

Στοιχεία Μηχανών

Διάλεξη 3

Ανάλυση Τάσεων-Παραμορφώσεων Κριτήρια Στατικής Αστοχίας

Παναγιώτης Αλευράς
(palevras@tuc.gr)

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

1

1

Περίγραμμα Διάλεξης

- Κύριες τάσεις, ελαστική παραμόρφωση
- Κάμψη, διάτμηση και στρέψη δοκών
- Κριτήρια αστοχίας σε στατική αντοχή
 - Μέγιστη Διατμητική Τάση
 - Θεωρία Έργου Παραμόρφωσης
 - Μέγιστη Ορθή Τάση
 - Coulomb-Mohr

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

2

2

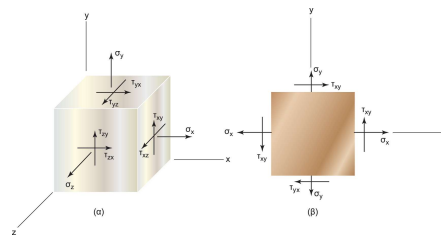
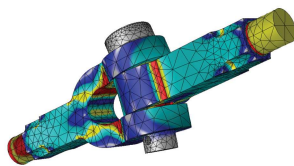
Ανάλυση Τάσεων Παραμορφώσεων

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

3

3

Εντατική Κατάσταση



Πως μπορούμε να βρούμε την διατομή που θα αστοχήσει? Ονομάζεται επικίνδυνη διατομή και συνήθως

- Βρίσκεται σε γεωμετρικές μεταβολές, πχ αλλαγή διαμέτρου άξονα
- Είναι μία διατομή που δέχεται το μεγαλύτερο φορτίο
- Παρουσιάζει αύξηση των τάσεων πχ εγκοπή, σφήνα κτλ.

Οι ορθές τάσεις $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ και οι διατμητικές $\tau_{xy} = \tau_{yx}, \tau_{xz} = \tau_{zx}, \tau_{yz} = \tau_{zy}$ περιγράφουν την εντάτική κατάσταση των σωμάτων.

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

4

4

Κύριες τάσεις – 2D



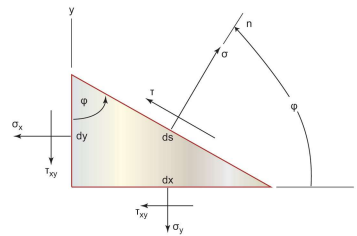
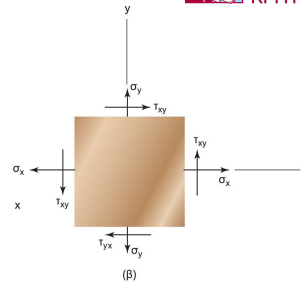
- $\sigma_z = \tau_{xz} = \tau_{yz} = 0$
- Εάν κάνουμε μία τομή στη διατομή υπό τυχαία γωνία ϕ

$$\sigma = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\phi + \tau_{xy} \sin 2\phi$$

$$\tau = -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\phi + \tau_{xy} \cos 2\phi$$

- Μέγιστες ορθές τάσεις (κύριες τάσεις)

- $\tau = 0$
- $\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

5

5

Μέγιστες διατμητικές τάσεις



- Αντίστοιχα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις προηγούμενες σχέσεις για να βρούμε τις μέγιστες διατμητικές τάσεις

$$\sigma = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\phi + \tau_{xy} \sin 2\phi$$

$$\tau = -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\phi + \tau_{xy} \cos 2\phi$$

- Μέγιστες διατμητικές τάσεις

- $\sigma = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$
- $\tau_1, \tau_2 = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

6

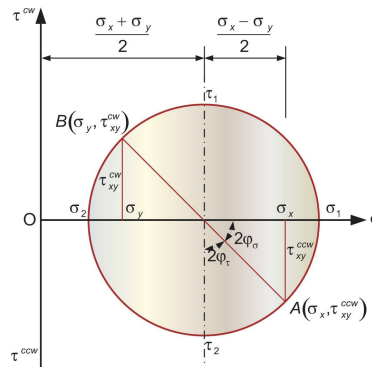
6

Κύκλος του Mohr



- Σημειώνουμε το σημείο A (σ_x, τ_{xy}) και το σημείο B (σ_y, τ_{xy}) και σχεδιάζουμε κύκλο με διάμετρο AB
- Οι μέγιστες ορθές δίνονται από τις τομές με τον άξονα σ , και οι μέγιστες διατμητικές τάσεις από το μέγιστο και το ελάχιστο του κύκλου
- Έτσι, προκύπτει ο κύκλος του Mohr
- Οι κύριες τάσεις και οι μέγιστες διατμητικές χρησιμοποιούνται στα κριτήρια αστοχίας

