

## 19.4 LA FORMA DELLA DENTATURA

I denti delle ruote dentate, secondo uno dei profili indicati nel precedente paragrafo, possono essere a generatrice rettilinea o a generatrice elicoidale.

### 19.4.1 RUOTE A DENTI DIRITTI

I denti sono intagliati sulle superfici assoidi primitive e le loro generatrici sono rettilinee e parallele all'asse di istantanea rotazione.

Le ruote a dentatura dritta si usano per la trasmissione del moto rotatorio tra assi paralleli (ruote cilindriche) e tra assi concorrenti (ruote coniche).

**Assi paralleli** Si usano le ruote cilindriche, che sono limitate da una superficie cilindrica avente per generatrice una retta parallela all'asse di istantanea rotazione e per direttrice i profili dei denti tracciati con uno dei metodi indicati precedentemente (profili cicloidali o ad evolvente) su un piano normale all'asse.

**Assi concorrenti** Si usano le ruote coniche (fig. 129) che sono limitate da una superficie conica avente per generatrice una retta concorrente nel punto  $O$  e per direttrice il profilo dei denti tracciati con uno dei due metodi precedentemente indicati. Poiché è poco comodo disegnare i profili dei denti sopra due calotte sferiche si usa sostituire ad esse i due coni tangenti  $DV_1E$  e  $CV_2E$  che si dicono coni complementari sviluppando tali coni su un piano (fig. 130), disegnando i profili dei denti con uno dei due metodi noti sui due settori circolari che se ne ottengono e riavvolgendo i due settori così profilati sui coni complementari. Ne risulta che i profili dei due denti sono costruiti come se appartenessero a ruote di raggio  $R_1$  ed  $R_2$ .

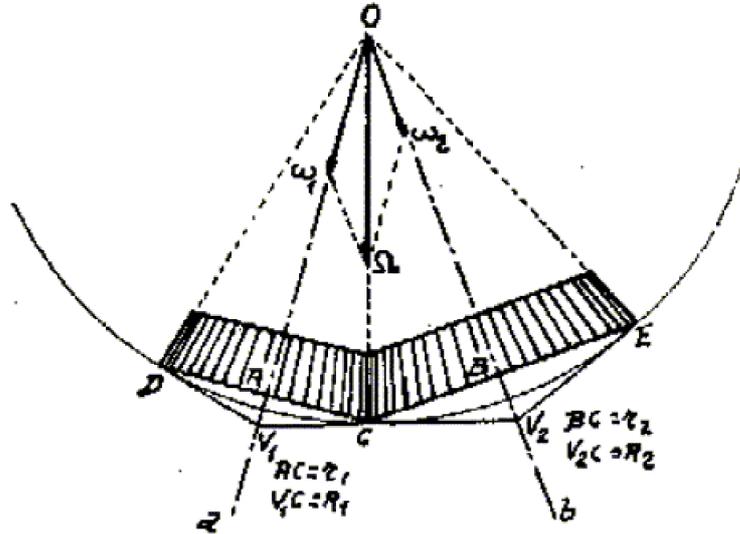


Figura 129: Ruote coniche

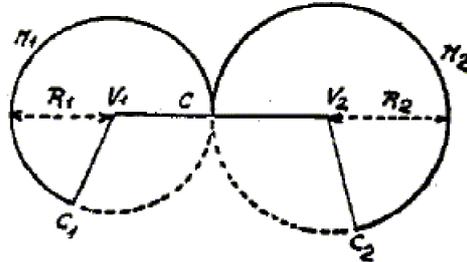


Figura 130: Coni complementari sviluppati

#### 19.4.2 RUOTE A DENTI ELICOIDALI

Tornando al caso più generale, consideriamo la trasmissione tra due assi sghembi, in cui le ruote di frizione che realizzano la trasmissione del moto sono costituite da due tronchi di iperboloidi. Il moto relativo istantaneo si riduce, come abbiamo visto, ad un moto elicoidale attorno all'asse d'istantanea

rotazione lungo il quale i due iperboloidi si toccano, cioè ad un moto di rotazione intorno a detto asse con velocità  $\Omega$  e di strisciamento lungo lo stesso con velocità  $s$ .

