

## ΕΛΑΤΗΡΙΟ ΕΚΤΟΞΕΥΤΗΡΑ ΝΕΡΟΥ ΠΟΤΙΣΜΑΤΟΣ (Ιούνιος 2009):

Να υπολογίσετε τη διάμετρο  $d$  και τον απαραίτητο αριθμό ενεργών σπειρών του ελατηρίου  $N_a$  (οι σπείρες που φαίνονται στο σχήμα είναι ενδεικτικές), του εκτοξευτήρα νερού για αυτόματο πότισμα που φαίνεται στο Σχήμα 1. Όταν η παροχή νερού είναι ανοιχτή το νερό εισέρχεται στο σωλήνα διαμέτρου  $D_t = 14$  mm, μήκους  $L = 130$  mm και πάχους  $s = 3.5$  mm, και με τη πίεση του αναγκάζει το ελατήριο να συμπιεστεί πλήρως (στο σχήμα φαίνεται σε μια ενδιάμεση θέση συμπίεσης). Η ελάχιστη πίεση λειτουργίας πρέπει να είναι  $p = 1.5$  bar. Ο σωλήνας ανυψώνεται στην ανώτατη δυνατή θέση του, και το νερό εκτοξεύεται με τη μορφή σταγονιδίων, από μικρές τρυπούλες που βρίσκονται στη τάπα του σωλήνα. Το ελατήριο όταν συναρμολογηθεί, υφίσταται αρχική συμπίεση ίση με το 30% της δύναμης λειτουργίας.. Ο συντελεστής ασφαλείας του ελατηρίου είναι  $N = 2.0$ . Προτεινόμενη μέση διάμετρος έλικας ελατηρίου  $2R = 24$  mm. Θεωρείστε ότι το ελατήριο έχει εγκάρσια κομμένα άκρα, Υλικό music wire.

### Υπολογισμός διαμέτρου σύρματος:

Η φόρτιση του ελατηρίου θεωρείται στατική, διότι το ελατήριο φορτίζεται μόνο όταν είναι η παροχή νερού ανοιχτή και όχι συνεχώς. Έχουμε επομένως ένα ελατήριο με προένταση που λειτουργεί π.χ. μια φορά την ημέρα.

Η προτεινόμενη μέση διάμετρος του ελατηρίου είναι  $2R = 24$  mm. Επομένως:

Έστω  $d = 1.6$  mm. Η επιλογή αυτή έγινε μετά από επανάληψη και είναι η τελική.

$$C = \frac{2R}{d} = \frac{2 \times 12 \text{ mm}}{1.6 \text{ mm}} = 15$$

Ο συντελεστής διόρθωσης της στρεπτικής τάσης λόγω διάτμησης και καμπυλότητας είναι:

$$k_t = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C} = \frac{4 \times 15 - 1}{4 \times 15 - 4} + \frac{0.615}{15} = 1.095$$

Αν η ελάχιστη πίεση του νερού είναι:

$$p = 1.5 \text{ bar} = 1.5 \times 0.1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 0.15 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

τότε η ολική δύναμη  $F_{ολ}$  που ασκείται στο ελατήριο θα είναι το άθροισμα της δύναμης  $F$  που ασκείται στο ελατήριο λόγω του νερού, σύν το 30% αυτής λόγω της αρχικής πρότασης:

$$F = p \frac{\pi D_t^2}{4} = 0.15 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \frac{\pi (14 \text{ mm})^2}{4} = 23.09 \text{ N}$$

