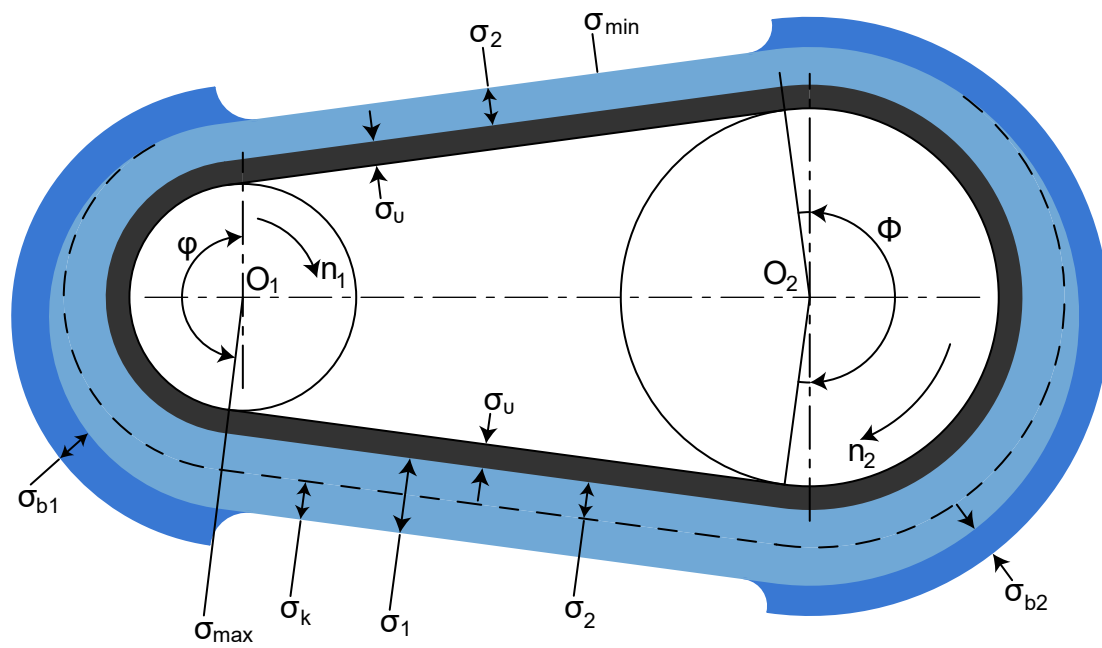


# ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΜΕΣΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14



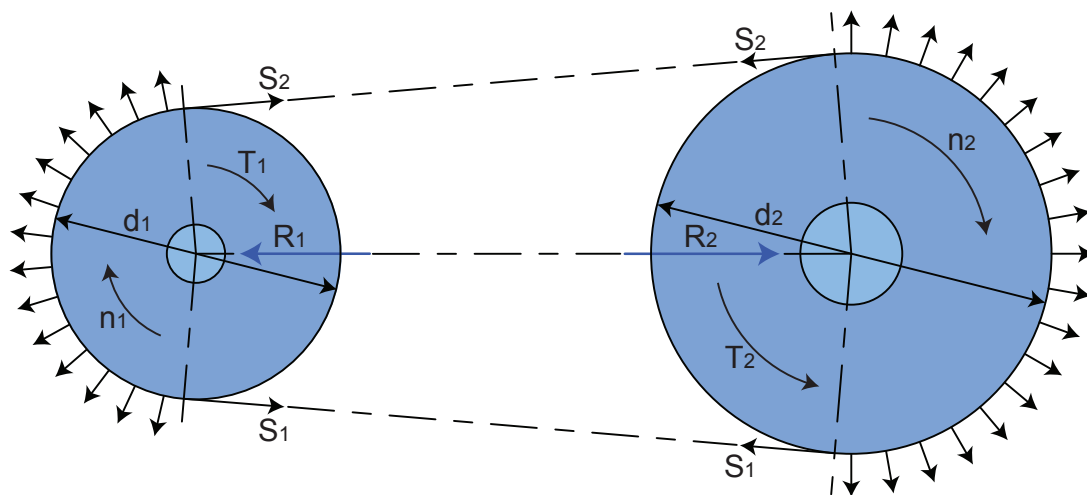
## 14. Επίπεδοι και Τραπεζοειδείς Ιμάντες

Ελαστικά στοιχεία καλούμε τους επίπεδους και τραπεζοειδείς ιμάντες και τις αλυσίδες. Χρησιμοποιούνται για την μεταφορά ισχύος γενικά μεταξύ παραλλήλων και σε ειδικές περιπτώσεις ασύμβατων (μη παράλληλων μη τεμνόμενων) αξόνων. Οι επίπεδοι ιμάντες χρησιμοποιούνται σε μεγάλες αποστάσεις αξόνων. Λόγω της ενδεχόμενης ολίσθησης μεταξύ ιμάντα και τροχαλίας καθώς και επίσης και του ελαστικού ερπυσμού του ιμάντα η σχέση μετάδοσης δεν είναι σταθερή και ίση με τον λόγο των διαμέτρων των τροχαλιών. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούμε τροχαλία τάνυσης με την βοήθεια της οποίας πετυχαίνουμε την αύξηση της γωνίας επαφής και την ρύθμιση της αρχικής πρότασης του ιμάντα. Σε περιπτώσεις όπου χρειάζεται ακριβής σχέση μετάδοσης χρησιμοποιούμε ιμάντες χρονισμού, οι οποίοι έχουν δόντια απο το ίδιο υλικό, η αλυσίδες. Σε αρκετές περιπτώσεις πχ. σε μικρές τροχαλίες ηλεκτρικών ή ηλεκτρονικών συσκευών χρησιμοποιούμε ιμάντες κυκλικής διατομής.

Σχήμα 14.1: Ιμάντες διαφόρων ειδών

### 14.1 Γενικά περί ιμάντων

Ο ιμάντας για να μεταφέρει ισχύ χρειάζεται μια αρχική δύναμη  $S_0$  που καλείται πρόταση και λόγω της οποίας αναπτύσσεται μια επιφανειακή πίεση μεταξύ των επιφανειών του ιμάντα και της τροχαλίας.



