

ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ & ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ



A rolling chain on a sprocket. *Source:* Shutterstock.



(a)



(b)

Two lays of wire rope. (a) Lang; (b) regular.

Ελαστικά στοιχεία (flexible machine elements)

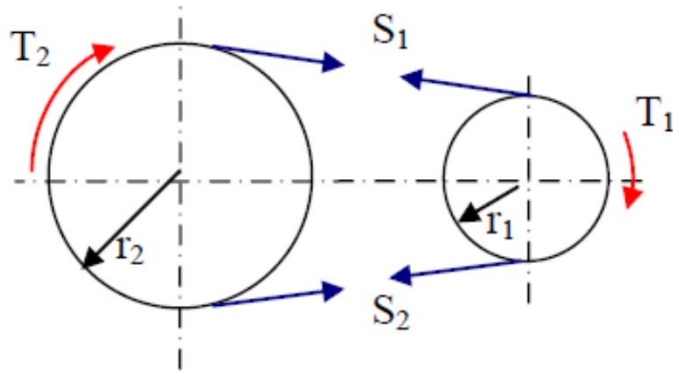
-ιμάντες (belts)

-αλυσοτροχοί (roller chains)

Οι **ιμάντες** και οι **αλυσίδες** αποτελούν τα βασικότερα στοιχεία μηχανών που επιτυγχάνουν **μετάδοση των κινήσεων με έλξη**. Παράλληλα η δυνατότητα των ιμάντων και των αλυσίδων να μετατρέπουν την **περιστροφική κίνηση των κινητηρίων** ατράκτων σε **μεταφορική κίνηση** τους έχει καταστήσει κύριους φορείς των μεταφορικών διατάξεων.

ΙΜΑΝΤΟΚΙΝΗΣΗ

Η **μεταφορά ισχύος στηρίζεται στην τριβή** μεταξύ τροχού και ιμάντα.



$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad 1 \rightarrow \text{κινητήρια}$$

Το σύστημα ιμάντας-τροχαλία

- χρησιμοποιείται για την μετάδοση κίνησης και τον (υπο)πολλαπλασιασμό των στροφών
- απλοποιεί την κατασκευή και κατεβάζει το κόστος της
- μπορεί να μεταφέρει την κίνηση σε μεγάλες αποστάσεις
- λόγω της ελαστικότητας έχει το πλεονέκτημα να αποσβένει ταλαντώσεις και να απορροφά κραδασμούς που υπεισέρχονται στο σύστημα

Ωστόσο

- έχει μικρή αποδοτικότητα λόγω της ενδεχόμενης ολίσθησης μεταξύ ιμάντα και τροχαλίας καθώς και λόγω του ερπυσμού του ιμάντα
- αναγκαίες συχνές ρυθμίσεις λόγω χαλάρωσης του ιμάντα

Σημείωση: όταν θέλουμε η σχέση μετάδοσης να είναι ακριβής και σταθερή χρησιμοποιούμε ιμάντες χρονισμού ή καταφεύγουμε σε αλυσοκίνηση.

Ερπυσμός: Καθώς τα μέταλλα και τα κράματα τους φορτίζονται πάνω από το όριο διαρροής, τότε υφίστανται πλαστική παραμόρφωση. Όταν όμως η φόρτιση πραγματοποιείται σε υψηλές θερμοκρασίες $T > 0.3-0.5T_m$, τότε η πλαστική παραμόρφωση αυξάνεται με το χρόνο, ακόμα και αν η τάση παραμένει σταθερή. Αυτή η χρονικά μεταβαλλόμενη πλαστική παραμόρφωση υπό σταθερό φορτίο ονομάζεται ερπυσμός.



Το σύστημα μπορεί να φέρει περισσότερους από έναν ιμάντες

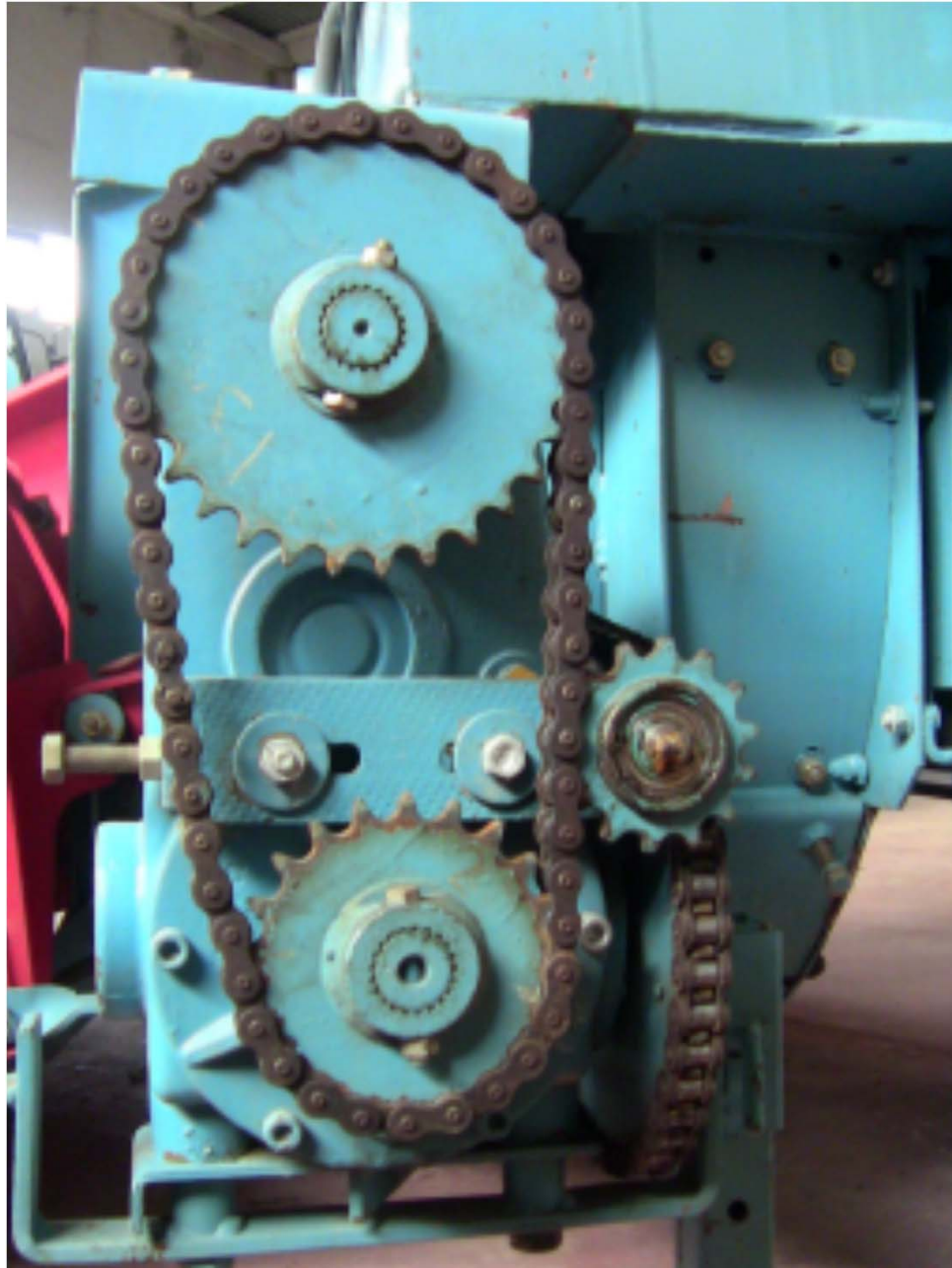


Αλυσοκίνηση σε μηχανήμα δεματοποίησης χόρτου.
Διακρίνονται 3 αλυσίδες, 2 δίδυμοι αλυσοτροχοί και 4 απλοί,
εκ των οποίων οι 2 μικρότεροι φέρουν διάταξη τάνυσης.

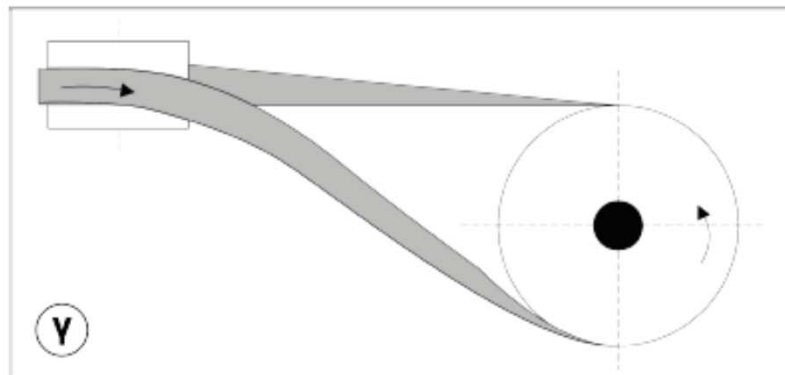
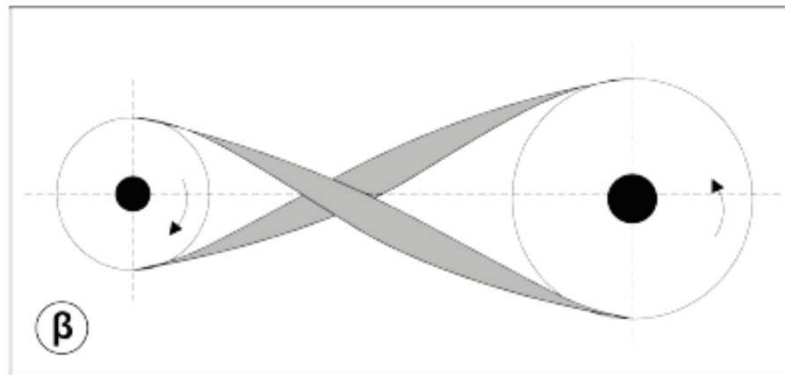
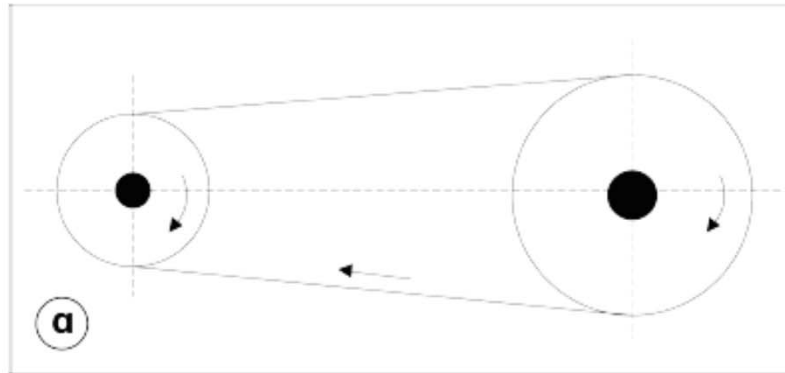


Μετάδοση της κίνησης με ιμάντα.

Από τις 3 τροχαλίες μόνο η κάτω δεξιά είναι η κινητήρια (στροφαλοφόρος άξονας), ενώ η αριστερή κάτω (κινούμενη) αφορά την ηλεκτρογεννήτρια (ή δυναμό), η οποία παίζει ταυτόχρονα και το ρόλο του τανυστή του ιμάντα, ενώ η επάνω επίσης κινούμενη τροχαλία φέρει έναν άξονα με πτερύγια για την ψύξη του αερόψυκτου ελκυστήρα.



Αλυσοκίνηση δημιουργείται με 2 αλυσοτροχούς (κινητήριος και κινούμενος) και μια κοινή αλυσίδα που τους συνδέει (ο μικρότερος αλυσοτροχός στη μέση έχει τον ρόλο του τανυστή).



