

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ**  
**ΙΔΡΥΜΑ ΣΕΡΡΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΜΑΡΚΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**



**ΜΕΛΕΤΗ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ –ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ  
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΡΕΥΛΟΡ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ 500Κρ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ**

**ΧΑΛΕΠΛΙΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

**ΧΡΗΣΤΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΜΑΡΤΙΟΣ 2011**

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η μέγιστη ικανότητα μεταφοράς φορτίου ανέρχεται στα 500kr.

Το μεικτό βάρος του treylor έχει υπολογιστεί σε 660kr.

Οι διαστάσεις του πλαισίου μας είναι 1005mm \* 1505mm.

Το πλαίσιο αποτελείται από 7 δοκούς διαστάσεων 40mm \* 40mm \* 3 mm συγκολλημένων με ηλεκτροσυγκόλληση στις ενώσεις τους.

Το πλαίσιο στηρίζεται στον άξονα μέσω ελατηρίων τα οποία έχουν από 3 λάμες το κάθε ένα.

Οι διαστάσεις των ελατηρίων είναι 1230mm \* 70mm \* 7mm.

Το μήκος του άξονα είναι 1180mm.

Το πλαίσιο είναι κατασκευασμένο από υλικό St 37 και τα ελατήρια είναι 51si7.

Τα ελατήρια στερεοποιούνται με κοχλιοσύνδεση και κοχλίες 8.8

## ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Όλοι οι υπολογισμοί αντοχής της μελέτης περιλαμβάνουν :

- 1) την εύρεση της τάσης  $\sigma$  η οποία δημιουργείται από την φόρτιση λειτουργίας
- 2) την εύρεση της τάσης που προξενεί βλάβη
- 3) σύγκριση των δύο τιμών

Για λόγους ασφαλείας η αντοχή γίνεται αποδεκτή όταν το κλάσμα  $\sigma_{\text{μεγ}} / \sigma$  είναι μεγαλύτερο από την μονάδα και συμβολίζεται από το γράμμα S.

## ΑΞΟΝΑΣ

Ο άξονας που χρησιμοποιούμε έχει διαστάσεις  
 $b=50\text{mm}$   $h=50\text{mm}$   $t=3\text{mm}$   $l=1180\text{mm}$

Η κατασκευή του είναι από υλικό St37 και έχει τετραγωνική διατομή.

Θα υπολογίσουμε την καταπόνηση του άξονα σε κάμψη και το βέλος κάμψης.

Για τον υπολογισμό της καταπόνησης σε κάμψη χρησιμοποιούμε τον τύπο  $\Sigma_b = M_b / W$

Η μέγιστη ροπή υπολογίζεται στο σημείο όπου ο άξονας δέχεται το μέγιστο φορτίο δηλαδή :

$$M_{b\max} = (Q/2) * 118\text{cm} = (660/2)*118$$

$$M_{b\max} = 39000 \text{ kpm}$$

Πρέπει να γνωρίζουμε το βάρος του άξονα το οποίο δίνεται από την σχέση :

$$B = [h*b - (h - 2t)*(b-2t)] * l * \rho$$

Το  $\rho$  βρίσκεται από το βιβλίο του Βουθούνη σελ.63  
Οπότε :  $\rho=7860\text{kg/m}^3$

$$\text{Άρα } B = 5.230\text{kg}$$

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΞΟΝΑ

Η ροπή αντίστασης για τις συμμετρικές δοκούς υπολογίζεται από την σχέση :

