

Στοιχεία Μηχανών

Διάλεξη 10

Ιμάντες & Αλυσοκίνηση

Παναγιώτης Αλευράς
(palevras@tuc.gr)

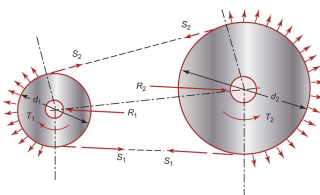
Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

1

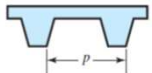
1

Ιμαντοκίνηση

- Μεταφορά ισχύος με ελαστικά στοιχεία (ιμάντες) μεταξύ τροχαλιών



Τύποι ιμάντα

Belt Type	Figure
Flat	
Round	
V	
Timing	

Η λειτουργία του ιμάντα προϋποθέτει την ύπαρξη δύναμης πρότασης S_0

Κατά τη λειτουργία, ο έλκοντας κλάδος του ιμάντα καταπονείται με δύναμη $S_1 > S_0$, ενώ ο ελκόμενος κλάδος με δύναμη $S_2 < S_0$, λόγω τριβής.

Η μεταφερόμενη στρεπτική ροπή είναι $T_1 = \frac{(S_1 - S_2)d_1}{2}$ και $T_2 = \frac{(S_1 - S_2)d_2}{2}$

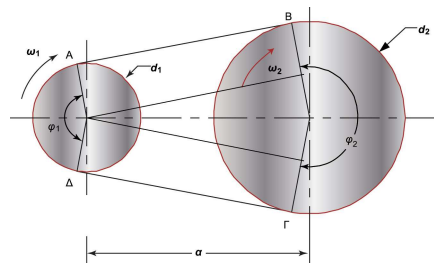
Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

2

2

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

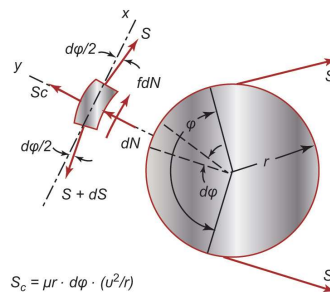
$$\varphi_2 = \pi + 2 \sin^{-1}(\frac{d_2 - d_1}{2a})$$


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

$$\text{Διάκεντρος:} \quad \alpha = \frac{1}{2} \sqrt{\left(L - \frac{1}{2}(d_2\varphi_2 + d_1\varphi_1)\right)^2 + (d_2 - d_1)^2}$$

Ανάλυση Δυνάμεων

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


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

$$N = \frac{S_0 dn}{71620 C_{o\lambda}} \frac{1}{C_{o\lambda}} \quad C_{o\lambda} \text{ από Πιν. 14-1}$$

$$d = \frac{e^{f\varphi} - 1}{e^{f\varphi} + 1}$$

2

Πίνακας 14.1



Συντελεστής υπερφόρτισης, C1									
Στατική λειτουργία, φορτίο γνωστό με ακρίβεια									1.00... 1.10
Φυγοκεντρικές ανελίξεις, ανεμιστήρες									1.10... 1.20
Ρεκταρεί, φριξέες, μικρές εργαλειομηχανές									1.20... 1.25
Τόρνοι, ψυκτικά μηχανήματα									1.25... 1.35
Μεγάλες εργαλειομηχανές, ζυλωργικά και υφαντουργικά μηχανήματα									1.35... 1.45
Παλινδρομικές μηχανές, κρίσεις									1.45... 1.55
Σταθερές, σφίρες									1.55... 2.00
Μηχανές με εξαιρετικά μεγάλες κρούσεις, βαρέα όπλα									2.00... 2.50
Συντελεστής περιβάλλοντος, C2									
Λειτουργία μάντα σε ξηρό περιβάλλον και σε κανονικές θερμοκρασίες									1.00
Λειτουργία μάντα σε περιβάλλον υγρασίας, μεγάλες διαφορές θερμοκρασιών									1.10
Αιπρό περιβάλλον									1.25
Νερό ή μεγάλη υγρασία									1.30
Συντελεστής διάρκειας ζωής, C3									
$B / B_{nom} \quad B = \alpha Z / L \quad (\alpha = \text{αριθμός τρεχαλίνων})$									
Λειτουργία άριστη / ημέρα	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 τάσης, C4									
Εντάση τάσης	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Εντάση τάσης	1.40	1.33	1.27	1.21	1.16	1.12	1.08	1.05	1.02
Εντάση τάσης	1.73	1.59	1.47	1.37	1.28	1.22	1.16	1.12	1.08
Συντελεστής είδους τάσης, C5									
C5 = 1.0	όταν η τάση γίνεται με κολλή								
C5 = 1.2	όταν η τάση γίνεται με μάλειμα								
C5 = 0.8	όταν έχουμε αντιστάθμιση								
Συντελεστής για τραπέζοειδείς μάντες, C6 και C7									
C6 = 1.00	για $d_1 = d_{nom}$ και $C_7 = d_{nom} / d_1$ όταν $d_{nom} = d_1$								
C7 = 1.00	για $j = 1$								
C7 = 1.25	για $j > 1$								