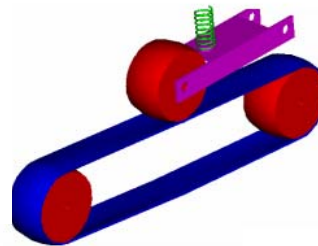
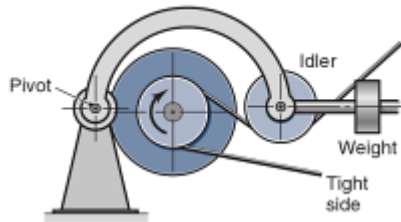
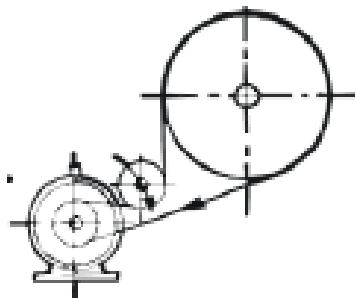
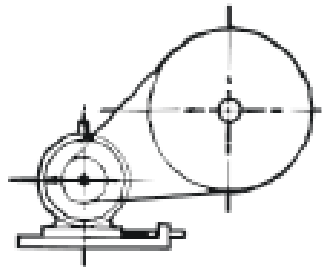
Υπάρχουν 3 δυνατότητες κατά τη μετάδοση της κίνησης με ιμάντα, όσον αφορά τη διεύθυνση και τη φορά μετάδοσης της κίνησης.

Δηλαδή υπάρχει περίπτωση ο κινούμενος άξονας είτε να έχει την ίδια φορά με τον κινητήριο (α), είτε αντίθετη φορά (β), αλλά να ανήκει στο ίδιο επίπεδο, είτε η μετάδοση να γίνεται κατά 90° και να αφορά διαφορετικά επίπεδα (γ)

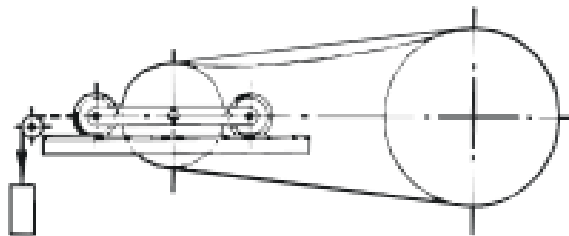
Μετάδοση κίνησης με ιμάντα (α) ομοίοστροφα, (β) ετερόστροφα και (γ) κατά 90°

Απαραίτητη προϋπόθεση στην ιμαντοκίνηση είναι να υπάρχει η απαραίτητη διάταξη **τάνυσης**, διότι το μήκος του ιμάντα αλλάζει είτε από τη φθορά, είτε ανάλογα με τη χρήση, οπότε υπάρχει περίπτωση σημαντικής απώλειας ισχύος, ακόμη και αδυναμία μετάδοσης της κίνησης, αν η τάνυση του ιμάντα δεν είναι η ενδεδειγμένη.

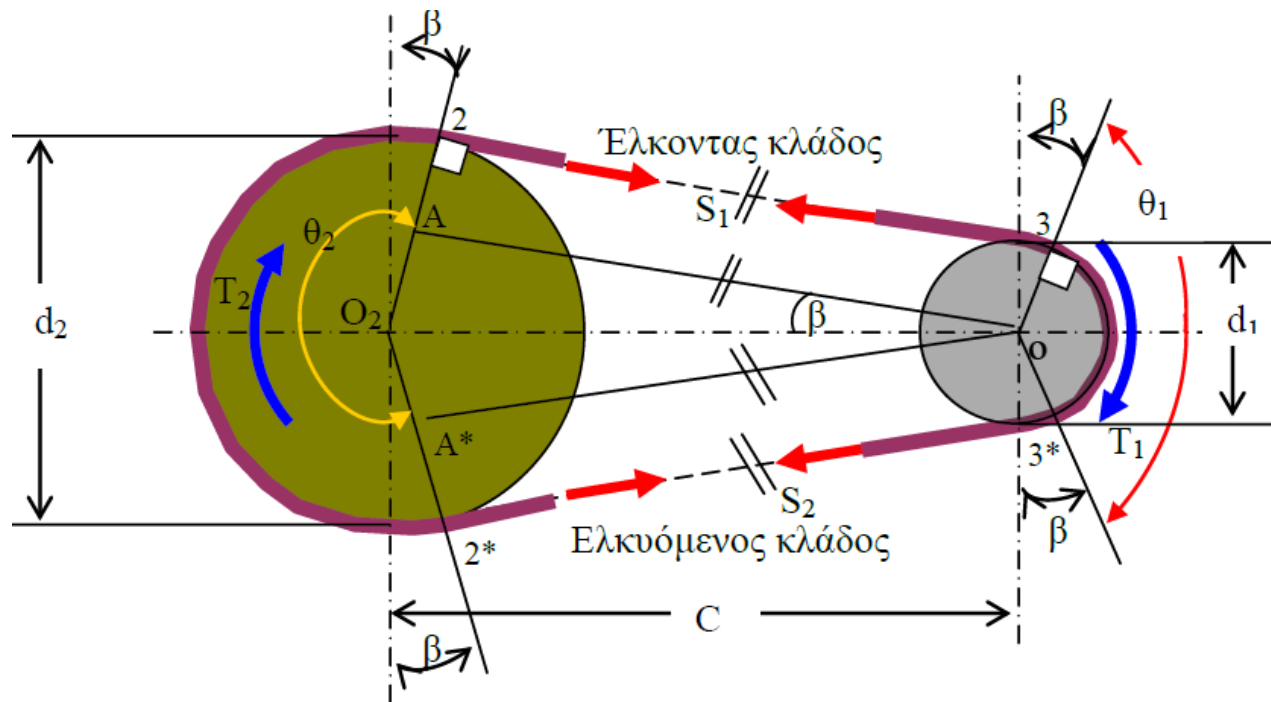
Τάση μέσω ολίσθησης κινητήρα πάνω σε βάση



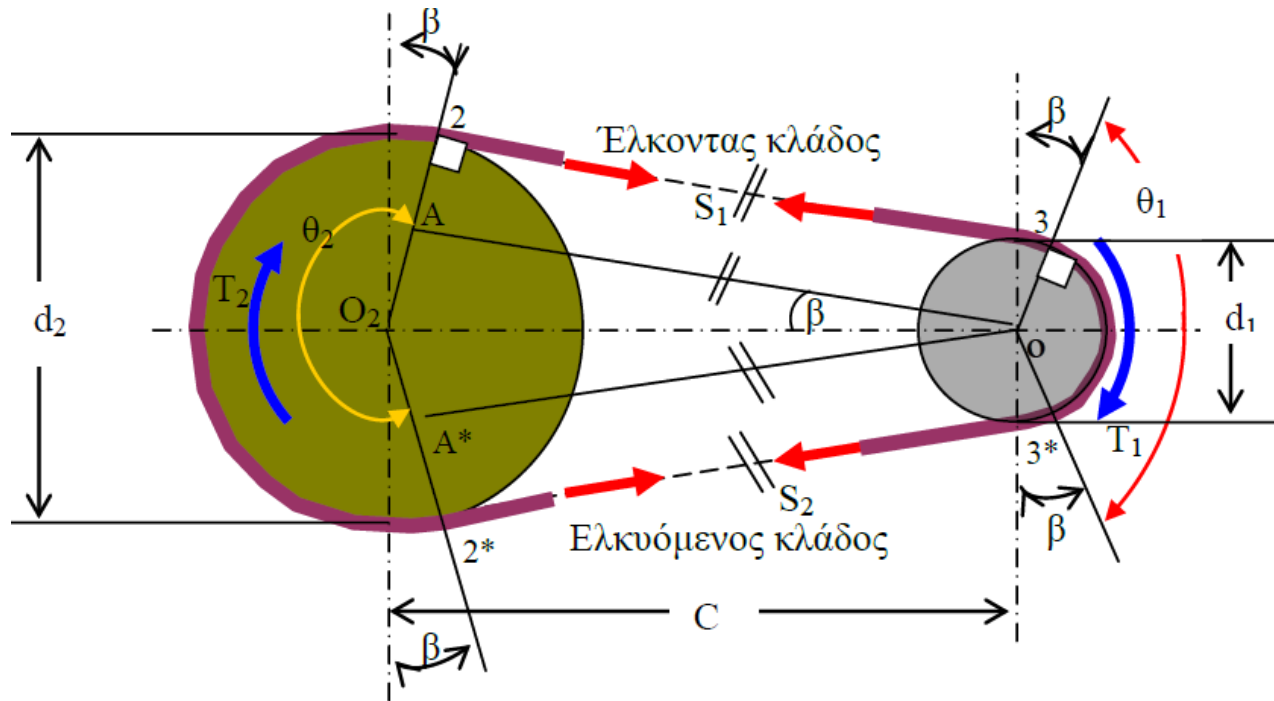
Τάση μέσω ρυθμιστικού τροχού



Με φορείο τάσης



- Για να μεταφέρει ισχύ ο ιμάντας απαιτείται μια αρχική προένταση S_0
- Η προένταση S_0 του ιμάντα εφελκύει εξίσου και τους δύο κλάδους
- Η εκκίνηση του κινητήριου τροχού γίνεται επιβάλλοντας στρεπτική ροπή T_1 και αριθμό στροφών n_1
- Κατά την λειτουργία ο έλκοντας κλάδος καταπονείται με S_1 ($S_1 > S_0$) ενώ ο ελκόμενος κλάδος με S_2 ($S_2 < S_0$) ώστε $(S_1 + S_2 = 2S_0)$
- 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 τροχαλίας και την $T_2 = Ud_2/2$ της κινούμενη τροχαλίας



- Ο ερπυσμός έχει σαν αποτέλεσμα οι ταχύτητες του έλκοντος και του ελκόμενου κλάδου του ιμάντα να έχουν μικρή διαφορά μεταξύ τους (u_1 και u_2) καθώς επίσης και να υπάρχει και μικρή απώλεια ισχύος
- Η απώλεια ταχύτητας ονομάζεται διολίσθηση και είναι $s = (u_1 - u_2) / u_1$
- Επειδή η ισχύς συνδέεται με την ταχύτητα, η απόδοση της ιμαντοκίνησης είναι $\eta = (N_{out} / N_{inp}) 100\%$ ή $\eta = [(S_1 - S_2)u_2] / [(S_1 - S_2)u_1] = (1 - s) 100\%$
- Το μέγεθος του ερπυσμού είναι 1-2%
- Η εφαρμογή σταθερής τάσης είναι δυνατόν να επιφέρει χρονικά μεταβαλλόμενη παραμόρφωση (ερπυσμό) σε υψηλές Τα
- Οι γωνίες θ_1 και θ_2 εκφράζουν τις γωνίες τύλιξης του ιμάντα με τους τροχούς 1 και 2 αντίστοιχα

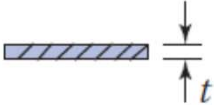
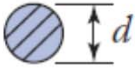
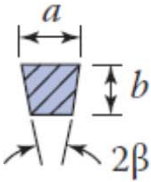
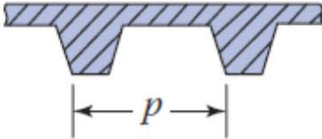
Είδη μάντων:

-flat (επίπεδοι μάντες)

-round (στρογγυλοί)

-V (τραπεζοειδείς)

-timing (χρονισμού)

Belt Type	Geometric Form	Size Range	Center Distance between Pulleys
Flat		$t = 0.75-5 \text{ mm}$	No upper limit
Round		$d = 3-19 \text{ mm}$	No upper limit
V		$a = 13-38 \text{ mm}$ $b = 8-23 \text{ mm}$ $2\beta = 34^\circ-40^\circ$	Limited
Timing		$p = 2 \text{ mm and up}$	Limited

