



**ATTENZIONE: L'ESAME PRESENTA 4 ESERCIZI NUMERICI E 3 TEORICI.**  
**NON E' POSSIBILE SUPERARE L'ESAME CON SOLO ESERCIZI NUMERICI O SOLO ESERCIZI TEORICI.**  
**LA SOGLIA MINIMA PER SUPERARE L'ESAME CONSISTE IN:**

- TRE ESERCIZI NUMERICI E UNO TEORICO CORRETTI,
- OPPURE DUE ESERCIZI NUMERICI E DUE TEORICI CORRETTI.

**ESERCIZI NUMERICI**

**Esercizio 1**

Un progettista deve scegliere un cuscinetto per un'applicazione industriale, sapendo che sul supporto si scaricano: 1) una forza radiale  $F_1$  fissa nello spazio, 2) una forza radiale  $F_2$  rotante nello spazio, 3) una forza assiale  $F_a$  fissa nello spazio.

La scelta del cuscinetto deve essere fatta tra i 3 tipi disponibili a magazzino ed indicati in Tabella 1, tutti a rulli conici ad una corona. Si ricordi che per questo tipo di cuscinetti, il carico equivalente  $P$  va scelto come:

$$P = F_r \quad \text{se } F_a/F_r \leq e$$

$$P = 0.4 F_r + Y F_a \quad \text{se } F_a/F_r > e$$

Diagramma SKF:  $F_1$ , forza fissa;  $F_2$ , forza rotante

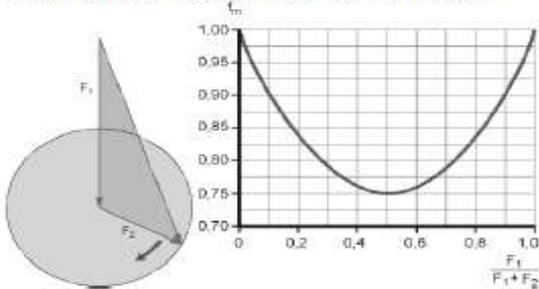


Tabella 1: Cuscinetti disponibili per la scelta

Cuscinetto	C [N]	e	Y
1	24200	0.37	1.6
2	27500	0.35	1.7
3	44000	0.3	2

Figura 1: Diagramma SKF del coefficiente  $f_m$

**Dati**

- $F_1 = 2000 \text{ N}$ ;  $F_2 = 500 \text{ N}$      forze radiali sul cuscinetto
- $F_a = 1000 \text{ N}$      forza assiale sul cuscinetto
- $n = 500 \text{ rpm}$      velocità di rotazione dell'albero
- durata = 10 anni, affidabilità = 90%, materiali e lubrificazione standard

**Esercizio 2**

Si consideri la giunzione saldata mostrata in Figura 2. Siano note la forza  $F = 10^5 \text{ N}$  e la lunghezza delle piastre  $L = 50 \text{ mm}$ .

Le piastre sono di Fe430 (con:  $\sigma_{adm} = 190 \text{ MPa}$  per spessore  $\leq 40 \text{ mm}$ ;  $\sigma_{adm} = 170 \text{ MPa}$  per spessore  $> 40 \text{ mm}$ ).

Si richiede il dimensionamento dei coprighiunti (determinazione dello spessore  $s$ ) e la verifica della saldatura secondo la normativa CNR 10011, alle tensioni ammissibili.

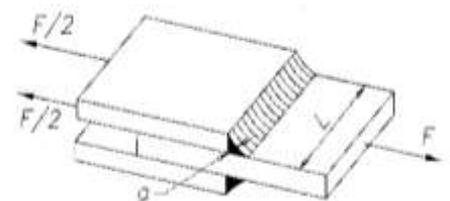


Figura 2: La giunzione saldata

Nel caso siano presenti tutte e tre le componenti di tensione  $\tau_1$ ,  $\sigma_\perp$  e  $\tau_\perp$  devono essere verificate le seguenti limitazioni:

$$\sqrt{\tau_\perp^2 + \sigma_\perp^2 + \tau_1^2} \leq \begin{cases} 0,85 \sigma_{adm} \text{ per l'acciaio Fe 360} \\ 0,70 \sigma_{adm} \text{ per l'acciaio Fe 430 ed Fe 510;} \end{cases} \quad [1]$$

$$|\tau_\perp| + |\sigma_\perp| \leq \begin{cases} \sigma_{adm} \text{ per l'acciaio Fe 360} \\ 0,85 \sigma_{adm} \text{ per l'acciaio Fe 430 ed Fe 510.} \end{cases} \quad [2]$$