$$F_{ολ} = F + 30\%F = 30.02 \text{ N}$$

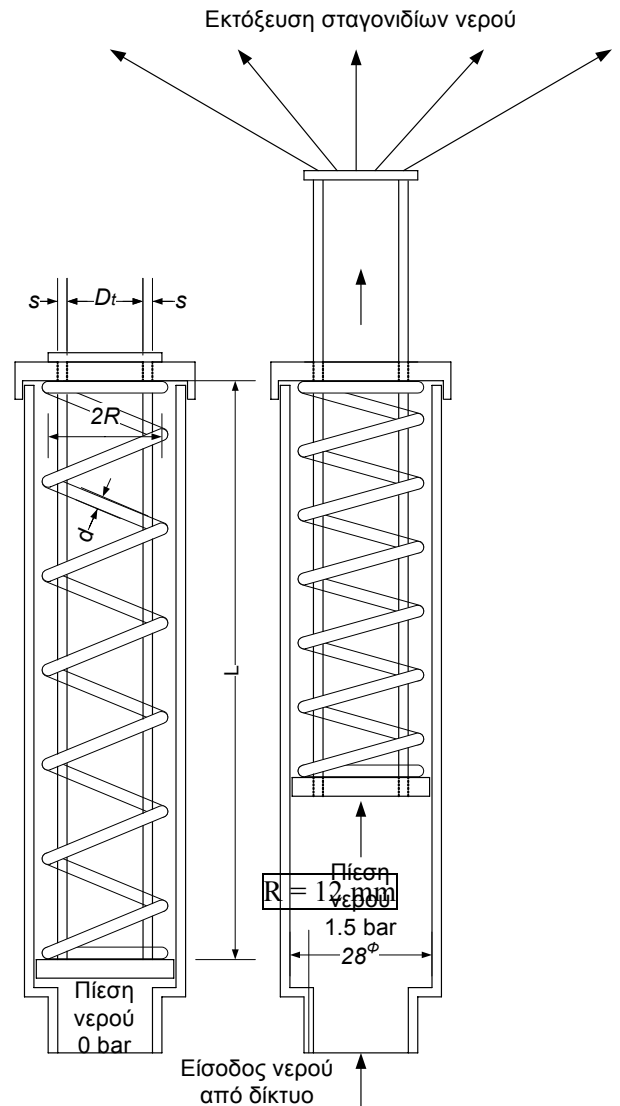
Να σημειωθεί ότι η κινούσα το ελατήριο δύναμη από το νερό ασκείται στην τάπα διαμέτρου  $D_t = 14$  mm και όχι στη διάμετρο των  $28^\phi$ .

**Έστω music wire ως υλικό του ελατηρίου.** Το music wire διατίθεται σε διαμέτρους 0.10 – 6.5 mm. Επειδή  $d = 1.6$  mm, από τον Πίνακα 11-1, λαμβάνουμε,  $A = 2170$  MPa και  $m = 0.146$ . Έτσι το όριο θραύσης υπολογίζεται,

$$S_{ut} = A / d^m = 2170 / 1.6^{0.146} = 2026.1 \text{ N/mm}^2$$

Το όριο διαρροής του υλικού είναι:

$$S_y = 0.75 S_{ut} = 0.75 \times 2026.1 = 1519.6 \text{ N/mm}^2$$



Σχήμα 1: Αναδυόμενος εκτοξευτήρας νερού

Το όριο διαρροής σε διάτμηση του υλικού είναι:

$$S_{sy} = 0.577 S_y = 0.577 \times 1519.6 = 876.8 \text{ N/mm}^2$$

Αν ο συντελεστής ασφαλείας είναι  $N = 2.0$ , η επιτρεπόμενη διατμητική τάση του υλικού του ελατηρίου θα είναι:

$$\tau_{\varepsilon\pi} = S_{sy} / N = 876.8 / 2.0 = 438.39 \text{ N/mm}^2$$

Τότε η διάμετρος του σύρματος υπολογιζόμενη βάσει της επιτρεπόμενης διατμητικής τάσης είναι:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16F_{\text{ολ}}R}{\pi\tau_{\varepsilon\pi}} k_t} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 30.02 \text{ N} \times 12 \text{ mm}}{\pi \times 438.39 \text{ N/mm}^2}} \times 1.095 = 1.61 \text{ mm}$$

Η υπολογισθείσα τιμή έχει μικρή διαφορά από την υποθεθείσα, την δεχόμαστε και την τυποποιούμε στα  **$d = 1.6 \text{ mm}$** .