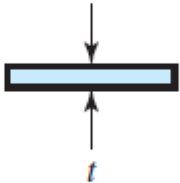
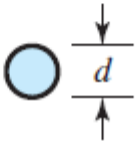
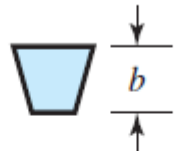
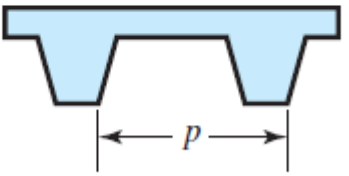
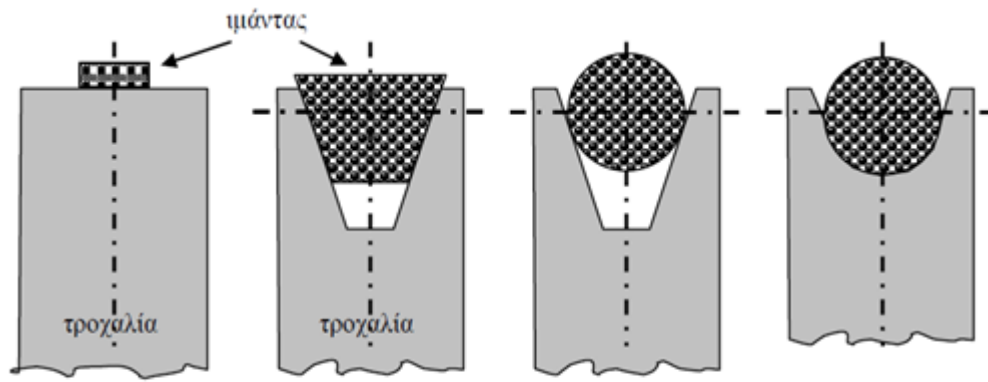
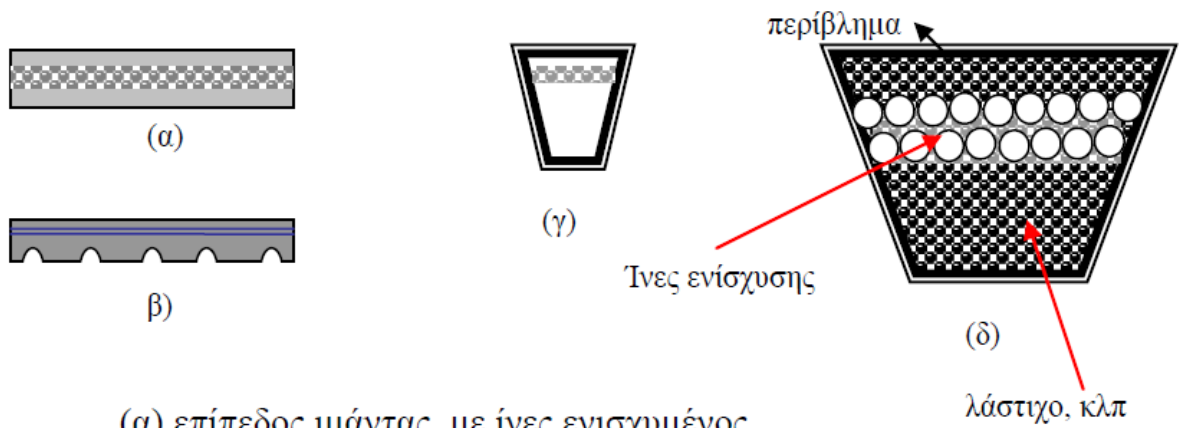
Belt Type	Figure	Joint	Size Range	Center Distance
Flat		Yes	$t = \begin{cases} 0.03 \text{ to } 0.20 \text{ in} \\ 0.75 \text{ to } 5 \text{ mm} \end{cases}$	No upper limit
Round		Yes	$d = \frac{1}{8} \text{ to } \frac{3}{4} \text{ in}$	No upper limit
V		None	$b = \begin{cases} 0.31 \text{ to } 0.91 \text{ in} \\ 8 \text{ to } 19 \text{ mm} \end{cases}$	Limited
Timing		None	$p = 2 \text{ mm and up}$	Limited

Table 17-1

Characteristics of Some Common Belt Types (Figures are cross sections except for the timing belt, which is a side view).



(α) επίπεδος μάντας
 (β) τραπεζοειδής μάντας
 (γ) κυκλικός μάντας σε τραπεζοειδές αυλάκι τροχαλία
 (δ) κυκλικός μάντας σε κυκλικό αυλάκι τροχαλία



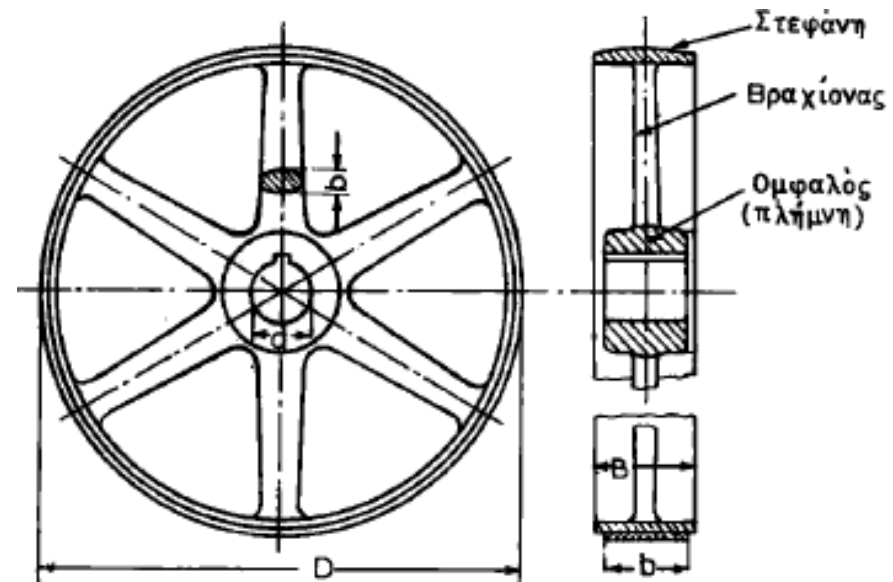
(α) επίπεδος μάντας με ίνες ενισχυμένους
 (β) επίπεδος μάντας με γραναζωτή την εσωτερική επιφάνεια
 (γ) τραπεζοειδείς μάντες
 (δ) Διατομή V-μάντα με ίνες ενίσχυσης, υλικό επικάλυψης και γέμιση λάστιχο

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

- Οι επίπεδοι ιμάντες έχουν σχεδόν ορθογώνια διατομή και είναι εύκολοι στο μοντάρισμα σε σχέση με τους τραπεζοειδείς ιμάντες.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθούν για μεγάλες αποστάσεις αξόνων και
- Οι τραπεζοειδείς ιμάντες λόγω του V-σχήματος της τροχαλίας μπορεί να μεταφέρουν μεγαλύτερες ροπές και άρα μεγαλύτερη ισχύ από ότι οι επίπεδοι ιμάντες.

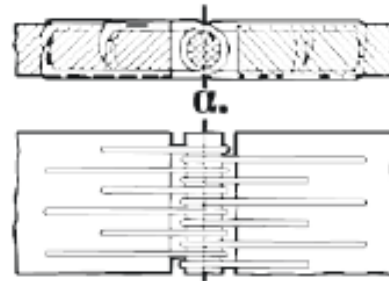
Από ένα ιμάντα αναμένει κανείς

- μεγάλο συντελεστή τριβής
- μεγάλη αντοχή εφελκυσμού
- μεγάλη αντοχή φθοράς
- μεγάλη ευκαμψία και
- μεγάλη διάρκεια ζωής

