

Επιλογή υλικού για στεγανοποίηση (τσιμούχες)

Μας ενδιαφέρει να επιλέξουμε υλικό για επαναχρησιμοποιούμενο στεγανωτικό δακτύλιο (τύπου O-ring όπως χρησιμοποιείται σε κυλινδρικά καπάκια). Τον μοντελοποιούμε ως κύλινδρο που συμπιέζεται μεταξύ δύο επιφανειών. Η πάνω επιφάνεια ασκεί μια δύναμη ανά μονάδα μήκους του κυλίνδρου f , που παράγει μια τάση επαφής σ στην διεπιφάνεια μεταξύ κυλίνδρου και υποστρώματος. Θεωρούμε το υπόστρωμα άκαμπτο (απαραμόρφωτο). Το πλάτος της επιφάνειας επαφής δακτυλίου και υποστρώματος είναι b .

[Στο αρχείο που έχει αναρτηθεί στο e-class, έγγραφο/mechanics/contact_stress.bmp, δίνεται ως 2α.]

Το πλάτος της επιφάνειας όπου δύο παράλληλοι κύλινδροι έρχονται σε επαφή είναι

$$b = 2 K_b \sqrt{F} \quad ,$$

όπου F η κατανεμημένη δύναμη κατά μήκος της επιφάνειας επαφής (π.χ., το βάρος του ενός κυλίνδρου πάνω στον άλλο), και K_b δίνεται γενικά από την παρακάτω σχέση

$$K_b = \left[\frac{2\pi (1-\nu_1^2)/E_1 + (1-\nu_2^2)/E_2}{l \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad ,$$

όπου E_1, E_2 τα μέτρα ελαστικότητας και ν_1, ν_2 οι αντίστοιχοι λόγοι *Poisson* των δύο κυλίνδρων, l το μήκος επαφής και d_1, d_2 οι διάμετροι των κυλίνδρων. Στην περίπτωση επαφής κυλίνδρου με επίπεδη, άκαμπτη επιφάνεια, $E_2 \rightarrow \infty$ και $d_2 \rightarrow \infty$. Αν θεωρήσουμε λόγο *Poisson* $\approx 1/3$ τότε

$$K_b = \left[\frac{2\pi (0.89)/E_1}{l \cdot 1/(2R)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad ,$$

όπου R η ακτίνα της διατομής του στεγανωτικού δακτυλίου. Άρα το πλάτος της επιφάνειας επαφής είναι

$$b = 2 \left(4\pi (0.89) \frac{f R}{E_1} \right)^{\frac{1}{2}} \approx 6.67 \left(\frac{f R}{E_1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad . (1)$$

[Η σχέση που δίνεται στο contact_stress.bmp είναι για σφαίρα σε επίπεδη επιφάνεια. Εκεί η επιφάνεια επαφής είναι κυκλική και η δύναμη δεν είναι ανηγμένη.]

Η μέγιστη τάση επαφής είναι

$$\sigma_{max} = \frac{4f}{\pi b} \quad . (2)$$

Επειδή δεν πρέπει να ξεπεράσει το όριο ελαστικότητας της τσιμούχας θα πρέπει

$$\sigma_{max} \leq \sigma_f \quad (\text{περιορισμός})$$

Ο στόχος είναι να μεγιστοποιήσουμε την επιφάνεια επαφής ώστε να μονώσουμε όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερα από το εξωτερικό περιβάλλον, δηλ., να μεγιστοποιήσουμε το b .

Αντικαθιστούμε την δύναμη ανά μονάδα μήκους από την (1) στην (2) και από τον περιορισμό προκύπτει

$$b \geq (6.67)^2 \frac{\pi R}{4} \left(\frac{\sigma_f}{E_1} \right) .$$

[Το αποτέλεσμα αυτό διαφέρει κατά μία τάξη μεγέθους από αυτό έγγραψα στον πίνακα – όμως η επιλογή υλικού δεν αλλάζει!]