DISEGNO, PROGETTAZIONE ED ORGANIZZAZIONE INDUSTRIALE

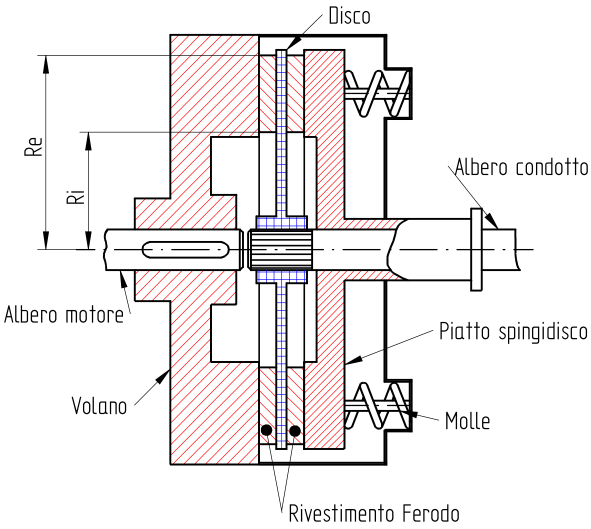
Sessione ordinaria 1983

Un autoveicolo il cui motore sviluppa la potenza di 22 kW al regime di 5100 giri/min, deve essere munito di innesto a frizione di tipo monodisco a secco.
Il candidato, fissando con opportuno criterio i dati occorrenti, dimensioni l'innesto e le relative molle spingidisco, descrivendo, infine, il ciclo di lavorazione per la fabbricazione, in media serie, dell'albero portadisco.

Ipotesi di soluzione

Premessa: i calcoli saranno fatti facendo riferimento alla normativa e al "Manuale di meccanica " ed. Hoepli

Si definisce un possibile schema della frizione.



Dati forniti:

Potenza $P = 22 \; [kW] = 22000 \; [W]$

Frequenza di rotazione turbina $n = 5100 \; [\frac{giri}{min}]$

Si inizia calcolando il diametro dell'albero condotto.
La velocità angolare è:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 5100}{60} = 534{,}07 \; \left[\frac{rad}{s}\right]$$

Si ricava il momento torcente applicato

$$M_t = \frac{P}{\omega} = \frac{22000}{543{,}07} = 41{,}193 \; [Nm] = 41193 = \; [Nmm]$$

Calcolo albero scanalato

Si sceglie il materiale dell'albero: sia un acciaio C 50 bonificato avente

$$R_m = 700\left[\frac{N}{mm^2}\right] \qquad R_s = 490\left[\frac{N}{mm^2}\right]$$

ipotizzando un coefficiente di sicurezza $\gamma = 3$ la tensione ammissibile è:

$$\sigma_{am} = \frac{R_s}{\gamma} = \frac{490}{3} = 163{,}3\ \left[\frac{N}{mm^2}\right] \qquad \tau_{am} = \frac{\sigma_{am}}{\sqrt{3}} = \frac{163{,}3}{\sqrt{3}} = 94{,}30\ \left[\frac{N}{mm^2}\right]$$

Il momento torcente trovato rappresenta un valore medio, per il calcolo è però necessario definire un valore massimo, dalla relazione $M_{tmax} = (1{,}5 \div 2)\ M_t$

si pone:

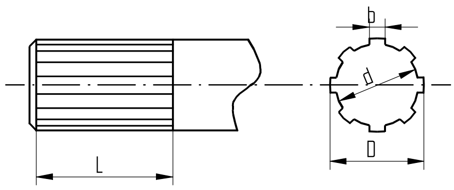
$$M_{tmax} = 1{,}5\ M_t = 1{,}5 \cdot 41{,}19 = 61{,}79\ [Nm] = 61789\ [Nmm]$$

Il diametro dell'albero vale:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{tmax}}{\pi\, \tau_{am}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 61789}{\pi \cdot 94{,}30}} = 13{,}05\ [mm]$$

L'albero condotto su cui è calettato il disco della frizione è un albero scanalato per cui le sue dimensioni devono essere ricavate dalle relative tabelle degli alberi scanalati.

Diametro di nocciolo $d = 16\ [mm]$
Diametro esterno $D = 20\ [mm]$
Larghezza dente $b = 4\ [mm]$
numero di denti $z = 6$
parametro $\Omega = 0{,}296$



Per valutare la lunghezza delle scanalature si utilizzerà la relazione

$$M_t = \left(\frac{D-d}{2} - 2 \cdot c\right) \cdot \psi \cdot z \cdot L \cdot \frac{D+d}{2} \cdot p_a = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \cdot \tau_a$$

dove

L	lunghezza di contatto tra mozzo ed albero	ψ	coefficiente di utilizzazione della superficie di contatto sui fianchi delle scanalature
d	diametro interno	τ_{am}	sollecitazione unitaria di torsione ammissibile per il materiale dell'albero
D	diametro esterno	p_a	pressione unitaria ammissibile tra la superficie a contatto delle scanalature
z	numero di scanalature	M_t	momento torcente massimo che l'albero pieno di diametro interno d può sopportare
c	altezza degli smussi		

Si effettuano le seguenti posizioni

$$m = \frac{\pi}{2\cdot\psi} \qquad \Omega = \frac{d^2}{z\cdot(D+d)\cdot(D-d-4\cdot c)} \qquad k = \frac{p_a}{\tau_{am}}$$

si ottiene

$$\frac{L}{d} = \frac{m\,\Omega}{k}$$

ipotizzando che le due superfici, scorrevoli, di contatto siano ambedue cementate. si trova che:

ψ=0,65, m = 2,42, k = 0,25, c=0 mm

è possibile ricavare la lunghezza di contatto

$$L_{con} = \frac{m\,\Omega}{k}\cdot d = \frac{2{,}42\cdot 0{,}296}{0{,}25}\cdot 16 = 45{,}89[mm]$$

Questa è la lunghezza di contatto tra il mozzo e l'albero, ricordando che il disco deve scorrere sull'albero la lunghezza della scanalatura si pone pari a 60 mm, mentre quella del mozzo sarà pari a 50 mm.