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

5

5

Υπολογισμός Ιμαντοκίνησης



- Επιλογή τύπου μάντα (πχ ΗG)

Επίπεδο μάντας	Ε	σB	Διαστάσεις		Τύπος υπολογισμού				E b	$\left(\frac{d_1}{s}\right)_{nom}$	Όρια				
			s	b	γ	σ σε	σ σε	σ σε			B _{nom}	v _{max}			
													κρ/μm ²	κρ/μm ²	κρ/μm ²
Δέρμα	Δέρμα ΗG (πολύ εύκαμπτο)	45	3.0	a) 3...7	20... 600	0.90	0.44	3	20	5	25	50			
				b) 8...12	1800										
				γ) 14...20	1800										
	Δέρμα G (ελαφρύς)	35	3.0	3.0	a) 3...7	20... 600	0.95	0.44	4	25	10	40			
					b) 8...12	1800									
					γ) 14...20	1800									
	Δέρμα F ή S (όχι εύκαμπτο)	25	2.5	2.5	a) 3...7	20... 600	1.00	0.39	5	30	5	30			
					b) 8...12	1800									
					γ) 14...20	1800									
	Λατέξιο υφαντό	Gumm-Baumwolle (Ελαστικό, Βαμβάκι)	35... 120	4.5... 6.0	(3...7) × 1.1 × 0.7	20... 300	1.20	0.39	0.5	5	30	9... 6	40		
														b) 8...12	1800
														γ) 14...20	1800
Balata-Baumwolle (Balata-Baumwolle)		90... 150	5... 6.5	(3...8) × 1.2 × 0.6	20... 300	1.25	0.44	5	5	25	10... 5	30... 20			
													b) 8...12	1800	
													γ) 14...20	1800	
Balata-Scilcord (Balata-Scilcord)		90... 150	5... 6.5	4 oder 5	60... 270	1.25	0.55	0.5	3	20	20... 15	40			
													b) 8...12	1800	
													γ) 14...20	1800	
Υφαντό		Kunststoffe imprgniert (Υφαντικό μελέτης)	5.0	2... 18	1.00	0.39	0.35	4	25	9... 6	40				
												b) 8...12	1800		
												γ) 14...20	1800		
	Zellwolle (gelutet) (Υφαντικό βαμβάκι)	4.5... 5.0	2... 10	1.10	0.39	0.8	4	25	9... 6	40					
											b) 8...12	1800			
											γ) 14...20	1800			
	Baumwolle (Baumwolle)	3.0... 5.0	4... 12	1.30	0.39	0.3	4	20	9... 6	40					
											b) 8...12	1800			
											γ) 14...20	1800			
	Kamelfaar (τροχίνο βαμβάκι)	3.0... 4.0	(3... 6) × 1.8	1.15	0.44	0.3	4	20	9... 6	40					
											b) 8...12	1800			
											γ) 14...20	1800			
Erdöl gewebte (ελαστικό, βαμβάκι)	>10	0.4... 12	10... 2000	0.90	0.88	0.3	4	15	80	60					
											b) 8...12	1800			
											γ) 14...20	1800			
Εύκαμπτο	Kunststoff-Verbundmaterial (Kunststoff-Verbundmaterial)	A)	20.0	(1... 2) × 0.5	10... 250	1.2 + $\frac{3}{s}$	2.0	0.3 + $\frac{v}{100}$	55	90	60				
												b) 55	(1... 2) × 0.7	10... 400	
												C)	(1... 4) × 0.9	10... 750	
Μάντες πολυβιτρίνης τακτικής σε τραπέζοι με αντιστάθμιση															
21000 150.0 0.6... 1.1 20... 250 7.80 33 0.25 21000 1000 45															