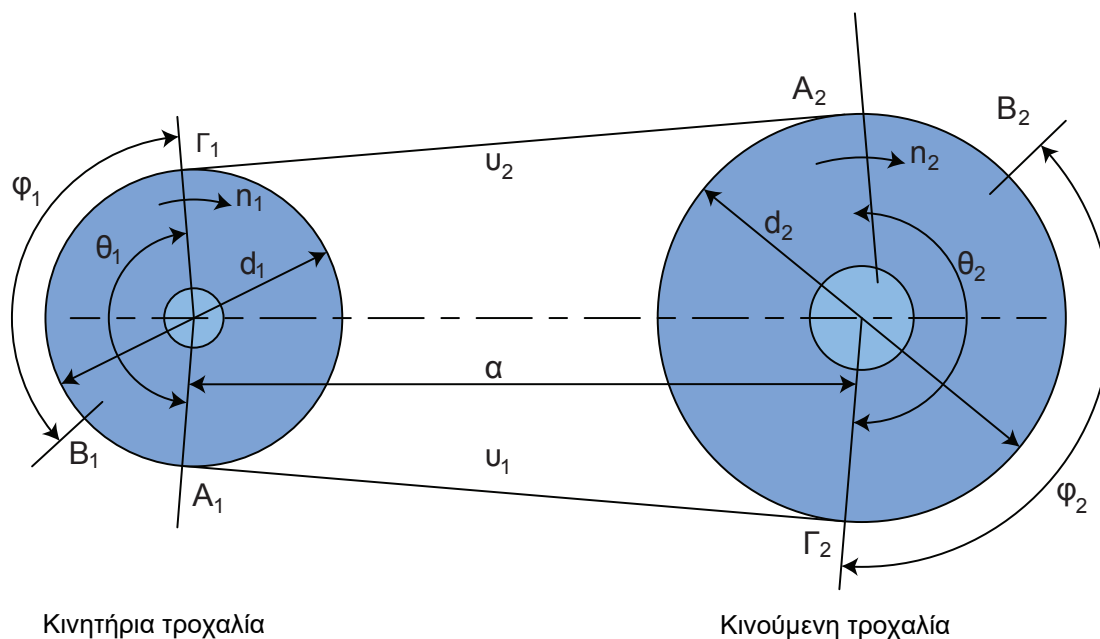
Σχήμα 14.2: Δυνάμεις και αντιδράσεις σε ιμαντοκίνηση

Η πρόταση του ιμάντα εφελκύνει εξ ίσου και τους δύο κλάδους του ιμάντα κατά την συναρμολόγηση. Κατά την λειτουργία όμως ο έλκοντας κλάδος του ιμάντα καταπονείται με δύναμη  $S_1 > S_0$ , ενώ ο ελκόμενος κλάδος με δύναμη  $S_2 < S_0$  ούτως ώστε  $S_1 + S_2 = 2S_0$  (Σχήμα 14.2: Δυνάμεις και αντιδράσεις σε ιμαντοκίνηση). Η διαφορά των δυνάμεων  $U = S_1 - S_2$  είναι η δύναμη τριβής που μεταβιβάζεται από τον ιμάντα στην τροχαλία και προκαλεί την στρεπτική ροπή  $T_1 = (Ud_1)/2$  της κινητήριας και  $T_2 = (Ud_2)/2$  της κινούμενης τροχαλίας. Η μεταβολή της δύναμης από  $S_1$  σε  $S_2$  κατά το μήκος του τόξου τύλιξης του ιμάντα έχει σαν αποτέλεσμα αντίστοιχη μεταβολή της παραμόρφωσης του ιμάντα από  $\varepsilon_1$  σε  $\varepsilon_2$  γεγονός που προκαλεί μια διολίσθηση του ιμάντα σχετικά με την τροχαλία που καλείται ερπυσμός. Αν η ροπή της τροχαλίας είναι μικρή τότε τμήμα της γωνίας τύλιξης  $\varphi_1$  είναι ενεργό και βρίσκεται υπό ερπυσμό (Σχήμα 14.3). Το ενεργό τμήμα του τόξου τύλιξης είναι προς την πλευρά της αναχώρησης του ιμάντα από την τροχαλία. Όσο είναι το ενεργό τμήμα τύλιξης της μικρής τροχαλίας τόσο είναι και αυτό της μεγάλης  $\varphi_1 = \varphi_2$ , διότι η δύναμη τριβής και στις δύο τροχαλίες είναι η ίδια. Όσο μεγαλώνει η ρωπή τόσο αυξάνει το ενεργό τμήμα του τόξου τύλιξης μη δυνάμενο να υπερβεί και για τις δύο τροχαλίες την γωνία τύλιξης της μικρής τροχαλίας  $\theta_1$ .

Ο ερπυσμός έχει σαν αποτέλεσμα οι ταχύτητες του έλκοντος και του ελκόμενου κλαδου του ιμάντα να έχουν μική διαφορά μεταξύ τους ( $v_1$  και  $v_2$ ), καθώς επίσης και να υπάρχει και μικρή απώλεια ισχύος. Στο Σχήμα 14.3, ο ιμάντας συναντά την κινούμενη τροχαλία στο  $A_2$ , με ταχύτητα  $v_2$ , στο  $B_2$  αρχίζει ο ερπυσμός και ο ιμάντας αναχωρεί από το σημείο  $\Gamma_2$  με ταχύτητα  $v_1$  και μεγαλύτερη τάση. Η απώλεια ταχύτητας ονομάζεται διολίσθηση και είναι  $s = (v_1 - v_2)/v_1$  ή  $v_2 = (v_1 - s)v_1$ . Επειδή δε η ισχύς εξαρτάται από την ταχύτητα, η απόδοση της ιμαντοκίνησης θα είναι:

$$n = 100 \frac{N_{inp}}{N_{out}} = 100 \frac{(S_1 - S_2)v_2}{(S_1 - S_2)v_1} = 100(1 - s)$$

Το μέγεθος του ερπισμού είναι 1-2%.



Σχήμα 14.3: Ερπυσμός και ενεργές γωνίες

Οι δυνάμεις σε ένα στοιχείο του ιμάντα φαίνονται στο Σχήμα 14.4.

$$F_x = 0 \quad f dN = dS$$

$$F_y = 0 \quad dN = S d\varphi$$

$$\frac{dS}{S} = f d\varphi \Rightarrow \int_{S_1}^{S_2} \frac{dS}{S} = \int_0^\varphi f d\varphi \Rightarrow \ln \frac{S_2}{S_1} = f\varphi$$