Nel caso in cui siano presenti le sole componenti di tensione  $\tau_\perp$  e  $\sigma_\perp$  è sufficiente verificare l'espressione [2] e nel contempo accertare che sia:

$$|\tau_\perp| \leq \begin{cases} 0,85 \sigma_{adm} \text{ per l'acciaio Fe 360} \\ 0,70 \sigma_{adm} \text{ per l'acciaio Fe 430 ed Fe 510;} \end{cases}$$

$$|\sigma_\perp| \leq \begin{cases} 0,85 \sigma_{adm} \text{ per l'acciaio Fe 360} \\ 0,70 \sigma_{adm} \text{ per l'acciaio Fe 430 ed Fe 510.} \end{cases}$$

Nel caso in cui siano presenti le sole componenti di tensione  $\tau_\perp$  o  $\tau_1$  ovvero  $\sigma_\perp$  e  $\tau_1$  è sufficiente verificare l'espressione [1].  
Ove sia presente solo una delle componenti di tensione  $\tau_\perp$ ,  $\sigma_\perp$  o  $\tau_1$  basta ovviamente verificare che sia:

$$|\tau_\perp|, |\sigma_\perp|, |\tau_1| \leq \begin{cases} 0,85 \sigma_{adm} \text{ per l'acciaio Fe 360} \\ 0,70 \sigma_{adm} \text{ per l'acciaio Fe 430 ed Fe 510.} \end{cases}$$

Estratto della norma CNR 10011, per la verifica di giunti a cordone d'angolo, alle tensioni ammissibili

### Esercizio 3

Il recipiente in pressione in Figura 3 è costituito da un mantello cilindrico chiuso ad una estremità attraverso un collegamento flangiato. Si richiede di:

- 1) verificare la resistenza statica dei bulloni selezionati; si consideri la flangia infinitamente rigida (senza flessione dei bulloni).

Nel calcolo del momento di serraggio  $M''_s$ , si consideri la seguente formula approssimata:

$$M''_s = \frac{5}{8} (0,2 \cdot V_0 \cdot d_{nom})$$

- 2) effettuare la verifica statica del mantello del recipiente.

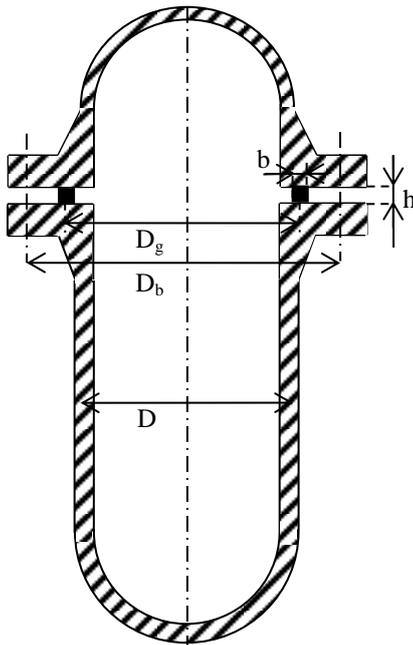


Figura 3: Il recipiente

#### Dati

$p = 6 \text{ MPa}$

$D = 300 \text{ mm}$

$D_g = 280 \text{ mm}$

$D_b = 320 \text{ mm}$

$s = 5 \text{ mm}$

pressione interna al recipiente

diametro medio del recipiente

diametro medio della guarnizione

diametro di posizionamento dei bulloni

spessore del mantello

#### Bulloni:

Materiale dei bulloni: classe 8.8

M27

tipo di bulloni (v. Tabella 2)

$n_b = 12$

numero di bulloni

$l_b = 80 \text{ mm}$

lunghezza dei bulloni (completamente filettati)