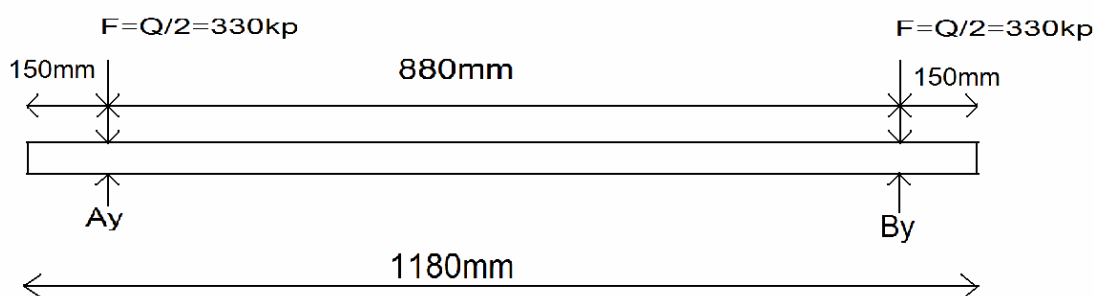
$$W = I_z / y_{\max} \text{ (i)}$$

$$B = 50\text{mm} \quad h = 50\text{mm} \quad t = 3\text{mm}$$

$$I_z = (BH^3 - bh^3) / 12 = [BH^3 - (b-2t) \cdot (h-2t)^3] / 12 \\ = 208492\text{mm}^4$$

$$y_{\max} = [B - (t/2)] / 2 = 24.25\text{mm}$$

$$\text{(i)} \quad \Rightarrow \quad W = 208492 / 24.25 = 8597.6\text{mm}^3$$



$$\Sigma f_x = 0$$

$$\Sigma f_y = 0 \Rightarrow A_y + B_y - 2F = 0$$

$$\text{Λόγω συμμετρίας} \Rightarrow A_y = B_y = 330\text{kp}$$

$$\Sigma_b = M_b / W \Rightarrow \Sigma_b = 39000 / 8597.6 = 4.53 \text{kp/mm}^2$$

$$\Sigma_{b\text{επ.}} = 20 \text{kp/mm}^2 \text{ (Στοιχεία Μηχανών 2 σελ. 24)}$$

$$\text{Συντελεστής ασφαλείας } n = 2$$

$$\text{Συνεπώς } \Sigma_{b\text{επ.}} = 10 \text{kp/mm}^2$$

Άρα  $\Sigma_{bεπ.} > \Sigma_b$

Ο άξονας μας αντέχει σε κάμψη.

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΕΛΟΥΣ ΚΑΜΨΗΣ ΤΟΥ**  
**ΑΞΟΝΑ**

Σαν βέλος κάμψης  $F$  ονομάζουμε τη μετατόπιση του ουδέτερου άξονα όταν ενεργούν επάνω του εγκάρσια φορτία.

Βάρος άξονα  $B= 5.230\text{kg}$

Μέτρο ελαστικότητας  $E= 2.1 \cdot 10^4 \text{kp/mm}^2$

Ροπή αδράνειας  $I_z=208492\text{mm}^4$

Μήκος άξονα  $l= 1180\text{mm}$

$$F = 5 * B * s^3/E * I_z * 384 \Rightarrow$$

$$F = 5 * 660 * 1200^3 / 2.1 * 10^4 * 208492 * 384 \Rightarrow$$

$$F = 570240 * 10^4 / 168127988 \Rightarrow$$

$$F = 3,391 \text{ mm} = 0.3391 \text{ cm}$$

$$F_{\varepsilon\pi} = s/1000 = 1200/1000 = 1.2\text{cm}$$

$$F < F_{\varepsilon\pi}$$

**ΕΛΑΤΗΡΙΑ**

Το ελατήριο με πολλαπλές λάμες αναπτύχθηκε από το αμφίπλευρο τραπεζοειδές ελατήριο. Οι λάμες αυτές συγκρατούνται στο μέσον με άγκιστρα ή με πείρο. Τα ελατήρια αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως στα συστήματα ανάρτησης οδικών οχημάτων. Η χαρακτηριστική του ελατηρίου είναι κατά προσέγγιση ευθεία λόγω της τριβής που αναπτύσσεται ανάμεσα στις λάμες. Μας προσφέρουν πολύτιμη απόσβεση λόγω του ότι το έργο που αποδίδεται κατά την αποφόρτιση είναι μικρότερο από εκείνο που απορροφήθηκε. Επειδή υπάρχει τριβή μεταξύ των λάμων δεν μπορεί να υπάρξει ένας ακριβής υπολογισμός.

