

INTRODUZIONE alle TRASMISSIONI

Una **trasmissione meccanica** è il complesso degli organi che servono per trasmettere potenza in un sistema meccanico.

Alcuni di tali organi, come alberi, giunti e innesti, trasmettono la potenza senza variazione del numero di giri, cioè con rapporto di trasmissione costantemente uguale a uno. Tutti questi organi hanno di alberi coassiali.

Altri organi di trasmissione, come ruote lisce o dentate, cinghie e catene sono in grado di realizzare rapporti di trasmissione diversi da uno, a volte fissi, a volte variabili a gradini (cambi) o con continuità (variatori continui).

La necessità di introdurre una VARIAZIONE di GIRI (riduzione o moltiplicazione) può derivare da motivi funzionali: ad esempio, nei motori endotermici alternativi a quattro tempi l'albero a camme deve ruotare con velocità angolare pari alla metà di quella dell'albero motore.

INTRODUZIONE alle TRASMISSIONI

Molto frequentemente, trasmissioni con rapporto minore di uno sono necessarie per collegare un motore veloce ad un utilizzatore lento; infatti, è di solito conveniente (e talvolta necessario) che il motore sviluppi la sua potenza a velocità elevata e coppia (relativamente) bassa, mentre la velocità angolare dell'utilizzatore è imposta da necessità funzionali.

La **scelta del tipo di trasmissione** più adatto per ogni singola applicazione è dettata da numerose circostanze, quali

- distanza tra gli alberi (interasse),
- ingombro,
- potenza da trasmettere,
- velocità di funzionamento a regime,
- rapporto di trasmissione da realizzare,
- caratteristiche del motore e dell'utilizzatore,
- costo,
- esigenze di manutenzione.

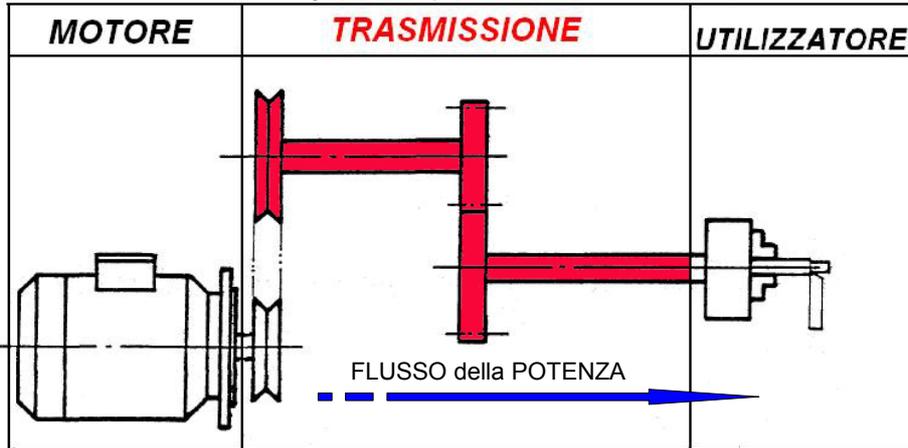
SISTEMA MECCANICO



Elemento del sistema che
EROGA energia e nel tempo
POTENZA

Elemento del sistema che TRASFERISCE
energia e nel tempo POTENZA

Elemento del sistema che
ASSORBE energia e nel
tempo POTENZA

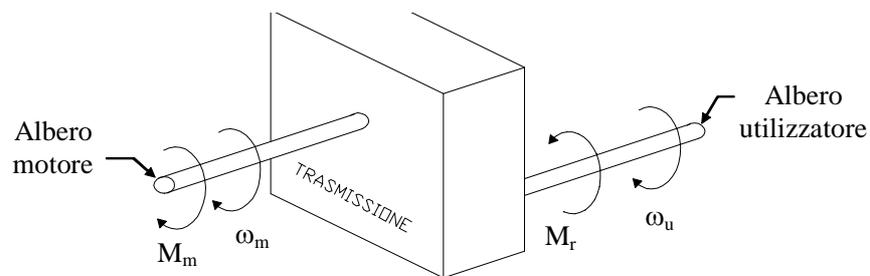


TRASMISSIONI

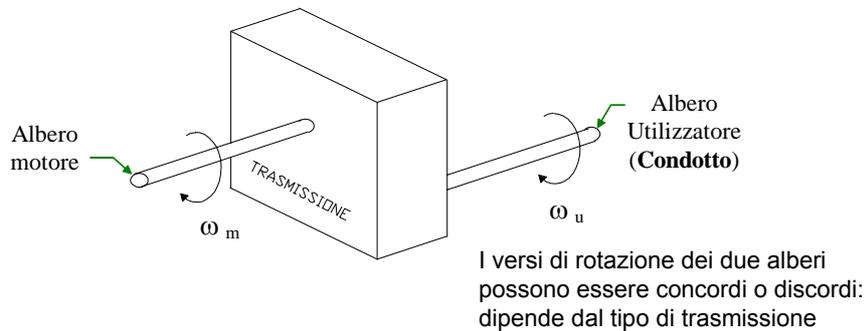
SCHEMA a BLOCCHI di un SISTEMA MECCANICO