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

6

6

Υπολογισμός Ιμαντοκίνησης



- Υπολογισμός Διαμέτρων

$$\text{μικρής τροχαλίας} \quad d_1 = y_1 \sqrt{\frac{d_1^3}{s} \sqrt{\frac{NC_{o\lambda}}{\sigma_{\varepsilon\pi} n_1}}}$$

$$y_1 = 80 \text{ έως } 100$$

$$\frac{d_1}{s} = (1.5 \text{ έως } 2) \left(\frac{d_1}{s} \right)_{\min}$$

$$\text{μεγάλης τροχαλίας} \quad d_2 = (1 - \varepsilon) d_1 i$$

$$\varepsilon \text{ ποσοστό ερπυσμού (1.5\%)}$$

$$i \text{ σχέση μετάδοσης}$$

Τυποποιημένες διάμετροι τροχαλιών για επίπεδους (DIN 111) και τραπεζοειδείς (DIN 2217) μάντες																	
20	22	25	28	31.5	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 τροχαλιώνsb																	
20		25		32		40		50		63		80		100		125	140
160	180	200	224	250	280	315	355	400	450	500	560	630					

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

7

7

Υπολογισμός Ιμαντοκίνησης



- Πάχος Ιμάντα $s = \frac{d_1/s}{d_1}$ και τυποποίηση

- Ταχύτητα Ιμάντα $u_1 = \frac{\pi d_1 n_1}{60000}$ $u_2 = \frac{\pi d_2 n_2}{60000}$ $5 < u < 10 \text{ m/s}$

- Διάκεντρος $\alpha = \max\left[\left(\frac{3d_1}{2} + \frac{d_2}{2}\right), d_2\right]$

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

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

- Πλάτος ιμάντα $b = NC_{o\lambda} / N_0$ Για N_0 δεσ επόμενη διαφάνεια

- Πλάτος τροχαλίας $b_{\tau\rho} = 1.12b$

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

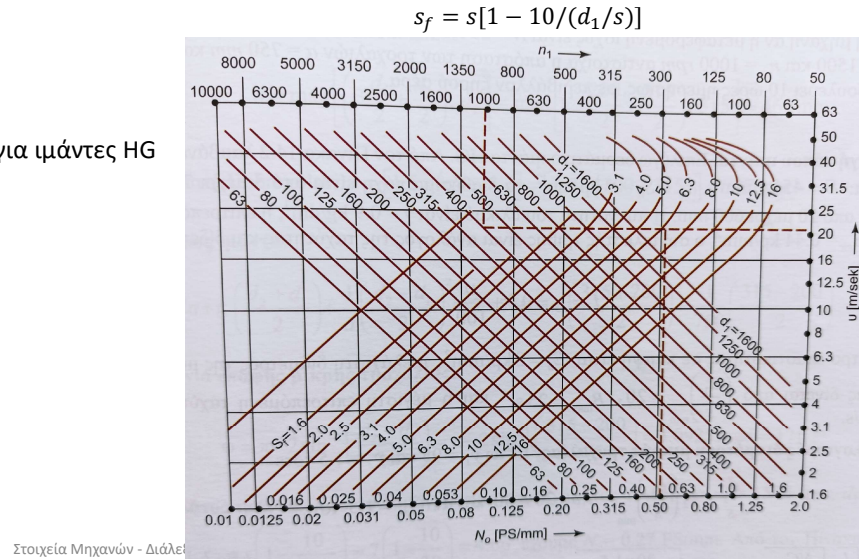
8

8

Υπολογισμός Ιμαντοκίνησης



N_0 για ιμάντες HG



9

Υπολογισμός Ιμαντοκίνησης



- Δυνάμεις

$$S_1 + S_2 = 2S_0$$

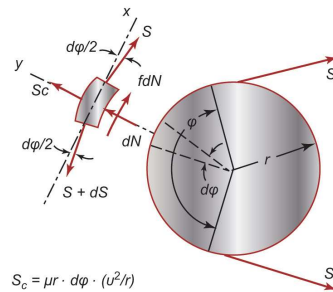
$$\frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2} = e^{f\varphi} \quad \text{Όπου } S_c = \mu u^2$$