Χωρίς να λάβουμε υπόψη την τριβή για ένα αριθμό λάμων  $z$  και ένα μέγιστο πλάτος  $b$  το πλάτος κάθε μιας λάμας θα είναι :  $B_0 = b/z$

Το υλικό των ελατηρίων είναι 51Si7 με σκλήρυνση και επαναφορά με μέτρο ελαστικότητας  $E = 21000 \text{ kp/mm}^2$

Και τιμή στατικής αντοχής  $\sigma_b = 150 \text{ kp/mm}^2$

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ



**Μήκος ελατηρίου  $L=1200\text{mm} / 2 = 600\text{mm}$**

**Πλάτος ελατηρίου  $B = 70\text{mm}$**

**Πάχος ελατηρίου  $H = 8\text{mm}$**

**Αριθμός λάμγων  $z = 6$  λάμες**

**$B_{\text{ολ.}} = 70 \cdot 6 = 420\text{mm}$**

**Δύναμη  $F = 660/6 = 110\text{kp}$**

**$\Sigma_b = M/W = 6 \cdot F \cdot L / B_{\text{ολ.}} \cdot H^2 = (6 \cdot 110 \cdot 600) / (420 \cdot 8^2) \Rightarrow$**

**$\Sigma_b = 14.73 \text{ kp/mm}^2$**

**Για υλικό 51Si7 γνωρίζουμε ότι το  $\Sigma_{\text{βεπ.}} = 150 \text{ kp/mm}^2$**

**Επειδή έχουμε εναλλασσόμενη φόρτιση παίρνουμε συντελεστή ασφαλείας  $\nu = 2$  οπότε έχουμε :**

**$\Sigma_{\text{βεπ.}} / 2 = 150 / 2 = 75 \text{ kp/mm}^2$**

**$\Sigma_b < \Sigma_{\text{βεπ.}}$  Άρα τα ελατήρια μας αντέχουν.**

**Καμπτική ροπή  $M_{\text{bmax}} = F \cdot L = 110 \cdot 600 = 66000$   
 $\text{krmm}$**

## **ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ**

Οι συγκολλήσεις είναι μη λυόμενες συνδέσεις μεταξύ εξαρτημάτων και κατασκευάζονται είτε ως συγκολλήσεις τήξεως είτε ως συγκολλήσεις πιέσεως. Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία τα τεμάχια έχουν συγκολληθεί με τη μέθοδο της συγκόλλησης τήξεως. Στη μέθοδο αυτή τα τεμάχια θερμαίνονται στη περιοχή της επιφάνειας επαφής τους, το υλικό λιώνει τοπικά και μετά αφήνεται να στερεοποιηθεί. Μετά την στερεοποίηση του τήγματος τα δύο κομμάτια γίνονται ένα. Όπως γνωρίζουμε η τοπική θέρμανση των τεμαχίων επιτυγχάνεται με φλόγα ασετιλίνης – οξυγόνου ή με συγκόλληση κοινού ηλεκτροδίου ή με ηλεκτροσυγκόλληση σύρματος.

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΤΩΝ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ ΣΕ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

Μήκος ραφής  $l = 20\text{mm}$

Πάχος ραφής  $s = 3\text{mm}$

Πλάτος ραφής  $b = 60\text{mm}$

Αριθμός συγκρατητών  $x = 8$

Φορτίο ανά ζεύγος συγκρατητών  $F_{\varphi} = 165\text{kp}$

Η επιφάνεια των ραφών σε  $\text{mm}^2$ , ίση με το άθροισμα όλων των επιμέρους ραφών :

$$A_w = (b \cdot s + l \cdot s) \cdot x = (60 \cdot 3 + 20 \cdot 3) \cdot 8 = 1920\text{mm}^2$$

$$T_w = Q/A_w = 660/1920 = 0.343\text{kp/mm}^2$$

$$T_{\text{WEΠ.}} = 13,5\text{kp/mm}^2$$

Για όλες τις συγκολλήσεις δίνεται συντελεστής ασφαλείας  $v=4$

$$\text{Άρα το } T_{\text{WEΠ.}}/v = 3.375\text{kp/mm}^2$$

$$T_{\text{WEΠ.}} > T_w$$

Άρα οι συγκολλήσεις των συγκρατητών αντέχουν.