Se pratichiamo su ciascuna delle due ruote dei denti (elicoidali) potremo ottenere la trasmissione del moto. Poiché il moto relativo ha una componente di strisciamento  $s$ , l'asse dei denti dovrà essere orientato secondo l'asse istantaneo del moto elicoidale. I denti delle due ruote si svolgeranno l'uno sull'altro realizzando un contatto di rotolamento e di strisciamento dei due profili in direzione normale all'asse dei denti, come ogni coppia di profili coniugati, mentre strisceranno con velocità  $s$  anche lungo il loro asse.

Dato il limitato spessore che ordinariamente viene assegnato alle ruote, potremo sostituire per ragioni costruttive ai due tronchi di iperboloidi di rivoluzione due tronchi di cilindri (o di coni). In conseguenza di tale sostituzione i denti delle due ruote non si toccheranno più per tutta la loro lunghezza ma soltanto in un punto.

Le due ruote considerate non potranno perciò servire per trasmettere elevati valori della forza periferica (e quindi della potenza); e in ogni caso per effetto dello strisciamento lungo l'asse del dente con velocità  $s$  tale trasmissione non potrà avvenire senza notevole dissipazione di energia. Ruote siffatte sono infatti impiegate soltanto in casi speciali per piccole potenze e quando non interessi il rendimento della trasmissione.

Esse invece acquistano notevole importanza e sono correntemente usate in due casi particolari: quando gli assi sono paralleli o quando gli assi sono sghembi a 90 gradi ed il rapporto di trasmissione è molto piccolo (o molto grande).

**Assi paralleli** Si hanno le ruote Hooke, così dette perché proposte per la prima volta (nel 1647) da Hooke, ed oggi adoperate nei casi più importanti di trasmissione di potenza tra assi paralleli per le particolari proprietà che verranno messe in evidenza.

Essendo gli assi  $a$  e  $b$  paralleli, gli iperboloidi si riducono a cilindri e perciò le ruote cilindriche non rappresentano, come nel caso generale della pagina precedente, una soluzione approssimata, ma sono cinematicamente corrette.

Si ha inoltre, per quanto già visto

$$\frac{\omega_b}{\omega_a} = \frac{r_a}{r_b} \quad s = 0$$

Come per le ruote a denti dritti, il rapporto di trasmissione del moto rotatorio è uguale al rapporto inverso dei raggi ed è nullo lo scorrimento dei denti in direzione parallela al loro asse.

Possiamo infatti immaginare le ruote a denti elicoidali con assi paralleli derivate dalle ruote a denti dritti per successive rotazioni infinitesime di elementi di ruote, senza che tali successive rotazioni alterino la legge della trasmissione del moto o introducano alcuno scorrimento dei denti in direzione parallela al loro asse.

Immaginiamo che una coppia di ruote cilindriche a denti dritti venga intersecata da una serie di piani paralleli equidistanti e normali agli assi  $a$  e  $b$ , e così scomposta in tante coppie di ruote elementari di spessore  $\Delta x$ . Tenendo ferma la prima coppia di ruote elementari di cui siano  $s'1$  ed  $s'2$  i profili coniugati combacianti nel punto 1, si faccia rotare ciascuna successiva coppia (fig. 131) di un angolo  $\Delta\theta$  rispetto alla precedente: il punto di contatto dei corrispondenti profili coniugati si troverà nelle successive posizioni 1,2,3... della linea d'imbocco ed avremo così due ruote a gradini, e al limite, per  $\Delta x$  infinitamente piccolo (fig. 132) due ruote a denti elicoidali.