Ωρολογιακές
διατμητικές
στα (+)



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

7

7

Νόμος του Hooke



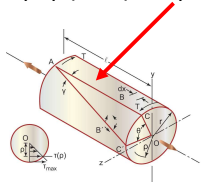
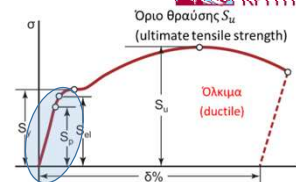
- Περιοχή ελαστικής παραμόρφωσης

$$\sigma = E\varepsilon, \tau = G\gamma$$

όπου

-E,G το μέτρο ελαστικότητας και διάτμησης

- $\varepsilon = \delta/l$ η αξονική παραμόρφωση και γ η γωνιακή.



- Σχέση E και G

$$E = 2G(1 + \nu)$$

Όπου ν ο λόγος Poisson.

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

	ΚΥΡΙΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ	ΚΥΡΙΕΣ ΤΑΣΕΙΣ
Μονοαξονική	$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E}$	$\sigma_1 = E\varepsilon_1$
	$\varepsilon_2 = -\nu\varepsilon_1$	$\sigma_2 = 0$
	$\varepsilon_3 = -\nu\varepsilon_1$	$\sigma_3 = 0$
Διαξονική	$\varepsilon_1 = \frac{1}{E}(\sigma_1 - \nu\sigma_2)$	$\sigma_1 = \frac{E\varepsilon_1(1+\nu\varepsilon_2)}{1-\nu^2}$
	$\varepsilon_2 = \frac{1}{E}(\sigma_2 - \nu\sigma_1)$	$\sigma_2 = \frac{E\varepsilon_2(1+\nu\varepsilon_1)}{1-\nu^2}$
	$\varepsilon_3 = \frac{\nu}{E}(\sigma_1 - \sigma_2)$	$\sigma_3 = 0$
Τριαξονική	$\varepsilon_1 = \frac{1}{E}(\sigma_1 - \nu\sigma_2 - \nu\sigma_3)$	$\sigma_1 = \frac{E\varepsilon_1(1-\nu) + \nu E(\varepsilon_2 + \varepsilon_3)}{(1+\nu)(1-2\nu)}$
	$\varepsilon_2 = \frac{1}{E}(\sigma_2 - \nu\sigma_1 - \nu\sigma_3)$	$\sigma_2 = \frac{E\varepsilon_2(1-\nu) + \nu E(\varepsilon_1 + \varepsilon_3)}{(1+\nu)(1-2\nu)}$
	$\varepsilon_3 = \frac{1}{E}(\sigma_3 - \nu\sigma_1 - \nu\sigma_2)$	$\sigma_3 = \frac{E\varepsilon_3(1-\nu) + \nu E(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}{(1+\nu)(1-2\nu)}$

8

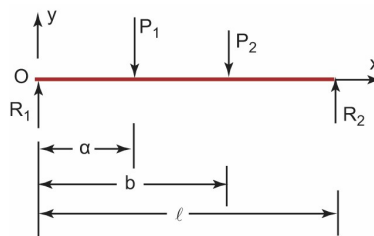
Διαγράμματα N,V,M



- Προσδιορισμός Αξονικών, Διατμητικών και Καμπτικών Ροπών σε Στοιχεία Μηχανών υπό φόρτιση
- Συμπληρώνονται από το διάγραμμα στρεπτικών ροπών.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: Η δοκός στηρίζεται με τις αντιδράσεις R_1 και R_2 ενώ δέχεται τα φορτία P_1 και P_2 . Υπολογίστε και σχεδιάστε τα διαγράμματα διατμητικής δύναμης (Q) και στρεπτικών ροπών.

