

TRASMISSIONE DELLA POTENZA

(Distillazione verticale)

OBIETTIVI: Conoscenza del principio di funzionamento dei principali sistemi di trasmissione della potenza.

Sapere effettuare calcoli sui principali sistemi di trasmissione della potenza.

- TRASMISSIONI (def.)
 - Rapporto di trasmissione (def.)
 - Rendimento meccanico (def.)

- Trasmissione con ruote di frizione (descr.)
 - Principio di trasmissione della potenza (descr.)
 - Condizione di aderenza (formula)
 - Condizione cinematica di aderenza (formula)
 - Rapporto di trasmissione (def. + calcolo)
 - Dimensionamento (calcolo)

- Trasmissione con ruote dentate cilindriche a denti diritti (descr.)
 - Principio di trasmissione della potenza (descr.)
 - Caratteristiche geometriche (descr. + def.)
 - Condizione di ingranamento (def.)
 - Modulo (def. + calcolo)
 - Proporzionamento modulare (calcolo)
 - Rapporto di trasmissione (def. + calcolo)
 - Angolo di pressione (def.)
 - Numero minimo di denti (condizione di non interferenza) (tabella)
 - Rendimento (formula)

- Trasmissione con organi flessibili (descr.)
 - Trasmissione con cinghie piate (descr.)
 - Principio di trasmissione della potenza (descr.)
 - Condizione di aderenza (descr. + calcolo)
 - Angolo di avvolgimento (def.)
 - Tensione di montaggio (calcolo)
 - Rapporto di trasmissione (def. + calcolo)
 - Dimensionamento (calcolo)
 - Trasmissione con cinghie trapezoidali (descr.)
 - Principio di trasmissione della potenza (descr.)
 - Coefficiente d'attrito fittizio (descr. + formula)

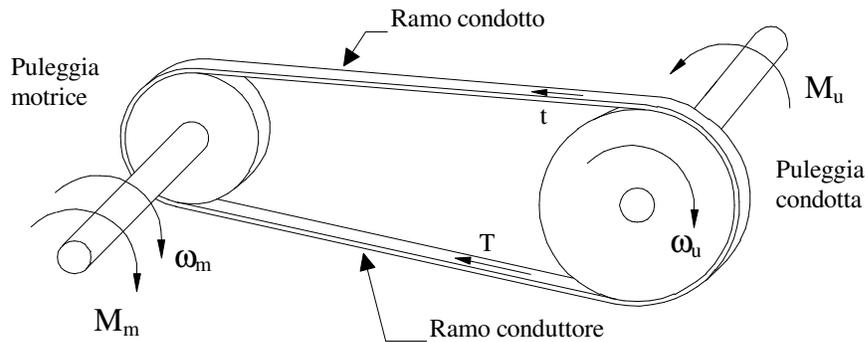
- Trasmissione con giunti e innesti (descr.)
 - Giunto (def.)
 - Principio di trasmissione della potenza (descr.)
 - Innesto (def.)
 - Principio di trasmissione della potenza (descr.)

TRASMISSIONE DELLA POTENZA CON ORGANI FLESSIBILI

Sono quelle trasmissioni realizzate tramite degli organi quali cinghie, catene, funi che possono trasmettere il moto rotatorio per effetto della loro capacità di deformarsi notevolmente. Secondo la forma della loro sezione, le cinghie possono essere piatte, trapezoidali, dentate. Per realizzare una trasmissione di questo tipo si devono calettare sugli alberi delle pulegge aventi la periferia (corona) sagomata in forma tale da potere accogliere l'organo flessibile.

TRASMISSIONE DI POTENZA CON CINGHIE PIATTE

Sono impiegate per trasmettere potenze non elevate fra alberi paralleli, perpendicolari o sghembi molto distanti. La trasmissione del moto è possibile solo se si realizza tra la superficie interna della cinghia e la periferia delle pulegge un'aderenza tale da impedire lo slittamento.



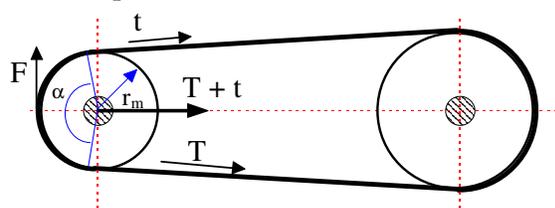
La puleggia motrice trascina per attrito la cinghia e questa, sempre per attrito, fa girare la puleggia condotta. Le due pulegge girano nello stesso senso e i due tratti di cinghia vengono chiamati:

- **ramo conduttore** quello che va verso la puleggia motrice;
- **ramo condotto** quello che va verso la puleggia condotta.

