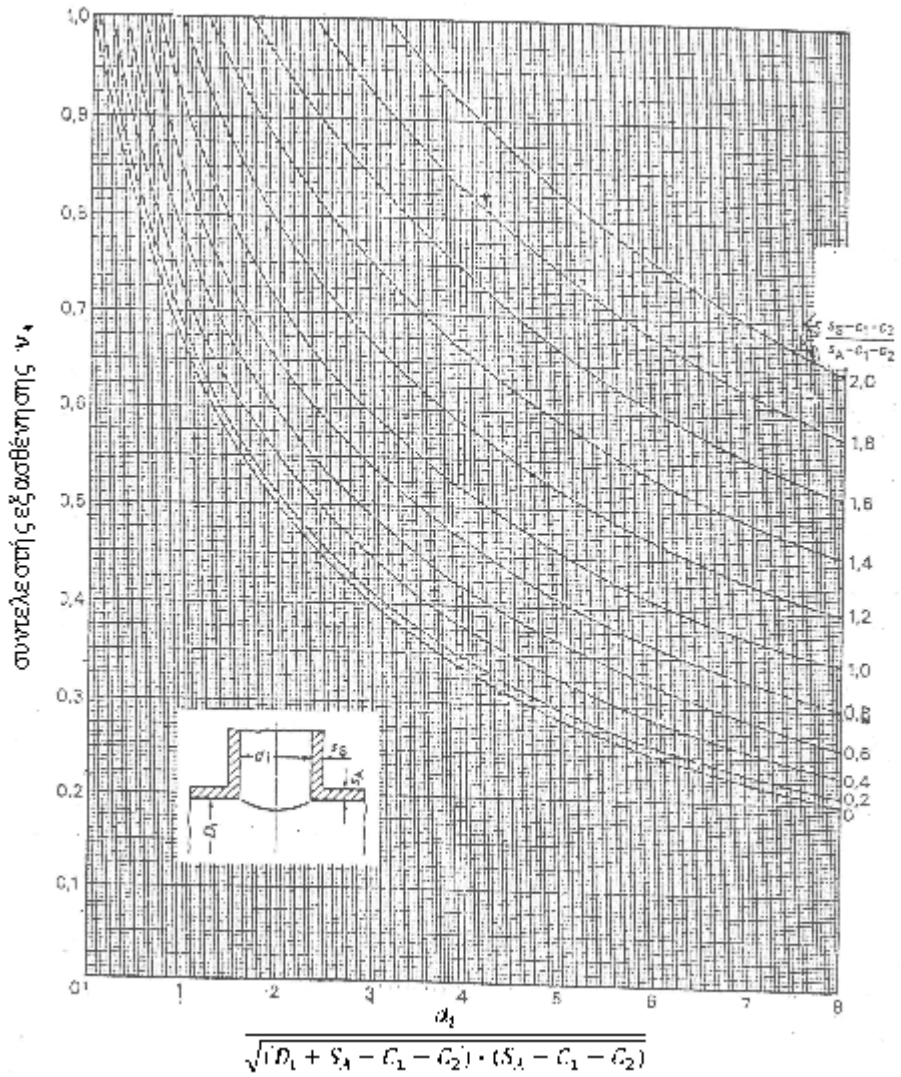
Πίνακας 2. Τυποποιημένες διαστάσεις εναλλακτών θερμότητας κατά DIN 28184

Ύλινος κατασκευής	Συντελεστής ασφαλείας S στην θερμοκρασία υπολογισμού	Συντελεστής ασφαλείας S' στη θερμοκρασία δοκιμίας
1. Χαλυβας εξελάσεως καθ' αφυγηλατήσεως	1,5	1,1
2. Χυτοχάλυβας	2,0	1,5
3. Χυτοσίδηρος με σφαιρικό γρανίτη κατά DIN 1693	με άνω- έξοχηση	χωρίς άνω- έξοχηση
3.1. GGG-70		
GGG-60	3,0	6,0
3.2. GGG-50	6,0	5,0
3.3. GGG-40	3,5	6,5
3.4. GGG-40.3		
GGG-35.3	3,0	6,0
4. Αλουμίνιο καθ' κράματα αέριοθ- ύλινα ζυγιστά	1,5	1,1