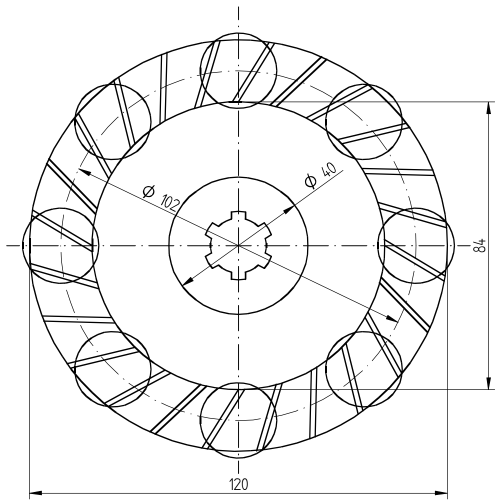
Calcolo Disco

Durante la rotazione, all'interno del disco, nascono delle forze centrifughe che tendono a dilatarlo e possono portare anche alla sua esplosione. Per evitare un tale evento è necessario che la sua velocità periferica si inferiore a:

$$v_{max} = 40[\frac{m}{s}]$$

Da quanto detto si può individuare un valore massimo per il diametro esterno.

$$r_e \le r_{max} = \frac{v_{max}}{\omega} = \frac{40}{534{,}08} = 0{,}075 \quad [m] = 74{,}90 \quad [mm]$$



Si pone quindi il diametro esterno del disco:

d_e=120 [mm]

Questo è il diametro esterno della zona di contatto tra disco e piatto spingidisco.

Definito adesso il rapporto $x = \frac{d_i}{d_e}$ con x= 0,7÷0,75

si pone x=0,7 per cui si può calcolare il diametro interno della zona di contatto, si ha:

$$d_i = x\cdot d_e = 0{,}7\cdot 120 = 84 \quad [mm]$$

La forza di attrito che che genera il momento torcente agirà sul diametro medio della zona di contatto,

$$d_{md} = \frac{d_e + d_i}{2} = \frac{120+84}{2} = 102 \quad [mm]$$

ed avrà intensità:

$$F_a = \frac{2 \cdot M_{tmax}}{d_{md}} = \frac{61789{,}57}{102} = 1211{,}56 \quad [N]$$

F_a sarà generata da un'altra forza, normale alla superficie di contatto, che, ipotizzato un coefficiente di attrito μ=0,25 vale:

$$N_t = \frac{F_a}{\mu} = \frac{1211{,}56}{0{,}25} = 4846{,}2 \quad [N]$$

Per evitare che, a regime, ci siano possibili slittamenti tra disco e spingidisco la forza N_{ag} che realmente deve essere applicata deve essere maggiore di N_t si pone: N_{ag}= 5000 [N]

Questa è anche la forza totale che le molle generano quando la frizione trasmette il moto (si ipotizza che non vi sia scorrimento tra le superfici a contatto).

La pressione di contatto sarà:

$$p_s = \frac{N_{ag}}{\pi} \cdot \frac{4}{d_e^2 - d_i^2} = \frac{5000}{\pi} \cdot \frac{4}{120^2 - 84^2} = 0{,}867 \quad \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

che risulta un valore accettabile

Calcolo molle

È necessario effettuare varie ipotesi che comunque derivano dall'analisi della dimensione del disco.

Si ipotizza di utilizzare z= 8 molle per, la forza agente su una singola molla vale:

$$N_1 = \frac{N_{ag}}{z} = \frac{5000}{8} = 625 \quad [N]$$

Si sceglie come materiale per le molle un acciaio 51 SiCrNi 5 avente

$$R_{mm} = 1700 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Dalle dimensioni della zona di contatto si definisce un diametro esterno della molla D_m=22 [*mm]*
Da quello del mozzo del disco di definisce l'altezza della molla (compressa) H = 30 [*mm]*
Diametro del filo dm=4 mm

Sia $$R = \frac{D_m}{2} = \frac{22}{2} = 11\,[mm]$$

Si definisce $$c = \frac{2 \cdot R}{d_m} = \frac{2 \cdot 11}{4} = 5{,}5$$

che ,tramite un opportuno grafico, riportato sul manuale di Meccanica per mette di ricavare
λ=1,30
necessaria per trovare la tensione ammissibile del filo

$$\tau_{amm} = \frac{R_{mm}}{2 \cdot \lambda} = \frac{1700}{2 \cdot 1{,}30} = 653{,}85 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Calcolando la tensione massima che agisce sul filo

$$\tau_{max}=\frac{N_1\cdot 16\cdot R}{\pi\cdot d_m^3}=\frac{625\cdot 16\cdot 11}{\pi\cdot 4^3}=547{,}1\,[\frac{N}{mm^2}]$$

si evidenzia come questa sia inferiore alla τ_{amm} per cui la scelta del diametro del filo, pari a 4 mm è accettabile

Definendo il rapporto

$$\frac{f}{i}=\frac{64\cdot R^3\cdot N_1}{d_m^4\cdot G}=\frac{64\cdot 11^3\cdot 625}{4^4\cdot 79500}=2{,}62$$

ricavando il passo possibile dalla relazione $p=g+\frac{f}{i}+d_m=2+2{,}62+4=8{,}62$

si individua il numero di spire $i=\frac{H}{p}=\frac{30}{8{,}62}=3{,}48$

Si pone i = 4