Forze scambiate tra i due rami della cinghia che sono soggetti a trazione e le pulegge



CONDIZIONE DI ADERENZA: se F è la forza periferica da trasmettere (F dipende dalla potenza da trasmettere), T è lo sforzo nel ramo conduttore della cinghia, t è lo sforzo nel ramo condotto, affinché possa realizzarsi il moto, deve essere:



per l'equilibrio alla rotazione rispetto all'asse di rotazione della puleggia motrice

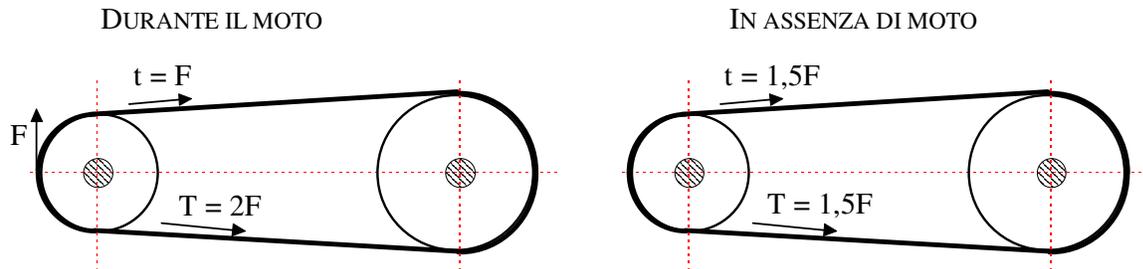
$$T \cdot r_m - F \cdot r_m - t \cdot r_m = 0 \quad \text{da cui si calcola} \\ T - t = F$$

Gli sforzi T e t sono legati da una relazione in funzione del coefficiente d'attrito f e dell'angolo di avvolgimento α . **L'angolo di avvolgimento** è l'angolo sotteso dall'arco di puleggia su cui è avvolta la cinghia; tanto maggiore è l'angolo di avvolgimento, tanto più alta è la capacità di trasmissione. Si dimostra che per i materiali della cinghia ($f = 0,3$) e per gli angoli di avvolgimento ($\alpha \cong 150^\circ$) solitamente utilizzati vale la relazione:

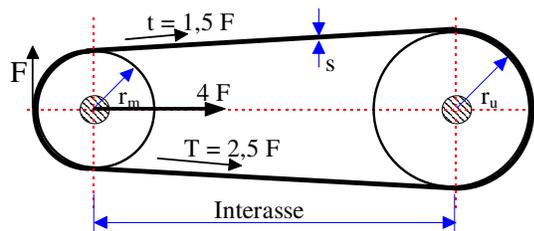
$$T = 2t \quad \Rightarrow \quad \text{dalla relazione vista prima } 2t - t = F \quad \rightarrow \quad t = F$$

Ciò significa che durante il moto, la tensione della cinghia nel ramo condotto vale la forza periferica da trasmettere, mentre nel ramo conduttore la tensione è doppia di quella del ramo condotto. In assenza di moto la disuniformità delle tensioni si annulla; ogni ramo di cinghia sopporta uno sforzo $1,5 F$ mentre l'albero motore è soggetto ad una forza complessiva $3 F$.

Ne consegue che **affinché si realizzi la trasmissione del moto è necessario montare la cinghia con una tensione pari ad almeno una volta e mezzo la forza da trasmettere.**



Nella pratica, per maggiore sicurezza, si preferisce adottare una **tensione di montaggio** per ogni ramo della cinghia uguale a $2 F$.



Quindi per il buon funzionamento della trasmissione deve essere

L'angolo di avvolgimento $\alpha \geq 150^\circ$ che si traduce nelle due seguenti condizioni:

$$\begin{cases} \text{L'interasse } I \geq 2d_u \\ \text{Il rapporto tra i diametri } \frac{d_u}{d_m} \leq 6 \end{cases}$$

Le tensioni nei due rami della cinghia devono valere:

$$\begin{cases} T + t = 4F \\ T - t = F \end{cases} \xrightarrow{\text{Risolvendo}} \begin{cases} T = 2,5 F \\ t = 1,5 F \end{cases} \quad \text{dove } F \text{ è la forza periferica da trasmettere}$$

RAPPORTO DI TRASMISSIONE: con buona approssimazione, ritenendo nulli gli slittamenti, può essere calcolato con il rapporto

$$i = \frac{\omega_m}{\omega_u} = \frac{n_m}{n_u} = \frac{d_u}{d_m}$$

In realtà il rapporto di trasmissione effettivo deve tenere conto dello spessore s della cinghia, quindi

$$i_c = \frac{d_u + s}{d_m + s}$$

Nella pratica, il rapporto di trasmissione non coincide con quello così calcolato; la cinghia infatti, in virtù della propria elasticità, passando dal ramo condotto (meno teso) al conduttore (più teso) si allunga, e conseguentemente la velocità periferica della puleggia condotta risulta minore di quella della puleggia motrice di $(0,8 \div 2)\%$; tale fenomeno viene detto **slittamento elastico**.