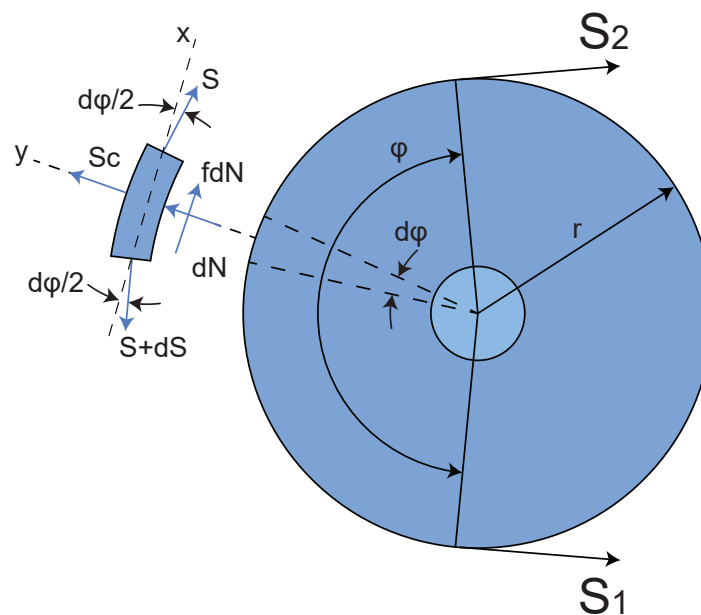
οπότε λαμβάνουμε την ακόλουθη σχέση γνωστή ως νόμο του Euler:

$$\frac{S_2}{S_1} = e^{f\varphi}$$

Αν ληφθούν υπόψη οι φυγόκεντρες τότε:

$$F_x = 0 \quad dN = dS/f$$

$$F_y = 0 \quad (S + dS) \sin\left(\frac{1}{2}d\theta\right) + S \sin\left(\frac{1}{2}d\theta\right) - dN - (\mu r d\theta) \frac{v^2}{r} = 0$$



$$S_c = \mu r * d\varphi * (v^2/r)$$

Σχήμα 14.4: Νόμος του Euler για ιμαντοκινήσεις

Αντικαθιστώντας την πρώτη στην δεύτερη, λαμβάνοντας υπ' όψη ότι για μικρές γωνίες  $\sin(d\theta) \cong d\theta$  και ότι  $S_c = \mu v^2$  μετά τις πράξεις λαμβάνουμε,

$$\frac{S_1 - S_c}{S_2 - S_c} = e^{f\varphi}$$

όπου  $S_c = \mu v^2$  με  $\mu$  (kg/m) τη μάζα ανά μονάδα μήκους του μάντα και  $v = \omega r$  τη γραμμική ταχύτητα σε m/s. Αν  $S_0$  η αρχική πρόταση τότε η γραμμική προσέγγιση σχέσεων τάσεων και παραμορφώσεων καταλήγει στη σχέση:

$$2S_0 = S_1 + S_2$$

ενώ η παραβολική προσέγγιση δίνει την

$$\sqrt{S_1} + \sqrt{S_2} = 2\sqrt{S_0}$$

Η μεταδιδόμενη μέσω της ιμαντοκίνησης ισχύος  $N$  δίνεται στο SI από την σχέση:

$$N = M_t \omega = (S_1 - S_2) \left(\frac{d}{2}\right) * \frac{v}{d/2} = (S_1 - S_2)v$$

ενώ σε μικτό σύστημα μονάδων η ροπή και η ισχύς συνδέονται με την σχέση:

$$M_t = 71620 \frac{N}{n}$$

ή

$$N = \frac{M_t n}{71620} = \frac{(S_1 - S_2)(d/2)n}{71620} = \frac{(S_1 - S_2)dn}{2 * 71620}$$

όπου το  $M_t$  σε kp/cm,  $n$  σε rpm και  $N$  σε PS ( $1HP = 1.014PS \cong 1PS$ ).

Η μέγιστη ισχύς που μπορεί να μεταφερθεί αντιστοιχεί στην οριακή περίπτωση όπου  $S_2 = 0$  και επομένως η  $S_1$  λαμβάνει την μέγιστη τιμή της που είναι  $S_1 = 2S_0$ . Στην περίπτωση αυτή η μέγιστη ισχύς είναι:

$$N_{max} = S_1 v = 2S_0 v = 2S_0 \omega \frac{d}{2}$$

$$N = \frac{S_0 dn}{71620} \frac{1}{C_{o\lambda}} \quad \text{ή} \quad S_0 = 71620 \frac{NC_{o\lambda}}{dn}$$

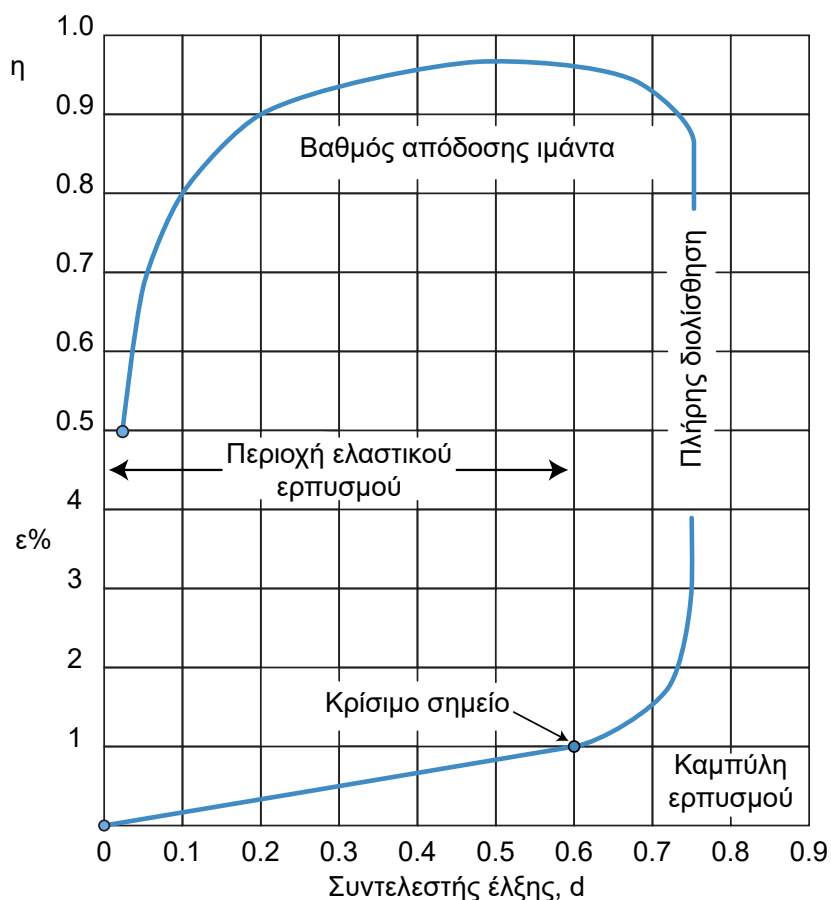
Εδώ φαίνεται η σχέση ανάμεσα στην αρχική πρόταση και στη μέγιστη ισχύ που δύναται να μεταφερθεί. Ο  $C_{ολ}$  είναι ο ολικός συντελεστής λειτουργίας. Είναι ένας συντελεστής ασφάλειας που εξαρτάται από συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας και ισούται με

$$C_{ολ} = \prod_{i=1}^7 C_i = C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 C_6 C_7$$

Στον πίνακα 14.1, δίνονται οι τιμές των συντελεστών ασφάλειας  $C_i$ , που εξαρτώνται από την αναμενόμενη υπερφόρτιση, το περιβάλλον, την σχεδιαζόμενη διάρκεια ζωής, το τόξο τύλιξης και το είδος της προέτασης ή αρχικής πρότασης. Αν ο ιμάντας είναι τραπεζοειδής τότε υπάρχουν δύο επιπρόσθετοι συντελεστές εξαρτώμενοι από την ελάχιστη διάμετρο της κινητήριας τροχαλίας και τον βαθμό πολλαπλότητας δηλαδή τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων ιμάντων. Καλούμε συντελεστή έλξης τον λόγο της δύναμης έλξης  $S_1 - S_2$  προς το άθροισμα των δυνάμεων του ιμάντα  $S_1 + S_2$ :

$$d = \frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2} = \frac{S_1/S_2 - 1}{S_1/S_2 + 1} = \frac{e^{f\varphi} - 1}{e^{f\varphi} + 1} = \frac{m - 1}{m + 1}$$

Στο Σχήμα 14.5 φαίνεται η σχέση του συντελεστή έλξης με τον ερπυσμό και την απόδοση ενός ιμάντα.