$P_1=250 \text{ N}$, $P_2=450 \text{ N}$, $a=0.15\text{m}$, $b=0.35\text{m}$, $l=0.65\text{m}$



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

9

9

Διαγράμματα N,V,M

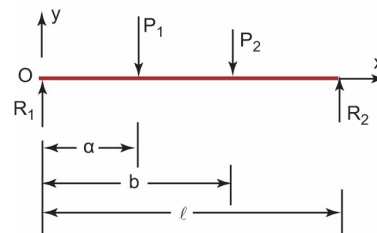


1. Ισορροπία για τις αντιδράσεις R_1 , R_2 .

$$P_1 + P_2 - R_1 - R_2 = 0 \quad \text{κατά } y$$

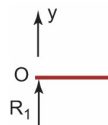
$$P_1 a + P_2 b - R_2 l = 0 \quad \text{ροπές ως προς O}$$

$$R_1 = 400 \text{ N}, R_2 = 300 \text{ N}$$



2. Εφαρμόζουμε τομές από αριστερά.

$$\bullet \quad 0 \leq x < a$$



$$V(x) = R_1 = 400 \text{ N}$$

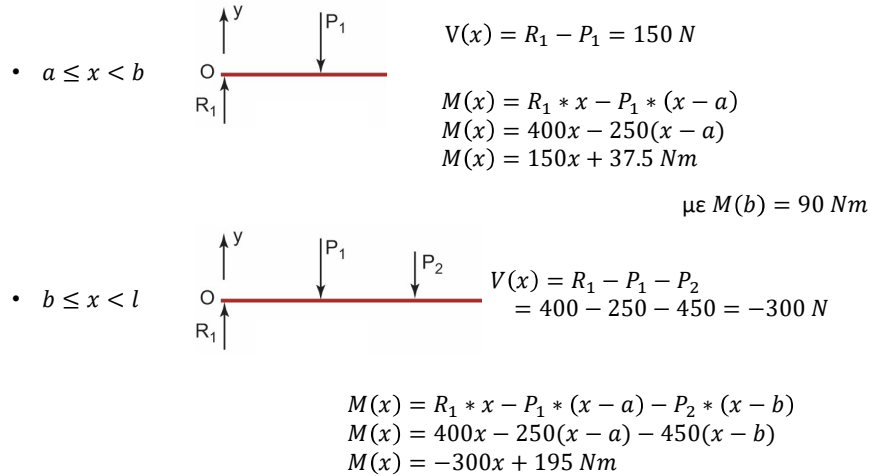
$$M(x) = R_1 * x = 400x \text{ Nm} \quad \text{με } M(a) = 60 \text{ Nm}$$

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

10

10

Διαγράμματα N,V,M



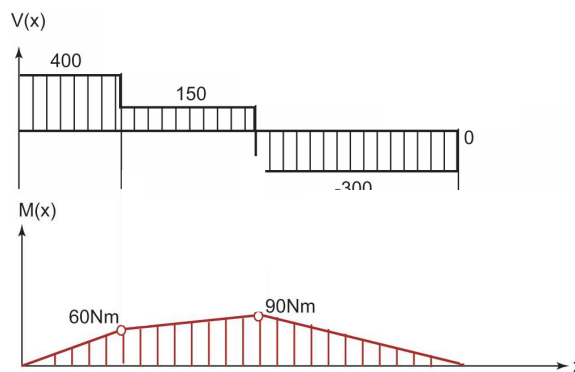
Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

με $M(l) = 0 \text{ Nm}$

11

11

Διαγράμματα N,V,M



- Τα διαγράμματα N , V , M_b (καμπτικές), M_t (στρεπτικές) είναι το πρώτο βήμα για τον προσδιορισμό της αντοχής
- Από αυτά υπολογίζουμε εσωτερικές τάσεις στα Στοιχεία Μηχανών και εφαρμόζουμε κριτήρια αστοχίας