$V_0 = 110 \text{ kN}$

precarico dei bulloni

#### Guarnizione:

$R_{sn,g} = 150 \text{ MPa}$

sforzo di snervamento

$E_g = 70000 \text{ MPa}$

sforzo di snervamento

$b=h=10 \text{ mm}$

dimensioni della sezione della guarnizione

#### Mantello:

Materiale del mantello: S355 (Fe510)

$R_{sn} = 355 \text{ MPa}$ ;  $R_m = 510 \text{ MPa}$

Tabella 2: Estratto della norma UNI 4535-64 (Filettature metriche a passo grosso)

Diametro nominale di filettatura (vedere punto 1) e diametro esterno $d = D$			Passo P	Diametro medio $d_2 = D_2$	Diametro di nocciolo della vite $d_3$	Diametro della vite all'inizio del raccordo $d_1$	Diametro di nocciolo della madre vite $D_1$	Profondità dei filetti della vite $h_3$	Ricoprimento $H_1$	Raggio arrotondamento fondo filetto della vite r	Sezione resistente (vedere punto 4) mm <sup>2</sup>	Sezione di nocciolo mm <sup>2</sup>
Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3										
24			3	22,051	20,319	20,752	20,752	1,840	1,624	0,433	353	324
	27		3	25,051	23,319	23,752	23,752	1,840	1,624	0,433	459	427
		30	3,5	27,727	25,706	26,211	26,211	2,147	1,894	0,505	561	519

## Esercizio 4

La Figura 4 riporta lo schema funzionale di un agitatore utilizzato in una vasca per la miscelazione e l'amalgamazione di prodotti alimentari. Tale sistema è costituito da un albero montato verticalmente al centro della vasca, alla cui estremità inferiore è fissato un sistema di 4 pale immerso nell'impasto. All'estremità superiore l'albero è movimentato attraverso una ruota dentata a denti dritti con coppia motrice  $C_m$  costante. L'albero appoggia su 2 supporti, i cuscinetti A e B.

In Figura 5 è mostrato il disegno quotato dell'albero.

Si supponga che le 4 forze  $R$  di reazione dell'impasto sulle 4 pale agiscano solo in direzione tangenziale.

Considerando la posizione dell'agitatore in Figura 4, si richiede di:

- 1) tracciare i diagrammi del momento torcente e flettente dell'albero, separando le azioni statiche da quelle alternate;
- 2) nell'ipotesi che le pale siano bloccate da un'eccessiva viscosità dell'impasto e che sia in presa una sola pala, sotto quale coefficiente di sicurezza lavora l'albero? Si scelga opportunamente la sezione di verifica;
- 3) considerando il funzionamento a regime, verificare l'albero a fatica scegliendo opportunamente la sezione di verifica.

### Dati

$C_m = 100 \text{ Nm}$	coppia motrice
$L = 100 \text{ mm}$	lunghezza delle pale
$\alpha = 20^\circ$	angolo di pressione della ruota dentata
$K_{t,fA} = K_{t,tA} = 2$	coeff. sovrasollecitazione teorica sez. A
$b_2 = b_3 = 0.8$	
$q = 0.9$	
Proprietà meccaniche del materiale dell'albero:	
$R_m = 620 \text{ MPa}$ ; $R_{sn} = 480 \text{ MPa}$	

