

Esercizio 1 Un albero di una gearbox è supportato da due cuscinetti 1 e 2 (uguali, obliqui a una corona di sfere, montati a ...) come schematizzato nella figura. La forza scambiata tra gli ingranaggi è già stata scomposta nelle due componenti radiale F_r e assiale F_a con $F_r = 4F_a$. La forza assiale F_a non cambia verso durante il funzionamento. Durante una missione standard (durata 3 ore) i carichi e il numero di giri variano come da tabella.

- Individuate il cuscinetto più sollecitato e calcolate la durata di base in milioni di giri L_{10} e L_5 e in ore (L_{10h} , L_{5h}) di questo cuscinetto.

Analizzate poi cosa succede se alla coppia di cuscinetti è applicato un precarico assiale $F_{a0} = 700N$. La caratteristica Forza assiale/Spostamento è quadratica $F=24 \cdot \delta^2$ come diagrammato nella figura a lato (F in N, deformazione δ in μm).

- Calcolate la deformazione δ_0 subita dal singolo cuscinetto e la rigidezza k_{12} della coppia dei due cuscinetti al montaggio (quando la forza assiale F_a è nulla).
- Calcolate la forza assiale F_{az} che annulla il precarico su uno dei due cuscinetti.
- Calcolate le forze assiali F_{a1} e F_{a2} sui due cuscinetti precaricati quando è applicata la massima forza assiale esterna F_a .

Consiglio: diagrammate le caratteristiche $F-\delta$ dei cuscinetti e su questo schema riportate i punti di interesse (Forza assiale e deformazione di precarico, carico assiale esterno e deformazioni associate, ecc. ecc). Usate questo schema per risolvere graficamente il problema. Solo dopo scrivete le equazioni da usare.

Domanda 2 La forza di precarico è trasmessa dalla vite al pezzo attraverso il contatto dei filetti di vite e dado (madrevite). I filetti però non sono ugualmente caricati. Spiegate, fatte le opportune ipotesi, come si distribuisce il carico tra i diversi filetti in presa. Illustrate come è possibile distribuire il carico in modo più uniforme. Spiegate con quali accorgimenti costruttivi potrebbero essere realizzati i dadi che realizzano una migliore distribuzione del carico tra i filetti rispetto alle geometrie usuali.

Carico dinamico equivalente sul cuscinetto

Per i cuscinetti singoli e i cuscinetti in tandem

$$P = F_r \quad \text{quando } F_a/F_r \leq 1,14$$

$$P = 0,35 F_r + 0,57 F_a \quad \text{quando } F_a/F_r > 1,14$$

Per determinare la forza assiale F_a si faccia riferimento alla sezione "Determinazione delle forze assiali per cuscinetti montati singolarmente o in tandem".

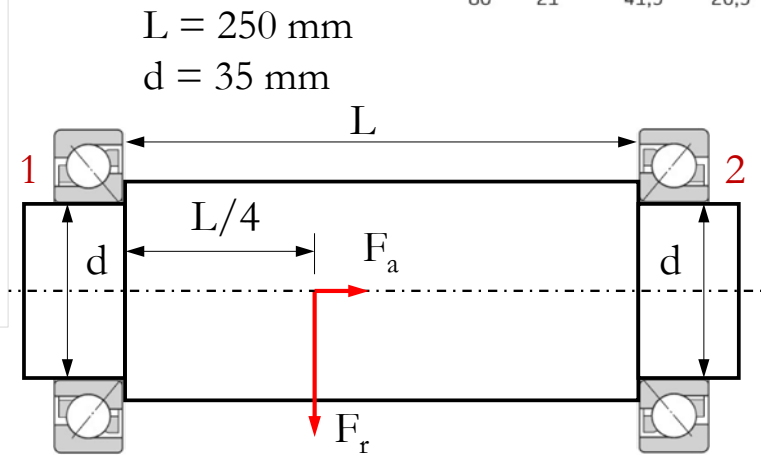
Per i cuscinetti montati in coppia e disposti ad "O" oppure ad "X"