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

12

12

Ιδιόμορφες συναρτήσεις για N,V,M



- Γενίκευση-αυτοματοποίηση της μεθόδου εύρεσης των N,Q,M

Ιδιόμορφη συνάρτηση $f_n(x) = \langle x - a \rangle^n$

ΚΑΝΟΝΕΣ

- $n > 0$ και $(x - a) > 0$ τότε $f_n = (x - a)^n$
- $n > 0$ και $(x - a) < 0$ τότε $f_n = 0$
- $n < 0$ τότε $f_n = \begin{cases} 1, & x = a \\ 0, & x \neq a \end{cases}$
- $n = 0$ τότε $f_n = \begin{cases} 1, & x \geq a \\ 0, & x < a \end{cases}$
- $n \geq 0$ τότε $\int_{-\infty}^x \langle x - a \rangle^n dx = \frac{\langle x - a \rangle^{n+1}}{n+1}$
- $n < 0$ τότε $\int_{-\infty}^x \langle x - a \rangle^n dx = \langle x - a \rangle^{n+1}$
- $n \geq 1$ τότε $\frac{d}{dx} \langle x - a \rangle^n = n \langle x - a \rangle^{n-1}$

Είδος φόρτισης	Σχήμα της φόρτισης	Ιδιόμορφη συνάρτηση
Συγκεντρωμένη ροπή		$q(x) = M \langle x - a \rangle^{-2}$
Συγκεντρωμένη δύναμη		$q(x) = P \langle x - a \rangle^{-1}$
Συνεχές φορτίο		$q(x) = w_0 \langle x - a \rangle^0$
Γραμμικό αυξανόμενο φορτίο		$q(x) = \frac{w_0}{b} \langle x - a \rangle^1$
Γραμμικά μειούμενο φορτίο		$q(x) = w_0 \langle x - a \rangle^0 - \frac{w_0}{b} \langle x - a \rangle^1$
Παρεμβολικά αυξανόμενο φορτίο		$q(x) = \langle x - a \rangle^2$

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

13

13

Παράδειγμα με Ιδιόμορφες



- Δεν εφαρμόζουμε τομές οπότε ελαχιστοποιούμε το κίνδυνο λάθους, όλα γίνονται σε ένα βήμα.

- Έχω 4 συγκεντρωμένες δυνάμεις.

Συγκεντρωμένη δύναμη		$q(x) = P \langle x - a \rangle^{-1}$
----------------------	--	---------------------------------------

- Υπολογίζω το $q(x)$

$$q(x) = R_1 \langle x - 0 \rangle^{-1} - P_1 \langle x - a \rangle^{-1} - P_2 \langle x - b \rangle^{-1} + R_2 \langle x - l \rangle^{-1}$$

- Ολοκληρώνω για να βρω τις διατμητικές δυνάμεις $Q(x) = V(x)$

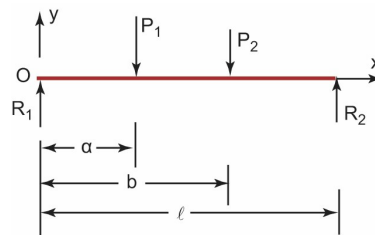
$$V(x) = \int_{-\infty}^x (R_1 \langle x - 0 \rangle^{-1} - P_1 \langle x - a \rangle^{-1} - P_2 \langle x - b \rangle^{-1} + R_2 \langle x - l \rangle^{-1}) dx$$

$$V(x) = R_1 \langle x \rangle^0 - P_1 \langle x - a \rangle^0 - P_2 \langle x - b \rangle^0 + R_2 \langle x - l \rangle^0$$

- Ολοκληρώνω ξανά για να βρω τις καμπτικές ροπές

$$M(x) = \int_{-\infty}^x V(x) dx = \int_{-\infty}^x (R_1 \langle x \rangle^0 - P_1 \langle x - a \rangle^0 - P_2 \langle x - b \rangle^0 + R_2 \langle x - l \rangle^0) dx$$

$$M(x) = R_1 \langle x \rangle^1 - P_1 \langle x - a \rangle^1 - P_2 \langle x - b \rangle^1 + R_2 \langle x - l \rangle^1$$



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

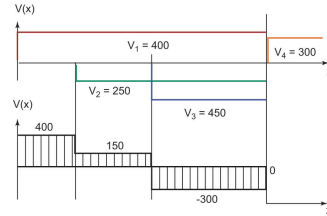
14

14

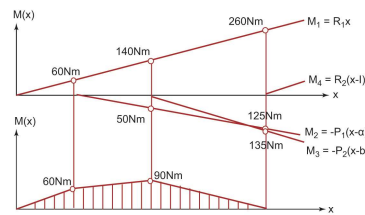
Παράδειγμα με Ιδιόμορφες



$$V(x) = R_1 \langle x \rangle^0 - P_1 \langle x - a \rangle^0 - P_2 \langle x - b \rangle^0 + R_2 \langle x - l \rangle^0$$



$$M(x) = R_1 \langle x \rangle^1 - P_1 \langle x - a \rangle^1 - P_2 \langle x - b \rangle^1 + R_2 \langle x - l \rangle^1$$



