

Ingranaggi a denti dritti ed elicoidali

Descrizione	Simbolo	Unità	Formula	
			Ingranaggi a denti dritti	Ingranaggi elicoidali
Modulo reale	m_n			
Modulo apparente	m_t		$= m_n$	$= m_n / \cos \beta$
Modulo assiale	m_x		-	$= m_n / \sin \beta$
Angolo di incidenza reale	α_n	grado	20°	20°
Angolo di pressione apparente	α_t	grado	$= \alpha_n$	$= \tan^{-1} (\tan \alpha_n / \cos \beta)$
Angolo di elica	β	grado	0°	15° o 45°
Inclinazione	λ	grado	-	90- β
Numero di denti	Z			
Coefficiente di correzione della dentatura	x		0 in standard	0 in standard
Addendum	h_a	mm	1. m_n	1. m_n
Dedendum	h_f	mm	1.25 m_n	1.25 m_n
Altezza del dente	h	mm	2.25 m_n	2.25 m_n
Rapporto di riduzione	R		$= Z_2 / Z_1$	$= Z_2 / Z_1$
Interasse	a	mm	$= (d_1 + d_2) / 2$	$= (d_1 + d_2) / 2$
Diametro primitivo	d	mm	$= Z \cdot m_n$	$= Z \cdot m_n = (Z \cdot m_t) / \cos \beta$
Diametro di testa	d_a	mm	$= d + (2m_n \cdot x) + (2m_n)$	$= d + (2m_n \cdot x) + (2m_n)$
Diametro di fondo	d_f	mm	$= d_n - (2 \cdot h)$	$= d_n - (2 \cdot h)$
Passo reale	p_n	mm	$= \pi \cdot m_n$	$= \pi \cdot m_n$
Passo apparente	p_t		-	$= \pi \cdot m_t = (\pi \cdot m_n) / \cos \beta$
Passo assiale	p_x		-	$= \pi \cdot m_x = (\pi \cdot m_n) / \sin \beta$
Spessore del dente reale su				

L'indice 1 indica la ruota conduttrice, l'indice 2 indica la ruota condotta.

Il diametro di testa è il diametro teorico della ruota senza tolleranza di spessore dei denti.

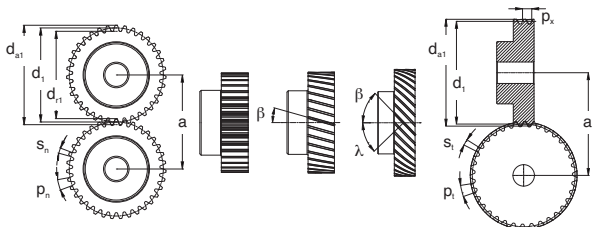
Per s_n e s_a a x 0, è lo spessore dei denti teorico. Lo spessore del dente reale sarà più basso.

Una ruota elicoidale con un angolo β 15° a destra deve funzionare unicamente con una ruota con dentatura inclinata a β 15° a sinistra.

Una ruota elicoidale con un angolo β 45° a destra deve funzionare unicamente con una ruota con dentatura inclinata a β 45° a sinistra.

Attenzione:

gli ingranaggi elicoidali ad assi paralleli di precisione hanno un angolo di elica di 15° e non sono compatibili con la gamma standard che ha un angolo di elica di 17°45'.