SCHEMA DI UNA TRASMISSIONE



Rapporto di trasmissione

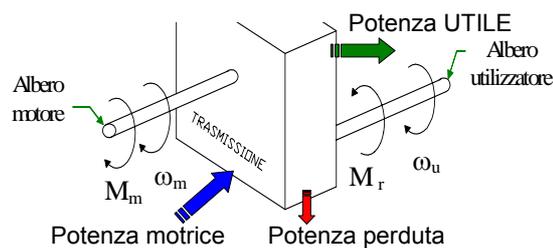


$$\text{Rapporto di trasmissione} = \frac{\text{velocità angolare albero motore}}{\text{velocità angolare albero condotto}}$$

$$i = \frac{\omega_m}{\omega_u} = \frac{n_m}{n_u} \quad \text{per} \quad \begin{cases} i > 1 & \text{si ha una trasmissione con riduzione} \\ i = 1 & \text{si ha una trasmissione senza variazione} \\ i < 1 & \text{si ha una trasmissione con moltiplicazione} \end{cases}$$

Rendimento meccanico di una trasmissione

È il rapporto tra la potenza utilizzata (potenza utile) e la potenza fornita dal motore (potenza motrice).



$$\text{Potenza motrice} = \text{Potenza utile} + \text{Potenza perduta}$$

$$P_m = P_u + P_p$$

$$P_u = P_m - P_p$$

$$\eta = \frac{P_u}{P_m} = \frac{M_r \cdot \omega_u}{M_m \cdot \omega_m} < 1$$

$$\eta(\%) = \frac{P_u}{P_m} \times 100$$

Ricordiamo che la potenza nel moto rotatorio può essere espressa in funzione del numero di giri con la seguente relazione

$$P_m = \frac{M_m \cdot n_m}{9549} \Rightarrow M_m = \frac{9549 P}{n_m} \text{ con } \begin{cases} P \text{ (potenza) espressa in kW} \\ n_m \text{ espresso in } \frac{\text{giri}}{\text{min}} \end{cases}$$

In condizioni IDEALI
(assenza di attriti $\eta = 1$) si ha:

$$M_m \cdot \omega_m = M_r \cdot \omega_u$$

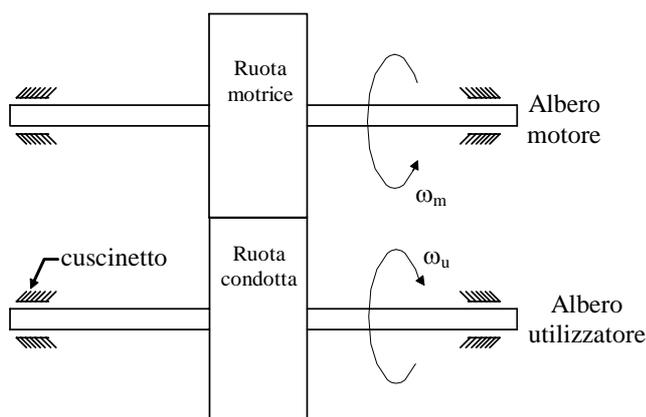
In condizioni REALI
(presenza di attriti $\eta < 1$) si ha:

$$M_m \cdot \omega_m \cdot \eta = M_r \cdot \omega_u$$

Ricordando la definizione di rapporto di trasmissione $i = \frac{\omega_m}{\omega_u}$

$$M_m = \frac{M_r \cdot \omega_u}{\eta \cdot \omega_m} = \frac{M_r}{\eta \cdot i}$$

