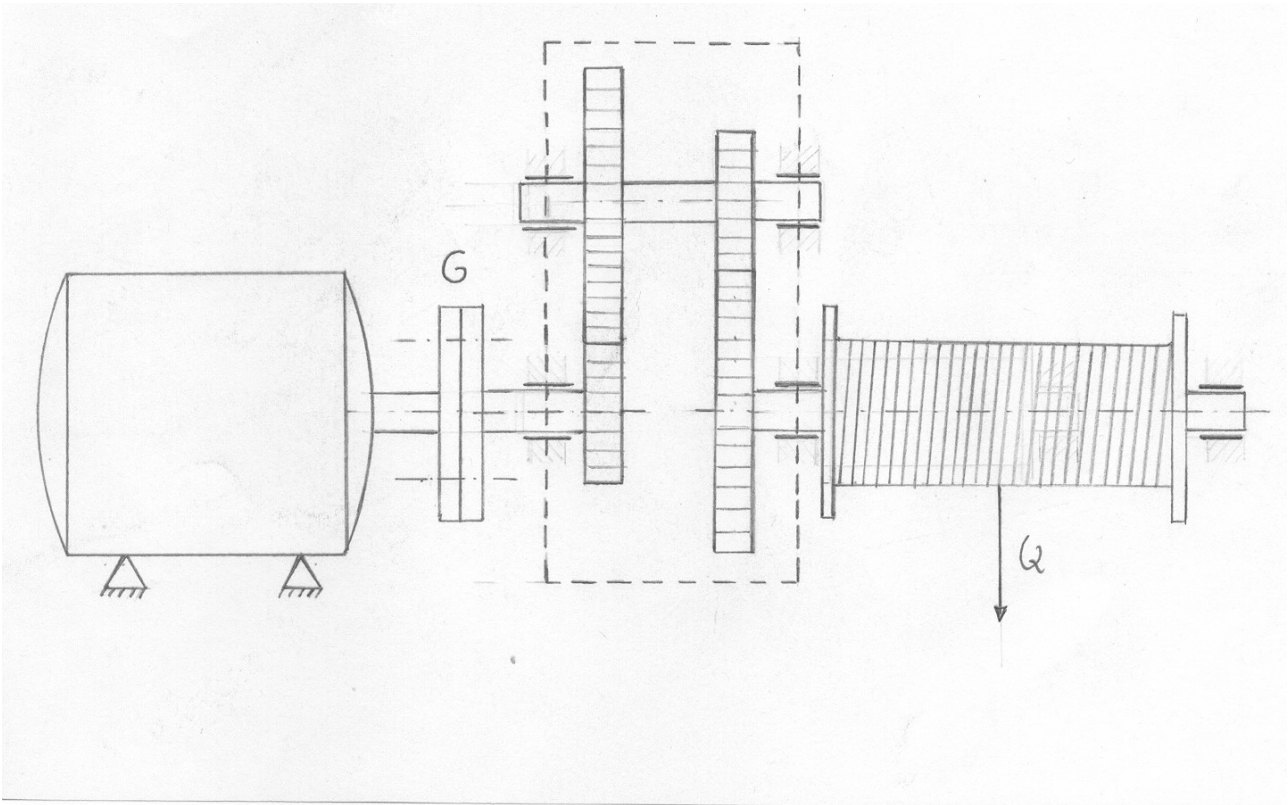


## SOLUZIONE SECONDA PROVA SCRITTA ESAME DI STATO 2006/07

### TEMA DI: DISEGNO, PROGETTAZIONE ED ORGANIZZAZIONE INDUSTRIALE

Lo schema dell'impianto di sollevamento può avere diverse configurazioni, si ipotizza che tra il motore elettrico e il verricello sia interposto un giunto a dischi e un riduttore ordinario, costituito da quattro ruote dentate a denti diritti, di cui l'ultima ruota è calettata all'albero del tamburo come evidenziato nel disegno (altra soluzione si poteva considerare un giunto rigido di collegamento tra l'albero del tamburo e il riduttore).