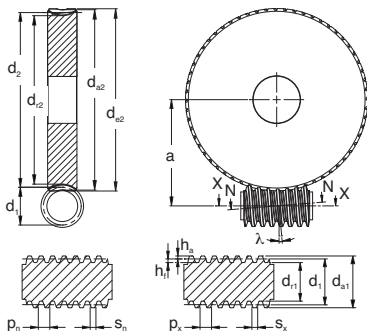


Ruota e vite senza fine

Description	Simbolo	Unità	Formula
Modulo assiale	m_x		
Modulo reale	m_n		$= m_x \cdot \sin \lambda$
Angolo di incidenza reale	α_n	grado	$= \tan^{-1} (\tan \alpha_x / \cos \lambda)$
Angolo di pressione apparente	α_t	grado	20°
Inclinazione	l	grado	$= \tan^{-1} (m_x \cdot Z_1 / d_1)$
Angolo di elica	b	grado	$90 - \lambda$
Numero di denti vite	Z_1		
Numero di denti ruota	Z_2		
Coefficiente di correzione della dentatura	x		0 in standard
Addendum	h_n	mm	$1 \cdot m_x$
Dedendum	h_t	mm	$1,25 m_x$
Altezza del dente	h	mm	$2,25 m_x$
Rapporto di riduzione	R		$= Z_2 / Z_1$
Interasse	a	mm	$= (d_1 + d_2) / 2$
Diametro primitivo vite	d_1	mm	$(m_x \cdot Z_1) / \tan \lambda$
Diametro primitivo ruota	d_2	mm	$= Z_2 \cdot m_x$
Diametro di testa della vite	d_{t1}	mm	$= d_1 + (2m_x)$
Diametro di fondo della vite	d_{r1}	mm	$= d_{t1} - (2 \cdot h)$
Diametro di testa della ruota	d_{t2}	mm	$= d_2 + (2m_x)$
Diametro di fondo della ruota	d_{r2}	mm	$= d_{t2} - (2 \cdot h)$
Diametro esterno della ruota	d_{e2}	mm	$= d_{t2} + m_x$
Passo reale	p_n	mm	$= \pi \cdot m_n$
Passo assiale	p_x	mm	$= \pi \cdot m_x$
Spessore del dente reale su \emptyset primitivo	s_n	mm	$= s_x \cdot \cos \lambda$
Spessore del dente apparente su \emptyset primitivo	s_t	mm	$= (p_x / 2) + 2m_x \cdot x \cdot \tan \alpha_x$

Il diametro di testa è il diametro teorico della ruota senza tolleranza di spessore dei denti.

Per s_x , e e $a > 0$, è lo spessore dei denti teorico. Lo spessore del dente reale sarà più basso.



Rendimento

Rendimento

Il calcolo sottostante permette di stimare un valore di rendimento per le coppie ruota/vite. Il rendimento è determinato in funzione della lubrificazione (vedi olio minerale nella tabella sottostante), così come da altri fattori quali i cuscinetti, i giunti ecc. non considerati in questo calcolo.

$$h = \tan \lambda / \tan (\lambda + p z)$$

$$p z = \arctan (\mu)$$

$$v_g = (d_1 \cdot n_1) / (19098 \cdot \tan \lambda)$$

$$T_1 = (T_2 / u) \cdot \eta$$

T_1 = Coppia di entrata (Nm)

T_2 = Coppia di uscita (Nm)

R = Rapporto

η = Rendimento

λ = Angolo di inclinazione (grado)

μ = Coefficiente di attrito

$p z$ = Angolo di attrito

v_g = Velocità di scorrimento

n_1 = Velocità di rotazione della vite

d_1 = Diametro primitivo della vite (mm)

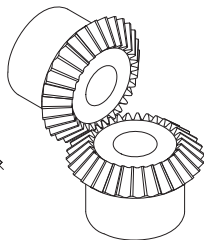
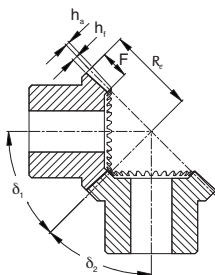
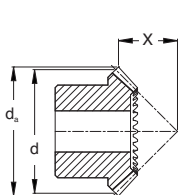
Coefficiente di attrito (Olio minerale)