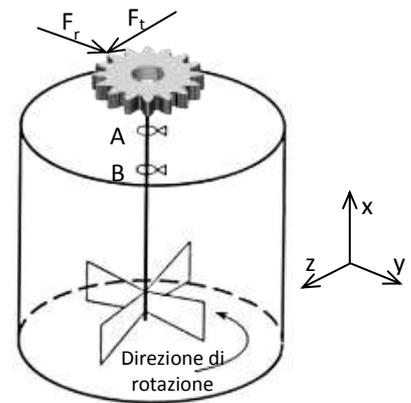


Figura 4: Schema dell'agitatore

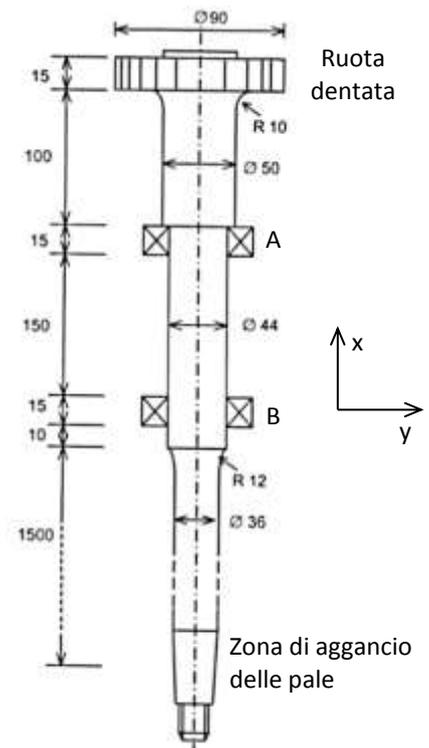


Figura 5: Albero dell'agitatore  
Raggi di raccordo non quotati: 2 mm

## ESERCIZI TEORICI

### Esercizio 5

Si discuta la similitudine che intercorre tra molle ad elica cilindrica e barre di torsione. Si discutano infine le ipotesi semplificative e si scriva la formula che lega la forza assiale alla massima sollecitazione nel filo della molla ad elica cilindrica.

### Esercizio 6

Quali sono le forze di spinta che nascono nelle trasmissioni a denti elicoidali? Se ne scriva la formulazione e se ne discuta l'influenza degli angoli caratteristici.

### Esercizio 7

Si discutano tutti i tipi di sollecitazione che possono nascere nelle due tipologie di giunzioni saldate: 1) testa a testa e 2) a cordone d'angolo.

### ESERCIZIO 1.

$$\left. \begin{array}{l} F_1 = 2000 \text{ N} \\ F_2 = 500 \text{ N} \end{array} \right\} \frac{F_1}{F_1 + F_2} = 0,80 \Rightarrow f_m = 0,84 \text{ da grafico}$$

$$F_r = f_m \cdot (F_1 + F_2) = 2100 \text{ N}$$

$$F_a / F_r = 1000 / 2100 = 0,48$$

$$\text{Quindi: } P = 0,4 F_r + 4 F_a$$

per ognuno dei 3 tipi di cuscinetto  
perché  $F_a / F_r > e$

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 2440 \text{ N} \\ P_2 = 2540 \text{ N} \\ P_3 = 2840 \text{ N} \end{array} \right\}$$

$$L_{10R} = L_{10} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot m} = \left( \frac{C}{P} \right)^{10/3} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot m} \Rightarrow \begin{cases} L_{10h(1)} = 69'870 \text{ h} \\ L_{10h(2)} = 93'590 \text{ h} \\ L_{10h(3)} = 309'030 \text{ h} \end{cases}$$

Durata richiesta:

$$10 \text{ anni} \times 365 \frac{\text{gg}}{\text{anno}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{giorno}} = 87'600 \text{ h}$$

$\Rightarrow$  Il cuscinetto 1 non è sufficiente; è richiesta almeno la scelta del 2.

### ESERCIZIO 2.

Resistenza della piastra congiunta:

$$\frac{F/2}{sL} \leq \sigma_{adm} \Rightarrow s \geq \frac{F}{2L\sigma_{adm}}$$

$$s_{min} = 5,26 \rightarrow 6 \text{ mm}$$

$$a_{min} = \frac{6}{\sqrt{2}} = 4,24 \text{ mm} \rightarrow 5 \text{ mm}$$

Spessore saldatura:

$$\sigma_{\perp} = \frac{F}{2 \cdot L \cdot a} \leq 0,7 \sigma_{adm}$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} a \geq \frac{F}{2 \cdot L \cdot 0,7 \cdot \sigma_{adm}} = 7,52 \text{ mm} \rightarrow 8 \text{ mm} \\ s_{min} = a \cdot \sqrt{2} = 10,6 \text{ mm} \rightarrow 11 \text{ mm} \end{array} \right.$$