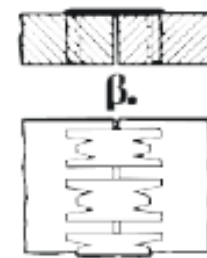


Ενώσεις επίπεδων ιμάντων

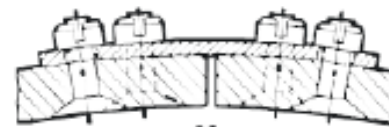
α) ειδικά άγγιστρα



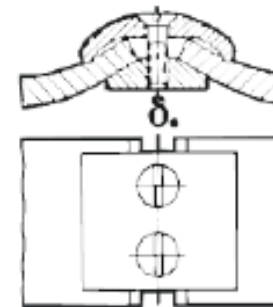
β) συνδετήρες ζικ-ζακ



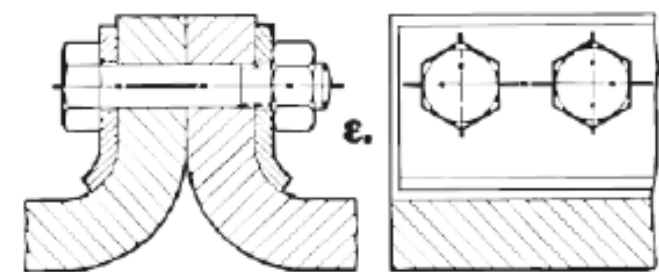
γ) αρμοκάλυπτρα



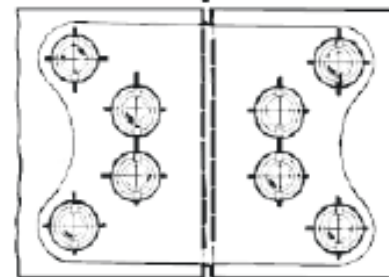
δ) ειδικό πλαίσιο σύνδεσης



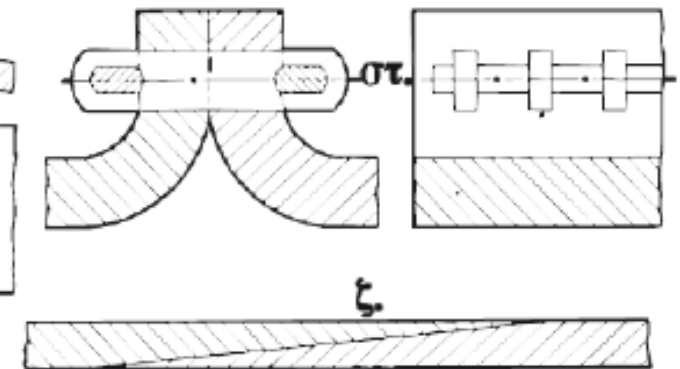
ε) συνδετήρας τροχιάς

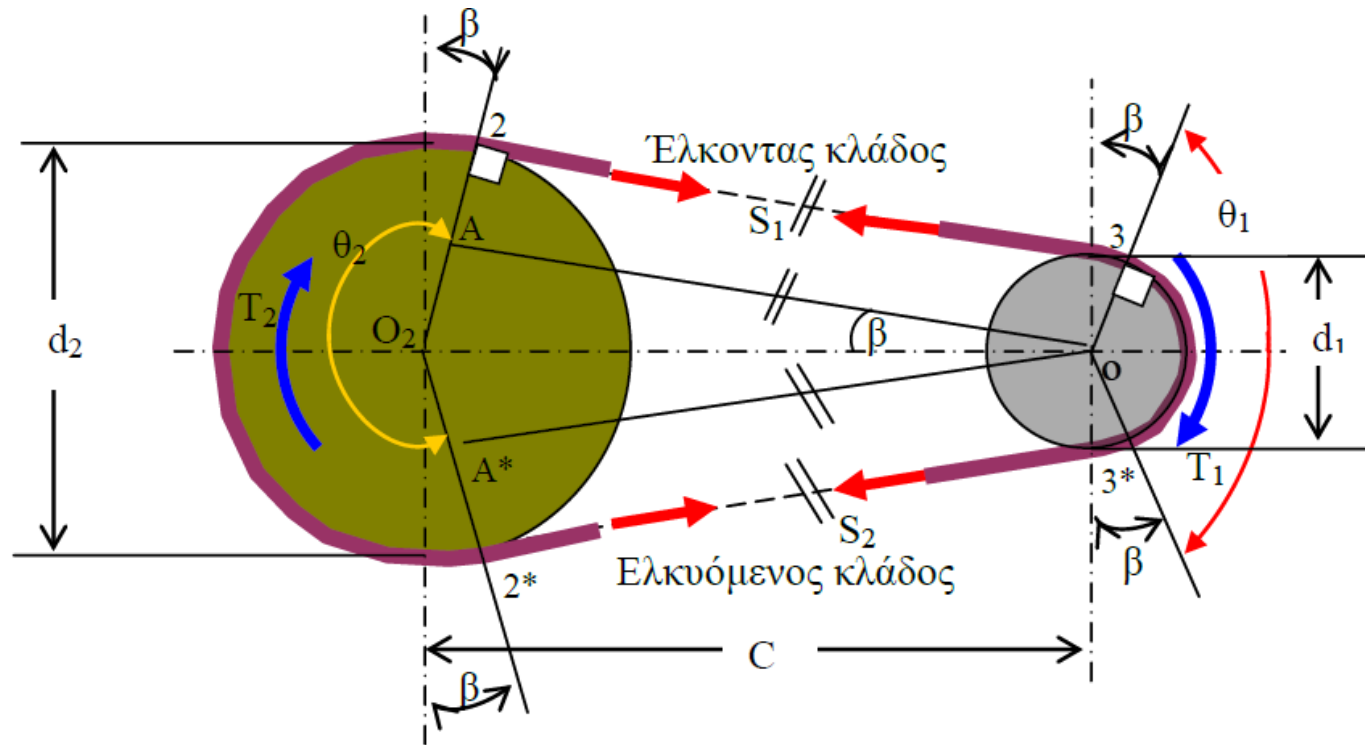


στ) συνδετήρας ράβδου



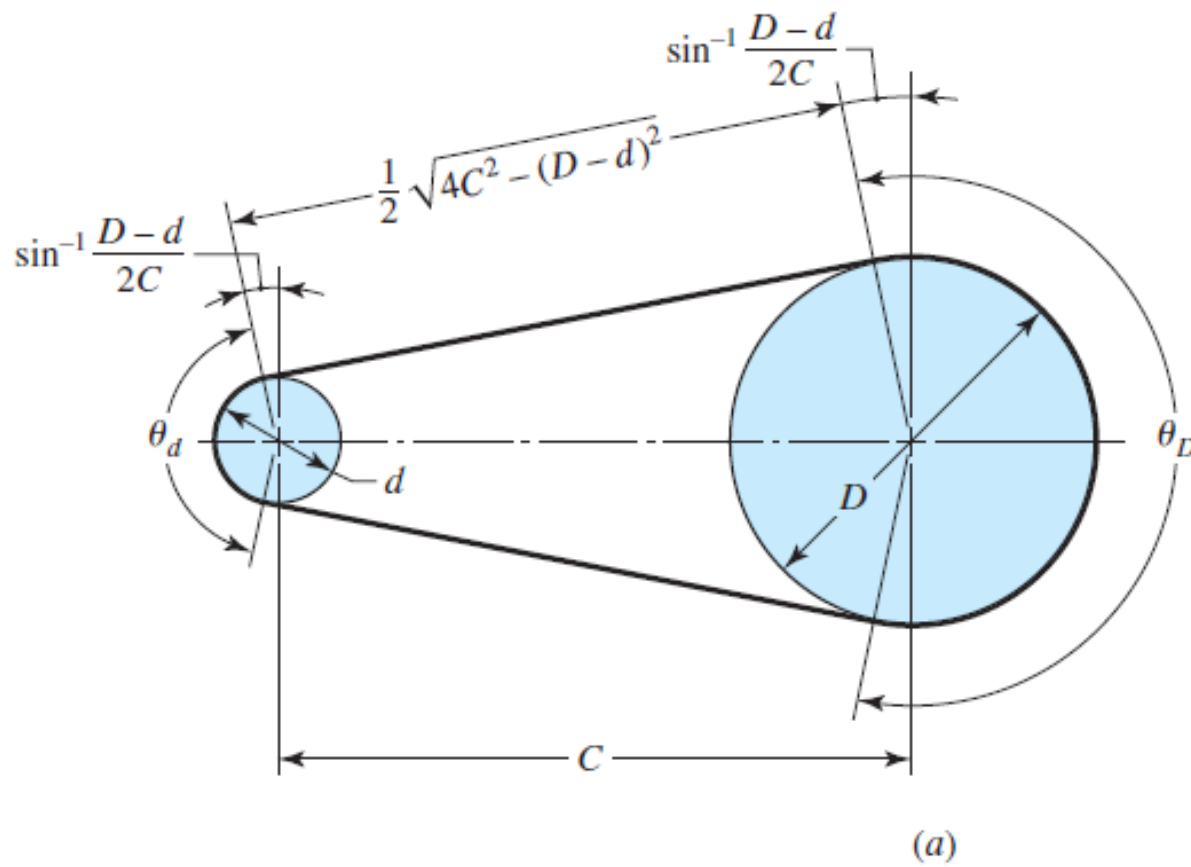
ζ) συγκόλληση





γεωμετρικές σχέσεις σε μαντοκίνηση

$$L = 2C + \frac{\pi(d_2 + d_1)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4C}$$

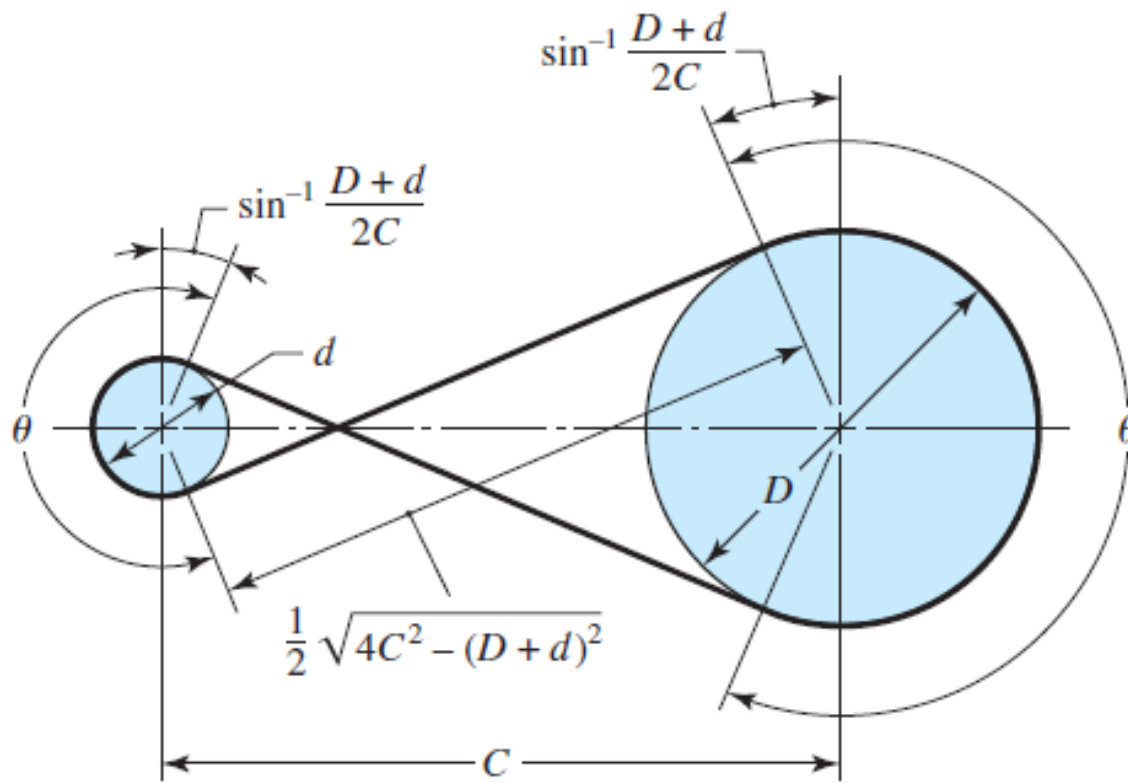


$$\theta_d = \pi - 2 \sin^{-1} \frac{D-d}{2C}$$

$$\theta_D = \pi + 2 \sin^{-1} \frac{D-d}{2C}$$

$$L = \sqrt{4C^2 - (D-d)^2} + \frac{1}{2} (D\theta_D + d\theta_d)$$

Figure 17-1
 Flat-belt geometry. (a) Open belt. (b) Crossed belt.



(b)

$$\theta = \pi + 2 \sin^{-1} \frac{D+d}{2C}$$

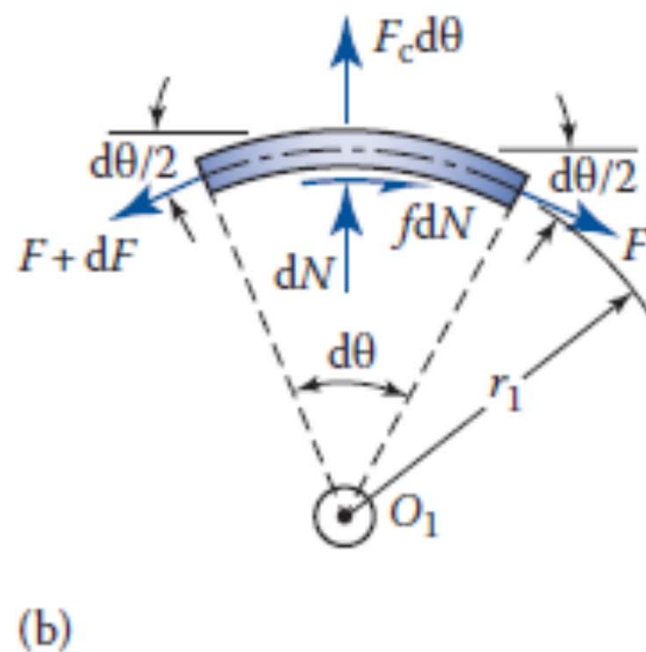
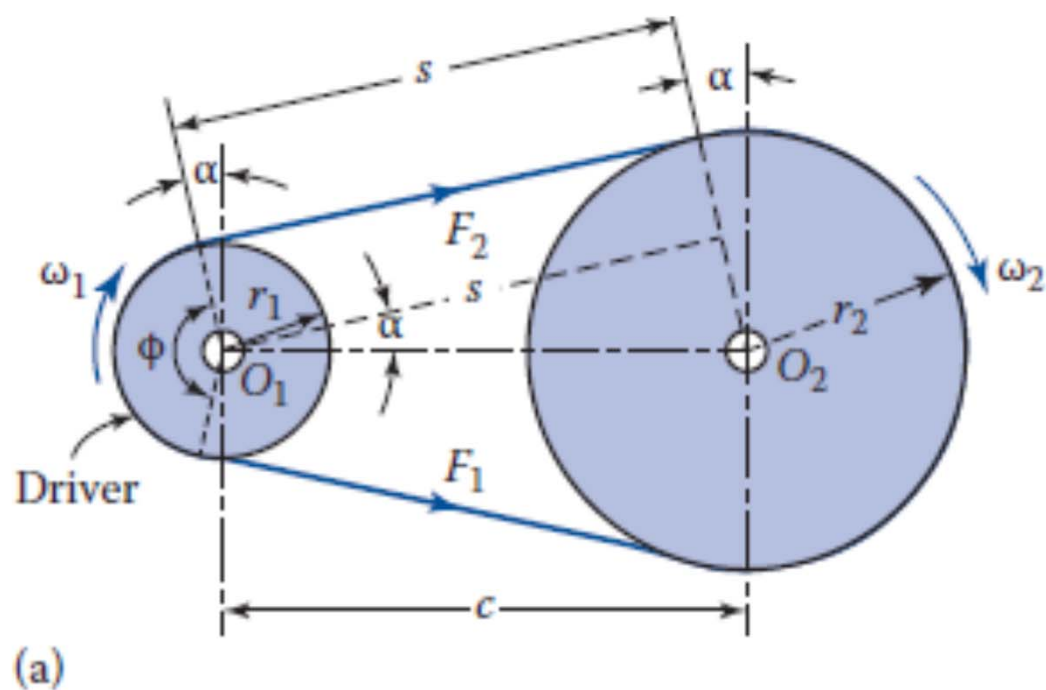
$$L = \sqrt{4C^2 - (D+d)^2} + \frac{1}{2} (D+d)\theta$$

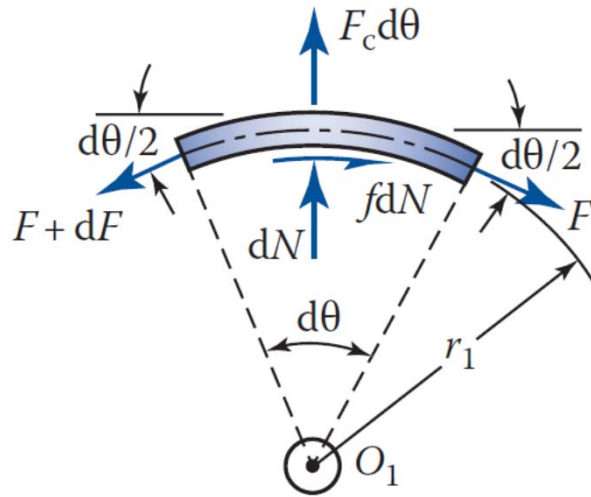
Figure 17-1

Flat-belt geometry. (a) Open belt. (b) Crossed belt.