Σχήμα 14.5: Απόδοση ιμάντα και ερπυσμός συναρτήσει του συντελεστή έλξης

Πίνακας 14.1: Συντελεστές ασφαλείας για ιμάντες

Συντελεστής υπερφόρτισης, C1																
Στρωτή λειτουργία, φορτίο γνωστό με ακρίβεια															1.00 – 1.10	
Φυγοκεντρικές αντλίες, ανεμιστήρες															1.10 – 1.20	
Ρεκτιφιέ, φρέζες, μικρές εργαλειομηχανές															1.20 – 1.25	
Τόρνοι, ψυκτικά μηχανήματα															1.25 – 1.35	
Μεγάλες εργαλειομηχανές, ξυλουργικά και υφαντουργικά μηχανήματα															1.33 – 1.45	
Παλλινδρομικές μηχανές, πρέσες															1.45 – 1.55	
Σπαστήρες, σφύρες															1.55 – 2.00	
Μηχανές με εξαιρετικά μεγάλες κρούσεις, βαριά έλαστρα															2.00 – 2.50	
Συντελεστής περιβάλλοντος, C2																
Ξηρό περιβάλλον, κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας															1.00	
Περιβάλλον υγρασίας, μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας															1.10	
Λιπαρό περιβάλλον															1.25	
Νερό ή μεγάλη υγρασία															1.30	
Συντελεστής διάρκειας ζωής, C3																
Λειτουργία ώρες/ημέρα	$B/B_{max}$															
	0.16	0.24	0.32	0.40	0.48	0.60	0.80	1.00								
3 – 4	0.95	1.00	1.03	1.06	1.11	1.16	1.28	1.45								
8 – 10	1.00	1.02	1.05	1.09	1.14	1.19	1.33	1.51								
16 – 18	1.03	1.07	1.11	1.18	1.25	1.33	1.54	1.89								
24	1.07	1.14	1.22	1.32	1.43	1.56	1.93	2.38								
Συντελεστής τόξου τύλιξης, C4																
Γωνία τύλιξης	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
Επίπεδοι C4			1.40	1.33	1.27	1.21	1.16	1.12	1.08	1.05	1.02	1.00	0.98	0.96	0.94	0.93
Τραπεζοειδείς C4																
Συντελεστής είδους τάνυσης, C5																
C5	1.0	Όταν η τάνυση γίνεται με κοχλίες														
C5	1.2	Όταν η τάνυση γίνεται με μάζεμα														
C5	0.8	όταν έχουμε αυτοτάνυση														
Συντελεστής για τραπεζοειδείς ιμάντες, C6 και C7																
C6	1.00	Για $d_1 \geq d_{min}$ και $C6 = d_{min}/d_1$ όταν $d_{min} > d_1$														
C6	1.00	Για $j = 1$														
C7	1.25	Για $j > 1$														

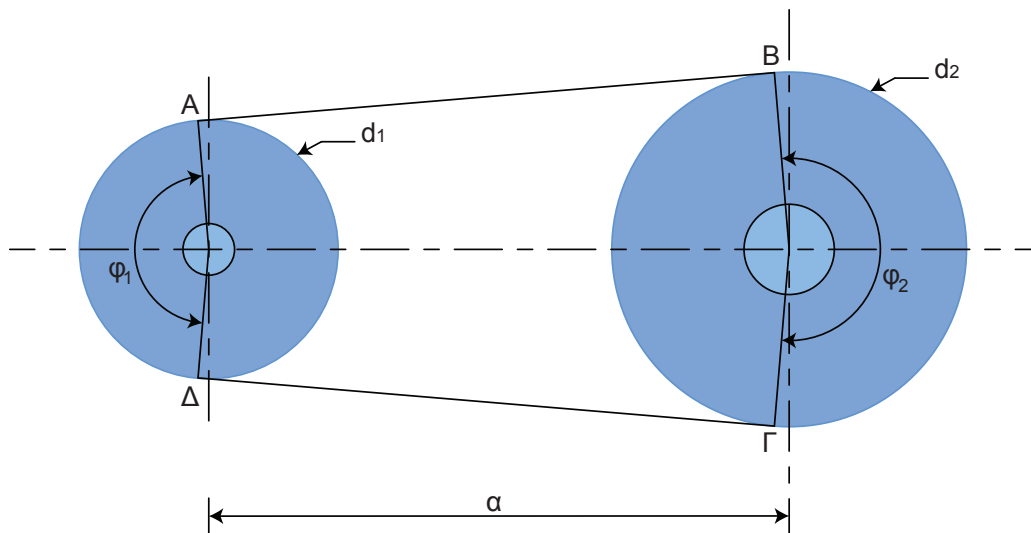
## 14.2 Γεωμετρικές σχέσεις

Στο Σχήμα 14.6, φαίνονται οι βασικές γεωμετρικές διαστάσεις μιας ιμαντοκίνησης. Έστω  $d_1$  η διάμετρος της κινητήριας τροχαλίας,  $d_2$  η διάμετρος της κινούμενης και  $a$  η απόσταση των κέντρων των τροχαλιών. Αν συμβολίσουμε με  $\varphi_1$  και  $\varphi_2$  τις γωνίες τύλιξης του ιμάντα στις δύο τροχαλίες αντίστοιχα τότε,

$$\varphi_1 = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{d_2 - d_1}{2a}\right) \quad \text{και} \quad \varphi_2 = \pi + 2\sin^{-1}\left(\frac{d_2 - d_1}{2a}\right)$$

