

Στοιχεία Μηχανών

Διάλεξη 9

Ελικοειδείς, Κωνικοί Οδοντωτοί Τροχοί & Ατέρμονας Κοχλίας

Παναγιώτης Αλευράς
(palevras@tuc.gr)

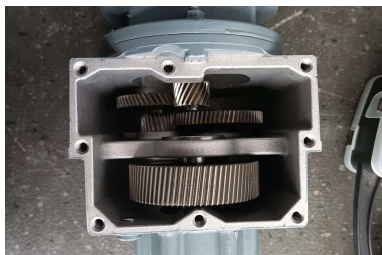
Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

1

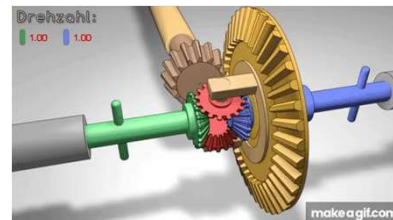
1

Οδοντωτοί τροχοί

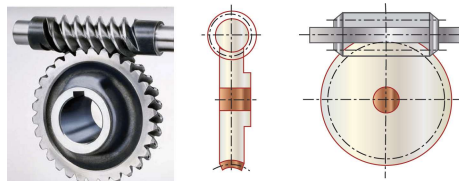
Ελικοειδείς τροχοί



Κωνικοί τροχοί



Ατέρμονας
Κοχλίας

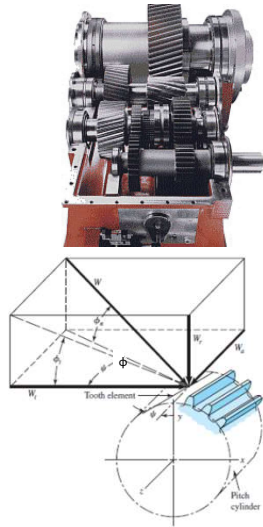


Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

2

2

Ελικοειδείς



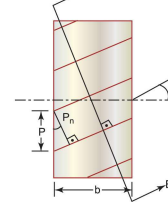
Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

Τα δόντια είναι κομμένα σε γωνία ψ (γωνία ελίκωσης)

$$p_n = p \cos \psi$$

$$m_n = m \cos \psi$$

Το m_n είναι τυποποιημένο όπως το module των μετωπικών με ευθεία δόντια



$$\text{Διάμετρος ελικοειδούς } d = mN = \frac{m_n N}{\cos \psi}$$

Αναπτύσσεται εκτός από την εφαπτομενική (F_t) και την ακτινική (F_r) και μία αξονική δύναμη (F_a)

$$\tan \varphi_n = \tan \varphi \cos \psi \quad \text{με } \varphi_n = 20^\circ \text{ την γωνία πίεσης}$$

$$\text{Ελάχιστος αριθμός δοντιών } N = \frac{2 c_o}{\sin^2 \varphi}$$

3

3

Ελικοειδείς



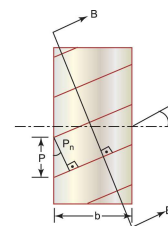
Αριθμός δοντιών ισοδύναμου μετωπικού:
$$N_n = \frac{N}{\cos^3 \psi}$$

Δυνάμεις ελικοειδούς:

$$F_t = F_n \cos \varphi_n \cos \psi$$

$$F_r = F_t \tan \varphi = F_n \sin \varphi_n$$

$$F_a = F_t \tan \psi = F_n \cos \varphi_n \sin \psi$$



Οι τροχοί με ελικοειδή οδόντωση είναι μικρότεροι, με χαμηλότερο θόρυβο και μεγαλύτερο λόγο επαφής.

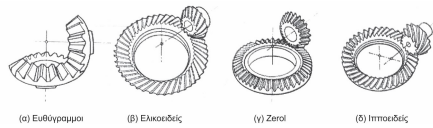
Η αντοχή τους υπολογίζεται κατά Lewis/Buckingham και κατά AGMA όπως και στους μετωπικούς, με μόνη διαφορά τον γεωμετρικό συντελεστή J (Σχ. 18.25-18,29). Ο συντελεστής I υπολογίζεται με τον Πιν. 19.2