Velocità (m/s)	μ per velocità 0-30 m/s									
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0-0.9	0.1500	0.0803	0.0694	0.0623	0.0583	0.0543	0.0521	0.0500	0.0480	0.0459
1.0-1.9	0.0438	0.0423	0.0410	0.0396	0.0382	0.0369	0.0359	0.0352	0.0344	0.0336
2.0-2.9	0.0329	0.0322	0.0316	0.0309	0.0304	0.0297	0.0293	0.0289	0.0286	0.0280
3.0-3.9	0.0276	0.0272	0.0268	0.0265	0.0261	0.0257	0.0254	0.0251	0.0248	0.0245
4.0-4.9	0.0242	0.0239	0.0236	0.0234	0.0232	0.0229	0.0226	0.0224	0.0223	0.0221
5.0-5.9	0.0219	0.0217	0.0215	0.0214	0.0212	0.0210	0.0209	0.0207	0.0205	0.0203
6.0-6.9	0.0202	0.0200	0.0199	0.0197	0.0196	0.0194	0.0193	0.0192	0.0190	0.0189
7.0-7.9	0.0187	0.0186	0.0185	0.0184	0.0183	0.0182	0.0181	0.0179	0.0178	0.0177
8.0-8.9	0.0176	0.0175	0.0174	0.0173	0.0173	0.0172	0.0172	0.0170	0.0169	0.0169
9.0-9.9	0.0169	0.0168	0.0166	0.0166	0.0164	0.0164	0.0164	0.0163	0.0162	0.0162
10.0-10.9	0.0161	0.0160	0.0159	0.0159	0.0159	0.0158	0.0157	0.0156	0.0156	0.0156
11.0-11.9	0.0155	0.0154	0.0154	0.0153	0.0153	0.0152	0.0151	0.0151	0.0150	0.0150
12.0-12.9	0.0149	0.0149	0.0149	0.0148	0.0148	0.0147	0.0147	0.0147	0.0146	0.0146
13.0-13.9	0.0146	0.0146	0.0146	0.0145	0.0145	0.0144	0.0144	0.0144	0.0144	0.0144
14.0-14.9	0.0143	0.0143	0.0143	0.0142	0.0142	0.0142	0.0142	0.0142	0.0141	0.0141
15.0-15.9	0.0141	0.0141	0.0141	0.0140	0.0140	0.0139	0.0139	0.0139	0.0139	0.0139
16.0-16.9	0.0139	0.0138	0.0138	0.0138	0.0138	0.0138	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137
17.0-17.9	0.0137	0.0136	0.0136	0.0136	0.0136	0.0136	0.0135	0.0135	0.0135	0.0135
18.0-18.9	0.0135	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134	0.0134
19.0-19.9	0.0134	0.0133	0.0133	0.0133	0.0133	0.0133	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132
20.0-20.9	0.0132	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131
21.0-21.9	0.0131	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130
22.0-22.9	0.0130	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129
23.0-23.9	0.0129	0.0129	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128
24.0-24.9	0.0128	0.0128	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127
25.0-25.9	0.0127	0.0127	0.0126	0.0126	0.0126	0.0126	0.0126	0.0126	0.0126	0.0126
26.0-26.9	0.0126	0.0126	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125
27.0-27.9	0.0125	0.0125	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124
28.0-28.9	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0124	0.0123	0.0123
29.0-29.9	0.0123	0.0123	0.0123	0.0123	0.0123	0.0123	0.0123	0.0123	0.0123	0.0123
30.0	0.0123	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Ingranaggi conici

Descrizione	Simbolo	Unità	Formula
Modulo reale	m_n		
Angolo di pressione apparente	α	grado	20°
Angolo di rinvio	Σ	grado	$= \tan^{-1} ((m_n \cdot Z_1) / d_1)$
Rapporto di riduzione	R		$= Z_2 / Z_1$
Diametro primitivo	d	mm	$= Z \cdot m_n$
Angolo primitivo	δ_1	grado	$= \tan^{-1} (\sin \Sigma / (R + \cos \Sigma))$
Angolo primitivo	δ_2	grado	$= \Sigma - \delta_1$
Distanza cono	R_c	mm	$= d_1 / 2 \sin \delta_1$
Addendum	h_a	mm	$1 \cdot m_n$
Dedendum	h_f	mm	$1.25 \cdot m_n$ (mod da 0.6 a 1)
			$1.22 \cdot m_n$ (mod da 1.5 a 2)
			$1.20 \cdot m_n$ (mod 4)
Diametro esterno	d_a	mm	$= d + 2h_a \cdot \cos \delta$
Vertice	X	mm	$= R_c \cdot \cos \delta - h_f \cdot \sin \delta$



Gioco

I valori di gioco dati per gli ingranaggi a denti dritti, elicoidali ad assi paralleli ed elicoidali ad assi incrociati sono i giochi teorici per due ruote identiche con un interesse standard a norma ISO286.

Questi valori (espressi in mm) sono dati per un gioco circonferenziale misurato sul diametro primitivo. Viene dato un valore superiore e uno inferiore.

Il gioco teorico è la differenza tra lo spessore del dente con e senza la tolleranza applicata. Il gioco è calcolato in base a DIN 3967.