Τότε το μήκος του ιμάντα  $L$  αποτελείται από το άθροισμα των μηκών των ευθύγραμμων τμημάτων AB και ΓΔ σύν το άθροισμα των τόξων ΑΔ και ΒΓ. Λόγω των γεωμετρικών σχέσεων από το Σχήμα 14.6, τελικά λαμβάνουμε:

$$L = \sqrt{4a^2 - (d_2 - d_1)^2} + \frac{1}{2}(d_2\varphi_2 + d_1\varphi_1)$$



Σχήμα 14.6: Γεωμετρικές σχέσεις σε ιμαντοκίνηση

Το μήκος του ιμάντα δίνεται και από την ισοδύναμη σχέση όπου δεν εμφανίζονται οι γωνίες,

$$L = 2a + \pi\left(\frac{d_2 + d_1}{2}\right) + \frac{1}{a}\left(\frac{d_2 - d_1}{2}\right)^2$$

Αν είναι γνωστό το μήκος του ιμάντα και ζητείται η αντίστοιχη απόσταση των κέντρων των τροχαλιών τότε λύνοντας την πρώτη σχέση του μήκους ως προς  $a$  λαμβάνουμε,

$$a = \frac{1}{2} \sqrt{\left(L - \frac{1}{2}(d_2 + d_1)\right)^2 + (d_2 - d_1)^2}$$



Επειδή όμως λόγω της αρχικής πρότασης του μάντα, το αρχικό μήκος αυξάνεται από  $L_o$  σε  $L_{oλ} = L_o + \Delta L$  που αντιστοιχεί σε αύξηση της απόστασης  $\alpha$  σε  $\alpha + \Delta\alpha$ . Αν λοιπόν  $S_o$  η αρχική πρόταση του μάντα τότε επειδή  $\sigma = E\varepsilon$  η επιμήκυνση του μάντα υπολογίζεται σε,

$$\Delta L = \varepsilon L_o = \frac{\sigma L_o}{E} = \frac{S_o L_o}{A_o E} = \left(\frac{L_o}{A_o E}\right) S_o$$

όπου  $E$  το μέτρο ελαστικότητας του υλικού του μάντα και  $A_o$  η διατομή του μάντα.

## 14.2 Υπολογισμός επίπεδων ιμάντων

Ο αλγόριθμος που περιγράφεται πιο κάτω ανήκει στον Niemann και βασίζεται σε εμπειρικές μεθόδους που προτείνονται από τους κατασκευαστές των ιμάντων. Έστω  $d_1$  και  $d_2$  οι διάμετροι των τροχαίων.

- 1. Επιλογή τύπου ιμάντα από τον Πίνακα 14.2 (Niemann):** Ο πίνακας 14-2, αναφέρεται στην αντοχή, σε τιμές υπολογισμού και στα όρια που δεν πρέπει να υπερβούμε στους επίπεδους ιμάντες. Επίσης εναλλακτικά δίνεται και ο Πίνακας 14-3 του Shingley που έχει τον ίδιο σκοπό, δηλαδή να μας δώσει τιμές υπολογισμού τυποποιημένων επίπεδων ιμάντων.

- 2. Υπολογισμός διαμέτρου μικρής τροχαλίας:**

$$d_1 = y_1 \sqrt{\frac{d_1}{s}}^3 \sqrt{\frac{N C_{oλ}}{\sigma_{επ} n_1}}, \quad \text{όπου} \quad y_1 = 80 \div 100,$$

$$\frac{d_1}{s} = y_2 \left(\frac{d_1}{s}\right)_{min} \quad \text{με}$$

$$y_2 = 1.5 \div 2 \quad \text{και} \quad C_{oλ} = \prod_{i=1}^5 C_i = C_1 C_2 C_3 C_4 C_5$$

Η διάμετρος της τροχαλίας πρέπει να τυποποιηθεί στην αμέσως μεγαλύτερη τυποποιημένη. Οι τυποποιημένες διαμέτροι των τροχαλιών είναι ίδιες για τους επίπεδους και τους τραπεζοειδείς ιμάντες (Πίνακας 14.4) εκτός από τις μικρές διαμέτρους μέχρι 35.5mm όπου χρησιμοποιούνται μόνο τραπεζοειδείς τροχαλίες. Στον ίδιο Πίνακα δίνονται και τα τυποποιημένα πλάτη των επίπεδων τροχαλιών. Για τον υπολογισμό του  $C_{oλ}$  χρειάζεται εδώ να υποθέσουμε τον αριθμό των καμπτικών εναλλαγών και την γωνία τύλιξης της μικρής τροχαλίας. Όταν αργότερα οι τιμές αυτές υπολογισθούν πρέπει να επαναλάβουμε την διαδικασία διορθώνοντας την  $d_1$ . Η μορφή των επίπεδων τροχαλιών φαίνεται στο Σχήμα 14.7. Στο Σχήμα 14.8 επίσης μπορούμε να δούμε την διαμόρφωση του επίπεδου τμήματος της τροχαλίας και την καμπυλότητα ύψους  $h$ .

Πίνακας 14.2: Δεδομένα για τον υπολογισμό επίπεδων ιμάντων (Niemann)

Επίπεδοι ιμάντες		Αντοχή		Διαστάσεις		Τιμές υπολογισμού				Όρια		
		E	$\sigma_B$	s	b	$\gamma$	$\sigma_{\text{επ}}$	$\mu$	$E_b$	$(d_1/s)_{\text{min}}$	$B_{\text{max}}$	$v_{\text{max}}$
		kp/mm <sup>2</sup>	kp/mm <sup>2</sup>	mm	mm	kg/dm <sup>3</sup>	kp/mm <sup>2</sup>		kp/mm <sup>2</sup>		1/s	m/s
Δέρμα	Δέρμα HG (πολύ εύκαμπτος)	45	3.0	3 ... 7	20 ... 600	0.90	0.44	$0.3 + \frac{v}{100}$	3	20	25	50
				8 ... 12	... 1800				5	25		
				14 ... 20	... 1800				7	35		
	Δέρμα G (εύκαμπτος)	35	3.0	3 ... 7	20 ... 600	0.95	0.44		4	25	10	40
				8 ... 12	... 1800				6	30		
				14 ... 20	... 1800				8	40		
	Δέρμα F ή S (λίγο εύκαμπτος)	25	2.5	3 ... 7	20 ... 600	1.00	0.39		5	30	5	30
				8 ... 12	... 1800				7	35		
				14 ... 20	... 1800				9	45		
Λάστιχο-Υφασμα	Ελαστικός - Βαμβάκι	35 ... 120	4,5 ... 6.0	(3 ... 7) x1.3	20 ... 300	1.20	0.39	0.5	5	30	9 ... 6	40
				(3 ... 7) x1.1							9 ... 6	
				(3 ... 7) x0.7							30 ... 20	
	Balata - Βαμβάκι	90 ... 150	5 ... 6.5	(3 ... 8) x1.2	20 ... 300	1.25	0.44	0.5	5	25	10 ... 5	40
				(3 ... 8) x0.6							30 ... 20	
	Balata - σχοινί				60 ... 270	1.25	0.55	0.5	3	20	20 ... 15	40
Υφασμα	Τεχνητής μετάξης		5.0	2 ... 18		1.00	0.39	0.35	4	25		
	Τεχνητού βάμβακος		4,5 ... 5.0	2 ... 10		1.10	0.39	0.8	4	25		
	Βάμβακος		3,0 ... 5.0	4 ... 12		1.30	0.39	0.3	4	20		
	Τριχών καμήλου		3,0 ... 4.0	(3 ... 6) x 1.8		1.15	0.44	0.3	4	20		
	Ατέρμονος ύφανσης		>10	0,4 ... 12	10 .. 2000	0.90	0.88	0.3	4	15	80	60
Ενισχ. Πλαστικό	Ιμάντας extremultus	55	20.0	(1 ... 2) x0.5	10 ... 250	$1.2 + \frac{q^{(1)}}{s}$	2.0	$0.3 + \frac{v}{100}$	55	80		60
				(1 ... 2) x0.7	10 ... 500					90		
				(1 ... 4) x0.9	10 ... 750					100		
Ιμάντες χαλύβδινης ταινίας σε τροχαλίες με επένδυση φελού		21000	150.0	0.6 ... 1.1	20 ... 250	7.80	33	0.25	21000	1000		45