### ESERCIZIO 3.

$$F_p = \frac{p \cdot \pi \cdot D_g^2}{4 \cdot m_b} = 30'788 \text{ N}$$

$$k_g = \frac{E_g A_g}{l_g} = \frac{E_g (\pi D_g b / m_b)}{h} = 5'131'268 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$k_b = \frac{E_b A_b}{l_b} = \frac{E_b A_{mac}}{l_b} = 1'099'525 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$V'_b = V_0 + \Delta V_b = V_0 + \frac{k_b}{k_b + k_g} \cdot F_p = 115'433 \text{ N}$$

$$\sigma'_b = \frac{V'_b}{A_{mac}} = 270 \text{ MPa}$$

$$M_s^u = \frac{5}{8} (0,2 V_0 \cdot d_{nom}) = 371250 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{16 M_s^u}{\pi d_{max}^3} = 149 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{GT}^* = \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \tau_b^2} = 403 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{R_{su}}{\sigma_{GT}^*} = 1,59$$

Verifico manutello:

$$\sigma_{GT}^* = \sigma_c = \frac{P D}{2s} = 180 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{R_{cu}}{\sigma_{GT}^*} = 1,97$$

### ESERCIZIO 4

$$F_t = \frac{2 C_m}{d_{ruoto}} = 2222 \text{ N}$$

$$F_k = F_t \cdot \tan 20^\circ = 809 \text{ N}$$

$$S = \sqrt{F_t^2 + F_k^2} = 2365 \text{ N}$$

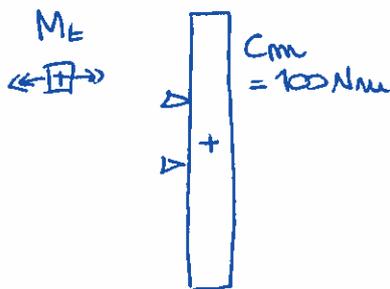
fissa nello spazio  
sforzo alterno

$$F'_{pala} = \frac{C_{ue}}{4 \cdot L} = 250 \text{ N}$$

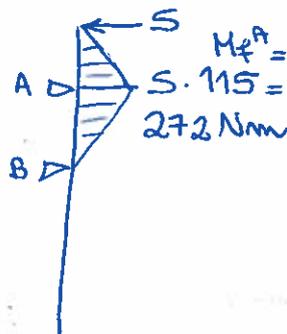
sulla singola pala  
a regime

$$F_{pala} = \frac{C_{ue}}{L} = 1000 \text{ N}$$

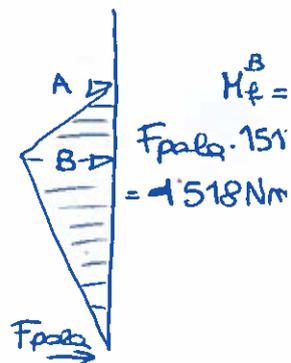
quando tutta la coppia  
si scarica su una singola pala



$M_f$   
[ ]  
alt.



$M_f$   
[ ]  
medio



- La verifica statica va effettuata in B, dove  $M_f$  medio è massima.

$$\sigma = \frac{32 M_f^B}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 1518000}{\pi \cdot 44^3} = 182 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{16 M_t}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 100000}{\pi \cdot 44^3} = 6 \text{ MPa}$$

-PLASTIC. TOTALE-

$$\sigma_{GT}^* = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = 182 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{480}{182} = 2,6$$

$$\sigma_{max} = k_t \cdot \sigma = 364 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} = k_t \cdot \tau = 12 \text{ MPa}$$

-PRIMA PLASTIC-

$$\sigma_{GT}^* = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 4\tau_{max}^2} = 364 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{480}{364} = 1,3$$

- La verifica a fatica va effettuata in A

$$\sigma_a = \frac{32 \cdot M_f^A}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 272000}{\pi \cdot 44^3} = 33 \text{ MPa}$$

$$\tau_m = 6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{FAF}^* = \frac{R_{u1}}{2} \cdot \frac{b_2 \cdot b_3}{1 + q(k_{ef} - 1)} = \frac{620}{2} \cdot \frac{0,8 \cdot 0,8}{1 + 0,9 \cdot (2 - 1)} = 104 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{GP}^* = \sqrt{\sigma_a^2 + \left[ \frac{\tau_m}{(R_{su}/\sqrt{3})} \right]^2}$$

$$= 33 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{104}{33} = 3,2$$