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

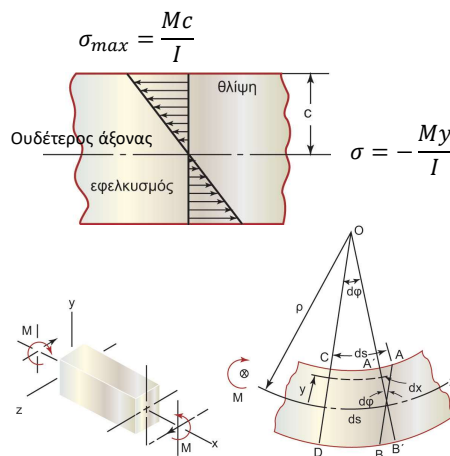
ΚΑΝΟΝΕΣ

1. $n > 0$ και $(x - a) > 0$ τότε $f_n = (x - a)^n$
2. $n > 0$ και $(x - a) < 0$ τότε $f_n = 0$
3. $n < 0$ τότε $f_n = \begin{cases} 1, & x = a \\ 0, & x \neq a \end{cases}$
4. $n = 0$ τότε $f_n = \begin{cases} 1, & x \geq a \\ 0, & x < a \end{cases}$
5. $n \geq 0$ τότε $\int_{-\infty}^x (x - a)^n dx = \frac{(x - a)^{n+1}}{n+1}$
6. $n < 0$ τότε $\int_{-\infty}^x (x - a)^n dx = (x - a)^{n+1}$
7. $n \geq 1$ τότε $\frac{d}{dx} (x - a)^n = n(x - a)^{n-1}$

15

15

Καμπτικές τάσεις δοκού



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

Ροπές αδράνειας επιφανειών, I

Shape	Area, A	Distances c_1 and c_2 to Outer Fibers	Moment of Inertia I About Centroidal Axis 1-1
1. Rectangle	bd	$c_1 = c_2 = \frac{d}{2}$	$\frac{bd^3}{12}$
2. Trapezoid	$\frac{(B + b)d}{2}$	$c_1 = \frac{b + 2B}{3(b + B)}d$ $c_2 = \frac{2b + B}{3(b + B)}d$	$\frac{(B^3 + 4bB + b^3)d^3}{36(b + B)}$
3. Triangle	$\frac{bd}{2}$	$c_1 = \frac{2d}{3}$ $c_2 = \frac{d}{3}$	$\frac{bd^3}{36}$
4. Solid circle	$\frac{\pi D^2}{4}$	$c = \frac{D}{2}$	$\frac{\pi D^4}{64}$
5. Hollow circle	$\frac{\pi(D_o^2 - D_i^2)}{4}$	$c = \frac{D_o}{2}$	$\frac{\pi(D_o^4 - D_i^4)}{64}$

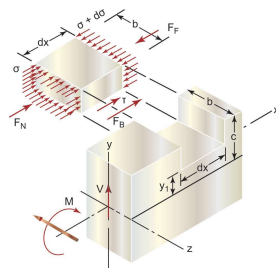
16

16

Συνδυασμός Κάμψης-Διάτμησης



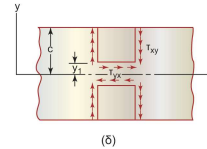
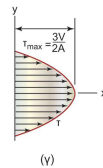
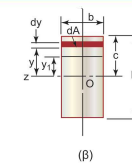
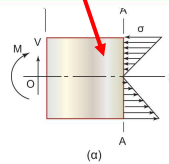
- Συνήθως έχουμε συνδυασμό κάμψης και διάτμησης
- Μεγιστοποιείται στον ουδέτερο άξονα, όπου οι καμπτικές και στρεπτικές τάσεις μηδενίζονται.