(1)  $q=1.3$  για μονόπλευρη επιστροφή δέρματος,  $q=2.6$  για αμφίπλευρη επιστροφή δέρματος

Πίνακας 14.3: Ιδιότητες επιπέδων και κυκλικών ιμάντων (Shingley)

ΥΛΙΚΟ	Κωδικός - Είδος	Πάχος επιπέδου ιμάντα s,mm	Ελάχιστη διάμετρος τροχαλίας $d_{min}$ , mm	Επιτρεπόμενος ελκυσμός ανά μονάδα πλάτους $S_a$ , Nt/cm	Πυκνότητα $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	Συντελεστής τριβής $\mu$	
Δέρμα	1 στρώση	t = 4.36	80	53	970 – 1250	0.4	
		t = 5.16	90	58	970 – 1250	0.4	
	2 στρώσεις	t = 7.14	112	72	970 – 1250	0.4	
		t = 7.93	160	88	970 – 1250	0.4	
		t = 9.13	224	105	970 – 1250	0.4	
Πολυαμίδη	F-0	t = 0.762	20	18	970	0.5	
	F-1	t = 1.27	28	61	970	0.5	
	F-2	t = 1.778	63	105	1414	0.5	
	A-2	t = 2.794	63	105	1026	0.8	
	A-3	t = 3.302	112	176	1165	0.8	
	A-4	t = 5.08	250	307	1082	0.8	
	A-5	t = 6.35	335	483	1082	0.8	
Ουρεθάνη	w = 0.50	t = 1.575		9	1054 - 1250	0.7	
	w = 0.75	t = 1.981		17	1054 – 1250	0.7	
	w = 1.25	t = 2.286		33	1054 – 1250	0.7	
	Κυκλική διατομή	d = 6.35			15	1054 – 1250	0.7
		d = 9.525			33	1054 – 1250	0.7
		d = 12.7			58	1054 – 1250	0.7
		d = 19.05			130	1054 - 1250	0.7

### 3. Υπολογισμός διαμέτρου μεγάλης τροχαλίας:

$$d_2 = (1 - \varepsilon)d_{1i} = 0.985d_{1i}$$

### 4. Πάχος ιμάντα:

$s = d_1 / (d_1 / s)$  και τυποποίηση με τη βοήθεια του Πίνακα 14.2

### 5. Ταχύτητα ιμάντα:

Οι γραμμικές ταχύτητες  $v_1$  του έλκοντα και  $v_2$  του ελκόμενου κλάδου του ιμάντα δίνονται από τις σχέσεις:

$$v_1 = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \times 1000} m/s, \quad v_2 = \frac{\pi d_2 n_2}{60 \times 1000} = v_1 \frac{100 - \varepsilon}{100} \approx 0.985 v_1 m/s$$

όπου οι διάμετροι δίνονται σε mm, και οι στροφές σε rpm. Οι ταχύτητες ενδείκνυται να κείνται στο διάστημα  $10 < v < 20 m/s$  και σε καμία περίπτωση να μην υπερβαίνουν την μέγιστη ταχύτητα που δίνεται απο τον Πίνακα 14-2.

Πίνακας 14.4: Τυποποιημένες διάμετροι και πλάτη τροχαλιών (DIN 111&2217)

Τυποποιημένες διάμετροι τροχαλιών για επίπεδους (DIN 111) και τραπεζοειδείς (DIN 2217) ιμάντες																			
20	22	25	28	35.1	35.5	40	45	50	56	63	71	80	90	100	112	125	140	160	180
200	224	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800
2000	2240	2500	2800	3150	3550	4000	4500	5000											

Τυποποιημένα πλάτη τροχαλιών																			
20		25		32		40		50		63		80		100		125	140	160	180
200	224	250	280	315	355	400	450	500	560	630									

- 6. Απόσταση τροχαλιών:** Η απόσταση των κέντρων των τροχαλιών αν δεν καθορίζεται απο κατασκευαστικούς περιορισμούς προτείνεται να υπολογίζεται σαν  $\alpha = \max[(3d_1/2 + d_2/2), d_2]$  κατά Deutschman, ή σαν  $\alpha = 1.5 \times (d_1 + d_2)$  κατά Dobrovolski.
- 7. Μήκος Ιμάντα:** δεδομένης της απόστασης και των διαμέτρων των τροχαλιών το μήκος του επίπεδου ιμάντα υπολογίζεται από την σχέση,

$$L = 2\alpha + \pi \left( \frac{d_2 + d_1}{2} \right) + \frac{1}{\alpha} \left( \frac{d_2 - d_1}{2} \right)^2$$

- 8. Γωνία τύλιξης:** Η γωνία τύλιξης του ιμάντα στην μικρή τροχαλία δίνεται από την σχέση:

$$\varphi_1 = \pi - 2 \sin^{-1} \left( \frac{d_2 - d_1}{2\alpha} \right)$$

ενώ η αντίστοιχη γωνία στη μεγάλη τροχαλία είναι:

$$\varphi_2 = \pi + 2 \sin^{-1} \left( \frac{d_2 - d_1}{2a} \right)$$

### 9. Πλάτος μιάντα:

$$b = \frac{NC_{o\lambda}}{N_0}$$

όπου

$$C_{o\lambda} = C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 \quad \text{και} \quad b_{\tau\rho} = 1.12 \times b$$