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

4

4

Κωνικοί

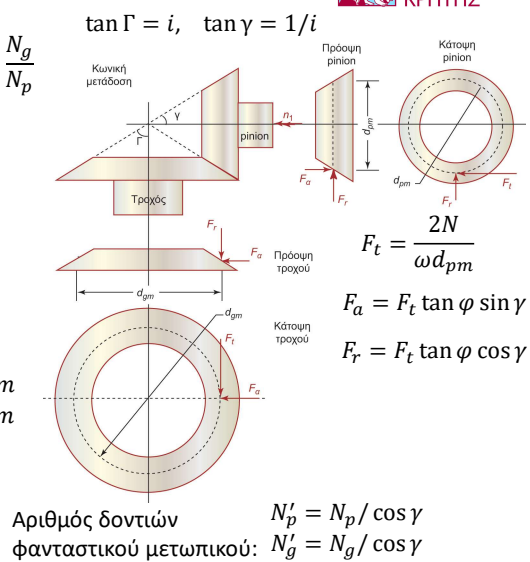
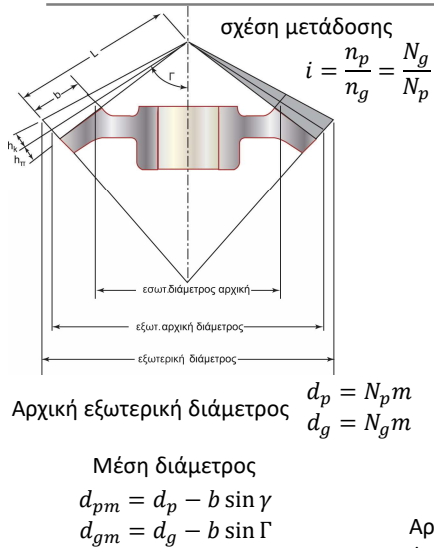


Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

5

5

Γεωμετρία Κωνικών



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

6

6

Αντοχή Lewis-Buckingham



- Εξίσωση Lewis (καμψη)

$$F_b = SYmb \left(1 - \frac{b}{L} \right)$$

Δυναμικός συντελεστής $K_u = \frac{6+u}{6}$

$$F_d = K_u F_b$$

$$L = 0.25 \sqrt{d_p^2 + d_g^2}$$

m module στην εξωτερική διάμετρο

Υ υπολογίζεται όπως στους μετωπικούς χρησιμοποιώντας N'_p, N'_g

$b \leq L/3$ το πλάτος του τροχού

- Πίεση Buckingham

$$F_w = \frac{d_p K Q' b}{\cos \gamma}$$

$$\text{όπου } Q' = \frac{2N'_g}{N'_p + N'_g}$$

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

7

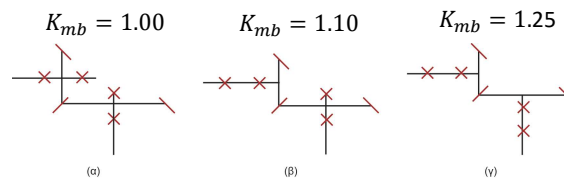
7

Αντοχή AGMA - Κάμψη



$$\sigma_t = \frac{F_t}{mbJ} \frac{K_o K_v K_s K_m}{K_x} \leq S_{\varepsilon\pi} = \frac{S_{at} K_L}{S_F K_T K_R}$$

- Συντελεστής καμπυλότητας $K_x = 1.15$ για ελικοειδή οδόντωση, 1.0 για άλλους τύπους
- Συντελεστής διανομής φορτίου $K_m = K_{mb} + 5.6 \cdot 10^{-6} b^2$



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

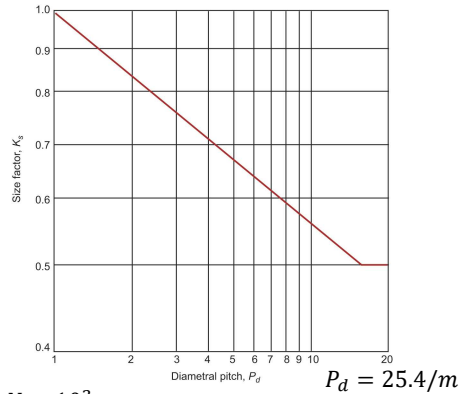
8

8

Αντοχή AGMA - Κάμψη



- Συντελεστής μεγέθους K_S
- Συντελεστής διάρκειας ζωής K_L (Σχ. 18.24)



Για ανθρακούχους χάλυβες

$$K_L = \begin{cases} 2.7, & 10^2 \leq N \leq 10^3 \\ 6.1514 N^{-0.1182}, & 10^3 \leq N \leq 3 \cdot 10^6 \\ 1.6831 N^{-0.0323}, & 3 \cdot 10^6 \leq N \leq 10^{10} \end{cases}$$