Trasmissione tipo

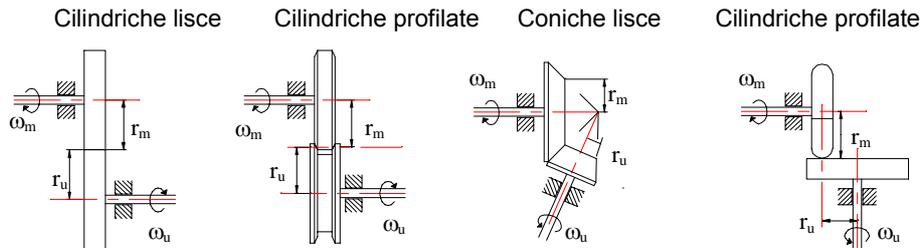


I due alberi sostenuti dai rispettivi cuscinetti portano calettate due ruote (o pulegge) collegate in qualche modo fra di loro: il moto posseduto dall'albero motore viene trasferito alla ruota condotta e quindi all'albero utilizzatore

Trasmissioni con RUOTE di FRIZIONE

Sono utilizzate per trasmettere piccole potenze (qualche chilowatt) tra alberi paralleli o incidenti, non molto distanti tra di loro

Tipi di ruote di frizione

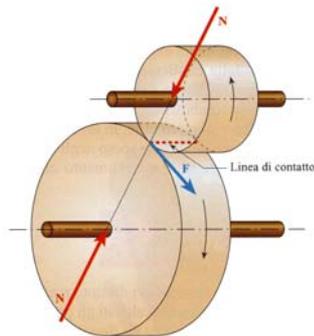


Tra alberi ad **assi PARALLELI**

Tra alberi ad **assi INCIDENTI**

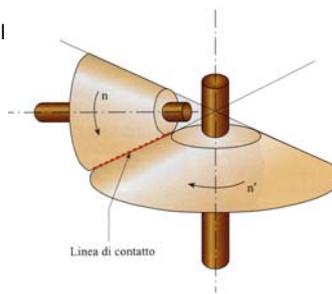
Le ruote sono tenute a contatto dalle forze prementi N

La trasmissione del moto avviene grazie all'ADERENZA (attrito statico) tra le due ruote lungo la linea di contatto

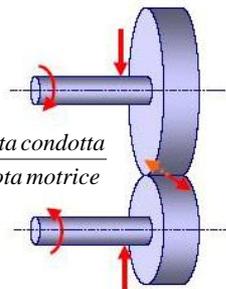


L'aderenza dipende dal valore delle forze prementi e dal coefficiente d'attrito VOLVENTE

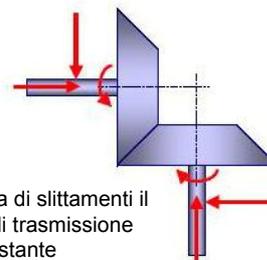
Nella trasmissione si ha l'inversione del senso di rotazione



$$i = \frac{n_m}{n_c} = \frac{\text{diametro ruota condotta}}{\text{diametro ruota motrice}}$$



In assenza di slittamenti il rapporto di trasmissione rimane costante



Nella scelta dei MATERIALI delle ruote ci si trova di fronte a due esigenze contrastanti:

- la necessità di un'elevata aderenza consiglierebbe di ricorrere a materiali come la GOMMA o il CUOIO che hanno un elevato coefficiente d'attrito;
- l'esigenza che i materiali a contatto sopportino le pressione consiglia invece materiali metallici (GHISA, ACCIAIO), in cui il valore del coefficiente d'attrito ha valori più bassi ($f = 0,10 \div 0,15$).

In ogni caso risultano limitate le potenze trasmissibili.

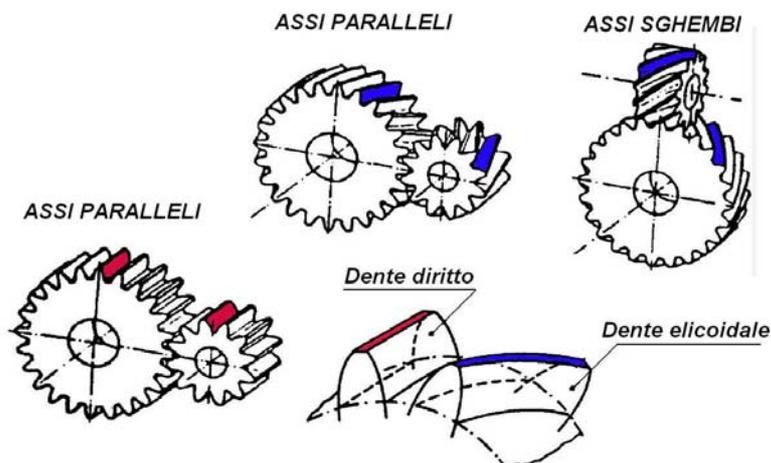
Nel funzionamento reale si ha una perdita di potenza dovuta all'attrito di strisciamento degli alberi sui perni e all'attrito volvente tra le due ruote.