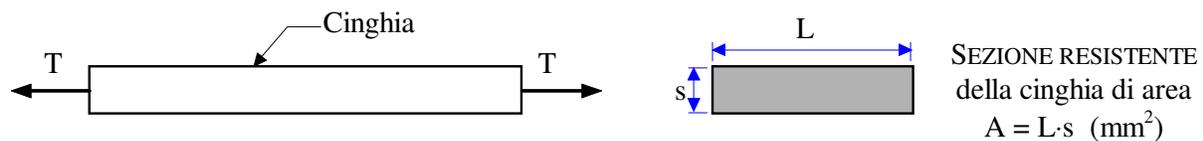
CALCOLO DI RESISTENZA DELLA CINGHIA: consiste nel calcolare la larghezza e lo spessore della cinghia (sezione resistente) quando sono noti la potenza da trasmettere e il numero di giri dell'albero motore. Dal valore della potenza P in kW e dal numero di giri dell'albero motore si risale al momento motore

$$M_m = \frac{9549 P}{n_m} \quad \text{con} \quad \begin{cases} P \text{ (potenza) espressa in kW} \\ n_m \text{ espresso in } \frac{\text{giri}}{\text{min}} \end{cases} \quad \text{e da questo si calcola la forza periferica da}$$

trasmettere F

$$F = \frac{M_m}{r_m}$$

La sezione della cinghia (larghezza \times spessore) verrà calcolata in base allo sforzo massimo $T = 2,5 F$ che essa sopporta (sforzo di trazione) con la formula:



$$A = \frac{T}{k} \quad \text{con} \quad \begin{cases} A = L \cdot s \text{ (mm}^2\text{)} \text{ area della sezione della cinghia} \\ T = 2,5 F \text{ (N)} \text{ sforzo massimo nella cinghia} \\ k \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) \text{ carico unitario di sicurezza del materiale della cinghia} \end{cases}$$

Calcolata l'area A , generalmente si fissa lo spessore della cinghia ($s = 3 \div 8 \text{ mm}$) e quindi se ne calcola la larghezza: $L = \frac{A}{s} \text{ (mm)}$.

La larghezza così calcolata si riterrà definitiva per cinghie aperte, di materiale di buona qualità, per rapporti di trasmissione vicino a 1 e se gli alberi sono allo stesso livello ma non troppo vicini. In casi diversi di trasmissione occorrerà aumentare la larghezza della cinghia del $(10 \div 30)\%$.

Le larghezze delle cinghie e i diametri delle pulegge sono unificate per cui bisognerà attenersi alle apposite tabelle UNI (UNI 4921).

I materiali utilizzati per le cinghie sono cuoio, gomma, tela gommata, nylon; si riportano i seguenti valori del carico unitario di sicurezza:

- per cinghia di cuoio $\rightarrow k = (2 \div 4) \text{ N / mm}^2$;
- per cinghia di gomma $\rightarrow k = (1,5 \div 2,5) \text{ N / mm}^2$;
- per cinghia di nylon $\rightarrow k = (1,6 \div 3,2) \text{ N / mm}^2$.

I materiali utilizzati per le pulegge sono prevalentemente ghisa, lamiera d'acciaio stampata e saldata, leghe leggere. Per mantenere le cinghie sulle pulegge, evitandone l'uscita lateralmente durante la rotazione, occorre che la periferia delle pulegge sia leggermente bombata.