$$P = F_r + 0,55 F_a \quad \text{quando } F_a/F_r \leq 1,14$$

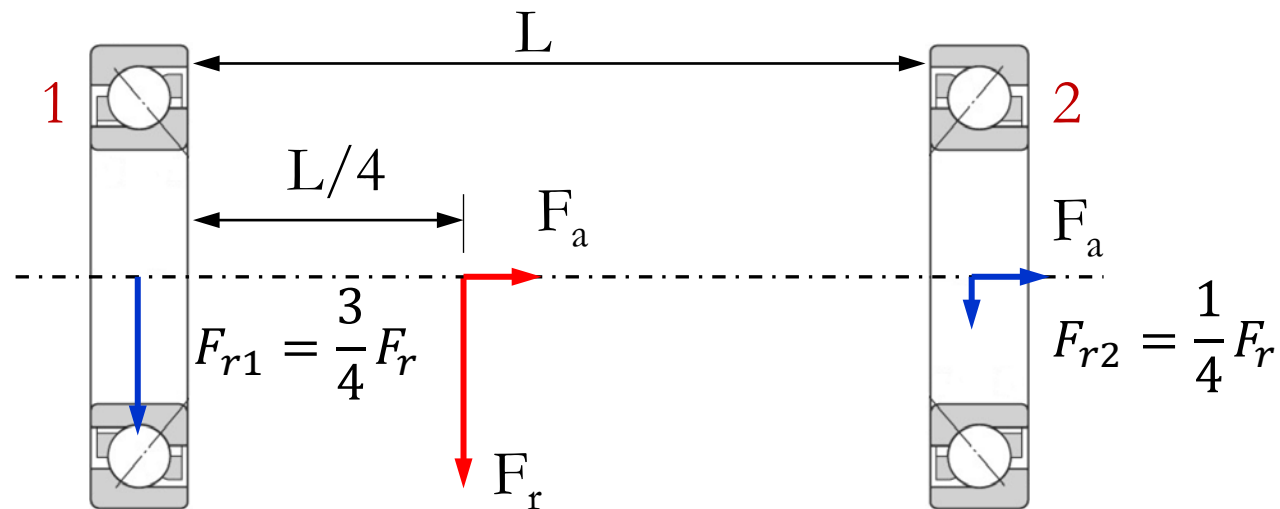
$$P = 0,57 F_r + 0,93 F_a \quad \text{quando } F_a/F_r > 1,14$$

F_r e F_a sono le forze che agiscono sulla coppia di cuscinetti.

Dimensioni principali			Coeff. di carico dinam.	
d	D	B	C	C ₀
mm			kN	
30	62	16	24	15,6
	62	16	22,5	14,3
	62	16	23,8	15,6
	62	16	24	15,6
	72	19	35,5	21,2
	72	19	32,5	19,3
	72	19	34,5	21,2
	72	19	35,5	21,2
	35	72	17	31
		72	17	29,1
		72	17	30,7
		72	17	31
	80	21	41,5	26,5
	80	21	39	24,5
	80	21	39	24,5
	80	21	41,5	26,5



Domanda 3 Considerate un disco rotante a spessore costante. Scrivete le equazioni da impostare per determinare lo stato di tensione. Diagrammate l'andamento qualitativo delle tensioni radiale e circonferenziale. Fate le opportune ipotesi e risolvete lo stato di tensione di un anello sottile rotante.



$$P_{eq} = F_r + 0.55 F_a$$

i	F_a , N	F_r , N	tempo, %	rpm		alpha	$F_{r,1}$	$F_{r,2}$	$P_{eq,1}$	$P_{eq,2}$
1	2000	8000	0.20	1000	200	0.046	6000	2000	6000	3100
2	1500	6000	0.40	3500	1400	0.322	4500	1500	4500	2325
3	1250	5000	0.10	5000	500	0.115	3750	1250	3750	1938
4	750	3000	0.30	7500	2250	0.517	2250	750	2250	1163