Ανάλυση δυνάμεων ιμάντα

Πρώτα θα εξετάσουμε τον επίπεδο ιμάντα, και στη συνέχεια έναν ιμάντα με τραπεζοειδή διατομή, ώστε να φανούν τα πλεονεκτήματα του σε σχέση με τον επίπεδο ιμάντα. Την ανάλυση δυνάμεων θα παρακολουθήσουμε σε ένα απειροστό στοιχείο του ιμάντα στην ζώνη επαφής του με την τροχαλία. Θα διατυπώσουμε τις συνθήκες ισορροπίας του στοιχείου στην περιμετρική και στην ακτινική διεύθυνση και θα διατυπώσουμε την καταστατική εξίσωση ισορροπίας των δυνάμεων του ιμάντα.





The element is under normal force dN , tension F , centrifugal force $F_c d\theta$, and friction force $f dN$, where f represents the coefficient of friction. Equilibrium of the forces in the horizontal direction is satisfied by

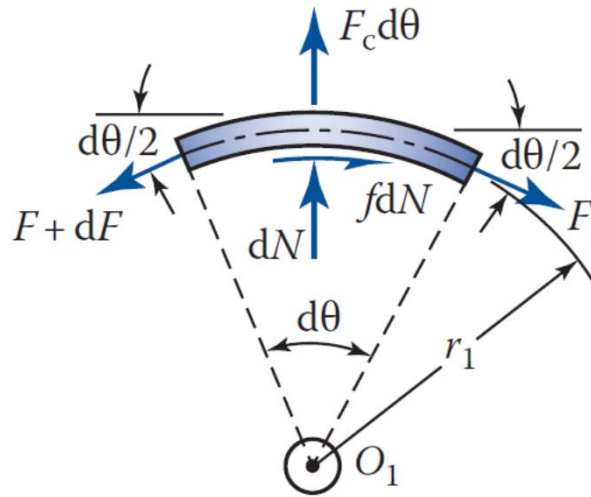
$$(F + dF) \cos \frac{d\theta}{2} - f dN - F \cos \frac{d\theta}{2} = 0$$

Simplifying, and noting for small angles $\cos(d\theta/2) = 1$, we have

$$dF = f dN$$

Likewise, equilibrium of the vertical forces gives

$$dN + F_c d\theta - (F + dF + F) \sin \frac{d\theta}{2} = 0$$

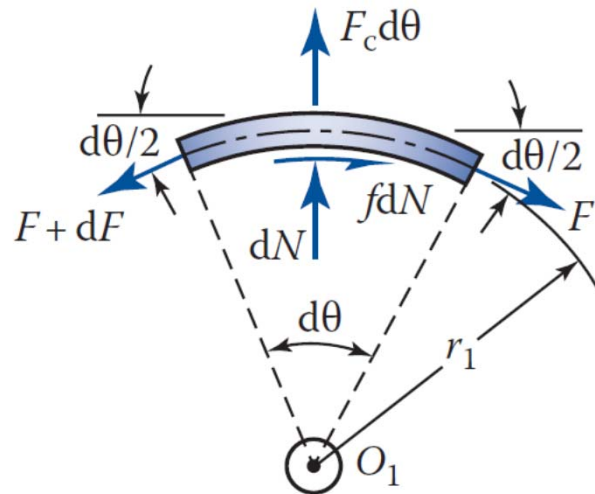


We can take $\sin(d\theta/2) = d\theta/2$, since $d\theta$ is a small angle, and neglect the higher-order term $dF d\theta$. In so doing and introducing the value of dN from Equation 13.14, the preceding equation becomes

$$\frac{dF}{F - F_c} = f d\theta$$

The solution of this expression is obtained by integrating from minimum tension F_2 to maximum tension F_1 through the angle of contact ϕ of the belt (Figure 13.5a). Hence,

$$\int_{F_2}^{F_1} \frac{dF}{F_1 F_c} = \ln \left(\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} \right) = f\phi$$



This may be written in the following convenient form:

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{f\phi}$$

We see from this relation that centrifugal force tends to reduce the angles of contact ϕ .

η θεμελιώδης καταστατική εξίσωση

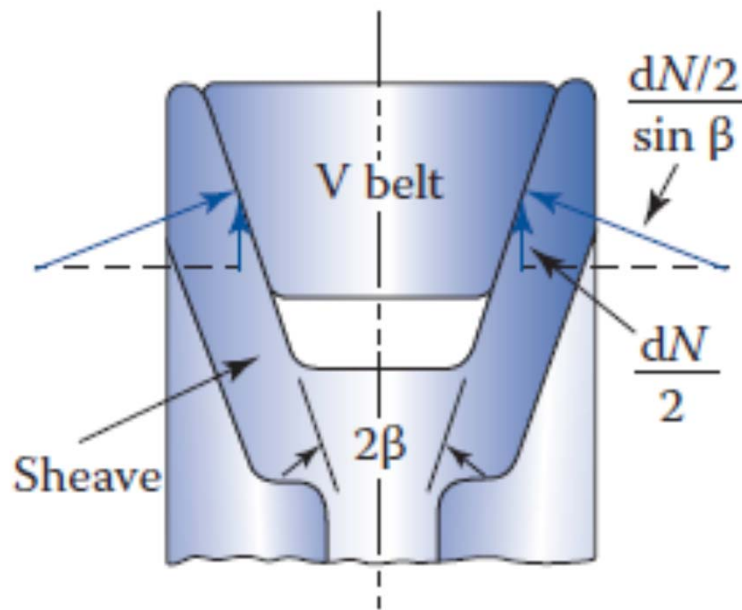
$$\frac{S_1 - mv^2}{S_2 - mv^2} = e^{\mu\theta}$$

Η διαφορά των δυνάμεων $S_1 - S_2$ είναι η ενεργός δύναμη μαντοκίνησης, η οποία συνδέεται με την μεταφερόμενη ισχύ με την σχέση $(S_1 - S_2)v = I\sigma\upsilon\varsigma$

Figure illustrates how a V belt rides in the sheave groove: with contact on the sides and clearance at the bottom. Obviously, this *wedging action* increases the normal force on the belt element from dN (Figure b) to $dN/\sin \beta$. Following a procedure similar to that used in the preceding discussion, for a V-belt drive, we therefore obtain

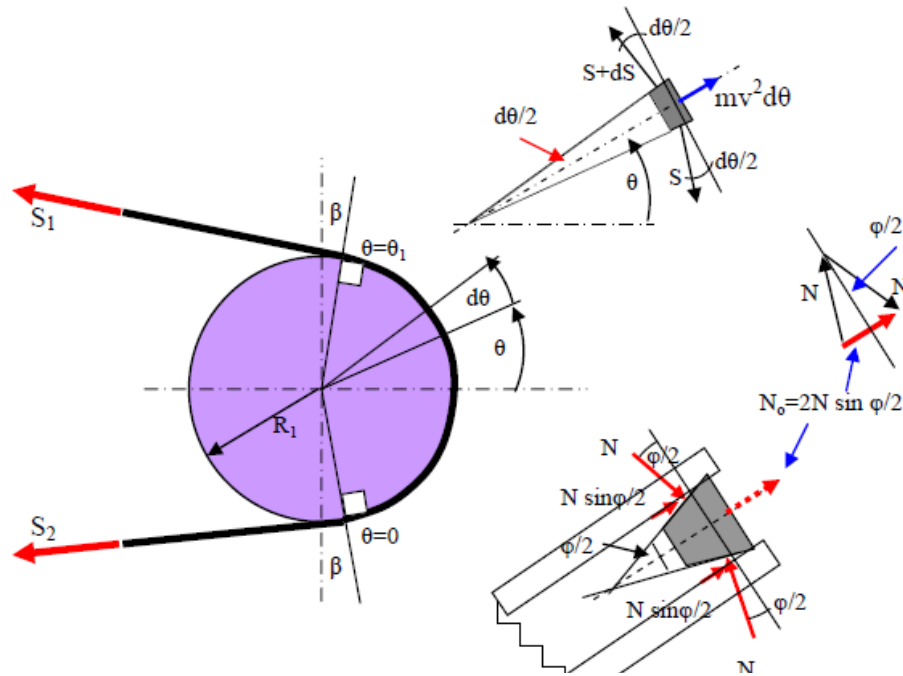
$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{f\phi/\sin\beta}$$

The quantity β is half the included angle of the V belt. It is interesting to observe that the (smaller) contact angle ϕ of the *driver pulley* leads to larger belt tension and hence is *critical*. Hence, design of belt drive is on the basis of small pulley geometry.



$$\frac{S_1 - mv^2}{S_2 - mv^2} = e^{\mu^*\theta}, \text{ όπου } \mu^* = \frac{\mu}{\sin(\beta)}$$

Ανάλυση δυνάμεων τραπεζοειδούς ιμάντα



$$\frac{S_1 - mv^2}{S_2 - mv^2} = e^{\mu^* \theta}, \text{ όπου } \mu^* = \frac{\mu}{\sin(\varphi/2)}$$

Από την εξίσωση αυτή φαίνεται το πλεονέκτημα του V-ιμάντα έναντι του επίπεδου ιμάντα. Στον V-ιμάντα ο συντελεστής τριβής μ αντικαθίσταται με τον παράγοντα $\mu^* = \mu / \sin(\varphi/2)$. Αν υποθέσουμε ότι η γωνία του τραπεζοειδούς προφίλ της τροχαλίας είναι $\varphi = 40^\circ$, τότε ο παράγοντας $\mu^* = 3,23\mu$.

Αυτό σημαίνει για ίδια υλικά ιμάντα-τροχού ο ενεργός συντελεστής τριβής του V-ιμάντα είναι 3,23 φορές μεγαλύτερος από τον συντελεστή τριβής του επίπεδου ιμάντα, ώστε μέσω του V-ιμάντα να μπορεί να μεταβιβάζεται μεγαλύτερη ροπή και άρα μεγαλύτερη ισχύς από ότι μέσω ενός επίπεδου ιμάντα.