Tolleranza di spessore dei denti

Tipo di ingranaggio	Modulo da 0.5 a 0.8	Modulo da 1.0 a 3.0	Tolleranza interesse
Dritto	7e/8e DIN 58405	e25 DIN 3967	js7
Dritto ritagliato	6e DIN 58405	e25 DIN 3967	js7
Albero a pignone	7e DIN 58405	e25 DIN 3967	-
Elicoidali assi paralleli	7e DIN 58405	e25 DIN 3967	js7
Elicoidali assi incrociati	7e DIN 58405	e25 DIN 3967	js8
Ruota e vite senza fine	7e/8e DIN 58405	e25 DIN 3967	js8

Tipo di ingranaggio	Modulo da 0.6 a 4.0
Conico	7f24 DIN 3965/3967

A_{sn} : spessore del dente consentito ovvero la differenza tra lo spessore del dente misurato e il valore teorico misurato sulla sezione normale. Lavorando con una coppia di ingranaggi, l'indice 1 e 2 indicano l'entrata (ruota conduttrice) e l'uscita (ruota condotta). Per le ruote e viti senza fine, 1 sta per la vite e 2 per la ruota. L'indice e corrisponde allo scostamento superiore e l'indice i allo scostamento inferiore.

T_{sn} : tolleranza (mm) di spessore dei denti misurata sulla sezione normale.

$$A_{sne} = S_n - S_{ne}$$

$$A_{sni} = A_{sne} - T_{sn} = S_n - S_{ni}$$

Gioco circonferenziale j_t

Il gioco circonferenziale j_t è la lunghezza d'arco sul diametro primitivo sul quale ruota un ingranaggio mentre l'altro è bloccato. È misurato sulla sezione trasversale. Unità = mm e gradi

$$j_t = \frac{A_{sn1} + A_{sn2}}{\cos \beta} + \Delta j_\alpha$$

Gioco normale j_n

Il gioco normale j_n è la distanza più corta tra due fianchi del dente quando i due fianchi opposti sono in contatto. È misurato sulla sezione trasversale. Unità = mm e gradi

Per gli ingranaggi dritti ed elicoidali:

$$j_n = j_t \cdot \cos \alpha_n \cdot \cos \beta$$



Gioco

Influenza della tolleranza di interasse Δj_a sul gioco circonferenziale

Unità = mm e gradi

$$\Delta j_a = 2 \cdot A_s \cdot \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta}$$

Ingranaggi a denti dritti		Ingranaggi elicoidali assi paralleli		Ingranaggi elicoidali assi paralleli	
Variazione di interasse As	Influenza sul gioco Δj_a	Variazione di interasse As	Influenza sul gioco Δj_a	Variazione di interasse As	Influenza sul gioco Δj_a
0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
0,010	0,007	0,010	0,008	0,010	0,010
0,015	0,011	0,015	0,011	0,015	0,015
0,020	0,015	0,020	0,015	0,020	0,021
0,025	0,018	0,025	0,019	0,025	0,026
0,030	0,022	0,030	0,023	0,030	0,031
0,035	0,025	0,035	0,026	0,035	0,036
0,040	0,029	0,040	0,030	0,040	0,041
0,045	0,033	0,045	0,034	0,045	0,046
0,050	0,036	0,050	0,038	0,050	0,051

Gioco angolare

Unità = mm e gradi

$$j_\theta = \frac{360 \times j_l}{\pi \times d_2}$$

d_2 = Diametro di riferimento (mm)

A_s = Tolleranza di interasse (es.: $a = 30$ mm js7, $A_s = +/- 0.0105$ mm)

α_n = Angolo di pressione

β = Angolo di elica ($b = 0$ per gli ingranaggi a denti dritti)

Sostituire l'angolo di elica β con l'angolo λ per le ruote e viti senza fine)

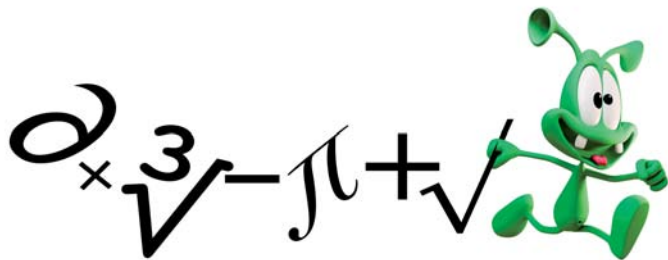
1° = 60 minuti d'arco

e25 DIN 3967

Diametro di riferimento		Scostamento superiore di spessore del dente	Tolleranza di spessore dei denti
Da	Fino a	A_{s25}	T_{sn}
-	10	-0,022 mm	0,020 mm
10	50	-0,030 mm	0,030 mm
50	125	-0,040 mm	0,040 mm
125	280	-0,056 mm	0,050 mm

