Π Α Ν Ε Π Ι Σ Τ Η Μ Ι Ο Θ Ε Σ Σ Α Λ Ι Α Σ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Λεωφόρος Αθηνών
Πεδίον Άρεως
38334 Βόλος

Διευθυντής: Καθηγητής Ν. Αράβας
Τηλ.: 2421-074 002
FAX: 2421-074 009
e-mail: aravas@uth.gr

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ Ι

Σειρά Ασκήσεων 6

Πρόβλημα 1

Ένα σφαιρικό δοχείο πιέσεως έχει εσωτερική διάμετρο 46 cm και πάχος 6 mm κατασκευάζεται συγκολλώντας δύο χαλύβδινα ημισφαίρια (E=200 GPa, ν=0.28).

(a) Εάν η μέγιστη επιτρεπόμενη ορθή τάση στον χάλυβα είναι 95 MPa, να υπολογιστεί η μέγιστη επιτρεπόμενη εσωτερική πίεση p_a στο δοχείο.

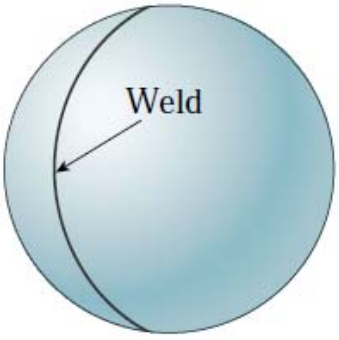
b) Εάν η μέγιστη επιτρεπόμενη διατμητική τάση στον χάλυβα είναι 40 MPa, να υπολογιστεί η μέγιστη επιτρεπόμενη εσωτερική πίεση p_b.

(c) Εάν η μέγιστη ορθή παραμόρφωση στην επιφάνεια του δοχείου δεν πρέπει να υπερβεί την τιμή 300×10^{-6}, να υπολογιστεί η μέγιστη επιτρεπόμενη εσωτερική πίεση p_c.

(d) Η συγκόλληση αστοχεί όταν το εφελκυστικό φορτίο κάθετα στη ραφή υπερβεί τα 15 KN ανά cm συγκολλήσεως. Εάν ο απαιτούμενος συντελεστής ασφαλείας για τη ραφή είναι 2.5, να υπολογιστεί η μέγιστη επιτρεπόμενη εσωτερική πίεση p_d.

(e) Εάν πρέπει να ικανοποιούνται και τα τέσσερα προαναφερθέντα κριτήρια, να υπολογιστεί η μέγιστη επιτρεπόμενη εσωτερική πίεση p_{allow}.

Απάντηση: a) p_a=4.9 MPa, b) p_b=4.1 MPa, c) p_c=4.2 MPa, d) p_d=5.1 MPa, e) p_{allow}=4.1 MPa.