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

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

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:

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

$$N = 2S_0 \omega \frac{d}{2} \frac{1}{C_{o\lambda}}$$

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

Πίνακας 1: Συντελεστές ασφαλείας για ιμάντες

Συντελεστής υπερφόρτωσης, C_1																
Στρωτή λειτουργία, φορτίο γνωστό με ακρίβεια						1.00.....1.10										
Φυγοκεντρικές αντλίες, ανεμιστήρες						1.10.....1.20										
Ρεκτιφιέ, φραιζες, 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 ελαστρά						2.00.....2.50										
Συντελεστής περιβάλλοντος, C_2																
Λειτουργία ιμάντα σε ξηρό περιβάλλον και σε κανονικές θερμοκρασίες						1.00										
Λειτουργία ιμάντα σε περιβάλλον υγρασίας, μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας						1.10										
Λιπαρό περιβάλλον						1.25										
Νερό ή μεγάλη υγρασία						1.30										
Συντελεστής διάρκειας ζωής, C_3																
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, C_4																
Γωνία τύλιξης	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
Επίπεδοι ιμάντες C_4			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	0.935
Τραπεζοειδείς ιμάντες C_4	1.73	1.59	1.47	1.37	1.28	1.22	1.16	1.12	1.08	1.05	1.02	1.00				
Συντελεστές είδους τάνυσης, C_5																
$C_5 =$	1.0	όταν η τάνυση γίνεται με κοχλίες														
$C_5 =$	1.2	όταν η τάνυση γίνεται με μάζεμα														
$C_5 =$	0.8	όταν έχουμε αυτοτάνυση														
Συντελεστές για τραπεζοειδείς ιμάντες, C_6 και C_7																
$C_6 =$	1.00	για	$d_1 \geq d_{min}$	κ	$C_6 = d_{min} / d_1$	οταν	$d_{min} > d_1$									
$C_7 =$	1.00	για $j = 1$														
$C_7 =$	1.25	για $j > 1$														

Συχνότητα κάμψεων



Ως συχνότητα κάμψεων f_B ορίζεται ο αριθμός των διαδρομών ανά δευτερόλεπτο του ιμάντα πάνω από τις τροχαλίες:

$$B = \frac{z \cdot v}{L} \leq B_{\max} \quad \text{σε 1/sec}$$

z αριθμός των τροχαλιών του συστήματος

v περιφερειακή ταχύτητα του ιμάντα σε m/sec

L μήκος τεντωμένου ιμάντα σε m

B_{\max} μέγιστη επιτρεπόμενη συχνότητα κάμψεων

Πίνακας 1: Συντελεστές ασφαλείας για ιμάντες

Συντελεστής υπερφόρτωσης, C_1																
Στρωτή λειτουργία, φορτίο γνωστό με ακρίβεια						1.00.....1.10										
Φυγοκεντρικές αντλίες, ανεμιστήρες						1.10.....1.20										
Ρεκτιφιέ, φραιζες, 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 ελαστρά						2.00.....2.50										
Συντελεστής περιβάλλοντος, C_2																
Λειτουργία ιμάντα σε ξηρό περιβάλλον και σε κανονικές θερμοκρασίες						1.00										
Λειτουργία ιμάντα σε περιβάλλον υγρασίας, μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας						1.10										
Λιπαρό περιβάλλον						1.25										
Νερό ή μεγάλη υγρασία						1.30										
Συντελεστής διάρκειας ζωής, C_3																
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, C_4																
Γωνία τύλιξης	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
Επίπεδοι ιμάντες C_4			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	0.935
Τραπεζοειδείς ιμάντες C_4	1.73	1.59	1.47	1.37	1.28	1.22	1.16	1.12	1.08	1.05	1.02	1.00				
Συντελεστές είδους τάνυσης, C_5																
$C_5 =$	1.0	όταν η τάνυση γίνεται με κοχλίες														
$C_5 =$	1.2	όταν η τάνυση γίνεται με μάζεμα														
$C_5 =$	0.8	όταν έχουμε αυτοτάνυση														
Συντελεστές για τραπεζοειδείς ιμάντες, C_6 και C_7																
$C_6 =$	1.00	για	$d_1 \geq d_{min}$	κ	$C_6 = d_{min} / d_1$	οταν	$d_{min} > d_1$									
$C_7 =$	1.00	για $j = 1$														
$C_7 =$	1.25	για $j > 1$														

Πίνακας 2: Δεδομένα για τον υπολογισμό επιπέδων ιμάντων (Niemann)

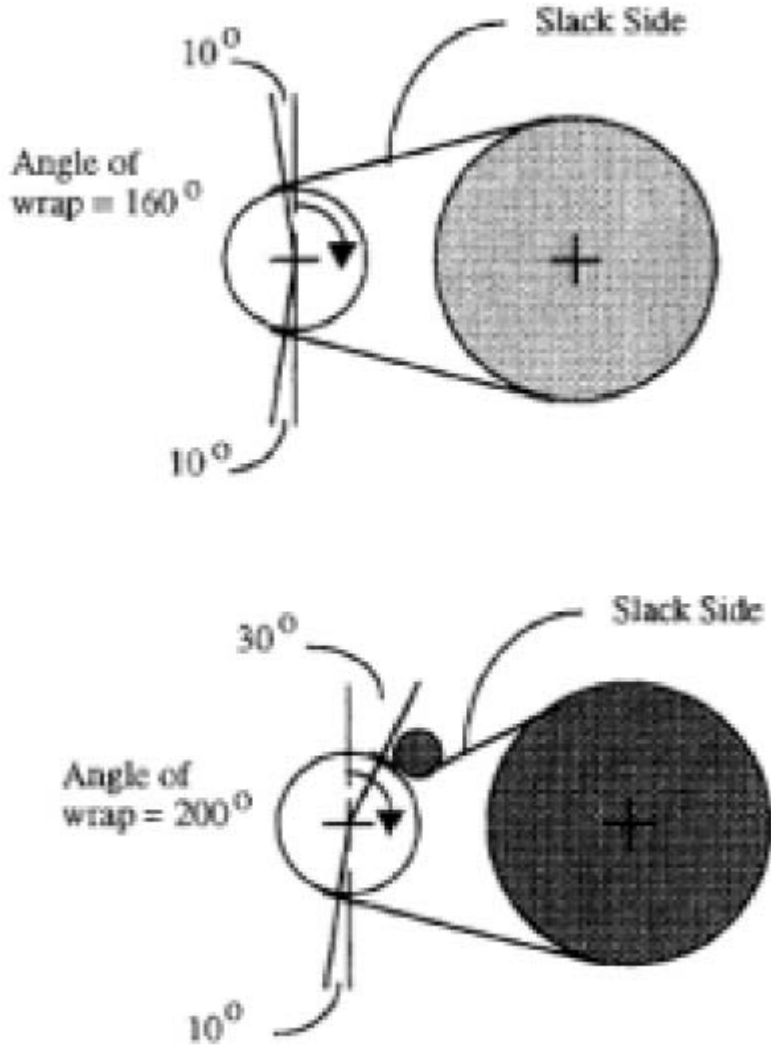
Επίπεδοι ιμάντες		Αντοχή		Διαστάσεις		Τιμές υπολογισμού				Όρια		
		E	σ_B	s	b	γ	$\sigma_{\text{επ}}$	μ	E_b	$(d_1/t)_{\text{min}}$	B_{max}	u_{max}
		κρ/mm ²	κρ/mm ²	mm	mm	kg/dm ³	κρ/mm ²		κρ/mm ²		1/s	m/s
Δέρμα	Δέρμα HG	45	3.0	a) 3...7 b) 8...12 c) 14...20	20...600 ...1800 ...1800	0.90	0.44		3 5 7	20 25 35	25	50
	Δέρμα G	35	3.0	a) 3...7 b) 8...12 c) 14...20	20...600 ...1800 ...1800	0.95	0.44	$0.3 + \frac{v}{100}$	4 6 8	25 30 40	10	40
	Δέρμα F ή S	25	2.5	a) 3...7 b) 8...12 c) 14...20	20...600 ...1800 ...1800	1.00	0.39		5 7 9	30 35 45	5	30
Λάστιχο - ύφασμα	Gummi-Baumwolle	35...120	4.5...6.0	$(3...7) \times 1.1$	$20...300$	1.20	0.39	0.5	5	30	$\frac{9...6}{9...6}$ 30...20	40
	Balata-Baumwolle	90...150	5...6.5	$(3...8) \times 1.2$	$20...300$	1.25	0.44	0.5	5	25	10...5 30...20	40
	Balata-Seilcord			4 oder 5	60...270	1.25	0.55	0.5	3	20	20...15	40
Ύφασμα	Kunstseide impragn.		5.0	2...18		1.00	0.39	0.35	4	25		
	Zellwolle igelliert		4.5...5.0	2...10		1.10	0.39	0.8	4	25		
	Baumwolle		3.0...5.0	4...12		1.30	0.39	0.3	4	20		
	Kamelhaar		3.0...4.0	$(3...6) \times 1.8$		1.15	0.44	0.3	4	20		
	Endlos gewebt		>10	0.4...12	10...2000	0.90	0.88	0.3	4	15	80	60
Ενισχ. Πλαστικό	Kunststoff - Verbundriemen (Extremultus)	A)	20.0	$(1...2) \times 0.5$	10...250	$1.2 + \frac{q}{s}$	2.0	$0.3 + \frac{v}{100}$	55	80	60	
		B) 55		$(1...2) \times 0.7$	10...500					90		
		C)		$(1...4) \times 0.9$	10...750					100		
Ενισχυμένοι με χάλυβα, βάση φελλού	21000	150.0	0.6...1.1	20...250	7.80	33	0.25	21000	1000		45	

Given: A flat belt is 150 mm wide and 8 mm thick and transmits 12 kW. The center distance is 2.5 m. The driving pulley is 150 mm in diameter and rotates at 2000 rpm such that the loose side of the belt is on top. The driven pulley has a diameter of 450 mm. The belt material weighs 970 kg/m^3 .

Find: Determine the following:

- (a) If $\mu = 0.30$, determine F_1 and F_2 .
- (b) If μ is reduced to 0.20 because of oil getting on part of the pulley, what are F_1 and F_2 ? Would the belt slip?
- (c) What is the belt length?

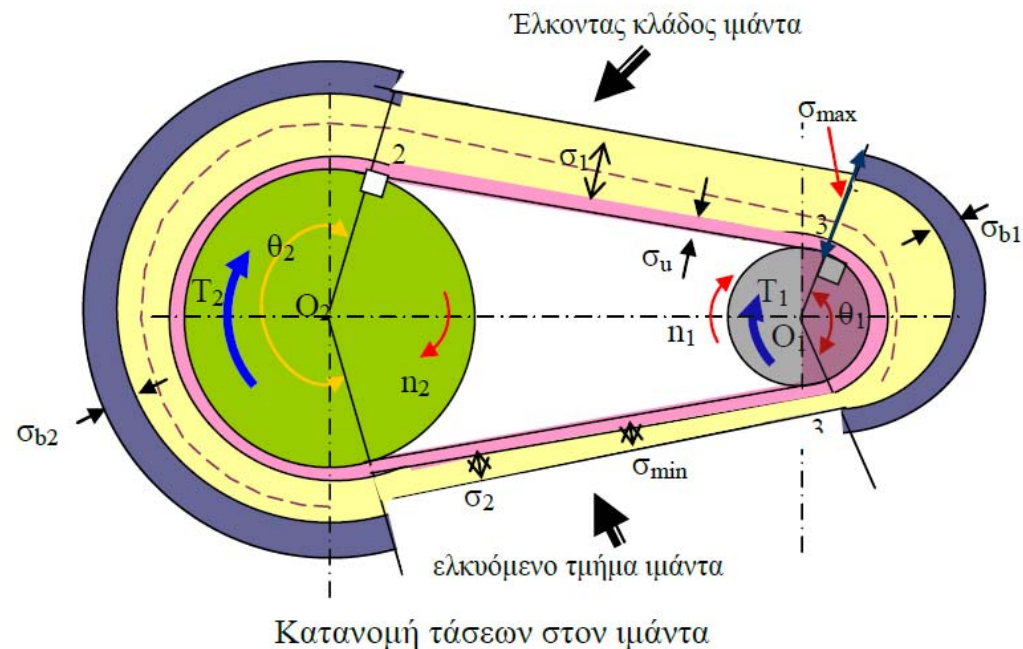
A belt drive, as shown in Figure 19.1a, has an angle of wrap on the small pulley of 160° . Adding an idler, as in Figure 19.1c, increases this to 200° . If the slack-side tension is the same in the two cases and if centrifugal force is negligible, by what percentage is the capacity of the belt drive increased by adding the idler when $f = 0.3$?