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

### ΔΙΑΜΗΚΕΙΣ ΔΟΚΟΙ

**Μήκος δοκού L= 1510mm**

**Αριθμός δοκών δ = 3 δοκοί**

**Φόρτιση ανά δοκό  $F_{\delta} = 660/3 = 220$  kρ**

**Φόρτιση ανά mm δοκού  $f_{\delta} = 220/1510 = 0,145$  kρ/mm<sup>2</sup>**

**Φόρτιση στο κέντρο :**

**$Q_{κ} = f_{\delta} * (L/2) = 0.145 * 755 = 109,475$  kρmm**

**Φόρτιση στο άκρο αριστερά**

**$Q_{αρ} = 0$**

**Φόρτιση στο άκρο δεξιά**

**$Q_{δεξ} = 0$**

**Η μέγιστη ροπή κάμψης βρίσκεται στο κέντρο του πλαισίου δηλαδή σ απόσταση L/2=755mm**

**$M_{bmax} = (73.333 * L/2) - [F_{\delta} * (L/2)^2 / 2 ] =$**

**$73.333 * 755 - 0.145 * 755^2 / 2 = 14039.602$  kρmm**

**Ροπή αδράνειας :**

**$I_z = B * H^3 / 12 - b * h^3 / 12 = 40 * 40^3 / 12 - 34 * 34^3 / 12$   
**=101972mm<sup>4</sup>****

**Ροπή αντίστασης με  $Y_{max} = B/2 = 40/2 = 20$ mm**

**$W_{απ} = I_z / Y_{max} = 101972 / 20 = 5098.6$  mm<sup>3</sup>**

### Κάμψη

$$\Sigma_b = M_{bmax} / W_{απ} = 14039.602 / 5098.6 = 2.75 \text{ kp/mm}^2$$

Για st37 και καμπτική φόρτιση  $\Sigma_{βεπ} = 37 \text{kp/mm}^2$

Λόγω εναλλασσόμενης φόρτισης παίρνουμε συντελεστή ασφαλείας  $\nu = 4$ .

$$\text{Άρα } \Sigma_{βεπ} = 9,25 \text{kp/mm}^2$$

$\Sigma_{βεπ} > \Sigma_b$  άρα οι διαμήκεις δοκοί αντέχουν

## ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΙ ΔΟΚΟΙ

Μήκος δοκού  $L = 1010 \text{mm}$

Αριθμός δοκών  $\delta = 3$  δοκοί

Φόρτιση ανά δοκό  $F_{\delta} = 660/3 = 220 \text{ kp}$

Φόρτιση ανά mm δοκού  $f_{\delta} = 220/1010 = 0,217 \text{ kp/mm}^2$

Η μέγιστη ροπή κάμψης βρίσκεται στο κέντρο του πλαισίου δηλαδή σ απόσταση  $L/2=505\text{mm}$

$$M_{b\max} = (73.333 * L/2) - [F_{\delta} * (L/2)^2 / 2] =$$

$$73.333 * 505 - 0.217 * 505^2 / 2 = 9362.953 \text{ kpm}$$

Ροπή αδράνειας :

$$I_z = B * H^3 / 12 - b * h^3 / 12 = 40 * 40^3 / 12 - 34 * 34^3 / 12 = 101972 \text{ mm}^4$$

Ροπή αντίστασης με  $Y_{\max} = B/2 = 40/2 = 20\text{mm}$

$$W_{\alpha\pi} = I_z / Y_{\max} = 101972 / 20 = 5098.6 \text{ mm}^3$$

### Κάμψη

$$\Sigma_b = M_{b\max} / W_{\alpha\pi} = 9362.953 / 5098.6 = 1.83 \text{ kp/mm}^2$$

Για st37 και καμπτική φόρτιση  $\Sigma_{b\epsilon\pi} = 37 \text{ kp/mm}^2$

Λόγω εναλλασσόμενης φόρτισης παίρνουμε συντελεστή ασφαλείας  $\nu = 4$ .

Άρα  $\Sigma_{b\epsilon\pi} = 9,25 \text{kp/mm}^2$

$\Sigma_{b\epsilon\pi} > \Sigma_b$  άρα οι οριζόντιοι δοκοί αντέχουν

## ΚΟΧΛΙΕΣ

Ο κοχλίας είναι μια απλή μηχανή που έχει τη ικανότητα να μετατρέπει την περιστροφική κίνηση σε ευθύγραμμη. Πιο συγκεκριμένα μπορούμε να

περιστρέψουμε τον κοχλία δίνοντας μικρή κινητήρια ροπή και σαν αποτέλεσμα να υπερνικήσουμε μια αρκετά μεγάλη αξονική δύναμη.