το πλάτος της τροχαλίας και η ειδική ισχύς  $N_0$  προσδιορίζεται από τα νανογραφήματα στο Σχήμα 14-8 και στο σχήμα 14-9, που δίνονται από τους κατασκευαστές των μιάντων. Η ειδική ισχύς  $N_0$  ορίζεται σαν η ισχύς που η μονάδα πλάτους του συγκεκριμένου μιάντα μπορεί να μεταφέρει. Η ειδική ισχύς εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής και την διάμετρο της μικρής τροχαλίας, και την ποσότητα

$$S_f = s \left( 1 - 10 \frac{s}{d_1} \right)$$

### 10. Δυνάμεις: $S_1 + S_2 = 2S_0$ ,

$$S_1 - S_2 = U = 71620 \frac{2N}{n_1 d_1}$$

$$\frac{S_1}{S_2} = e^{f\varphi} \quad \text{ή} \quad \frac{S_1 - S_c}{S_2 - S_c} = e^{f\varphi}$$

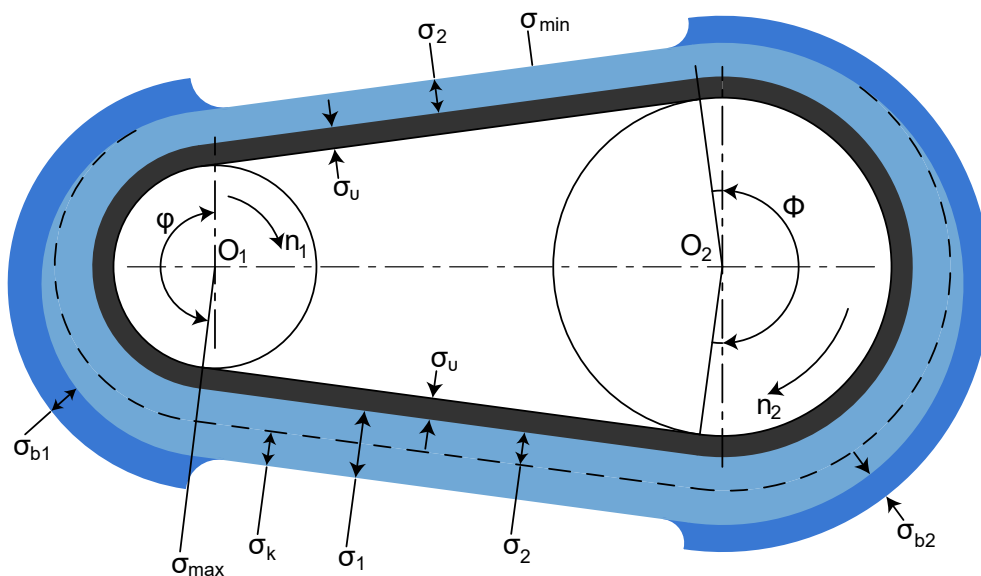
όπου  $S_c = \mu v^2$  ( $\mu$  = γραμμική πυκνότητα σε kg/m)

Η δύναμη που καταπονεί τον άξονα που φέρει την τροχαλία στο σημείο επαφής είναι

$$R = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + 2S_1 S_2 \cos a}$$

με  $a$  την γωνία που σχηματίζουν οι δυνάμεις  $S_1$  και  $S_2$ . Η γωνία αυτή είναι παραπληρωματική της  $\varphi$  δηλαδή της γωνίας τύλιξης:  $a = \pi - \varphi$  και επομένως η δύναμη υπολογίζεται και απο την σχέση

$$R = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 - 2S_1 S_2 \cos \varphi}$$



Σχήμα 14.7: Κατανομή των τάσεων κατά μήκος του ιμάντα

- 11. Έλεγχος τάσεων:** Παρατηρώντας το σχήμα 14-7, η μέγιστη τάση του ιμάντα παρουσιάζεται στην είσοδο του ιμάντα στη μικρή τροχαλία. Εκεί αν  $\sigma_1$  είναι η τάση λόγω της δύναμης του έλκοντα κλάδου,  $\sigma_0$  η τάση λόγω των αναπτυσσόμενων φυγόκεντρων δυνάμεων και  $\sigma_{b1}$  η καμπτική τάση τύλιξης του ιμάντα στη μικρή τροχαλία, τότε η συνολική τάση είναι:

$$\sigma_{max} = \sigma_1 + \sigma_v + \sigma_{b1}.$$

Επειδή όμως

$$\sigma_1 = \frac{S_1}{bs} = \frac{(S_1 + S_2)/2}{bs} + \frac{S_1 - S_2}{2bs} = \frac{S_0}{bs} + \frac{U}{2bs} = \sigma_0 + \frac{\sigma_k}{2}$$

η αναπτυσσόμενη συνολική (μέγιστη) τάση του ιμάντα δίνεται από την σχέση:

$$\sigma_{max} = \sigma_0 + \frac{\sigma_k}{2} + \sigma_v + \sigma_{b1} = \frac{S_0}{bs} + \frac{U}{2bs} + \frac{\gamma v^2}{1000g} + E_b \frac{s}{d_1} \leq \sigma_{\epsilon\pi}$$

και αποτελείται από την τάση λόγω της αρχικής πρότασης του ιμάντα ή της αρχικής ειδικής παραμόρφωσής του  $\sigma_0 = S_0/bs = \epsilon E$ , από την μισή τάση που προκαλεί η μεταφέρουσα την ισχύ δύμνη  $U$ ,  $\sigma_k = U/bs$ , την τάση που προκαλούν οι φυγόκεντρες δυνάμεις στον ιμάντα

$$\sigma_v = \left[ \gamma (\text{kg/dm}^3) v^2 (\text{m/s})^2 / 1000g (\text{m/s}^2) \right] (\text{kp/mm}^2)$$

(οι τάσεις αυτές γενικά είναι υπολογίσιμες για ταχύτητες  $v > 15 \text{ m/s}$ ) και τέλος την καμπτική τάση στον ιμάντα που προκαλείται από την τύλιξη του στην μικρή τροχαλία