In condizioni ottimali si hanno **ELEVATI rendimenti**

Trasmissioni con RUOTE DENTATE: **INGRANAGGI**

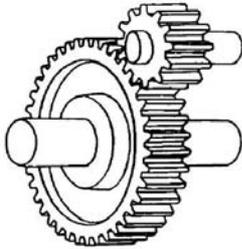
Sono utilizzate per trasmettere grandi e piccole potenze tra alberi paralleli, incidenti, sghembi, generalmente non molto distanti tra di loro

Una ruota dentata può essere cilindrica o conica ed ha lungo la periferia dei DENTI che possono assumere forme diverse

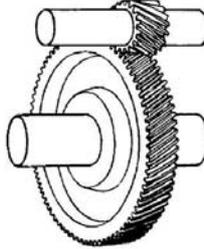


Ingranaggi ad ASSI PARALLELI

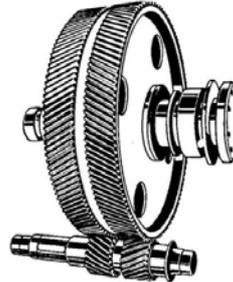
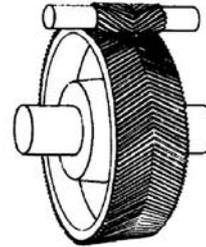
a DENTI DIRITTI



a DENTI ELICOIDALI

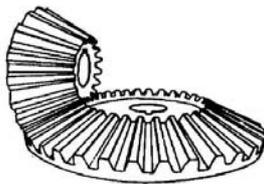


a DENTI BIELICOIDALI



Ingranaggi ad ASSI INCIDENTI

CONICO a DENTI DIRITTI



CONICO a DENTI ELICOIDALI

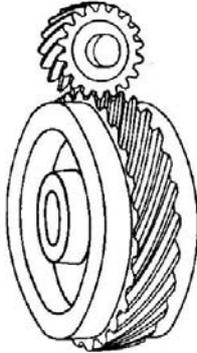


CONICO a DENTI a SPIRALE

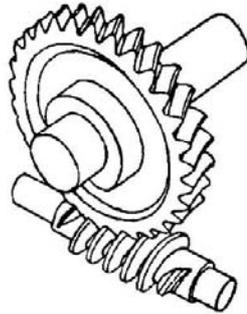


Ingranaggi ad ASSI sghembi

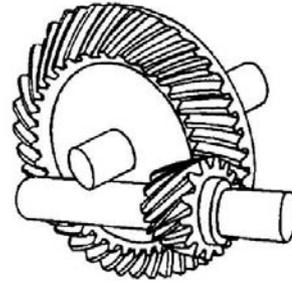
ELICOIDALE



a VITE



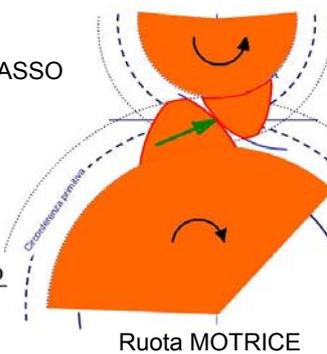
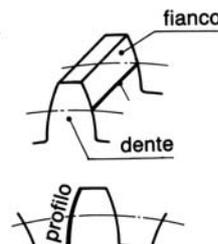
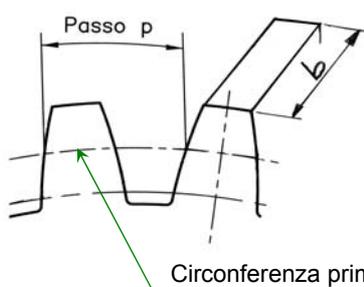
IPOIDE



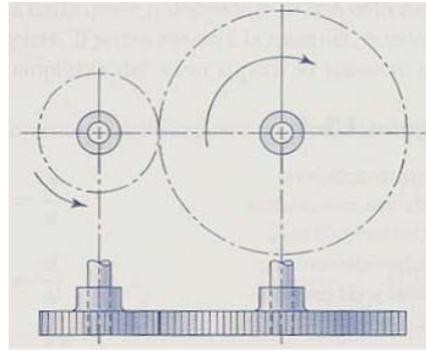
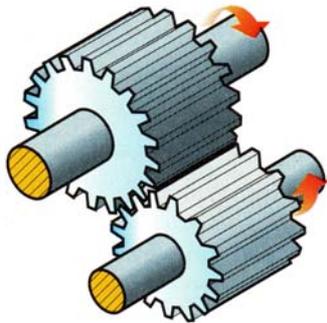
La trasmissione del moto avviene grazie alla **SPINTA** che i denti della ruota motrice esercitano sui denti della ruota condotta