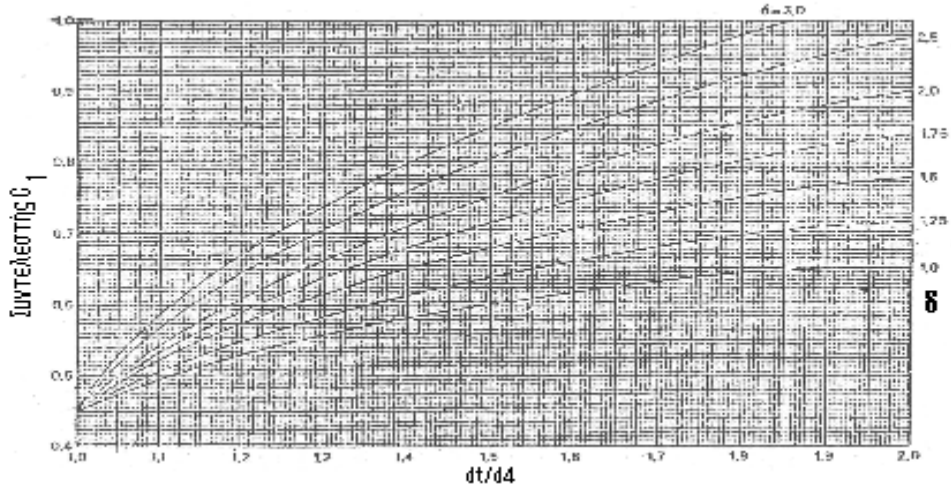
Πίνακας 3 Τιμές συντελεστή ασφαλείας s υλικών κατασκευής εναλλακτών θερμότητας



Διάγραμμα 4 Συντελεστής β για καλύμματα τύπου Klorper



Διάγραμμα 5. Συντελεστής εξασθένησης ν_A για ανοίγματα σε κυλινδρικό περίβλημα



Διάγραμμα 6 Συντελεστής C_1 για δίσκους και καλύμματα κυκλικά χωρίς αντιστήριξη και με πρόσθετη περιφερειακή ροπή της ίδιας φοράς με την εσωτερική πίεση

Nennweite	Nenndruck 1					Nenndruck 10					Nenndruck 25 2)							
	δ	e_1	h	Schrauben Anz. Zahl	Gewinde	d_2	δ	d_4	h	Schrauben Anz. Zahl	Gewinde	d_2	δ	d_4	h	Schrauben Anz. Zahl	Gewinde	d_2
6	-	-	-	-	-	-	75	32	50	4	M 10	11	75	32	50	4	M 10	11
8	-	-	-	-	-	-	80	38	55	4	M 10	11	80	38	55	4	M 10	11
10	-	-	-	-	-	-	90	40	60	4	M 12	14	90	40	60	4	M 12	14
15	-	-	-	-	-	-	95	45	65	4	M 12	14	95	45	65	4	M 12	14
20	-	-	-	-	-	-	105	50	75	4	M 12	14	105	50	75	4	M 12	14
25	-	-	-	-	-	-	115	68	85	4	M 12	14	115	68	85	4	M 12	14
32	-	-	-	-	-	-	140	78	100	4	M 16	18	140	78	100	4	M 16	18
40	-	-	-	-	-	-	150	88	110	4	M 16	18	150	88	110	4	M 16	18
50	-	-	-	-	-	-	165	102	125	4	M 16	18	165	102	125	4	M 16	18
65	-	-	-	-	-	-	185	122	145	4	M 16	18	185	122	145	4	M 16	18
80	-	-	-	-	-	-	200	138	160	4	M 16	18	200	138	160	4	M 16	18
100	-	-	-	-	-	-	220	150	180	4	M 16	18	220	152	180	4	M 20	22
125	-	-	-	-	-	-	250	188	210	4	M 16	18	270	190	220	4	M 24	26
160	-	-	-	-	-	-	285	212	240	4	M 20	22	300	210	270	4	M 24	26
200	-	-	-	-	-	-	340	258	295	4	M 20	22	360	278	310	4	M 24	26
250	-	-	-	-	-	-	395	320	350	4	M 20	22	425	335	370	4	M 27	30
300	-	-	-	-	-	-	445	370	400	4	M 20	22	485	395	430	4	M 27	30
350	-	-	-	-	-	-	505	430	460	4	M 20	22	550	450	490	4	M 30	33
400	-	-	-	-	-	-	565	482	515	4	M 24	26	620	505	550	4	M 33	36
1) (450)	-	-	-	-	-	-	615	530	565	4	M 24	26	-	-	-	-	-	-
500	-	-	-	-	-	-	670	585	620	4	M 24	26	730	615	660	4	M 33	36
600	755	670	705	24	M 24	26	780	685	715	4	M 27	30	845	750	770	4	M 36	39
700	860	775	810	24	M 24	26	895	800	840	4	M 27	30	960	880	915	4	M 36	39
800	975	890	920	24	M 27	30	1015	905	950	4	M 30	33	1085	990	1030	4	M 45	48
900	1075	990	1020	24	M 27	30	1115	1005	1050	4	M 30	33	1185	1090	1090	4	M 45	48
1000	1175	1090	1120	24	M 27	30	1220	1110	1160	4	M 33	36	1300	1190	1210	4	M 52	51
1200	1375	1290	1320	24	M 27	30	1455	1330	1380	4	M 36	39	1530	1490	1520	4	M 52	51
1400	1575	1490	1520	26	M 27	30	1675	1515	1590	4	M 39	42	1755	1590	1640	4	M 56	62
1600	1790	1690	1720	40	M 27	30	1815	1700	1820	4	M 45	48	1915	1790	1860	4	M 56	62
1800	1990	1890	1920	44	M 27	30	2115	1960	2090	44	M 45	48	2295	1985	2070	44	M 64	70
2000	2190	2090	2120	48	M 27	30	2325	2170	2300	48	M 45	48	2495	2210	2300	48	M 64	70