e25 DIN 58405

Diametro di riferimento d (mm)	Modulo reale m_n	Scostamento superiore di spessore dei denti A_{s25}	Tolleranza di spessore dei denti T_{sn}
Da 3 a 6	da 0,16 a 0,25	0,028	0,011
	da 0,25 a 0,6	0,030	0,012
	da 0,6 a 1,6	0,035	0,014
> 6 a 12	da 0,16 a 0,25	0,030	0,012
	da 0,25 a 0,6	0,035	0,014
	da 0,6 a 1,6	0,040	0,016
> 12 a 25	da 0,16 a 0,25	0,035	0,014
	da 0,25 a 0,6	0,040	0,016
	da 0,6 a 1,6	0,045	0,018
	da 1,6 a 3	0,050	0,020
> 25 a 50	da 0,16 a 0,25	0,040	0,016
	da 0,25 a 0,6	0,045	0,018
	da 0,6 a 1,6	0,050	0,020
	da 1,6 a 3	0,055	0,022
> 50 a 100	da 0,16 a 0,25	0,045	0,012
	da 0,25 a 0,6	0,050	0,018
	da 0,6 a 1,6	0,055	0,020
	da 1,6 a 3	0,063	0,022
> 100 a 200	da 0,6 a 1,6	0,063	0,024
	da 1,6 a 3	0,070	0,029
> 200 a 400	da 0,6 a 1,6	0,070	0,029
	da 1,6 a 3	0,080	0,032





Gioco

Esempio di calcolo di gioco per 2 ingranaggi non identici

Ruota conduttrice: PSG0.5-20 7e

Ruota condotta: PSG0.5-40 7e

- 1• Calcolo del diametro di riferimento d per ogni ingranaggio

$$\text{PSG0.5-20 } d_1 = z \cdot m_n = 10.00 \text{ mm}$$

$$\text{PSG0.5-40 } d_2 = 20.00 \text{ mm}$$

- 2• Trovare A_{snc} e T_{sn} nelle tabelle

$$\text{PSG0.5-20 } A_{snc} = -0.035 \text{ mm } T_{sn} = -0.014 \text{ mm}$$

$$\text{PSG0.5-40 } A_{snc} = -0.040 \text{ mm } T_{sn} = -0.016 \text{ mm}$$

- 3• Calcolare A_{sni} per ogni ingranaggio

$$\text{PSG0.5-20 } A_{sni} = A_{snc} - T_{sn} = -0.035 - 0.014 = -0.021 \text{ mm}$$

$$\text{PSG0.5-40 } A_{sni} = A_{snc} - T_{sn} = -0.040 - 0.016 = -0.024 \text{ mm}$$

- 4• Calcolare l'interasse e la tolleranza di interasse

$$\text{Interasse} = (10 + 20) / 2 = 15 \text{ mm}$$

$$js7 = 0,009 \text{ mm}$$

- 5• Calcolare l'influenza dell'interasse sul gioco

$$j_a = 2 \cdot A_s \cdot \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta} + 2 \cdot 0.009 \cdot \frac{\tan 20}{\cos 0} = 0.007 \text{ mm}$$

- 6• Calcolare il gioco massimo, rimuovere il segno "meno" da A_{sn}

$$j_i = \frac{A_{sni1} + A_{sni2}}{\cos \beta} + \Delta j_a = \frac{0.035 + 0.040}{\cos 0} + 0.007 = 0.082 \text{ mm}$$

- 7• Calcolare il gioco minimo, rimuovere il segno "meno" da A_{sn}

$$j_i = \frac{A_{sni1} + A_{sni2}}{\cos \beta} + \Delta j_a = \frac{0.021 + 0.024}{\cos 0} - 0.007 = 0.038 \text{ mm}$$

- 8• Convertire in gioco angolare

$$j_\theta = \frac{360 \times j_i}{\pi \times d_2} \quad 1^\circ = 60 \text{ minuti d'arco}$$

$$j_\theta = \text{da } 28,208 \text{ a } 13,072 \text{ minuti d'arco}$$