

ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗ ΠΛΟΙΟΥ

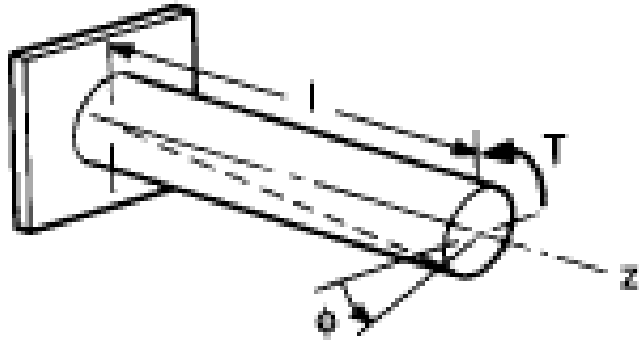
Ενότητα: Στρέψη του πλοίου

**Α. Θεοδουλίδης**

## Στρέψη του πλοίου

- Στρεπτικές καταπονήσεις αναπτύσσονται σε ένα πλοίο κυρίως:
  - λόγω της πλεύσης σε πλάγιους μετωπικούς ή ακολουθούντες κυματισμούς (quartering seas)
  - λόγω ασύμμετρης φόρτωσης του πλοίου
- Το μέγεθος των στρεπτικών καταπονήσεων καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την ύπαρξη ή όχι μεγάλων ανοιγμάτων στο κατάστρωμα.
- Οι στρεπτικές καταπονήσεις πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη:
  - στον υπολογισμό της διαμήκου αντοχής σε πλοία container.
  - στον υπολογισμό της εγκάρσιας αντοχής πλοίων catamaran

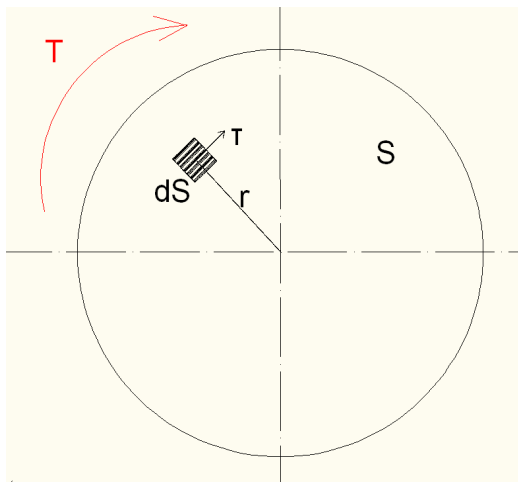
## Στρέψη συμπαγών κυκλικών διατομών



$$\tau = \frac{G \cdot \phi \cdot r}{l}$$

$$T = \oint_A \tau \cdot r \cdot ds = \frac{G \cdot J_p \cdot \phi}{l}$$

$$J_p = \oint_S r^2 \cdot ds$$



όπου:

G το μέτρο διάτμησης του υλικού

$\phi$  η γωνία στροφής

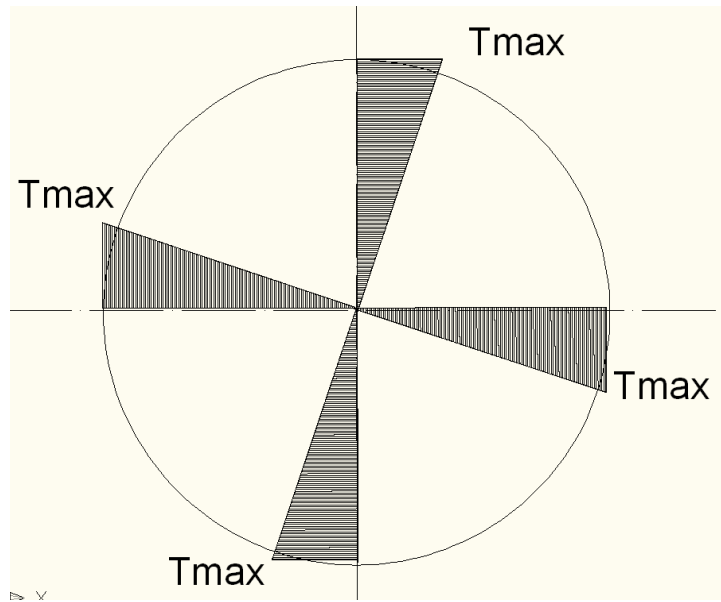
l το μήκος του άξονα

$\tau$  η διατμητική τάση λόγω στρέψης

T η ασκούμενη στρεπτική ροπή

$J_p$  η πολική ροπή αδράνειας

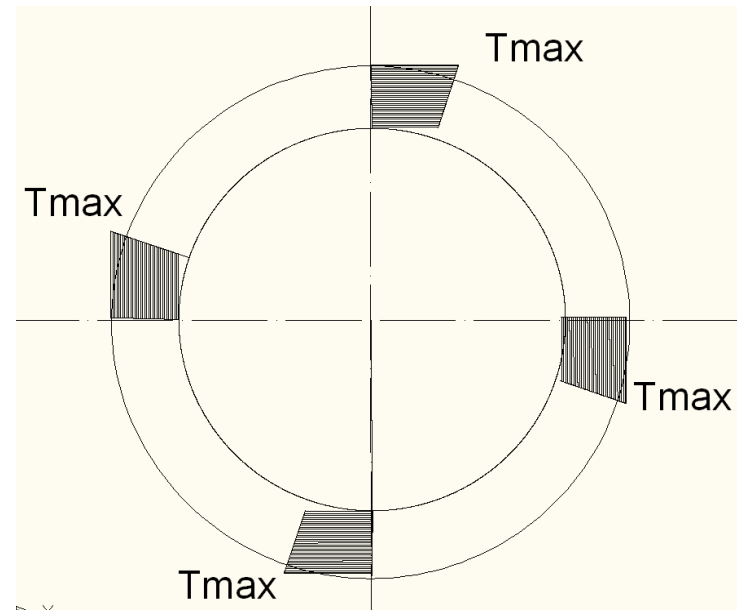
# Κατανομή στρεπτικών τάσεων



Συμπαγής κυκλική διατομή

$$J_p = \frac{\pi}{32} \cdot D^4$$

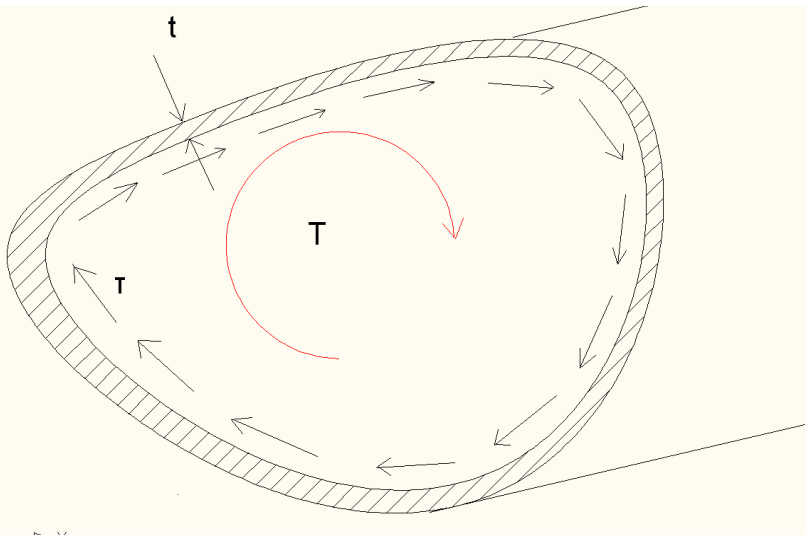
D εξωτερική διάμετρος  
d εσωτερική διάμετρος