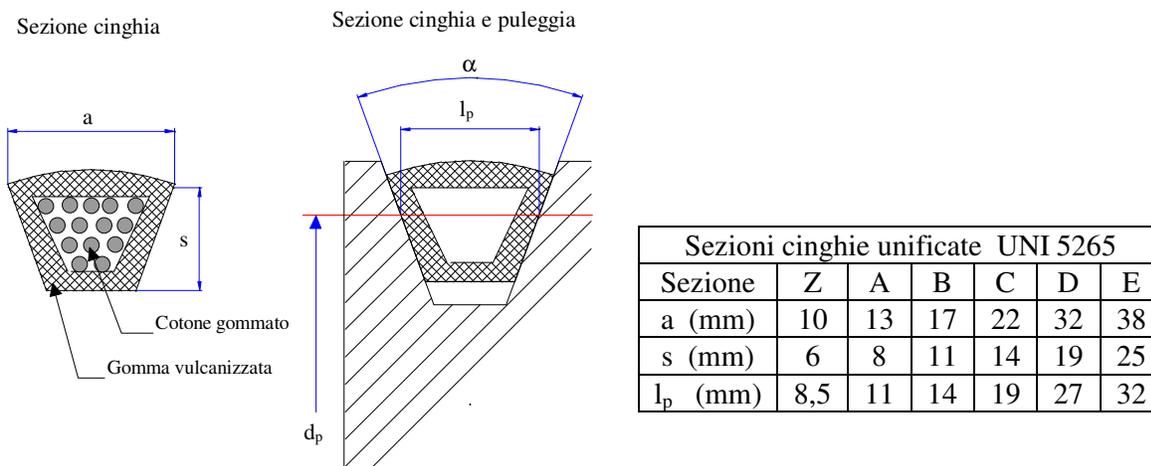
È da tenere presente che la cinghia, avvolgendosi sulle pulegge, è soggetta ad una forza centrifuga che agisce nel senso di ridurre la tensione nella cinghia con conseguente diminuzione dell'aderenza; per questo motivo, si cerca di non superare mai velocità periferiche di 30 m / s . I valori di velocità periferica generalmente adottati non superano i 15 m / s .

TRASMISSIONE DI POTENZA CON CINGHIE TRAPEZOIDALI

Sono trasmissioni realizzate con cinghia ad anello continuo, senza giunzioni, a sezione trapezia costituita da un'anima di cotone gommato, resistente a trazione, rivestita di gomma vulcanizzata che conferisce alla cinghia la necessaria elasticità.

Questo tipo di trasmissione tende a sostituire quello con cinghie piatte per la possibilità di elevati rapporti di trasmissione, per la riduzione della pressione sugli alberi, per la silenziosità e dolcezza nella trasmissione del moto, per la possibilità di adottare anche interassi minimi. Il montaggio di queste cinghie è più complesso perché, dovendo entrare nelle gole, richiede l'allontanamento e il successivo riavvicinamento di uno degli alberi su cui sono calettate le pulegge, o il ricorso a pulegge con fiancate apribili.

La forma della sezione della cinghia richiede l'impiego di pulegge con gole cuneiformi con conseguente aumento del coefficiente d'attrito. Queste pulegge si costruiscono in ghisa, in lamiera d'acciaio, in lega leggera e portano un numero di gole variabili da 1 a 6; le gole hanno forma di scanalature trapezoidali con angolo di apertura uguale a quello delle sezioni delle cinghie.



Sezione cinghia	Z	A	B	C	D	E	α
Diametro primitivo	50 ÷ 80	75 ÷ 118	125 ÷ 190				34°
d _p (mm)	≥ 90	≥ 125	≥ 200	200 ÷ 280	355 ÷ 475	500 ÷ 600	36°
				≥ 300	≥ 500	≥ 630	38°

COEFFICIENTE D'ATTRITO FITTIZIO: la conicità della gola modifica il coefficiente d'attrito, infatti poiché le cinghie trapezoidali lavorano sui fianchi si ha:

$$f^l = \frac{f}{\sin \frac{\alpha}{2} + f \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} \quad \text{con} \quad \begin{cases} f^l & \text{coefficiente d'attrito fittizio} \\ f & \text{coefficiente d'attrito} \\ \alpha & \text{angolo delle gole} \end{cases}$$

Questa maggiorazione fa sì che si possano ridurre gli archi di avvolgimento sulle pulegge (il che significa alti rapporti di trasmissione) oppure ridurre la tensione di montaggio della cinghia.

Per il calcolo di queste cinghie è necessario fare ricorso alle tabelle unificate (UNI 5266, 5789, 5790); da queste si ricava la sezione più adatta della cinghia in funzione della potenza da trasmettere, dalla velocità periferica e dell'angolo di avvolgimento. Generalmente si usano più cinghie affiancate, in numero tanto maggiore quanto più grandi sono la potenza da trasmettere e il numero di giri.