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

9

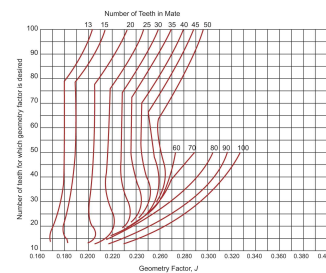
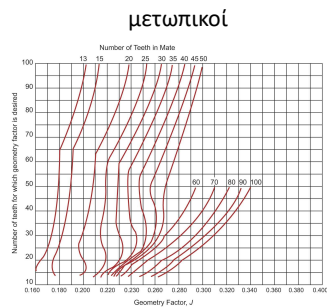
9

Αντοχή AGMA - Κάμψη

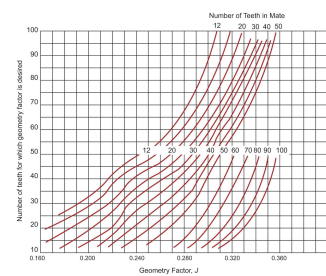


- Γεωμετρικός Συντελεστής J

Για $\phi=20^\circ$ και άξονες τροχών κάθετους



Zerol



ελικοειδείς

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

10

10

Αντοχή AGMA – Επιφανειακή Πίεση



$$\sigma_c = C_p \sqrt{\frac{F_t}{bd_1 I} K_o K_v K_s K_m C_f} \leq S_{\varepsilon\pi} = \frac{S_{ac} Z_N C_H}{S_H K_T K_R}$$

- Συντελεστής μεγέθους $K_s = \begin{cases} 0.5, & b < 12.7mm \\ 0.00429b + 0.4375, & 12.7 \leq b \leq 114.3 \\ 1, & 114.3 < b \end{cases}$
- Συντελεστής διανομής φορτίου K_m όπως στην κάμψη κωνικών
- Γεωμετρικός συντελεστής I (επόμενη διαφάνεια)
- Υπόλοιποι συντελεστές κατά τα γνωστά των μετωπικών

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

11

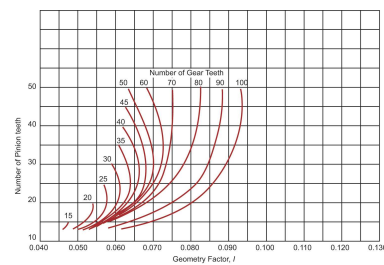
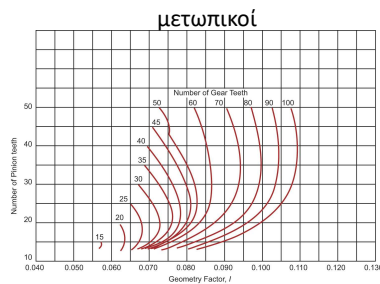
11

Αντοχή AGMA – Επιφανειακή Πίεση

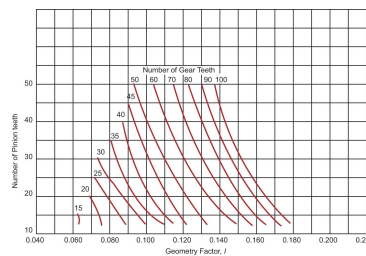


- Γεωμετρικός Συντελεστής I

Για $\phi=20^\circ$ και άξονες τροχών κάθετους



Zero!



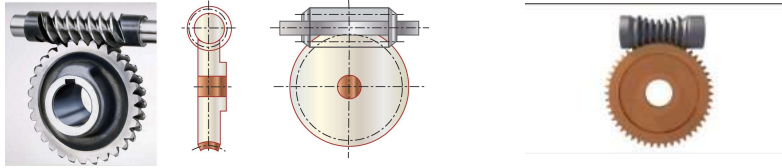
ελικοειδείς

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

12

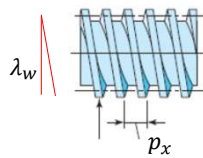
12

Ατέρμονας Κοχλίας – Κορώνα



Χρησιμοποιείται σε κάθετους και ασύμβατους άξονες με μεγάλη επιθυμητή σχέση μετάδοσης και σταθερή φορά περιστροφής.

$$\text{σχέση μετάδοσης} \quad i = \frac{N_g}{N_w} = \frac{\pi d_g}{L}$$



Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

N_g αριθμός δοντιών κορώνας

N_w αρχές σπειρώματος κοχλίας (1,2 ή 3)

d_g η αρχική διάμετρος της κορώνας

$L = p_x N_w$ το βήμα του κοχλίας

$\tan \lambda_w = \frac{N_w L}{\pi d_w}$ η γωνία του ατέρμονα

13

13

Ατέρμονας Κοχλίας – Κορώνα



Στο ζεύγος αναπτύσσονται 3 δυνάμεις λόγω της γωνίας του ατέρμονα, εφαπτομενική, ακτινική και αξονική