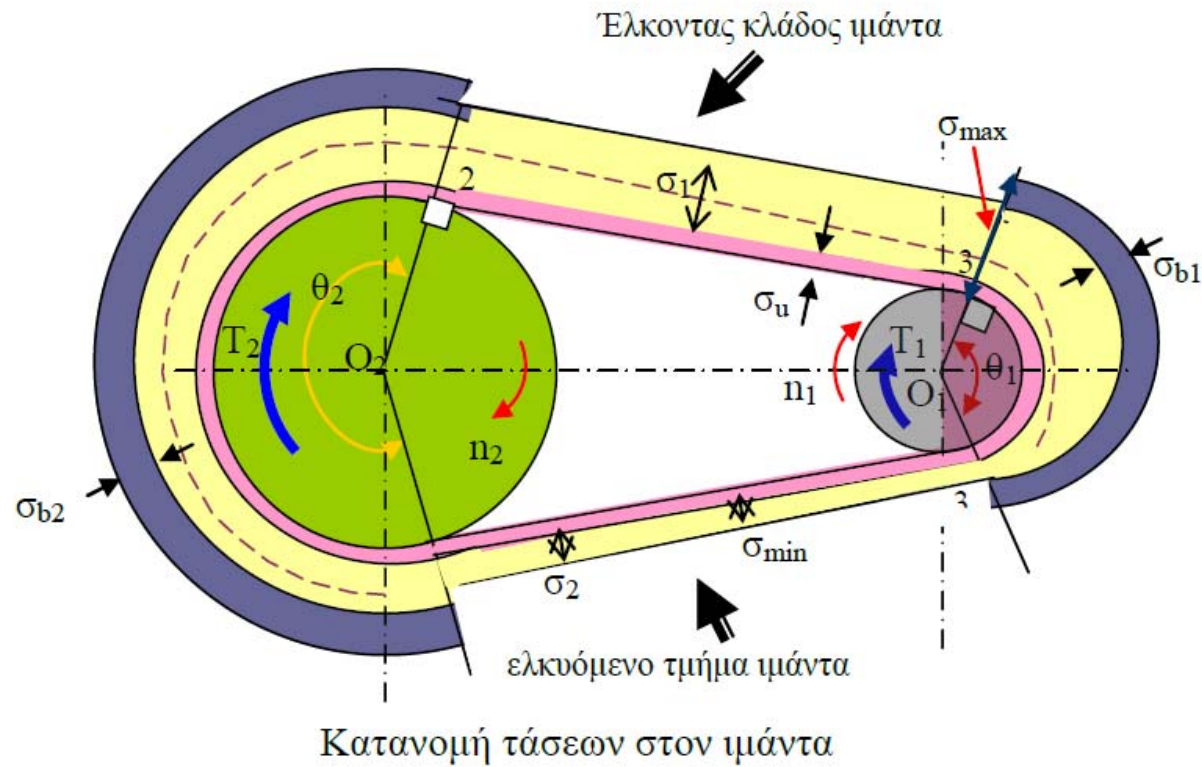


Κατανομή τάσεων κατά μήκος του μάντα

Κατά την μαντοκίνηση μια οποιαδήποτε ίνα κατά μήκος του μάντα υπόκειται σε διάφορες καταπονήσεις. Στο Σχ. παριστάνεται σε μία χρονική στιγμή η καταπόνηση μιας οποιασδήποτε ίνας. Σε μια διαφορετική χρονική στιγμή την ίδια καταπόνηση θα δεχθούν διαφορετικά υλικά σημεία της ίνας. Σε διαφορετικές περιοχές του μάντα διακρίνουμε τις ακόλουθες καταπονήσεις:

- (i) εφελκυσμό στο έλκοντα κλάδο
- (ii) εφελκυσμό στο ελκόμενο κλάδο
- (iii) κάμψη στην περιοχή τύλιξης του μάντα
- (iv) τάσεις από φυγόκεντρες δυνάμεις





Στο σημείο 3 (σημείο όπου ο μάντας συναντά την τροχαλία) αναπτύσσεται η μέγιστη ορθή τάση:

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_u + \sigma_{b1} = \frac{S_1}{A_{\mu}} + \frac{mv^2}{A_{\mu}} + \frac{M}{I} \frac{t}{2}$$

όπου: A_{μ} = εμβαδόν διατομής μάντα = bt (b =πλάτος, t =πάχος)
 m = μάζα μάντα ανά μονάδα μήκους μάντα = $A_{\mu}L\gamma/(L)$
 $= A_{\mu}\gamma/g$ (ή $m = A_{\mu}\rho$)

2. Υπολογισμός διαμέτρου μεγάλης τροχαλίας:

$$d_2 = (1 - \varepsilon) d_1 i = 0.985 d_1 i$$

3. Πάχος ιμάντα: $t = \frac{d_1}{(d_1 / t)}$

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

$$v_1 = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \times 1000} \text{ m/s,}$$

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

Οι ταχύτητες ενδείκνυται να κείνται στο διάστημα

$$10 < v < 20 \text{ m/s}$$

5. Απόσταση τροχαλιών:

$$\alpha = \max \left[(3d/2 + D/2), D \right] \quad \text{κατά Deutschman}$$

$$\alpha = \left[1.5 \times (d + D) \right] \text{κατά Dobrovolski.}$$

6. Μήκος ιμάντα:

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

7. Γωνία τύλιξης:

$$\varphi = \pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{D-d}{2a} \right) \quad \text{και} \quad \varphi = \pi + 2 \sin^{-1} \left(\frac{D-d}{2a} \right)$$

8. Πλάτος ιμάντα

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

όπου $C_{o\lambda} = C_1 C_2 C_3 C_4 C_5$, $b_{\tau p} = 1.12 \times b$ $s_f = s(1 - 10s/d_1)$

9. Δυνάμεις : $S_1 + S_2 = 2S_0$,

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

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

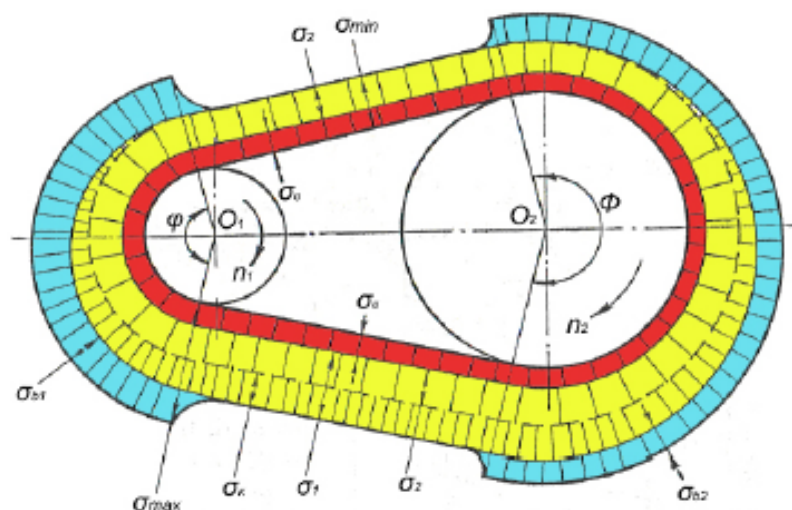
$$\text{όπου} \quad S_c = mu^2$$

$m = \text{γραμμική πυκνότητα}$)

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

$$R = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 - 2S_1S_2 \cos \alpha}$$

10. Έλεγχος τάσεων:



Σχήμα 9: Κατανομή των τάσεων κατά μήκος του ιμάντα

Η αναπτυσσόμενη συνολική τάση στον ιμάντα δίνεται από την σχέση

$$\sigma_{\max} = \sigma_o + \sigma_{\kappa} + \sigma_{\nu} + \sigma_{b1} \leq \sigma_{\epsilon\pi}$$

όπου

$$\sigma_o = \frac{S_o}{bs} = \epsilon E \text{ η τάση λόγω της αρχικής πρότασης,}$$

$$\sigma_{\kappa} = \frac{U}{bs} \text{ η ωφέλιμη τάση λόγω της } U,$$

$$\sigma_v = \left[\gamma_{(kg/dm^3)} v_{(m/s)}^2 / 1000 g_{(m/s^2)} \right]_{(kp/mm^2)} \quad \text{τάση λόγω}$$

φυγοκέντρων δυνάμεων

$$\sigma_{b1} = E_b \left(\frac{s}{d_1} \right) \quad \text{και} \quad \sigma_{b2} = E_b (s/d_2) \quad \text{στον ιμάντα που}$$

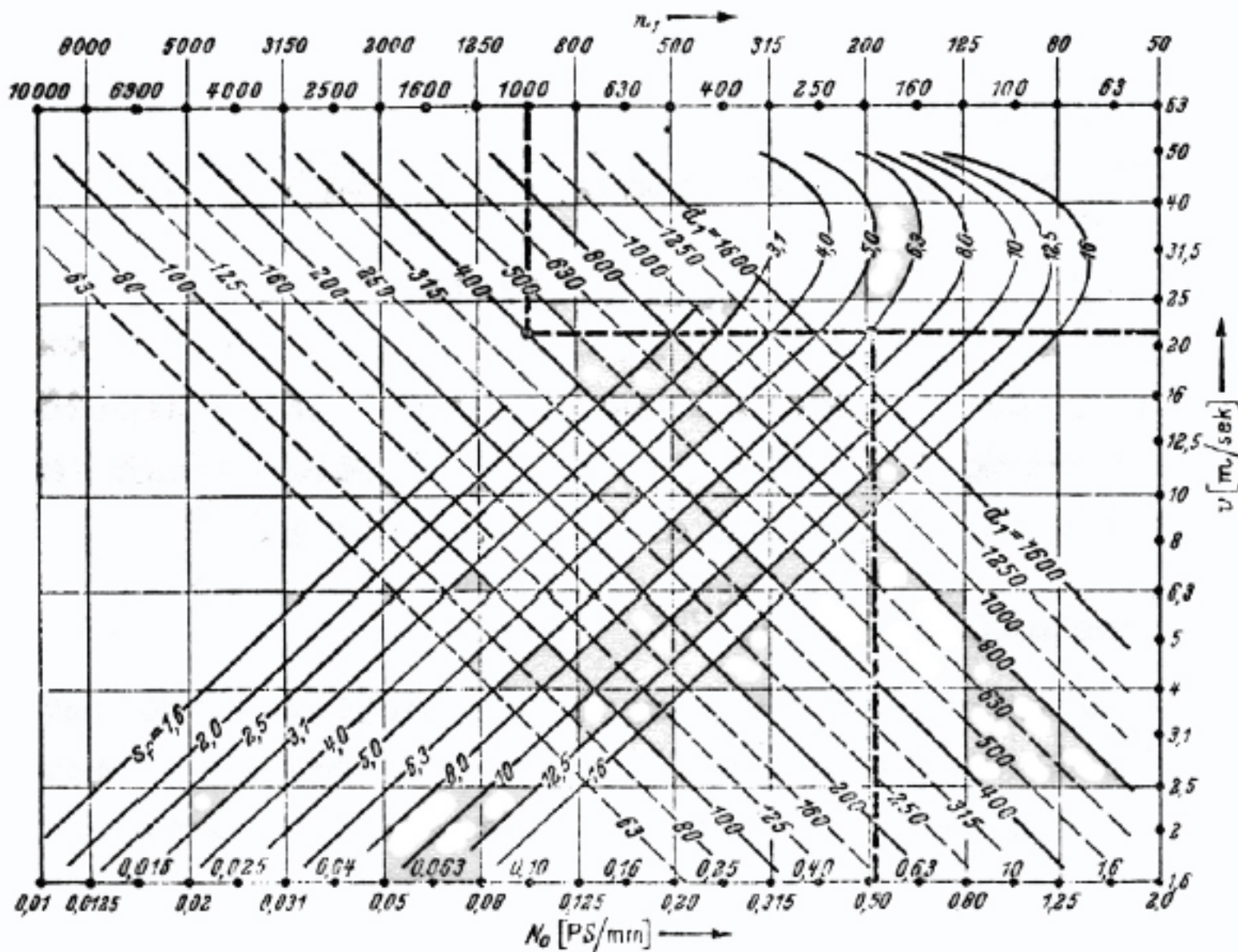
προκαλούνται από την τύλιξη του στην μικρή και μεγάλη τροχαλία αντίστοιχα.