$$\tau = \frac{V}{2I}(c^2 - y_1^2)$$

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

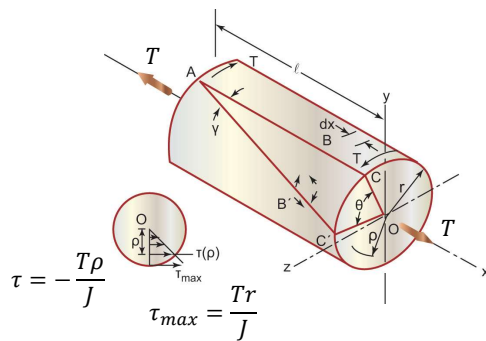
Beam Shape	Formula	Beam Shape	Formula
Rectangular	$\tau_{\max} = \frac{3V}{2A}$	Hollow, thin-walled round	$\tau_{\max} = \frac{2V}{A}$
Circular	$\tau_{\max} = \frac{4V}{3A}$	Structural I beam (thin-walled)	$\tau_{\max} = \frac{V}{A_{web}}$



17

17

Στρέψη Δοκού



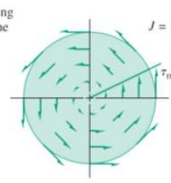
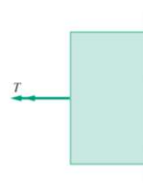
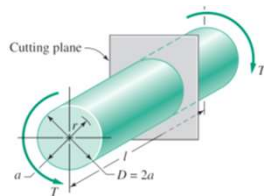
$$\tau = -\frac{T\rho}{J}$$

$$\tau_{\max} = \frac{Tr}{J}$$

$$J = \frac{\pi D^4}{32}$$

$$J = \frac{\pi(D_o^4 - D_i^4)}{32}$$

$$\tau_{\max} \approx \frac{T}{bc^2} \left(3 + \frac{1.8}{b/c} \right)$$



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

18

18

Κριτήρια Αστοχίας

Αντοχή σε Στατική Φόρτιση

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

19

19

Μέγιστη Διατμητική Τάση

- Γνωστό και ως κριτήριο Tresca
- Εφαρμόζεται σε ΟΛΚΙΜΑ υλικά, και θεωρεί την μέγιστη διατμητική τάση ως επαρκές κριτήριο σύγκρισης
- Σε μονοαξονική $\tau_{\max} = \sigma_1/2$

Έχουμε επαρκή αντοχή όταν
 $\sigma_1 \leq S_y$ άρα $\tau_{\max} \leq S_y/2$

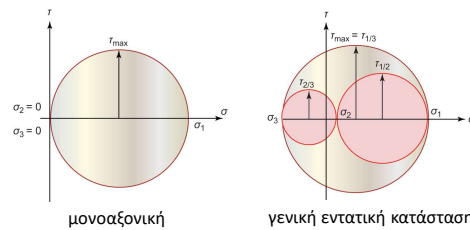
- Στην γενική εντατική κατάσταση οι κύριες τάσεις είναι

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$$

και

$$\tau_{\max} = \tau_{1/3} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

άρα $\tau_{\max} \leq S_y/2$ ή $\sigma_1 - \sigma_3 \leq S_y$



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

20

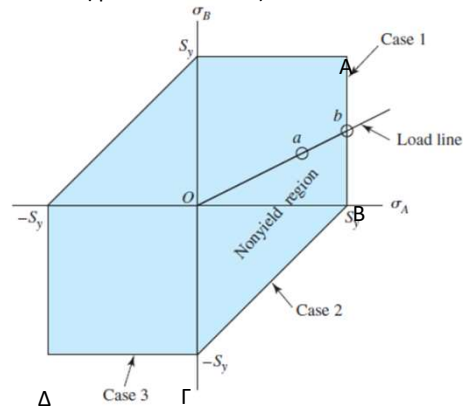
20

Μέγιστη Διατμητική Τάση



- Επίπεδη φόρτιση, δηλ μία κύρια τάση είναι ίση με 0 και οι άλλες δύο συμβολίζονται με σ_A και σ_B

- $\sigma_A > \sigma_B > 0$.
Δεξιά από το AB έχουμε αστοχία
($\sigma_A > S_y$)
- $\sigma_A > 0 > \sigma_B$.
Δεξιά από το ΒΓ έχουμε αστοχία
($\sigma_A - \sigma_B > S_y$)
- $0 > \sigma_A > \sigma_B$. Κάτω από το ΓΔ έχουμε αστοχία
($\sigma_B < -S_y$)



Έξω από το σκιαγραφημένο σχήμα έχουμε ΑΣΤΟΧΙΑ.