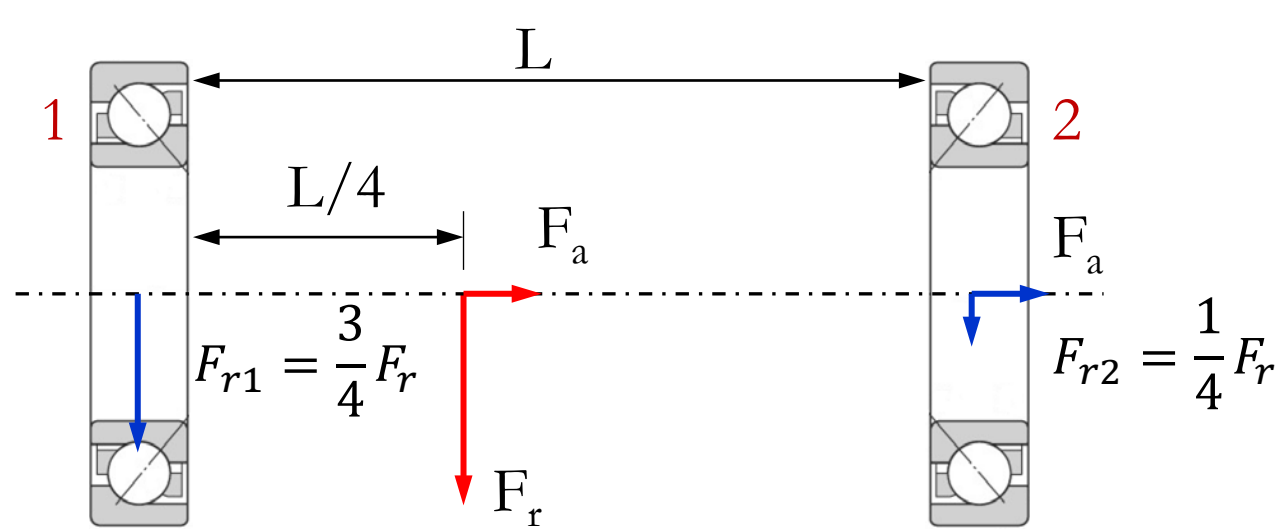
Giri (cicli) in 1 minuto **4350** 1.00

$$L_{10} = \frac{c^3}{\sum_i \alpha_i P_i^3} = 581.7 \cdot 10^6 \text{ cicli } (C = 31 \text{ kN})$$

$$L_{10,h} = \frac{L_{10}}{4350 \cdot 60} = 2229 \text{ ore}$$

$$L_5 = 0.62 L_{10}$$

Il cuscinetto più sollecitato (Massimo P_{eq}) è il numero 1.