GIUNTI e INNESTI

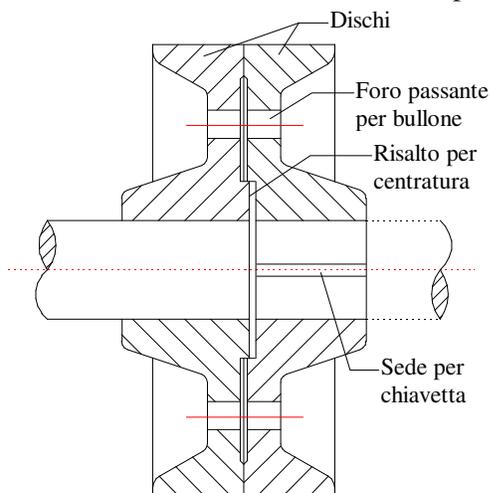
Giunti e innesti sono organi meccanici utilizzati per trasmettere la potenza fra due alberi mediante il collegamento delle loro estremità. Gli alberi da collegare devono essere coassiali o leggermente disassati. In questo tipo di trasmissione del moto rotatorio nessuna caratteristica viene variata, quindi rimangono costanti sia il verso del moto che la velocità angolare \Rightarrow il loro rapporto di trasmissione è uguale a uno ($i = 1$).

GIUNTI: sono organi meccanici che trasmettono potenza collegando direttamente le estremità degli alberi in modo permanente.

I giunti possono essere classificati in

- **Giunti rigidi:** usati per collegare alberi perfettamente coassiali. Le loro caratteristiche sono: accoppiamento rigido e quindi nessuno spostamento relativo tra gli alberi è consentito, nessun disallineamento degli alberi è consentito, possibilità di trasmettere una spinta assiale.
- **Giunti elastici:** usati per collegare alberi non perfettamente coassiali. Le loro caratteristiche sono: consentono limitati disallineamenti assiali e angolari dovuti al montaggio o all'esercizio grazie ad elementi deformabili di cui sono muniti (organi flessibili, molle), attenuano l'effetto dell'urto dovuto a brusche variazioni del momento motore e del momento resistente.
- **Giunti articolati:** usati per collegare alberi tra assi paralleli, oppure incidenti. Le loro caratteristiche sono: consentono la trasmissione tra assi paralleli o concorrenti; si dicono **omocinetici** quando la velocità angolare in uscita è uguale, istante per istante, a quella in entrata.

GIUNTO RIGIDO A DISCHI: è uno dei più importanti per le sue caratteristiche di robustezza e per il



limitato ingombro. Esso è costituito essenzialmente da due dischi collegati tra loro a mezzo di bulloni e agli alberi a mezzo di chiavette. I dischi sono centrati tra loro a mezzo di apposito risalto. La trasmissione del momento può avvenire per effetto dell'attrito generato dal serraggio dei bulloni o per la resistenza al taglio dei bulloni stessi.

GIUNTO RIGIDO A FLANGE: sono simili al giunto a dischi solo che le flange formano un unico pezzo con l'albero perché ricavate per fucinatura da un lingotto d'acciaio; viene così eliminato il punto debole del collegamento, costituito dalla chiave che, nel giunto a dischi, collegano il mozzo all'albero. La trasmissione a regime avviene per attrito, in modo che i bulloni vengono sollecitati a taglio solo in caso di sovraccarichi. Il centraggio viene realizzato per il tramite di un risalto, cui corrisponde un incavo sull'altro. Questo giunto viene utilizzato per trasmettere elevate potenze e per sopportare spinte assiali, urti, brusche variazioni di carico.

INNESTI: sono organi meccanici che trasmettono potenza collegando le estremità degli alberi in modo non permanente, quindi permettono di collegare o disinnestare le estremità degli alberi in qualsiasi istante, senza richiedere, a volte, l'arresto della macchina.

Gli innesti possono essere classificati in

- **Innesti a denti:** usati per realizzare e interrompere l'accoppiamento fra due alberi coassiali solo quando questi sono fermi.
- **Innesti a frizione:** usati per realizzare e interrompere l'accoppiamento fra due alberi coassiali anche quando questi sono in movimento; possono essere piani o conici.

Gli innesti sono costruiti ,in linea di massima, da due pezzi calettati sulle estremità dei rispettivi alberi che vengono a contatto, accoppiandosi, in virtù di alcune sporgenze che penetrano in opportuni vani ricavati nella superficie del pezzo coniugato (**innesti a denti**) o semplicemente per l'attrito che si sviluppa quando essi sono fortemente premuti l'uno contro l'altro (**innesti a frizione**).