Due ruote per ingranare devono avere lo STESSO PASSO

Il PASSO p è la distanza misurata sulla circonferenza primitiva tra due punti omologhi di due denti consecutivi



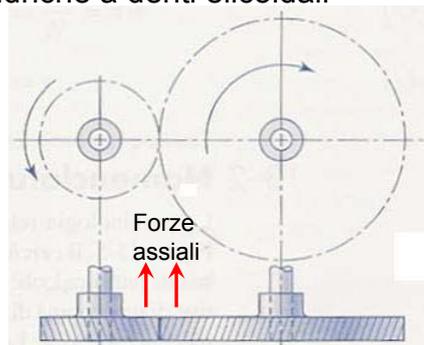
Ruote dentate cilindriche a denti dritti



I denti entrano in presa simultaneamente su tutta la larghezza del dente, quindi sono sottoposti istantaneamente (URTO) al carico totale da trasmettere.

Anche per questo motivo sono rumorose

Ruote dentate cilindriche a denti elicoidali



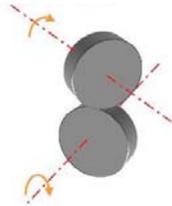
I denti entrano in contatto gradualmente, quindi il carico è applicato con azione progressiva. I denti contemporaneamente in presa sono più di uno, quindi il carico risulta ripartito su più denti. Le eliche dei denti delle due ruote sono avvolte in senso contrario ed hanno la stessa inclinazione.

A parità di dimensione dei denti possono trasmettere una potenza maggiore. Per l'inclinazione dei denti nascono delle forze assiali (parallele all'asse della ruota che tendono a farla scorrere l'ungo l'asse. Questo problema non sussiste per le ruote bieloidali. Sono meno rumorose delle ruote con denti dritti.

Ruote dentate cilindriche a denti elicoidali



TRASMISSIONE con alberi ad assi sghembi

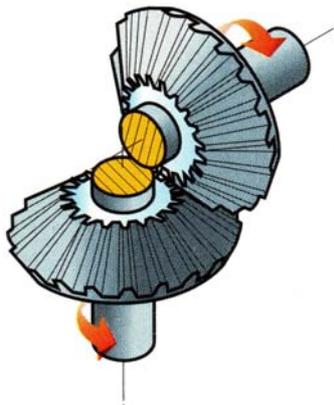


Ruote dentate elicoidali

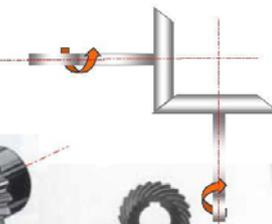
Le eliche dei denti delle due ruote sono avvolte nello stesso senso ed hanno stessa inclinazione e passo.

Per l'inclinazione dei denti nascono delle forze che tendono a fare distaccare le ruote

Ruote dentate coniche



TRASMISSIONE con alberi perpendicolari incidenti

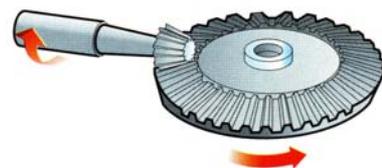


Ruote coniche a denti dritti

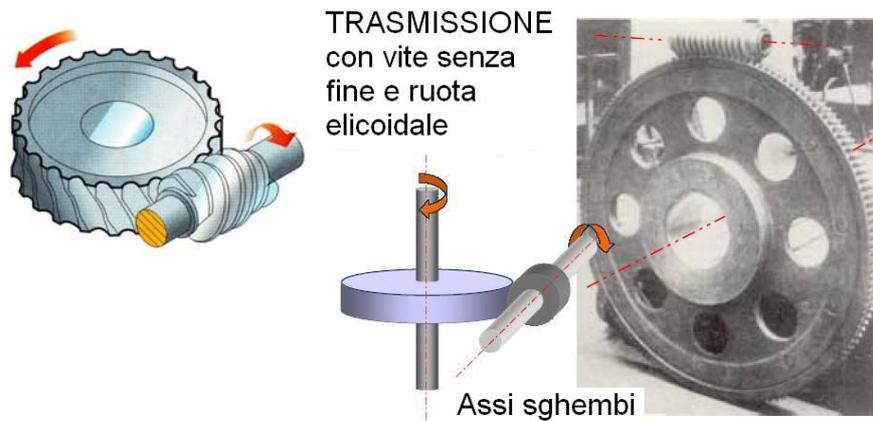


Ruote coniche a denti elicoidali

Si utilizzano per trasmissioni più regolari e silenziose e per trasmettere sforzi elevato, soprattutto quando hanno i denti a spirale (utilizzate nel gruppo differenziale degli autoveicoli)