Πίνακας 7. Διαστάσεις φλαντζών κατά DIN1027

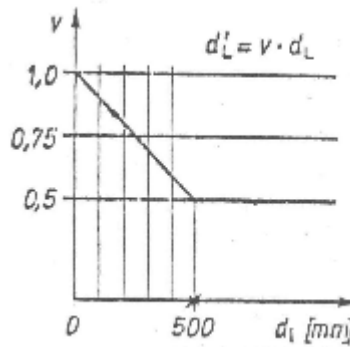
Είδος στεγανοποίησης	Τύπος στεγανοποίησης	Όνομασία	Υλικό	Χαρακτηριστικές τιμές στεγανότητας (1)						
				Για πίεση		Για θερμοκρασία				
				Κατασκευαστική	Κατασκευαστική	Κατασκευαστική	Κατασκευαστική	Κατασκευαστική	Κατασκευαστική	
Γραμμή βαλβή		Διακωλύει DIN 2650 έως DIN 2652	Λατεξίνη άμεσης	—	20 ₀₀	b ₀	—	—	—	
			Λατεξίνη	—	10 ₀₀	0,5 ₀	—	—	0,5 ₀	
			Ριζίνη (2)	—	20 ₀₀	1,0 ₀₀	—	—	2,0 ₀₀	
			Ριζίνη (ανά)	—	20 ₀₀	0,5 ₀₀	—	—	1,0 ₀₀	
Μεταλλικό δίσκο με λεπτή μεμβράνη		Λεπτομελής διαμόρφωση	Αλουμίνιο	—	15 ₀₀	b ₀	—	—	—	
			Κομπολίτες μέταλλο	—	—	0,2 ₀₀	—	—	0,2 ₀₀	
			Μεταλλικό δίσκο	—	—	0,2 ₀₀	—	—	0,2 ₀₀	
			Μεταλλικό με λεπτή μεμβράνη	—	—	0,2 ₀₀	—	—	0,2 ₀₀	
Μεταλλικός		μεταλλική επιφάνεια	—	0,0 ₀₀	—	b ₀ +5	b ₀	—	b ₀ +5	
			μεταλλική επιφάνεια	—	0,8	—	5	1	—	5
			δίσκος	—	1,6	—	6	2	—	6
			στρογγυλή	—	1,2	—	4	1,5	—	4
			κυκλική επιφάνεια	—	1,6	—	6	2	—	6
			στρογγυλή	—	1,6	—	6	2	—	6
			μεταλλικός δίσκος	—	0,4 ₀₀	—	0+0,1 ₀	0,5 ₀	—	0+0,1 ₀
			μεταλλικός δίσκος	—	0	—	0	0	—	0
			μεταλλικός δίσκος	—	0	—	0	0	—	0

Πίνακας 8. Χαρακτηριστικές τιμές στεγανότητας φλαντζών

Gasket material	K ₀ N/mm ²	K _{0D} in N/mm ²				
		100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C
soft aluminium	100	40	20	(5)	—	—
copper	200	180	130	100	(40)	—
soft iron	350	310	260	210	170	(80)
steel St 35	400	380	330	280	190	(120)
alloy steel- 13 CrMo-44	450	450	420	390	330	280
austenitic steel	500	480	450	420	390	350

Intermediate values are to be interpolated.

Πίνακας 9. Αντίσταση παραμόρφωσης στεγανοποιητικών μεταλλικών υλικών



Διάγραμμα 10 Ελαττωμένη διάμετρος οπής κοχλία

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1.ΚτενιαδάκηςΙ.Μιχάλης (Εφαρμογές Μετάδοσης Θερμότητας)
εκδ.ΖΗΤΗ. 2010
- 2.VDI-Merkblätter
- 3.Warmeatlas