Οι κοχλίες διακρίνονται σε κοχλίες συσφίξεως και κοχλίες κινήσεως.

Σε αυτή την πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκαν κοχλίες συσφίξεως οι οποίοι έχουν σαν αποστολή να συγκρατούν δύο σώματα συμπιέζοντας τα. Χαρακτηρίζονται από το ότι τα συνδεδεμένα σώματα βρίσκονται ανάμεσα στο κεφάλι του κοχλία και το περικόχλιο και είναι σε επαφή μεταξύ τους. Τόσο ο κοχλίας όσο και τα σώματα παραμορφώνονται ελαστικά. Επειδή τα σώματα βρίσκονται σε επαφή και η αξονική δύναμη που ασκεί ο κοχλίας είναι μεγάλη, γι' αυτό η ελαστική παραμόρφωση παίζει σημαντικό ρόλο στην λειτουργία και την αντοχή της σύνδεσης. Σε κοχλίες συσφίξεως χρησιμοποιούνται συνήθως τριγωνικά σπειρώματα.

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΧΛΙΟΣΥΝΔΕΣΗΣ

Οι κοχλίες καταπονούνται σε διάτμηση.



Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία χρησιμοποιούμε κοχλίες εφαρμογής διότι μπορούν να παραλάβουν εναλλασσόμενα φορτία.

**Κοχλίας M12**

**Διάμετρος  $d=12\text{mm}$**

**Μέση διάμετρος  $d_2=10.863\text{mm}$**

**Διάμετρος πυρήνα  $d_3=0.25\text{mm}$**

**Διατομή πυρήνα  $A_k=76.33\text{mm}$**

**Διατομή τάσεως  $A_s=84.3\text{mm}$**

**Υπολογισμός σε διάτμηση :**

$$\Sigma_b = F_k / A_k$$

**Κοχλίες  $K=8$**

$$F_k = Q / K = 660 / 8 = 82.5\text{kp}$$

$$\Sigma_b = 82.5 / 76.3 = 1.08\text{kp/mm}^2$$

**Επιτρεπόμενη διατμητική τάση για κοχλία 8.8**

$$\Sigma_{b\text{επ.}} = 64\text{kp/mm}^2$$

**Συντελεστής ασφαλείας  $\nu=4$**

$$\text{Άρα } \Sigma_{b\text{επ.}} = 64 / 4 = 16\text{kp/mm}^2$$

Λόγω ύπαρξης εναλλασσόμενης φόρτισης χρειάζεται να πάρουμε έναν επιπλέον συντελεστή ασφαλείας  $\nu = 2$  οπότε :

$$\Sigma_{\text{βεπ.}} = 16/2 = 8 \text{ kp/mm}^2$$

$\Sigma_{\text{βεπ.}} > \Sigma_b$  άρα οι κοχλίες αντέχουν.

## ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΥΛΙΣΗΣ

$$C = C_r * \mu * g \text{ (από το βιβλίο των Μ.Ε.Κ.)}$$

Συντελεστής κυλίσεως  $C_r = 0,013$

Μάζα οχήματος υπό πλήρες φορτίο  $M_u = 660 \text{ kp}$

Επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Οπότε :

$$C = 0.013 * 660 * 9.81 = 84.16 \text{ N} = \underline{8.416 \text{ kg}}$$

Άρα η αντίσταση κύλισης υπό πλήρες φορτίο  
ανέρχεται στα 8.416kg

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δρ. Στ. Α. Μαυρομάτης “ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΣΧΕΔΙΟ και στοιχεία παραστατικής γεωμετρίας”  
2003
2. Dr. –Ing. Av. Θ. Μωυσιάδη  
“ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΙΙ” 1996

- 3. Καθηγ. Μοσχίδης Νικόλαος  
“ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ Ι” 2004**
- 4. Δρ. Π. Α. Βουθούνης “Μηχανική του  
απαραμόρφωτου στερεού” 2003**
- 5. Δρ. Π. Α. Βουθούνης “Τεχνική μηχανική –  
ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ” 1993**