Coppia vite senza fine - ruota dentata elicoidale

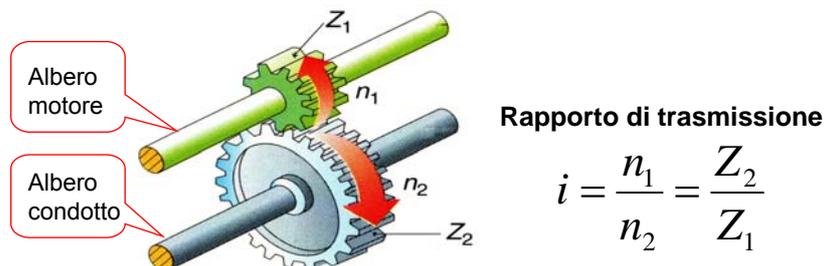


L'elemento motore è sempre la vite senza fine.

Si utilizza per ottenere una FORTE RIDUZIONE di velocità

I MATERIALI per la costruzione delle ruote dentate è vario: si va dall'acciaio per la trasmissione di potenze elevate a materiali plastici per la trasmissione di piccole potenze.

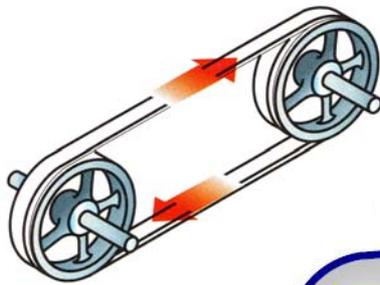
Il **rapporto di trasmissione è costante** anche in presenza di piccoli errori di montaggio e può assumere una vasta gamma di valori.



Nel funzionamento reale si ha una perdita di potenza dovuta all'attrito di strisciamento degli alberi sui perni e all'attrito radente tra i fianchi dei denti a contatto.

In condizioni normali si hanno **ELEVATI rendimenti**

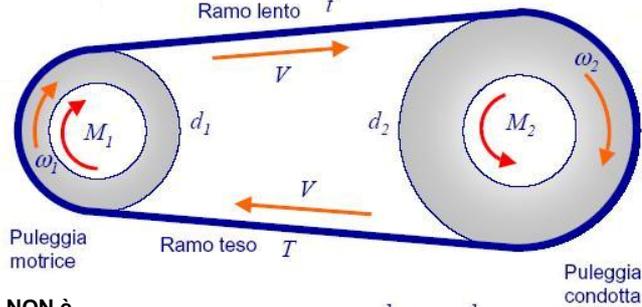
Trasmissioni con cinghia piatta



Sono utilizzate per trasmettere piccole potenze tra alberi generalmente paralleli, distanti tra di loro

Le due pulegge non possono avere diametri molto diversi fra loro per evitare slittamenti sulla puleggia più piccola (piccolo arco di contatto)

La trasmissione del moto avviene grazie all'**ADERENZA** tra la cinghia e le pulegge lungo l'arco di contatto generata dalla forza di tiro della cinghia

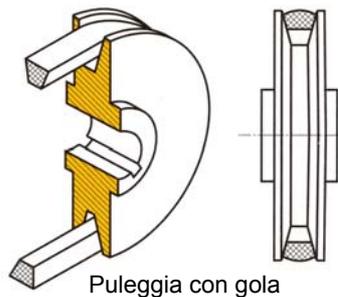
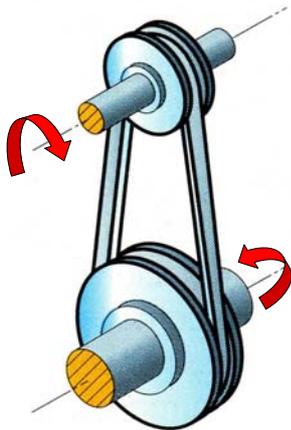