$$\sigma_{b1} = E_b(s/d_1).$$

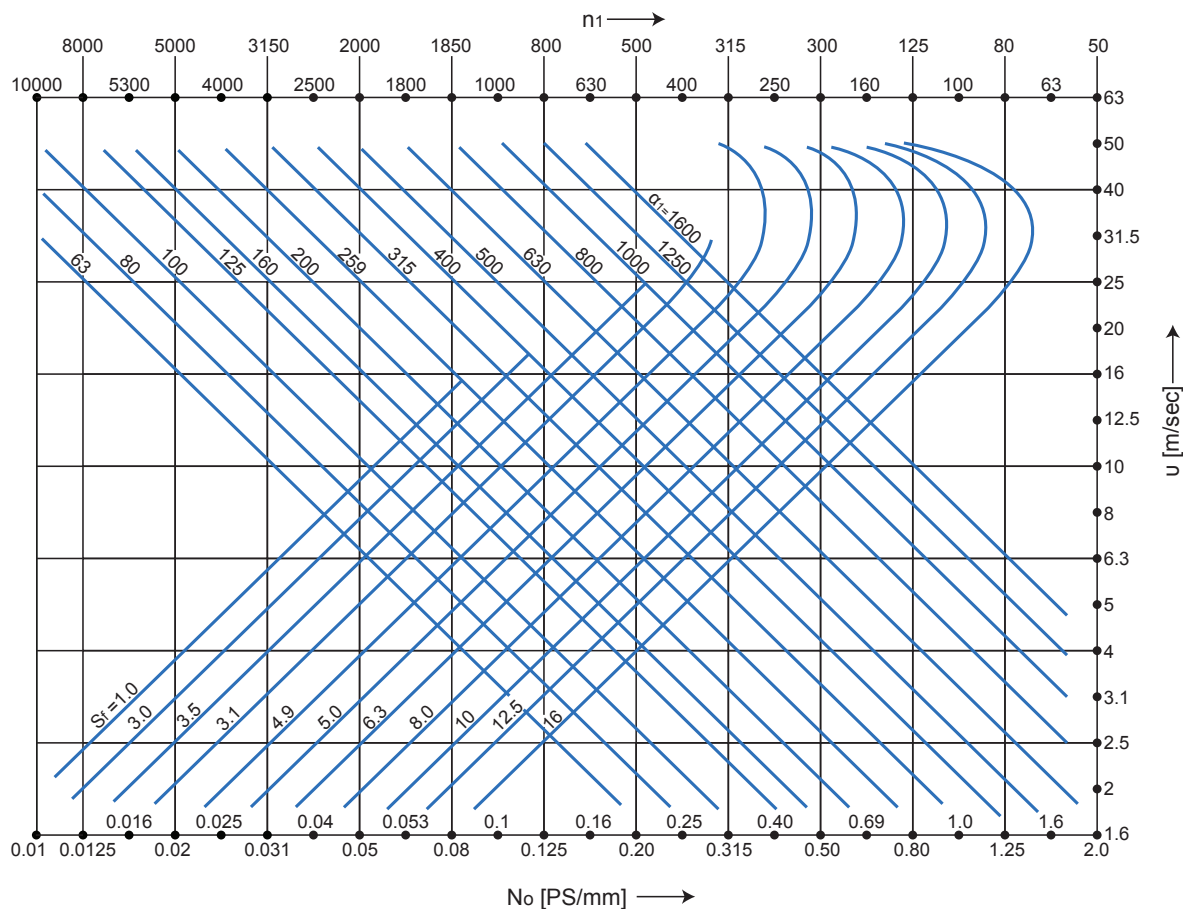
**12. Διάρκεια ζωής:**  $N = N_b \left( \frac{\sigma_{\varepsilon\pi}}{\sigma_{max}} \right)^m$  ή σε ώρες  $H = \frac{N_b}{3600B} \left( \frac{\sigma_{\varepsilon\pi}}{\sigma_{max}} \right)^m$

(κατά Dobrovolski)

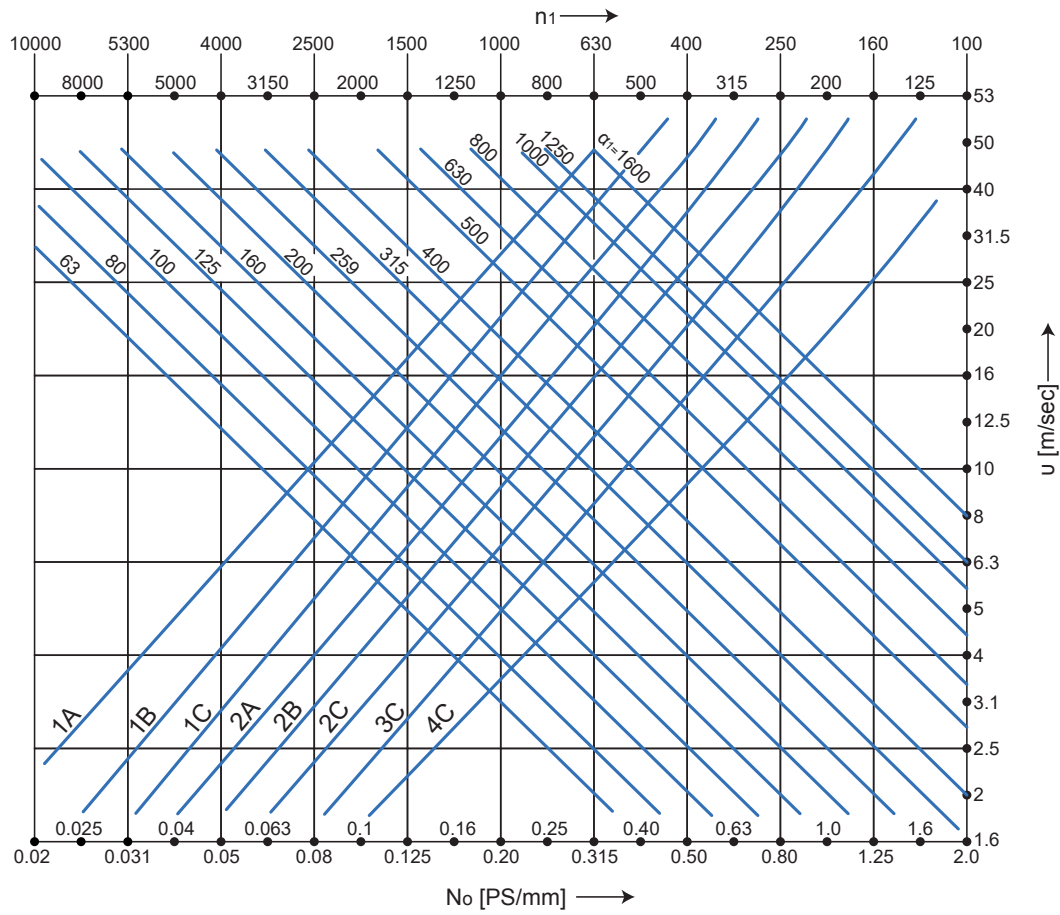
όπου  $N_b = 10^7$  κύκλοι,  $B = zv/L$  (εναλ/s),  $z =$  αριθμός τροχαίων

$$\sigma_{\varepsilon\pi} = \begin{cases} 30 \text{ kp/cm}^2 & \text{υφασμάτινος } m = 6 \\ 60 \text{ kp/cm}^2 & \text{υφασμάτινος } m = 6 \\ 90 \text{ kp/cm}^2 & \text{υφασμάτινος } m = 8 \end{cases}$$

Η  $\sigma_{max}$  αντιστοιχεί σε  $10^7$  κύκλους ενώ αστοχία συμβαίνει για ένα κύκλο φόρτισης στο όριο θραύσης.



Σχήμα 14.8: Νανογράφημα ειδικής ισχύος για δερμάτινους ιμάντες HG



Σχήμα 14.9: Νανογράφημα ειδικής ισχύος για ιμάντες Extremultus