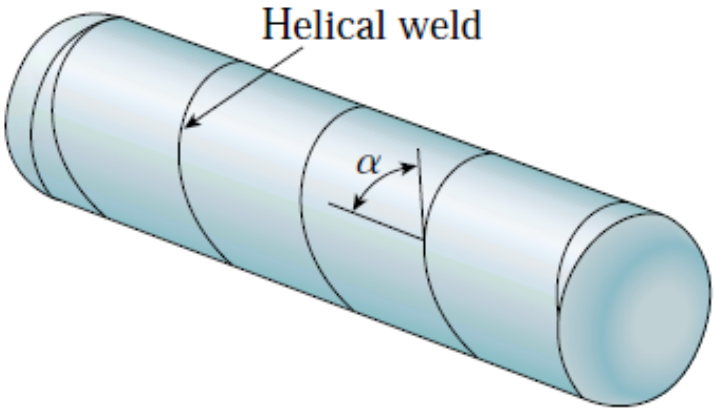


Πρόβλημα 2

Ένα κυλινδρικό δοχείο πιέσεως κατασκευάζεται από ένα επιμήκες έλασμα, διπλώνοντάς το γύρω από έναν κυλινδρικό οδηγό και συγκολλώντας το κατά μήκος των ακμών ώστε να δημιουργηθεί η ελικοειδής σύνδεση που φαίνεται στο σχήμα. Η γωνία της συγκολλήσεως σχηματίζει γωνία $\alpha = 55°$ με τον άξονα του δοχείου. Το δοχείο έχει εσωτερική ακτίνα R=1.8 m, μήκος L=5.5 m και πάχος τοιχώματος t=20 mm. Το υλικό του δοχείου είναι χάλυβας με μέτρο ελαστικότητας E=200 GPa και λόγο Poisson ν=0.30. Η εσωτερική πίεση είναι 800 kPa.

Να υπολογιστούν οι ακόλουθες ποσότητες στο κυλινδρικό μέρος του δοχείου: (a) η περιφερειακή και αξονική ορθή τάση σ_t και σ_a ανστιστοίχως, (b) η μέγιστη διατμητική τάση, (c) η περιφερειακή και αξονική ορθή παραμόρφωση ε_t και ε_a ανστιστοίχως, (d) η ορθή τάση σ_w και η διατμητική τάση τ_w που ασκούνται κάθετα και παράλληλα στη συγκόλληση, καθώς και (e) η

μεταβολή του όγκου του δοχείου, (f) η μεταβολή του όγκου του υλικού που ανήκει στο κυλινδρικό τοίχωμα του δοχείου.
Απάντηση: a) σ_t=72 MPa, σ_a=36 MPa, b) τ_{max}=36 MPa, c) ε_t=306x10^{-6}, ε_a=72x10^{-6}, d) σ_w=60.5 MPa, τ_w=17.0 MPa, e) ΔV=0.0389 m^3, f) ΔV_m=0.0027 m^3.



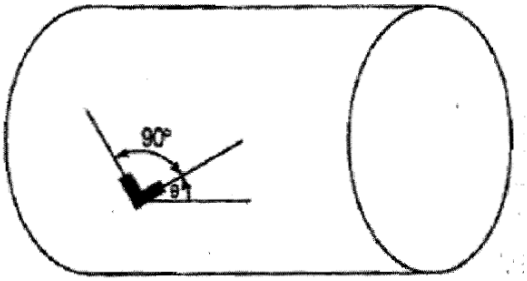
<u>Πρόβλημα 3</u>

Ένα κυλινδρικό δοχείο πιέσεως έχει μέση ακτίνα R και πάχος τοιχώματος $t << R$. Η εσωτερική πίεση είναι p. Στην επιφάνεια του δοχείου τοποθετούμε δύο μηκυνσιόμετρα όπως φαίνεται στο σχήμα. Έστω e_1 και e_2 οι μετρούμενες ορθές παραμορφώσεις στις κατευθύνσεις θ και $\theta + 90^\circ$. Το υλικό του δοχείου είναι γραμμικώς ελαστικό και ισότροπο με μέτρο ελαστικότητας E και λόγο Poisson ν.

a) Να υπολογιστεί η πίεση p και η γωνία θ συναρτήσει των e_1, e_2, E, ν και t/R. Να υπολογιστούν επίσης οι κύριες τάσεις και η ισοδύναμη τάση κατά von Mises σ_e στην κυλινδρική επιφάνεια του δοχείου.
b) Έστω ότι $E = 200\,\text{GPa}$, $\nu = 0.3$, $R = 250\,\text{mm}$, $t = 3\,\text{mm}$, $e_1 = 220\times10^{-6}$ και $e_2 = 480\times10^{-6}$. Να υπολογιστούν: η γωνία θ, οι κύριες τάσεις, η ισοδύναμη τάση κατά von Mises σ_e, η μέγιστη ορθή τάση, και η μέγιστη διατμητική τάση στο κυλινδρικό τοίχωμα του δοχείου.
c) Αυξάνουμε την εσωτερική πίεση από την τιμή p του ερωτήματος b) στην τιμή $c\,p$. Εάν το όριο διαρροής του υλικού είναι $\sigma_0 = 200\,\text{MPa}$, να υπολογιστεί η τιμή του c που θα προκαλέσει πλαστικές παραμορφώσεις στο κυλινδρικό τοίχωμα του δοχείου.