11. Διάρκεια ζωής σε ώρες

$$H = \frac{N_b}{3600B} \left(\frac{\sigma_f}{\sigma_{\max}} \right)^m \quad (\text{κατά Dobronovski})$$

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

$$\sigma_f = \begin{cases} 60kp/cm^2 & \text{καουτσουκ} & m = 6 \\ 30kp/cm^2 & \text{υφασματινος} & m = 6 \\ 90kp/cm^2 & \text{τραπεξοειδης} & m = 8 \end{cases}$$

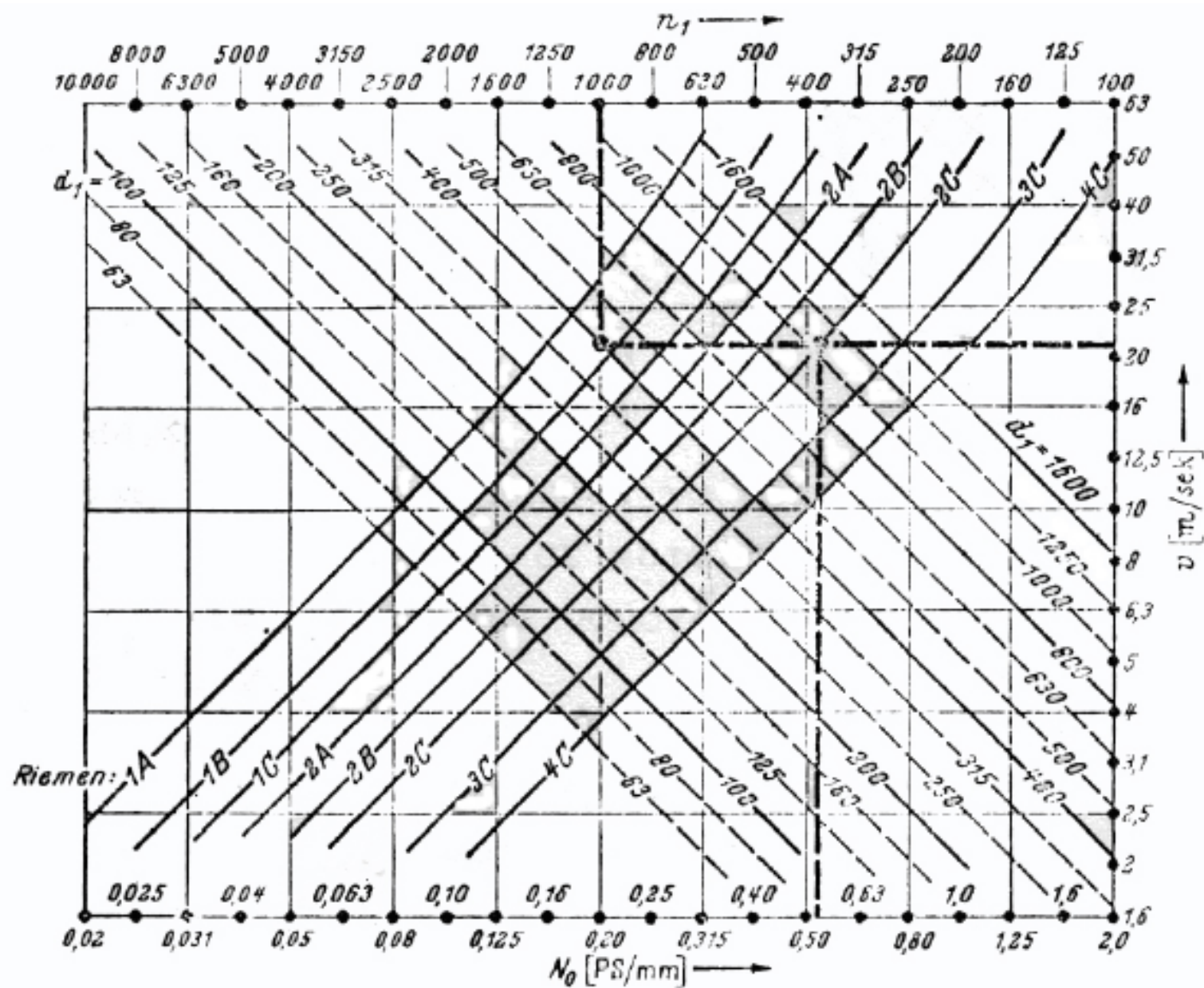


Νομογράφημα ειδικής ισχύος N_0 για δερμάτινους μάντες HG.

Ονομαστική ισχύς P₀

Συνολικός μήκος μάντιλι σε mm	Συνολικό πάχος μάντιλι σε mm	Στροφές η της μικτής τροχαλίας σε RPM																					
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	710	800	980	1000	1250	1450	1600	2000	2500	2900
		Μεταφερόμενη ισχύς P ₀ σε KW ανά cm πλάτους μάντιλι																					
63	3	-	-	-	-	-	-	0,0235	0,029	0,038	0,048	0,062	0,081	0,092	0,103	0,125	0,133	0,162	0,191	0,224	0,272	0,346	0,406
	4	-	-	-	-	-	0,027	0,034	0,043	0,056	0,072	0,092	0,118	0,136	0,154	0,184	0,198	0,242	0,294	0,324	0,412	0,53	0,618
80	4	-	-	-	-	-	0,03	0,038	0,048	0,062	0,081	0,103	0,132	0,15	0,169	0,206	0,214	0,272	0,324	0,353	0,456	0,582	0,677
	5	-	-	-	-	0,033	0,044	0,056	0,071	0,089	0,118	0,147	0,191	0,214	0,243	0,302	0,316	0,398	0,471	0,522	0,662	0,84	1
100	5	-	-	-	-	0,037	0,047	0,06	0,077	0,098	0,128	0,162	0,206	0,236	0,265	0,324	0,338	0,426	0,507	0,566	0,713	0,68	1,06
	4	-	-	-	0,037	0,047	0,062	0,079	0,099	0,129	0,169	0,214	0,28	0,316	0,36	0,424	0,463	0,59	0,7	0,77	0,99	1,25	1,43
	5	-	-	-	0,042	0,053	0,07	0,088	0,114	0,147	0,191	0,232	0,309	0,353	0,404	0,485	0,515	0,662	0,77	0,86	1,1	1,43	1,65
125	6	-	-	-	0,044	0,056	0,074	0,092	0,118	0,154	0,198	0,257	0,331	0,375	0,427	0,515	0,551	0,7	0,83	0,92	1,18	1,54	1,76
	4	-	-	0,037	0,048	0,062	0,081	0,104	0,142	0,176	0,228	0,294	0,375	0,433	0,493	0,603	0,632	0,81	0,955	1,06	1,37	1,72	1,98
	5	-	-	0,045	0,059	0,073	0,095	0,125	0,162	0,206	0,272	0,346	0,441	0,515	0,58	0,7	0,736	0,955	1,1	1,25	1,62	2,06	2,28
160	6	-	-	0,054	0,07	0,088	0,114	0,147	0,184	0,235	0,31	0,39	0,5	0,573	0,648	0,78	0,83	1,06	1,25	1,4	1,76	2,2	2,42
	7	-	-	0,061	0,076	0,1	0,132	0,17	0,214	0,272	0,353	0,456	0,58	0,677	0,765	0,92	0,95	1,25	1,47	1,62	2,06	2,58	2,64
	4	-	0,04	0,051	0,065	0,084	0,11	0,141	0,181	0,234	0,3	0,39	0,5	0,573	0,647	0,785	0,84	1,06	1,26	1,42	1,79	2,2	2,42
200	5	-	0,048	0,062	0,081	0,108	0,136	0,176	0,22	0,289	0,367	0,478	0,618	0,706	0,81	0,97	1,03	1,4	1,54	1,76	2,2	2,72	2,87
	6	-	0,059	0,077	0,1	0,129	0,162	0,213	0,272	0,344	0,456	0,573	0,742	0,85	0,96	1,18	1,25	1,62	1,92	2,12	2,65	3,16	3,3
	7	-	0,062	0,081	0,103	0,132	0,169	0,22	0,28	0,36	0,47	0,595	0,77	0,965	0,99	1,19	1,29	1,65	1,95	2,16	2,72	3,1	3,24
250	4	0,039	0,051	0,062	0,085	0,11	0,147	0,184	0,242	0,316	0,41	0,53	0,683	0,785	0,9	1,1	1,15	1,47	1,76	1,95	2,32	2,65	3,1
	5	0,048	0,062	0,081	0,104	0,134	0,176	0,228	0,294	0,375	0,485	0,632	0,81	0,92	1,04	1,29	1,34	1,76	2,02	2,28	2,8	3,1	3,23
	7	0,062	0,081	0,103	0,132	0,169	0,228	0,294	0,375	0,485	0,632	0,81	1,03	1,18	1,32	1,62	1,69	2,2	2,43	2,8	3,38	3,82	3,82
	8	0,07	0,092	0,118	0,154	0,191	0,25	0,316	0,412	0,53	0,69	0,88	1,14	1,29	1,47	1,8	1,91	2,42	2,67	3,16	3,82	3,97	3,9
315	9	0,074	0,095	0,125	0,162	0,206	0,272	0,346	0,442	0,558	0,72	0,92	1,19	1,36	1,54	1,87	1,98	2,5	2,87	3	3,46	3,46	3,16
	4	0,057	0,072	0,095	0,121	0,154	0,206	0,258	0,33	0,425	0,55	0,706	0,9	1,03	1,18	1,43	1,48	1,91	2,28	2,4	3,1	3,1	2,94
	5	0,069	0,087	0,114	0,147	0,184	0,25	0,316	0,408	0,515	0,677	0,87	1,1	1,25	1,47	1,72	1,84	2,36	2,8	3,1	3,65	3,3	2,94
	7	0,081	0,114	0,147	0,191	0,242	0,304	0,412	0,53	0,677	0,88	1,14	1,47	1,65	1,91	2,28	2,42	3,1	3,53	3,83	4,27	3,82	3,1
	8	0,106	0,136	0,176	0,228	0,287	0,375	0,478	0,6	0,77	1,03	1,32	1,69	1,91	2,2	2,65	2,8	3,45	3,98	4,2	4,4	3,52	2,65
400	9	0,11	0,147	0,184	0,242	0,31	0,397	0,507	0,647	0,823	1,09	1,4	1,76	2,02	2,28	2,8	2,87	3,53	4,04	4,12	4,33	3,24	2,14
	10	0,121	0,154	0,191	0,25	0,316	0,412	0,53	0,677	0,88	1,14	1,47	1,91	2,17	2,5	2,94	3,16	3,75	4,12	4,33	4,56	3	1,9
	5	0,092	0,118	0,154	0,198	0,257	0,338	0,427	0,55	0,705	0,92	1,18	1,52	1,72	1,98	2,4	2,5	3,09	3,38	3,6	3,6	3,87	-
	7	0,118	0,154	0,198	0,258	0,33	0,434	0,55	0,72	0,92	1,21	1,54	1,98	2,28	2,58	3,1	3,3	4,04	4,34	4,56	4,48	3,3	-
	8	0,147	0,191	0,242	0,316	0,404	0,53	0,684	0,86	1,12	1,47	1,84	2,35	2,72	3,1	3,6	3,82	4,5	4,78	4,85	4,48	2,35	-
500	10	0,177	0,22	0,287	0,368	0,478	0,625	0,81	1,03	1,32	1,69	2,2	2,8	3,16	3,52	4,04	4,26	5	5,3	5,37	4,56	-	-
	12	0,198	0,25	0,324	0,412	0,53	0,69	0,88	1,1	1,43	1,84	2,35	3	3,38	3,75	4,4	4,56	5,3	5,5	5,5	4,2	-	-
	5	0,121	0,158	0,206	0,265	0,338	0,44	0,567	0,73	0,93	1,18	1,54	2,05	2,35	2,6	3,1	3,2	3,52	3,52	3,38	2,35	-	-
	7	0,162	0,206	0,265	0,338	0,44	0,573	0,736	0,955	1,21	1,54	1,98	2,57	2,94	3,24	3,82	3,96	4,7	4,93	4,85	3,97	-	-
500	8	0,198	0,25	0,324	0,426	0,55	0,72	0,92	1,18	1,54	1,98	2,58	3,24	3,68	4,04	4,63	4,85	5,3	5,22	4,85	2,65	-	-
	10	0,25	0,332	0,42	0,537	0,684	0,89	1,13	1,45	1,87	2,38	3,06	3,9	4,4	4,85	5,5	5,67	6,03	5,73	5,15	-	-	-
	12	0,28	0,368	0,47	0,61	0,77	1,03	1,28	1,65	2,14	2,78	3,53	4,5	5,07	5,6	6,2	6,32	6,32	5,67	4,56	-	-	-

Μεταφερόμενη ισχύς P₀ σε KW ανά cm πλάτους για δερμάτινους μάντιες (είδος HGL).



Νομογράφημα ειδικής ισχύος N_0 για μάντες *Extremultus*.