Συντελεστής ασφαλείας τυχαίας φόρτισης α

$$N = \frac{|b|}{|a|}$$

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

21

21

Μέγιστο Έργο Παραμόρφωσης



- Λέγεται και κριτήριο von Mises.
- Προβλέπει ότι το υλικό θα αστοχήσει σε διαρροή όταν η ενέργεια παραμόρφωσης ανά μονάδα όγκου ξεπεράσει την αντίστοιχη που παρατηρείται όταν το υλικό διαρρέει σε πείραμα εφελκυσμού.

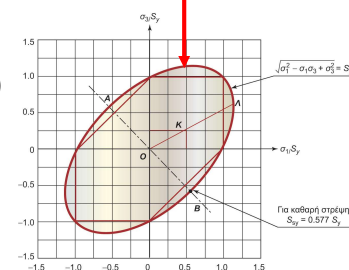
$$\sigma' = \left[\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]^{1/2} \geq S_y$$

ΑΣΤΟΧΙΑ έξω από την έλλειψη

Τάση von Mises

- Για επίπεδη φόρτιση (εάν μία κύρια τάση είναι 0)

$$\sigma' = (\sigma_A^2 - \sigma_A \sigma_B + \sigma_B^2)^{1/2} \geq S_y$$



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

22

22

Μέγιστο Έργο Παραμόρφωσης



- Σε συντεταγμένες x, y, z

$$\sigma' = \frac{1}{\sqrt{2}}[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)]^{1/2}$$

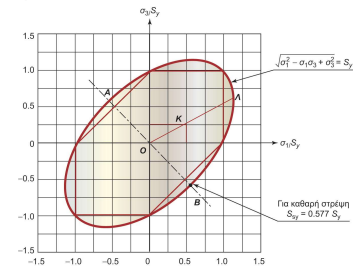
- Και στο επίπεδο

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2}$$

- Για καθαρή διάτμηση $\sigma_x = \sigma_y = 0$

$$\tau_{xy} = \frac{S_y}{\sqrt{3}} = 0.577S_y$$

(το κριτήριο Tresca δίνει αστοχία στο 50% του S_y)



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

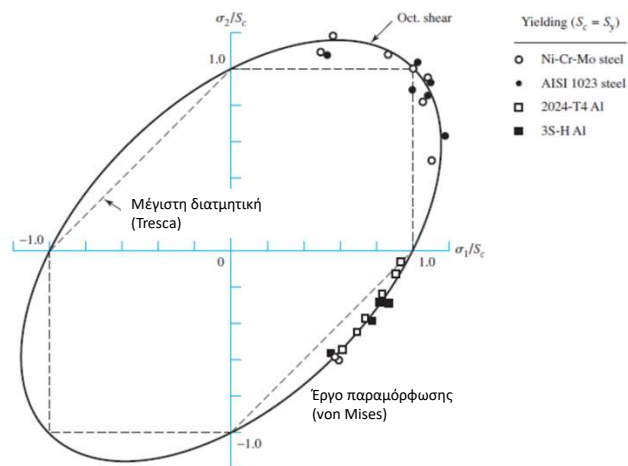
23

23

Σύγκριση Tresca-von Mises



- Το κριτήριο Tresca είναι πιο συντηρητικό από το von Mises.



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

24

24

- $$\max(\sigma_1, \sigma_3) \leq S_{ut} \text{ και } \max(|\sigma_1|, |\sigma_3|) \leq S_{uc}$$

Όριο θραύσης σε
θλίψη (compression)

-
- Θραύση σε Ψη (compression)
- Θραύση σε Τάση (tension)
- II
- I
- III
- IV
- O
- σ_1/S_{ut}
- $-S_{ut}$
- S_{ut}
- (σ_1, σ_3)
- $(-\sigma_1, -\sigma_3)$
- $(-\sigma_1, +\sigma_3)$
- σ_3/S_{ut}
- S_{ut}
- $-S_{ut}$
- $(\sigma_1, -\sigma_3)$
- Γραμμή φόρτισης
- Καθαρή διάτμηση
- Θεωρία Μείγνισης Ορθής Τάσης, $S_{uc} = S_{ut}$
- Θεωρία Μείγνισης Ορθής Τάσης, $S_{uc} > S_{ut}$