Απάντηση: a) $p = \dfrac{2(e_1+e_2)Et}{3(1-\nu)R}$, $\theta = \dfrac{1}{2}\cos^{-1}\left(3\dfrac{1-\nu}{1+\nu}\dfrac{e_2-e_1}{e_2+e_1}\right)$, $\sigma_a = \dfrac{\sigma_t}{2} = \dfrac{(e_1+e_2)E}{3(1-\nu)}$,

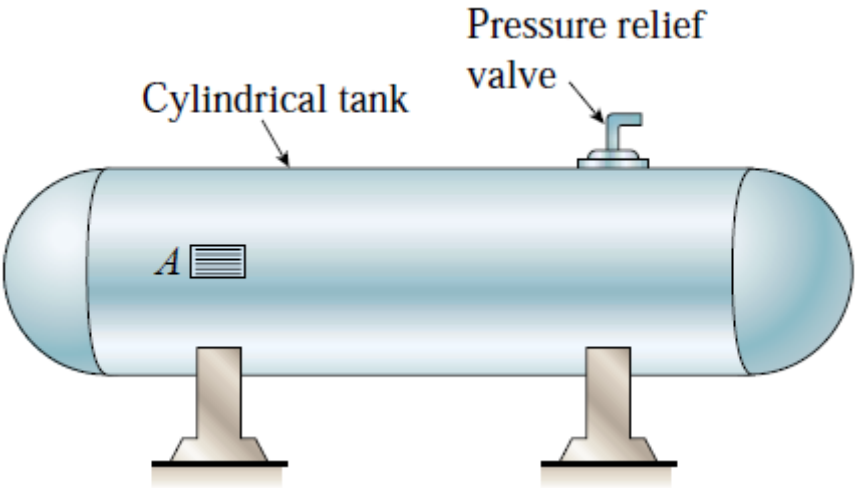
$\sigma_e = \dfrac{(e_1+e_2)E}{\sqrt{3}(1-\nu)}$, b) $\theta = 26.57^\circ$, $\sigma_1 = 2\sigma_2 = 133.3\text{ MPa}$, $\sigma_e = 115.5\text{ MPa}$, $\tau_{\max} = 66.7\text{ MPa}$, c) $c = 1.732$.



Πρόβλημα 4

Ένα κυλινδρικό δοχείο περιέχει αέριο υπό πίεση. Στην επιφάνεια του δοχείου έχει τοποθετηθεί ένα μηκυνσιόμετρο, το οποίο μετρά την αξονική παραμόρφωση ε_a και μεταδίδει την πληροφορία στο κέντρο ελέγχου. Στο τοίχωμα του δοχείου έχει εγκατασταθεί βαλβίδα εκτόνωσης, ώστε να αποφεύγεται η υπερφόρτωση του δοχείου. Η μέγιστη διατμητική τάση που μπορεί να αντέξει το τοίχωμα του δοχίου είναι τ_0 και απαιτείται ένας συντελεστής ασφαλείας $S > 1$. Το υλικό του δοχείου είναι γραμμικώς ελαστικό και ισότροπο με μέτρο ελαστικότητας E και λόγο Poisson ν.

(a) Να υπολογιστεί η τιμή της αξονικής παραμορφώσεως ε_a στην οποία ο χειριστής θα πρέπει να φροντίσει να ανοίξει η ανακουφιστική βαλβίδα ώστε να εκτονωθεί η πίεση συναρτήσει των E, ν, τ_0 και S.

(b) Εάν $E = 205$ GPa, $\nu = 0.3$, $\tau_0 = 82$ MPa και $S = 2$, να υπολογιστεί η τιμή της ε_a στο ερώτημα (a).

Απάντηση: a) $\varepsilon_a = \dfrac{(1-2\nu)\tau_0}{S\,E}$, b) $\varepsilon_a = 80\times10^{-6}$.