Δακτυλιοειδής διατομή

$$J_p = \frac{\pi}{32} \cdot (D^4 - d^4)$$

## Στρέψη λεπτότοιχων διατομών



Όταν το πάχος της διατομής είναι αρκετά λεπτό οι στρεπτικές τάσεις  $\tau$  μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι σταθερές κατά το πάχος. Τότε το γινόμενο:

$$q = t \cdot \tau$$

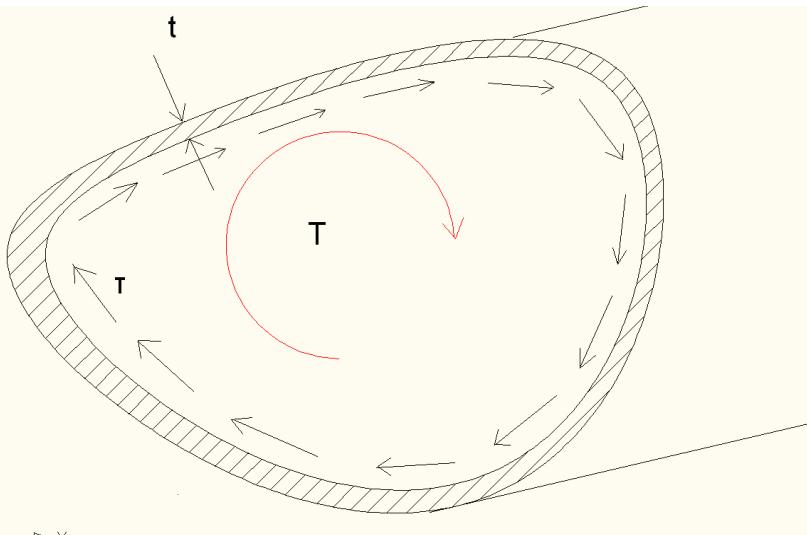
διατηρείται σταθερό σε ολόκληρη την περιφέρεια της διατομής.

Υπο προϋποθέσεις η στρεπτική ροπή  $T$  δεν προκαλεί αξονικές τάσεις. Η τάση  $\tau$  υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$T = \oint_S q \cdot r \cdot ds = 2 \cdot q \cdot \oint_S dS \Rightarrow \tau = \frac{q}{t} = \frac{T}{2 \cdot S \cdot t}$$

όπου  $ds$  στοιχειώδες μήκος και  $S$  η (κλειστή) επιφάνεια της διατομής

## Στρέψη λεπτότοιχων διατομών



Η γωνία στροφής ανά μονάδα μήκους δίδεται από τη σχέση:

$$\vartheta' = \frac{T}{G \cdot J}$$

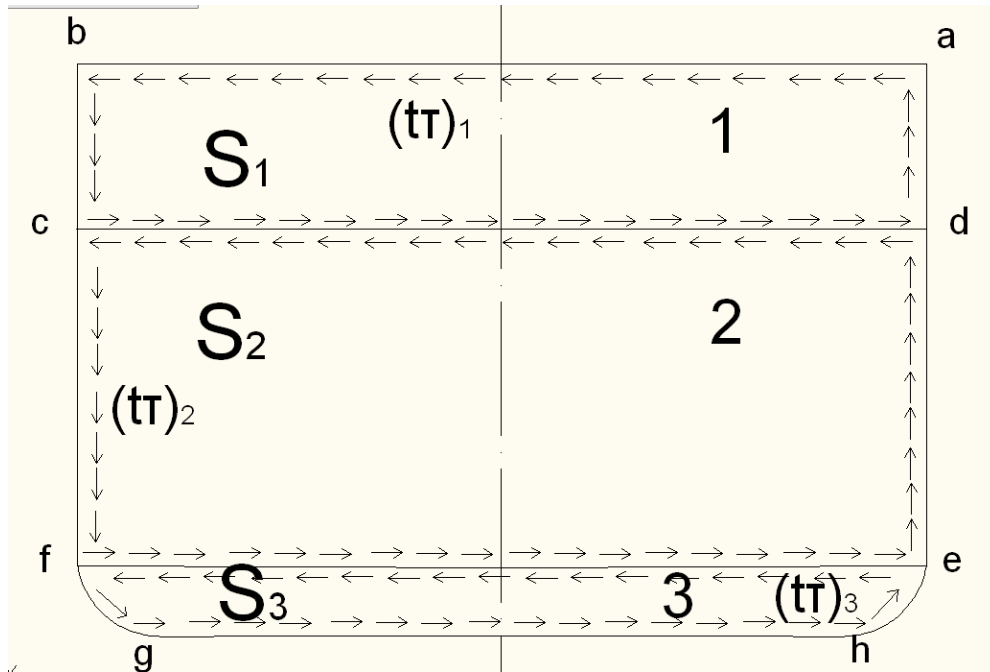
όπου  $J$  ο στρεπτικός συντελεστής (torsional constant) που δίδεται από τη σχέση:

$$J = \frac{4 \cdot S^2}{\oint_L \frac{dl}{t}}$$

όπου  $L$  το μήκος της περιφέρειας της διατομής και  $dl$  στοιχειώδες μήκος επί της περιφέρειας.