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

Coulomb-Mohr

- $$\sigma_1 > 0 > \sigma_3 \text{ (Τεταρτημόριο IV)}$$

$$\frac{\sigma_1}{S_{ut}} - \frac{\sigma_3}{S_{uc}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_1}{S_{ut}} - \frac{\sigma_3}{S_{uc}} \leq \frac{1}{N}$$

-

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

26

13

- Τροποποίηση του κριτηρίου ορθής τάσης για διόρθωση των περιοχών II & IV

$$\sigma_1 > 0 > \sigma_3 \text{ (Τεταρτημόριο IV)}$$

$$\frac{\sigma_1}{S_{ut}} - \frac{\sigma_3}{S_{uc}} \leq 1$$

ή με χρήση συντελεστή ασφαλείας N

$$\frac{\sigma_1}{S_{ut}} - \frac{\sigma_3}{S_{uc}} \leq \frac{1}{N}$$

Στο βιβλίο του Παπαδόπουλου ο
τύπος αυτός είναι

$$\frac{\sigma_1}{S_{ut}} + \frac{\sigma_3}{S_{uc}} \leq \frac{1}{N}$$

Επισημαίνει ότι χρησιμοποιεί τις απόλυτες τιμές της τάσης!!!

- Έτσι στις περιοχές II & IV έχουμε τις γραμμές υπό κλίση που ορίζει η παραπάνω σχέση
- ΑΣΤΟΧΙΑ έχουμε έξω από τα όρια του σκιαγραφημένου πολυγώνου

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

27

27

$\sigma_1 > 0 > \sigma_3$
Τεταρτημόριο IV

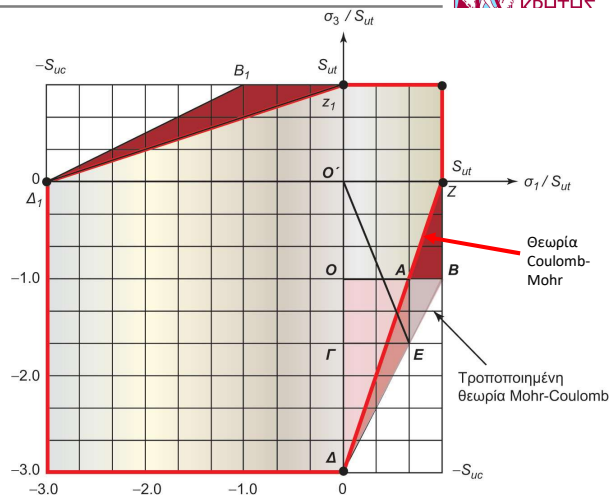
Τεταρτημόριο IV

θετική
αρνητική

$$\frac{\sigma_1}{S_{ut}} - \frac{\sigma_3}{S_{uc} - S_{ut}} \leq \frac{\lambda}{N}$$

όπου

$$\lambda = \frac{S_{uc}}{S_{uc} - S_{ut}}$$



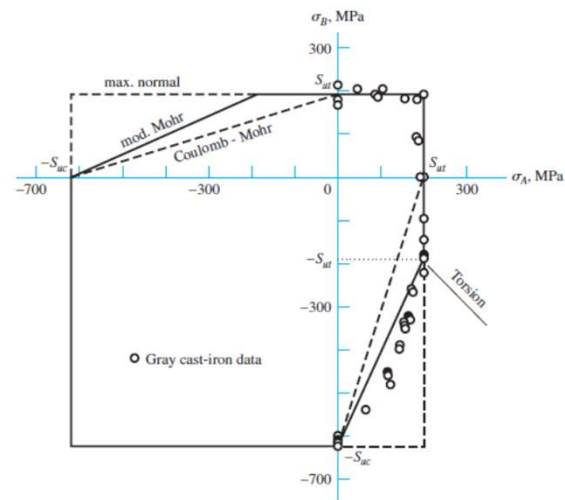
Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

28

28

Δοκίμια σιδήρου

- Η τροποποίηση της Coulomb-Mohr υποστηρίζεται από πειραματικά δεδομένα



Στοιχεία Μηχανών -

29

29

Ερωτήσεις?

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 3

30

30