Il **rapporto di trasmissione NON è costante** per gli inevitabili slittamenti dovuti all'elasticità della cinghia

$$\text{Velocità periferica } V = \omega_1 \frac{d_1}{2} = \omega_2 \frac{d_2}{2}$$

$$V = 7 \div 15 \text{ m/s}$$

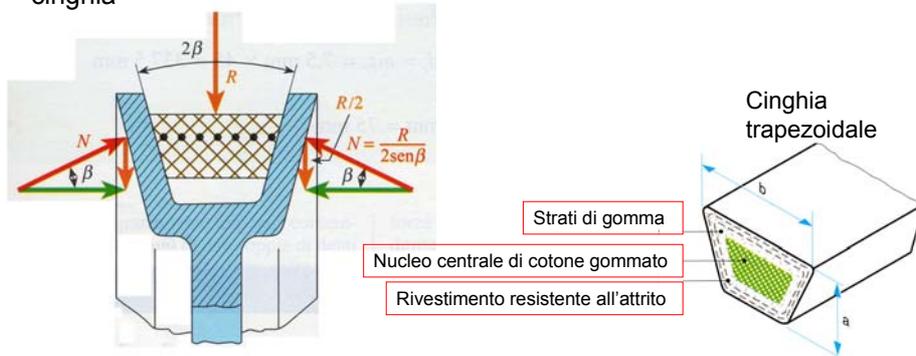
Trasmissioni con cinghia trapezoidale



Sono utilizzate per trasmettere medie potenze, anche ad elevate velocità tra due o più alberi paralleli, distanti o vicini tra di loro. Si adattano bene a regimi variabili di rotazione.

Il **rapporto di trasmissione NON è costante** per gli inevitabili slittamenti dovuti all'elasticità della cinghia

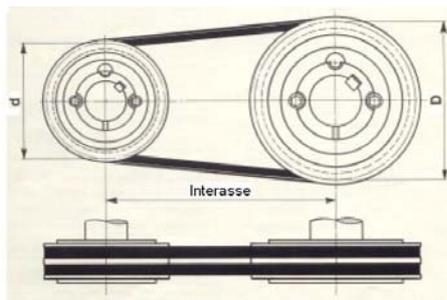
La trasmissione del moto avviene grazie all'ADERENZA (circa tre volte maggiore rispetto alla cinghia piatta) tra i **fianchi della cinghia** e i **fianchi delle pulegge lungo l'arco di contatto** generata dalla forza di tiro della cinghia



Le pulegge possono avere diametri anche molto diversi.

Presentano un ingombro ridotto, sono più silenziose delle cinghie piane.

Trasmissioni con più cinghie trapezoidali



Non richiedono lubrificazione

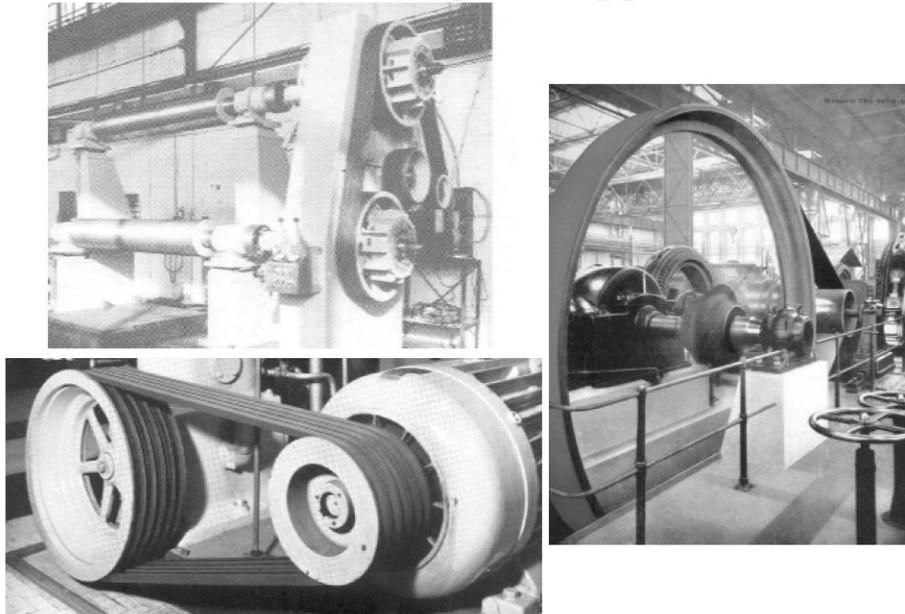
Si utilizzano per trasmettere potenze medio - alte