### Υπολογισμός αριθμού σπειρών

Το τοποθετημένο ελατήριο έχει ύψος  $L = 130 \text{ mm}$ . Όταν συμπιεστεί πλήρως το ύψος του θα είναι ο ολικός αριθμός σπειρών του  $N_t$  επί τη διάμετρο του σύρματος  $d$ . Επειδή δεν γνωρίζουμε ακόμα τον ακριβή αριθμό των σπειρών του ελατηρίου, δεχόμαστε  **$N_t = 21$** . Άρα η πλήρης συμπίεση του ελατηρίου  $\delta$  θα είναι:

$$\delta = L - N_t d = 130 \text{ mm} - 21 \times 1.60 \text{ mm} = 96.40 \text{ mm}$$

Η δύναμη  $F = 23.09 \text{ N}$  του νερού πρέπει να προκαλεί την πλήρη συμπίεση του ελατηρίου. Επομένως η επιθυμητή σταθερά ελατηρίου θα είναι:

$$k = \frac{F}{\delta} = \frac{23.09 \text{ N}}{96.40 \text{ mm}} = 0.24 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Επειδή για το χάλυβα το μέτρο διάτμησης είναι  $G = 80000 \text{ MPa}$ , στρέψης, οι ενεργές σπείρες θα είναι:

$$N_a = \frac{Gd^4}{64kR^3} = \frac{80000 \text{ N/mm}^2 \times 1.6^4 \text{ mm}^4}{64 \times 0.24 \text{ N/mm} \times 12^3 \text{ mm}^3} = 19.8$$

Επομένως ο ολικός αριθμός σπειρών με εγκάρσια κομμένα άκρα θα είναι:

$$N_t = N_a + 1.5 = 19.8 + 1.5 = 21.3$$

Δεχόμαστε ότι το  $N_t$  είναι κοντά στην αρχικά υποθεθείσα τιμή του 21 και σταματάμε εδώ. Διαφορετικά υποθέτουμε πάλι μια τιμή πχ.  $N_t = 21.2$  και επαναλαμβάνουμε τον υπολογισμό του αριθμού των σπειρών.

Τελικά μήκος του πλήρως συμπιεσμένου ελατηρίου είναι

$$h_s = N_t d = 21 \times 1.6 = 33.6 \text{ mm}$$

Η ολική δύναμη που ασκείται στο ελατήριο προκαλεί μετατόπιση του σημείου εφαρμογής της κατά:

$$\delta_s = F_{\text{ολ}} / k = 30.02 \text{ N} / 0.24 \text{ N/mm} = 125.08 \text{ mm}$$

Το μήκος του ελατηρίου χωρίς φορτίο είναι:

$$h_f = h_s + \delta_s = 33.6 + 125.08 = 158.68 \text{ mm}$$

Ακολουθεί το φύλλο υπολογισμών:

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ		ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΡΙΘΜΟΥ ΣΠΕΙΡΩΝ		ΥΛΙΚΟ ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ	
$R =$	12.00 mm	$L =$	130.00 mm	<b>Music wire</b>	
$d =$	<b>1.60</b> mm	$N_{t, \text{αρχ}} =$	<b>21.00</b> σπείρες	$A =$	2170.0 MPa
$C =$	15.00	$\delta = L - N_{t, \text{αρχ}} d =$	96.40	$m =$	0.146
$k_t = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C} =$	1.095	$k = F / \delta =$	0.24 N/mm	$S_{ut} = A / d^m =$	2026.1 MPa
$D_t =$	14.00 mm	$N_a = Gd^4 / (64kR^3) =$	19.79 σπείρες	$S_y = 0.75 S_{ut} =$	1519.6 MPa
$p =$	1.50 bar	$N_{t, \text{τελ}} = N_a + 1.5 =$	<b>21.29</b> σπείρες	$S_{sy} = 0.577 S_y =$	876.8 MPa
$F = p(\pi D_t^2 / 4) =$	23.09 N	$h_s = N_t d =$	34.07 mm	$N =$	2.00
$F_{\text{ολ}} = 1.30 F =$	30.02 N	$\delta_s = F / k =$	96.40 mm	$\tau_{\varepsilon\pi} = S_{sy} / N =$	438.39 MPa
$d = [16F_{\text{ολ}} R k_t / \pi \tau_{\varepsilon\pi}]^{1/3} =$	<b>1.61</b> MPa	$h_f = h_s + 1.3 \delta_s =$	159.39 mm	$G =$	80000 MPa