Ροπή που μεταφέρει η τροχαλία

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

Δύναμη που κάμπτεται τον άξονα της τροχαλίας

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



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

10

10

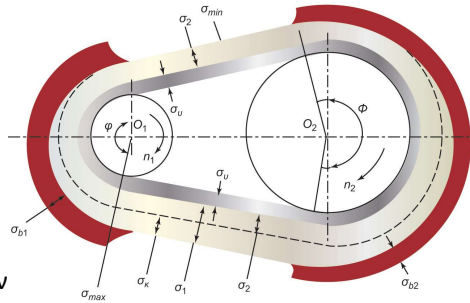
Υπολογισμός Ιμαντοκίνησης



• Τάσεις

Ο ιμάντας καταπονείται από την πρόταση (σ_0), από την μεταφερόμενη ροπή (σ_κ), από την κάμψη στις περιοχές τύλιξης γύρω από τις τροχαλίες (σ_b) και από τις φυγόκεντρες δυνάμεις (σ_u)

Μέγιστη τάση εμφανίζεται κατά την είσοδο στην μικρή τροχαλία



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

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

11

11

Υπολογισμός Ιμαντοκίνησης

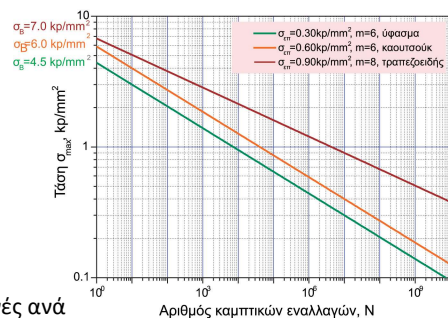


• Διάρκεια Ζωής

$$N = N_b \left(\frac{\sigma_{\epsilon\pi}}{\sigma_{max}} \right)^m \text{ σε κύκλους}$$

$$H = \frac{N_b}{3600B} \left(\frac{\sigma_{\epsilon\pi}}{\sigma_{max}} \right)^m \text{ σε ώρες λειτουργίας}$$

Όπου $N_b = 10^7$ κύκλοι, $B=zu/L$ (εναλλαγές ανά sec), z αριθμός τροχαλιών



$$H \text{ τιμή του εκθέτη } m, \text{ επιλέγεται για } \sigma_{\epsilon\pi} = \begin{cases} 30 \text{ kN/cm}^2 & \text{υφασματινος} & m = 6 \\ 60 \text{ kN/cm}^2 & \text{καουτσουκ} & m = 6 \\ 90 \text{ kN/cm}^2 & \text{τραπεζοειδης} & m = 8 \end{cases}$$

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

12

12

Αλυσοκίνηση

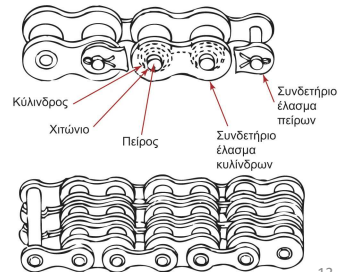


- ✓ Ακρίβεια στη σχέση μετάδοσης
- ✓ Χωρίς ολίσθηση
- ✓ Αποδοτική >98%
- ✗ Θορυβώδης λειτουργία
- ✗ Μεταβλητότητα λόγω φθοράς
- ✗ Ανάγκη λίπανσης



TYPES
OF
CHAIN DRIVE

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10



13

13

Αλυσοκίνηση



- Η επιτρεπόμενη ταχύτητα της αλυσίδας είναι αντιστρόφως ανάλογη με το βήμα της αλυσίδας
- Γενικά, η μέγιστη ταχύτητα δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 25 m/s
- Παρά το σχετικά μεγαλύτερο βάρος σε σχέση με τους ιμάντες, οι φυγόκεντρες δυνάμεις αγνοούνται λόγω της αρκετά μεγαλύτερης εφελκυστικής δύναμης που φέρουν οι αλυσίδες.
- Η ισχύς που μπορεί να μεταφέρει μια αλυσίδα εξαρτάται από τον αριθμό των δοντιών.
- Υπάρχει δυνατότητα χρήσης πολλών αλυσίδων ταυτόχρονα για την μεταφορά ενός φορτίου.