Nota il peso massimo sollevabile e il diametro del tamburo si determina il momento massimo di sollevamento:

$$M_u = Q \cdot d_t / 2 = 20000 \cdot 0,15 = 3000 \text{ Nm}$$

Fissata una velocità di sollevamento del carico di 0,5 m/s, il numero di giri del verricello e la potenza utile risultano:

$$n_u = 60 \text{ v}/\pi \quad d_t = 60 \cdot 0,6/\pi \cdot 0,3 = 38,22 \text{ g}/\text{m}$$

$$P = Q \quad v = 20000 \cdot 0,6 = 12000 \text{ w}$$

Scegliendo un motore elettrico ruotante a 800 g/m, avremo un rapporto di trasmissione del rotismo ordinario pari a:

$$i = n_m/n_u = 800/38,22 = 20,93 \text{ g}/\text{m}$$

Calcolo del modulo della seconda coppia di ruote dentate, affinché si possa valutare il diametro primitivo della ruota dentata calettata sull'estremità dell'albero utilizzatore, come mostra lo schema.

Ipotizzando un rapporto di trasmissione della prima coppia di ruote dentate pari a 5 e la seconda coppia di ruote di 4,19, si avrà che i moduli delle due coppie di ruote differiranno di poco fra loro.

$$i = i_1 \quad i_2 = 5 \quad 4,19 = 20,95 \quad n_a = n_m/i_1 = 800/5 = 160 \text{ g}/\text{m} \quad \omega_a = 2 \pi n_u/60 = 16,75 \text{ rad}/\text{s}$$

Con l'ausilio del Manuale si procede al dimensionamento per usura della seconda coppia di ruote dentate, considerando un fattore di servizio  $f_s = 1,5$ , un rendimento unitario, la potenza di calcolo sarà:

$$P_c = f_s P \quad \eta_g = 1,5 \quad 12 \cdot 1 = 18 \text{ kw} \quad M_{t_a} = P_c / \omega_m = 18000/16,75 = 1074,63 \text{ Nm} = 1074630 \text{ Nmm}$$

$$\text{Scelto un } z_3 = 16 \text{ e } \lambda = 10 \quad z_4 = i_2 z_3 = 4,19 \cdot 16 = 67$$

Per la costrizione delle ruote dentate si opta per un acciaio da bonifica 25CrMo4 che presenta le seguenti caratteristiche:  $R_m = 900 \div 1100 \text{ N}/\text{mm}^2$   $HV_{10} = 260$

$$m_1 \geq k \sqrt[3]{M_{t_a} / \lambda \cdot p_{am1}} = 12,8 \sqrt[3]{1074630 / 10 \cdot 770,22^2} = 7,24 \text{ mm} \quad m_1 = 8 \text{ mm} \quad \text{valore unificato.}$$

$$k = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot K_1^2}{z_1^2 \sin 2\alpha} \left(1 + \frac{z_1}{z_2}\right)} = 12,8 \sqrt[3]{N / \text{mm}^2} \quad K_1 = 1,18 \sqrt{\frac{E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2}} = 373,15 \sqrt{N} / \text{mm}$$

$$p_{am1} = 24,5 \text{ H} / \sqrt[6]{n_m \cdot h} = 24,5 \cdot 260 / \sqrt[6]{160 \cdot 2000} = 770,22 \text{ N}/\text{mm}^2$$

avendo stabilito per la macchina 2000 ore di funzionamento limitato.

Le forze agenti nella seconda coppia di ruote e che sollecitano l'albero utilizzatore valgono:

$$S_t = 2 M_{t_a} / d_3 = 2 \cdot 716420 / 128 = 11194,06 \text{ N} \quad d_3 = m \cdot z_3 = 8 \cdot 16 = 128 \text{ mm}$$

con  $M_{t_a}$  effettivo (senza fattore di servizio).

$$S_r = S_t \operatorname{tg} 20^\circ = 4074,3 \text{ N}$$

Ipotizzando le distanze dei supporti e il calettamento della ruota dentate come in figura si può procedere al dimensionamento dell'albero.

### Dimensionamento sede di calettamento della ruota dentata.

Utilizziamo come materiale per l'albero un acciaio non legato, UNI EN 10083 C40 carico di rottura  $R_m = 600 \div 750 \text{ N/mm}^2$ , il diametro dell'albero  $d$  si calcola con la relazione:

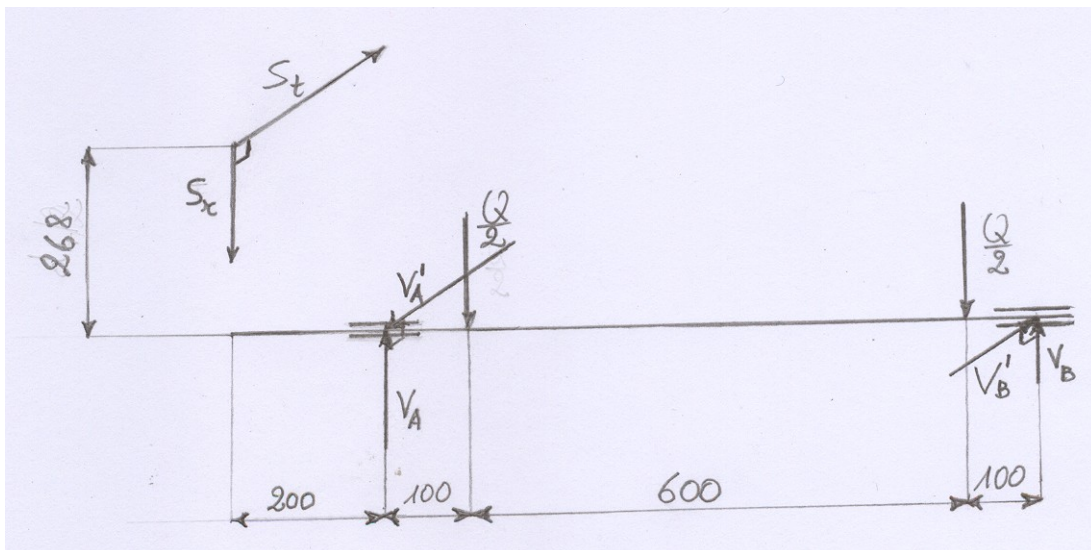
$$d_r = \sqrt[3]{16Mt / \pi \tau_{am}} = \sqrt[3]{16 \cdot 3000000 / \pi \cdot 34,64} = 76,13 \text{ mm}$$

$$\tau_{am} = R_m / \sqrt{3} n_r = 600 / \sqrt{3} \cdot 10 = 34,64 \text{ N/mm}^2$$

$$d_r = 77,5 + 7,5 = 85 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad \text{Chiavetta UNI 6607-A 22x14x70}$$

### Dimensionamento perno intermedio cuscinetto a strisciamento.

Il diametro del perno intermedio si determina a flessione-torsione, considerando che il sistema di carichi agenti sull'albero non è complanare.



Considerando il piano verticale e quello orizzontale, si procede alla determinazione delle reazioni vincolari prodotte dai supporti dei due cuscinetti a strisciamento risolvendo nei suddetti piani il sistema di equazioni cardinali, che portano ai seguenti risultati:

$$V_A = 15092,87 \text{ N}$$

$$V'_A = 13992,58 \text{ N}$$

$$V_B = 8981,43 \text{ N}$$

$$V'_B = 2798,52 \text{ N}$$

Dall'analisi dei diagrammi delle sollecitazioni agenti, si ritiene che la sezione più pericolosa dell'albero è quella corrispondente al cuscinetto intermedio, per cui il perno d'estremità per questione di intercambiabilità, per ridurre i costi e i tempi di lavorazione si stabiliranno le stesse dimensioni del primo.

$$Mf_A = S_r l_1 = 4073,3 \cdot 200 = 814860 \text{ Nmm}$$

$$Mf'_A = S_t l_1 = 11194,06 \cdot 200 = 2238812 \text{ Nmm}$$

$$Mf_{idA} = \sqrt{Mf_A^2 + Mf'_A^2 + 0,75 \cdot Mt^2} = 3525092,34 \text{ Nmm}$$

$$d_A = \sqrt[3]{32 Mf_{am} / \pi \cdot \sigma_{am}} = \sqrt[3]{32 \cdot 3525092,34 / \pi \cdot 59} = 84,76 \text{ mm} \Rightarrow d_A = 85 \text{ mm}$$