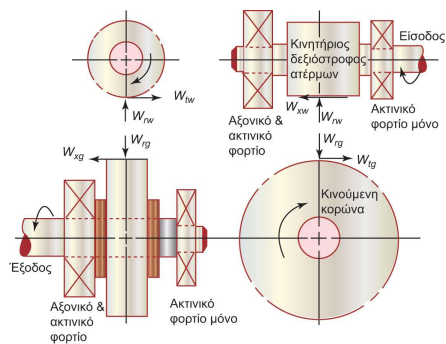
$$W_{tw} = \frac{2N}{\omega_w d_w} \quad W_{tg} = \frac{2N}{\omega_g d_g}$$

$$W_{xg} = W_{tg} \frac{\cos \varphi_n \sin \lambda_w + \mu \cos \lambda_w}{\cos \varphi_n \cos \lambda_w - \mu \sin \lambda_w}$$

$$W_{rg} = W_{tg} \frac{\sin \varphi_n}{\cos \varphi_n \cos \lambda_w - \mu \sin \lambda_w}$$

Όπου μ ο συντελεστής τριβής στην επιφάνεια της σπείρας του ατέρμονα.

$$W_f = W_{tg} \frac{\mu}{\cos \varphi_n \cos \lambda_w - \mu \sin \lambda_w}$$



$$\text{Βαθμός απόδοσης: } \eta = \frac{P_{εξ}}{P_{εισ}} = \frac{\cos \varphi_n - \mu \tan \lambda_w}{\cos \varphi_n + \mu \cot \lambda_w}$$

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

14

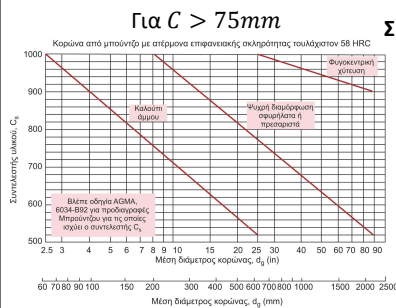
14

Διαδικασία σχεδιασμού ζεύγους ατέρμονα-κορώνας.

1. Ορίζουμε αρχικά μεγέθη: Διάκεντρο C , αρχές κοχλία N_w , σχέση μετάδοσης, δόντια κορώνας N_g και γωνία πίεσης ϕ_n . $N_{g,min} = 21$ για $\phi_n = 20^\circ$.
2. Διάμετρος ατέρμονα $d_w = 0.681C^{0.875}$, Διάμετρος κορώνας $d_g = 2C - d_w$, πλάτος κορώνας $b \leq 0.67d_w$
3. Βήμα κοχλία $L = \pi d_g N_w / N_g$ και γωνία ατέρμονα $\tan \lambda_w = L / \pi d_w$
4. Ταχύτητα ολίσθησης $u_t = \pi d_w n / 60 \cos \lambda_w$
5. Περιφερειακή δύναμη

$$W_{tg}(kp) = \frac{C_s C_m C_u d_g^{0.8}(mm) b(mm)}{743.23}$$

Συντελεστές



Συντελεστής Υλικού C_s

Για $C \leq 75mm$

$$C_s = \min[\text{διαγραμμα}, 720 + 6.6368 \cdot 10^{-4} C^3]$$

Συντελεστής σχέσης μετάδοσης

$$C_m = \begin{cases} 0.02\sqrt{i^2 + 40i - 76} + 0.46, & 3 \leq i \leq 20 \\ 0.0107\sqrt{i^2 + 56i - 5145}, & 20 < i \leq 76 \\ 1.1483 - 0.00658i, & i > 76 \end{cases}$$

Δυναμικός Συντελεστής

$$C_u = \begin{cases} 0.6590e^{-0.21615u}, & 0 \leq u \leq 3.5m/s \\ 0.65197u^{-0.571}, & 3.5 < u \leq 15 \\ 1.09828u^{-0.774}, & u > 15 \end{cases}$$

6. Συντελεστής τριβής

$$\mu = \begin{cases} 0.15, & u = 0 \text{ m/s} \\ 0.124e^{-2.233u^{0.645}}, & 0 < u \leq 0.05 \\ 0.103e^{-1.18 \cdot 0.45} + 0.012, & u > 0.05 \end{cases}$$

7. Δύναμη Τριβής

$$W_f = \frac{\mu W_t}{\cos \lambda \cos \varphi_n}$$

8. Ισχύς εισόδου και βαθμός απόδοσης

$$P_i(HP) = \frac{n_w W_t d_g}{1454727} + \frac{u W_f}{76.2} \quad \eta = P_o / P_i$$

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

Ισχύς εξόδου P_o

Ισχύς που καταναλώνει η τριβή

17

17

Ερωτήσεις?

Στοιχεία Μηχανών - Διάλεξη 9

18

18