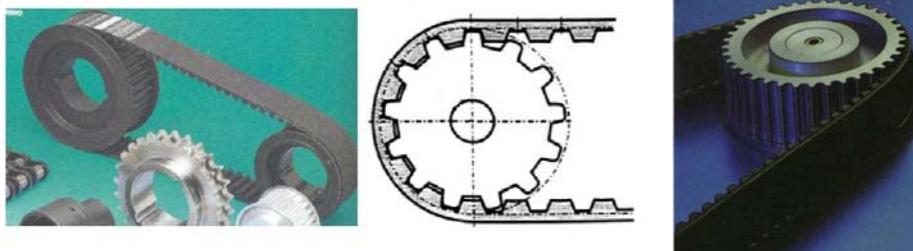
Una trasmissione può essere realizzata mettendo più cinghie in parallelo.

In questo caso bisogna curare particolarmente il parallelismo fra le pulegge perché il carico si distribuisca in modo uniforme tra le cinghie.

Trasmissioni a cinghia - applicazioni



Trasmissioni con cinghie dentate



Rapporto di trasmissione realizzato senza incertezze

Potenza trasmissibile \ll rispetto a ingranaggi

Costo $>$ rispetto a cinghie piane / trapezoidali

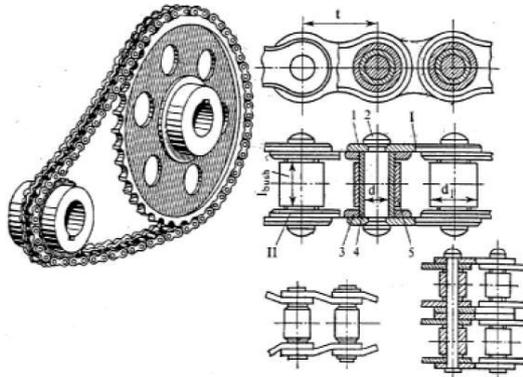
La trasmissione del moto avviene come per le ruote dentate, pertanto non è possibile lo slittamento

Rapporto di trasmissione costante

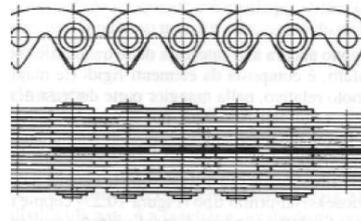
Sono utilizzate per il comando della distribuzione nei motori

Trasmissioni a catena

A rulli e bussole



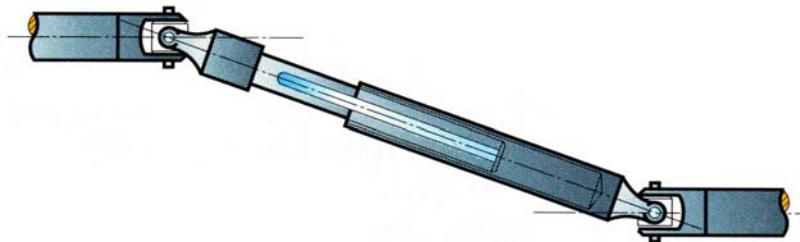
A denti invertiti (silenziosa)



Sono utilizzate per trasmettere **potenze e momenti elevati a velocità anche molto basse**; si possono montare in parallelo (fino a $4 \div 6$).

Sono rumorose, richiedono lubrificazione.

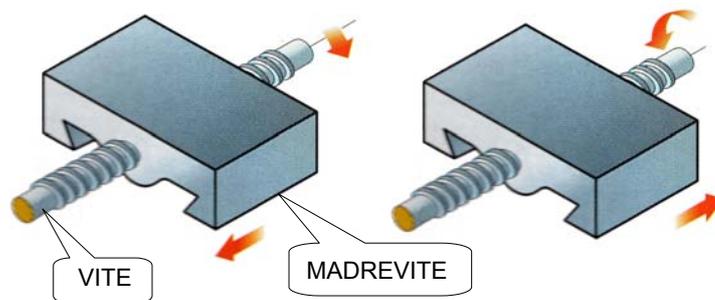
Trasmissione con giunto cardanico



Si usa per trasmettere la potenza tra alberi incidenti con angolo d'incidenza variabile entro certi limiti

Trasmissione e trasformazione del moto con coppia VITE - MADREVITE

Trasforma il moto rotatorio della vite (organo sempre motore) in moto rettilineo a velocità costante della madre vite



Trasmissione e trasformazione del moto con coppia ROCCHETTO - CREMAGLIERA