## Υπολογισμός στρεπτικών τάσεων σε πλοίο

Στην περίπτωση πλοίου με N κλειστές κυψέλες ισχύουν οι σχέσεις:



Στους κοινούς κλάδους (cd) και (fe) ισχύει:

$$fe: (t \cdot \tau)_{2,3} = (t \cdot \tau)_2 - (t \cdot \tau)_3$$

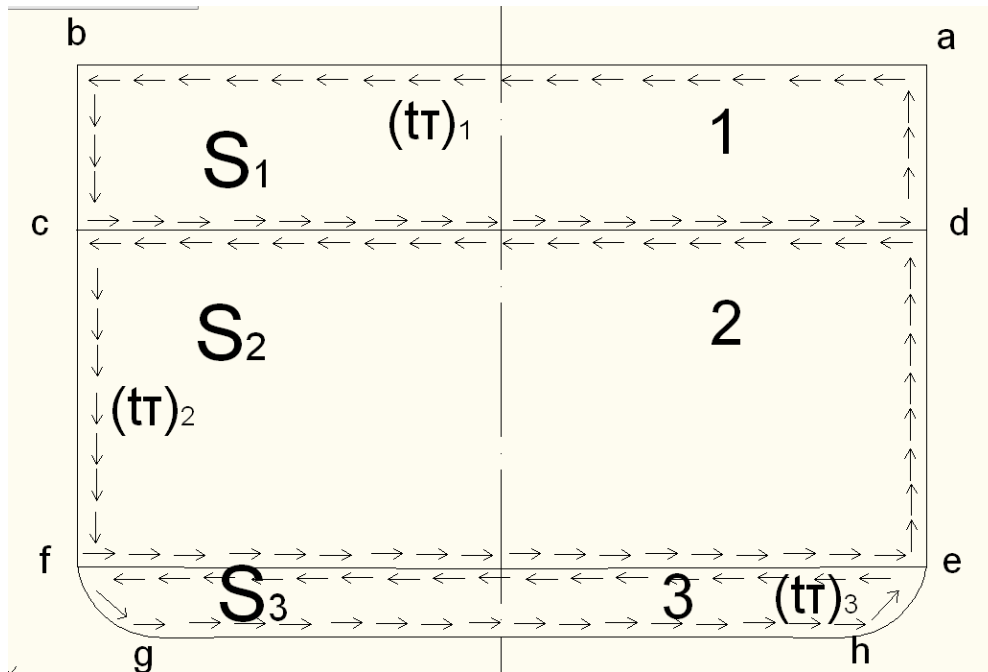
$$cd: (t \cdot \tau)_{1,2} = (t \cdot \tau)_1 - (t \cdot \tau)_2$$

$$T_{\text{total}} = 2 \cdot \sum_{i=1}^N S_i \cdot (t \cdot \tau)_i \quad (1)$$

$$2 \cdot \frac{d\theta}{dx} \cdot S_i = \frac{1}{G} \cdot \oint_{S_i} (t \cdot \tau) \cdot \frac{dl}{t} \quad (2)$$

# Υπολογισμός στρεπτικών τάσεων σε πλοίο

Για τον υπολογισμό των τάσεων ακολουθούμε τα εξής βήματα:



α) Υπολογίζουμε τις γωνίες στροφής ανά μονάδα μήκους ( $d\theta/dx$ ) για το κάθε κελί από τη σχέση (2).

β) Εξισώνουμε ανά δύο τις εκφράσεις για τις γωνίες στροφής ανά μονάδα μήκους των κελιών (N-1) εξισώσεις

γ) Οι (N-1) εξισώσεις μαζί με την εξίσωση (1) επιλύονται και υπολογίζονται οι ροές ( $\tau$ ).

δ) Στη συνέχεια υπολογίζονται οι τάσεις