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

14

14

Υπολογισμός Αλυσοκίνησης



- Επιλογή τύπου αλυσίδας (κυλίνδρου – DIN 8187 & 8180, χιτωνίων, οδοντωτές DIN 8190, χαλύβδινων πέρων DIN 654)

Πίνακας 14-20: Αλυσίδες κατά DIN 8180

DIN	Αλυσίδες ANSI No	Βήμα t	Εσωτερικό Πλάτος, b_i	Πείρος d_B	Χιτώνιο d_R	Ωφέλιμη Διατομή, j	Αντοχή αλυσίδας σε kP			Βάρος G
		mm	mm	mm	mm	mm ²	απλή	διπλή	τριπλή	kg/m
8180		6.00	2.80	1.85	4.00	7	300	--	--	0.12
		8.00	3.00	2.30	5.00	10	500	900	--	0.18
				3.30	3.65	7.75	800	--	--	0.40
		12.70		4.88	3.65	7.75	800	--	--	0.44
		25.40	17.02	8.27	15.88	210	4500	8000	11500	2.70
		31.75	19.56	10.17	19.05	295	5500	10000	14000	3.60
		38.10	25.40	14.63	25.40	554	12000	21500	30000	6.70
		44.45	30.99	15.87	27.94	740	14000	25000	36000	8.30
		50.80	30.99	17.80	29.21	837	18000	32000	45000	10.50
		63.50	38.10	22.87	39.37	1275	27000	48000	68000	16.00
		76.20	45.75	29.22	48.26	2061	40000	70000	100000	25.00

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

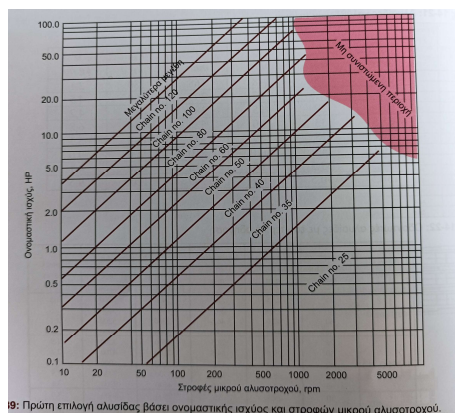
15

15

Υπολογισμός Αλυσοκίνησης



- Επιλογή βήματος t



19: Πρώτη επιλογή αλυσίδας βάσει ονομαστικής ισχύος και στροφών μικρού αλυστροχού.

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

16

16

Υπολογισμός Αλυσοκίνησης



- Επιλογή αλυσοτροχών

$$D_t = \frac{z_1 t}{\pi}$$

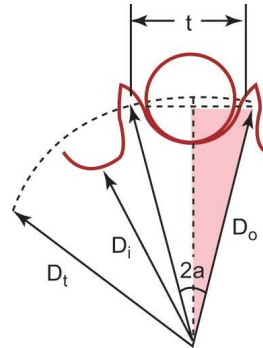
Αριθμός δοντιών z_1

Σχ. μετάδοσης	1	2	3	4	5	6	7
Κυλίνδρων	31	27	25	23	21	17	15
Οδόντων	40	35	31	27	23	19	15

$$u = \frac{z_1 t n}{60000} \left(\frac{m}{s} \right)$$

Δύναμη στην αλυσίδα: $U = 71620 \frac{2N}{D_t n_1}$ (στις αλυσίδες δεν εφαρμόζεται πρόταση αφού η ροπή δεν μεταφέρεται με τριβή)

Επιλογή μεγάλου αλυσοτροχού από: $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

17

17

Υπολογισμός Αλυσοκίνησης



- Απόσταση αξόνων a

$$a_{min} = (30 \div 60)t \quad \text{ή} \quad a_{min} = 1.2 \frac{d_1 + d_2}{2} + (30 \div 50)mm$$

- Αριθμός κρίκων (πρέπει να είναι άρτιος)

$$x = \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{2a}{t} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \frac{t}{a}$$

- Διόρθωση απόστασης αξόνων

$$a = \frac{t}{4} \left[x - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(x - \frac{z_1 + z_2}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2} \right]$$

- Πολλαπλότητα αλυσίδας

Υπολογίζω συντελεστή λειτουργίας $C_{ol} = \frac{19}{z_1} \frac{C_s}{C_1 C_2 C_3}$

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

18

18

Υπολογισμός Αλυσοκίνησης



Πίνακας 14-24: Συντελεστές λειτουργίας C_a για αλυσίδες

Είδη κινούμενων μηχανών	Είδη κινητήριων μηχανών		
	Μετάδοση με ηλεκτροκινητήρα	Στρέψιλος πολυκύλινδρος μηχανής	Μονοκύλινδρος εμβολοφόρος μηχανής
Φόρτιση σχεδόν χωρίς κρούση, Γεννήτριες, ελαφροί ανελκυστήρες, βοηθητικές κινήσεις εργαλειομηχανών	1.00	1.25	1.50
Φόρτιση με μέτριες κρούσεις, Γερανοί, βαρείς ανελκυστήρες, κύριες κινήσεις εργαλειομηχανών	1.25	1.50	1.75
Φόρτιση ελαστικών, πρέσες ελασμάτων, ψαλίδια, εμβολοφόροι αντλίες, εκσκαφείς	1.75	2.00	2.25