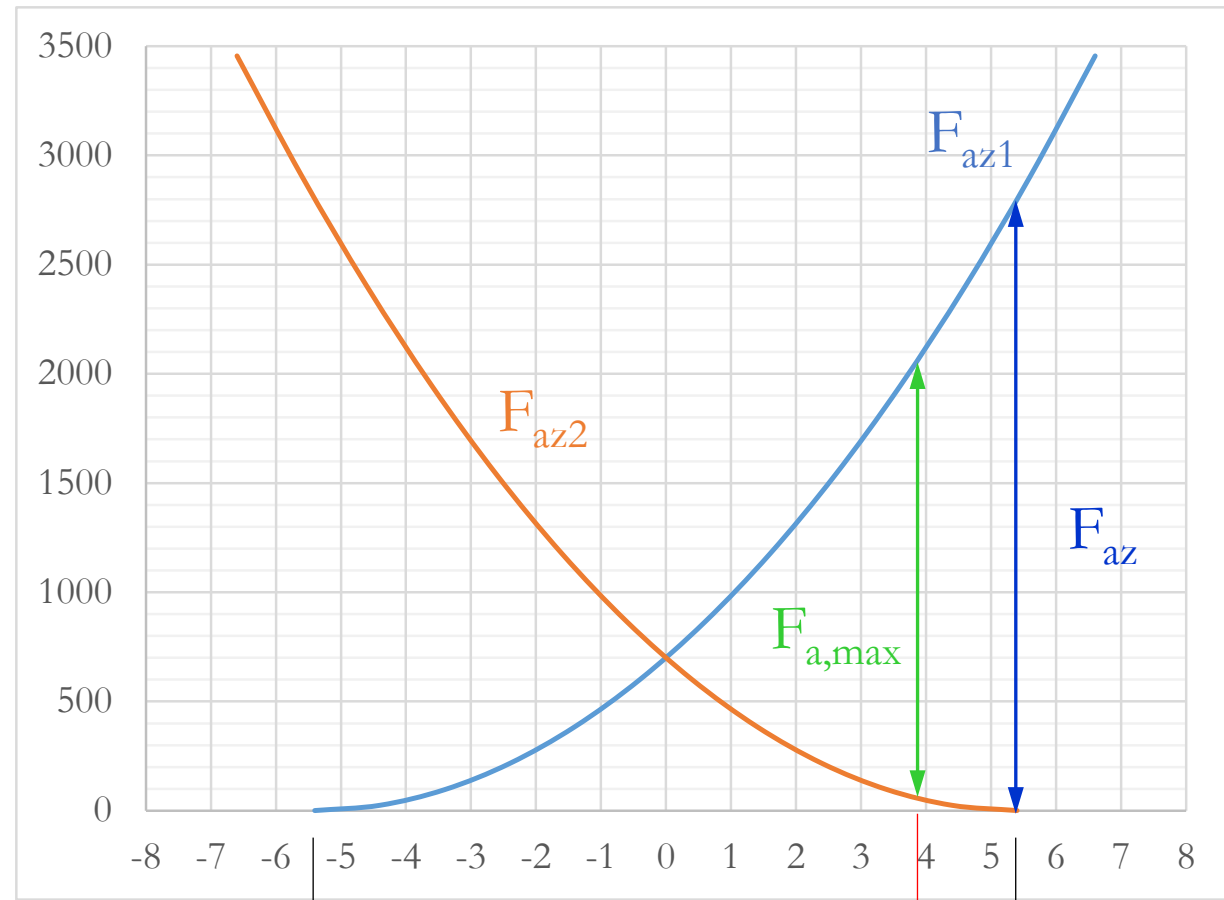
$$F = 24 \delta^2 \longrightarrow \delta_0 = \sqrt{\frac{F_0}{24}} = \sqrt{\frac{700}{24}} = 5.4 \text{ } \mu\text{m}$$

$$k_{12} = 2 \left. \frac{dF}{d\delta} \right|_{\delta_0} = 2 \cdot 24 \delta_0 = 518 \text{ N}/\mu\text{m}$$

$$F_{az} = F_{az1} \Big|_{2\delta_0} = 24 (2\delta_0)^2 = 2800 \text{ N}$$

$$F_{a,max} = F_{az1} \Big|_{\delta_0 + \delta_x} - F_{az2} \Big|_{\delta_0 - \delta_x} = 24 (\delta_0 + \delta_x)^2 - 24 (\delta_0 - \delta_x)^2$$

$$F_{a,max} = 24 \cdot 4 \delta_0 \delta_x \longrightarrow \delta_x = \frac{F_{a,max}}{24 \cdot 4 \delta_0} = 3.9 \text{ } \mu\text{m}$$



$$F_{az1} \Big|_{\delta_0 + \delta_x} = 24 (\delta_0 + \delta_x)^2 = 2057 \text{ N}$$

$$F_{az2} \Big|_{\delta_0 - \delta_x} = 24 (\delta_0 - \delta_x)^2 = 57 \text{ N}$$