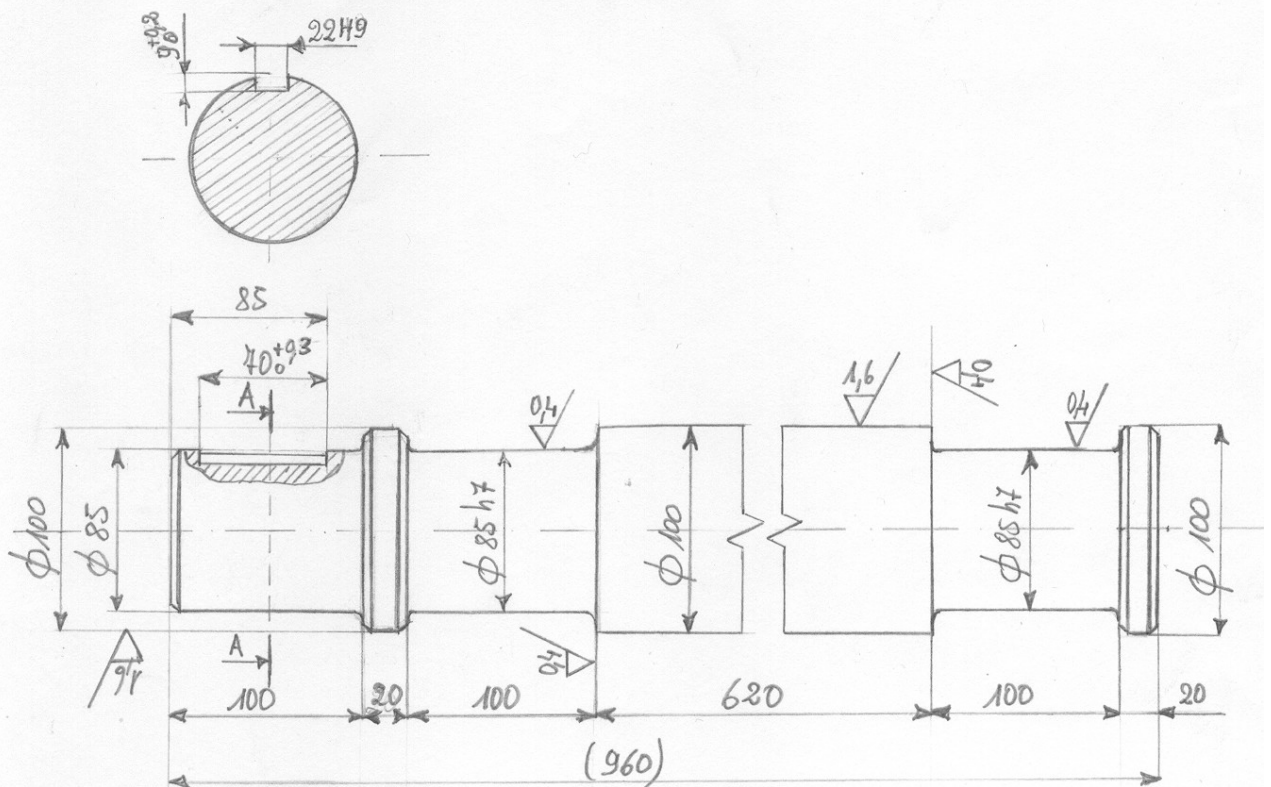
Verifica alla pressione specifica del cuscinetto, dalla tabella I 63 del Manuale di Meccanica si sceglie  $l/d=1$  essendo compreso nel campo di valori  $l/d=0,8 \div 1,8$ :

$$p_A = \frac{F_A}{l_A d_A} = \frac{20581,23}{85 \cdot 85} = 2,85 \text{ N/mm}^2 < p_{am} \quad F_A = \sqrt{V_A^2 + V'_A^2} = 20581,23 \text{ N/mm}^2$$

Si procede alla terza verifica, ossia allo smaltimento del calore, sfruttando la medesima tabella:

$$p_A v_A = p_A \pi n_u / 60 = 5,7 \text{ N m/mm}^2 \text{ s} < 20 \div 25 \text{ N m/mm}^2 \text{ s}$$

Disegno dell'albero progettato:



Scala 1:5 Smussi 5x45°

Ciclo di lavorazione dell'albero:

Grezzo di partenza: barra laminata  $\Phi= 110$  UNI EN C40

Fase	Operazione	Macchina	Utensili/Attrezzi
10	Innestatura	Tornio CN	Utensile a placchetta
20	Tornitura cilindrica da $\Phi= 110$ a $\Phi= 100$ $l=870$ mm	Tornio CN	Utensile a placchetta
30	Tornitura cilindrica da $\Phi= 100$ a $\Phi= 85$ h7 $l=188$ mm	Tornio CN	Utensile a placchetta
40	Esecuzione smussi $3 \times 45^\circ$	Tornio CN	Utensile a placchetta
50	Girare pezzo	Tornio CN	Utensile a placchetta
60	Innestatura	Tornio CN	Utensile a placchetta
70	Tornitura cilindrica da $\Phi= 110$ a $\Phi= 85$ h7 $l=97$ mm	Tornio CN	Utensile a placchetta
80	Esecuzione smussi $2 \times 45^\circ$	Tornio CN	Utensile a placchetta
90	Esecuzione sede chiavetta	Centro CN	Fresa a candela
100	Rettifica sedi cuscinetti ed estremità albero	Rettificatrice	Mola