Πίνακας 14-25: Συντελεστές C_1 , C_2 και C_3 (κατά Niemann)

	Συντελεστής	Περιβάλλον Λειτουργίας	
		Χωρίς σκόνη	Εξαιρετική
$C_1 =$	1.000	Χωρίς σκόνη	Καλή
	0.900	Χωρίς σκόνη	Καλή
	0.700	Με σκόνη	Καλή
	0.500	Με σκόνη	Μέτρια
	0.300	Με σκόνη	Μέτρια
	0.300	Με σκόνη	Μέτρια
	0.015	Με σκόνη	Μέτρια
$C_2 =$	1.000	για αλυσίδες DIN 8187	Καλή
	0.800	για αλυσίδες DIN 8180 και 8188	Καλή
	0.200	για αλυσίδες DIN 8181	Καλή
$C_3 =$	$\sqrt{\frac{x-1}{90x+1}}$	όπου $x = z_2 / z_1$ η σχέση μετάδοσης και x ο αριθμός των κρίκων της αλυσίδας	

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

19

19

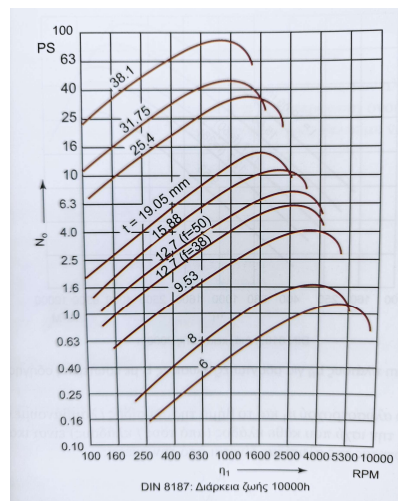
Υπολογισμός Αλυσοκίνησης



Επιλέγω ειδική ισχύ N_0 βάσει ωρών λειτουργίας και στροφών

Έτσι, ο αναγκαίος αριθμός αλυσίδων είναι

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



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

20

20

Υπολογισμός Αλυσοκίνησης



- Έλεγχος δυνάμεων

$$S = U + S_c + S_g$$

$U <$ Αντοχή θραύσης, η δύναμη που μεταφέρει τη ροπή

$$S_c = \mu u^2 = \frac{Gu^2}{9.81} \text{ η φυγόκεντρος δύναμη}$$

$$S_g = k_f GA \text{ με } k_f = (2 \div 6) \text{ για } \gamma < 40^\circ \text{ και } k_f = (1.5 \div 2) \text{ για } \gamma > 40^\circ$$

γ η γωνία της διακέντρου των αλυσοτροχών με το οριζόντιο επίπεδο

Επιτρεπόμενη πίεση:

$$p = \frac{S}{f} \leq p_{\varepsilon\pi}$$

f η ωφέλιμη διατομή

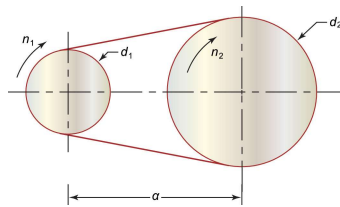
Ερωτήσεις?



Παράδειγμα (14.6.5)



Η μετάδοση κίνησης από Η/Κ σε μία μικρή εργαλειομηχανή γίνεται με επίπεδο ιμάντα. Η μεταφερόμενη ισχύς είναι 16 kW, οι στροφές του Η/Κ 960 rpm και της μηχανής 300rpm. Μία τροχαλία διαμέτρου 800 mm και πλάτους 140 mm είναι ήδη συναρμολογημένη στη μηχανή. Να επιλεγεί κατάλληλος ιμάντας για 10 ώρες λειτουργίας ημερησιώς όταν η τάνυση του ιμάντα γίνεται με κοχλίες. Η απόσταση των αξόνων είναι 1000 mm. Να γίνει έλεγχος τάσεων και να υπολογιστεί η διάρκεια ζωής.



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 10

23