Durante il funzionamento quando due delle ruote elementari si abbandonano le due successive seguitano ad ingranare per il tempo corrispondente alla rotazione dell'arco di cui ogni coppia di ruote elementari è spostata rispetto alla precedente. Indichiamo con  $\theta$  la somma di questi angoli  $\Delta\theta$ , cioè l'angolo tra la prima e l'ultima coppia di elementi: l'arco di azione corrispondente ai profili delle ruote a denti dritti da cui siamo partiti risulta così in queste ruote virtualmente aumentato di  $\theta$ , e tale proprietà è una delle caratteristiche delle ruote di Hooke.

Le conseguenze più interessanti di tale virtuale aumento dell'arco di azione sono:

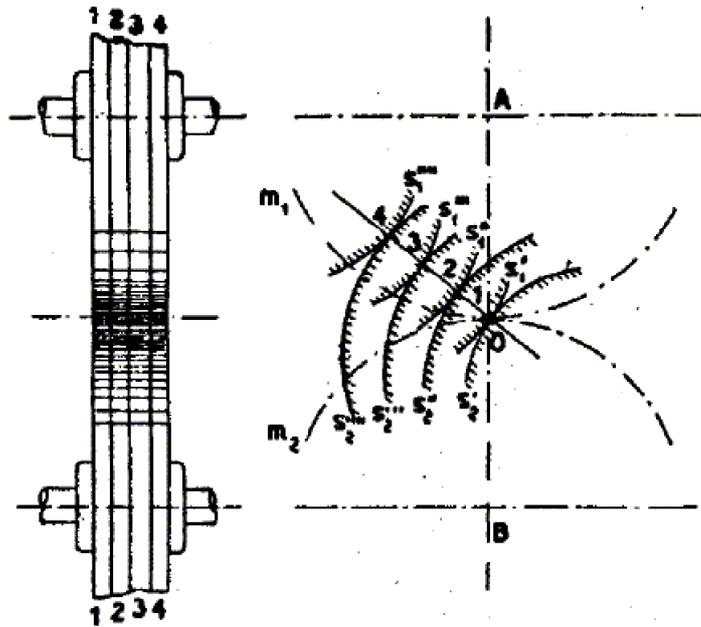


Figura 131: Ruote a denti elicoidali

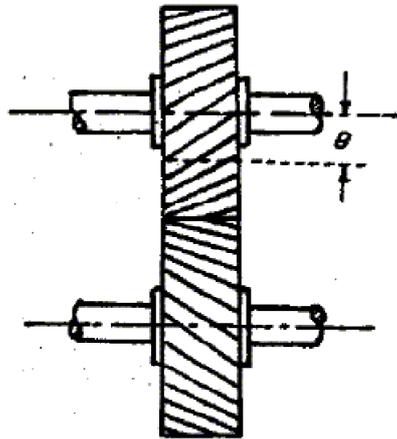


Figura 132: Ruote a denti elicoidali

1) Non essendo piu' necessario che l'arco d'azione  $\alpha$  sia maggiore del passo, perche' e' sufficiente che  $\alpha + \theta$  sia maggiore del passo, si possono fare i denti piu' bassi e si hanno quindi minori strisciamenti tra i profili e conseguentemente maggiore rendimento.

2) Essendo il numero dei denti contemporaneamente in presa maggiore che nel caso delle ruote a denti dritti, si ha una maggiore dolcezza di trasmissione ed anche per questa circostanza un maggiore rendimento.

Adottando, come generalmente, il profilo ad evolvente, il contatto tra due denti coniugati avviene secondo una linea che si proietta su un piano normale all'asse in una tangente  $tt$  alla circonferenza ausiliaria  $a_2$  (fig. 133); solo nell'istante in cui due denti cominciano ad ingranare il contatto si riduce

ad un punto situato ad una estremità del dente in prossimità della base in S o all'altra estremità sul vertice T.

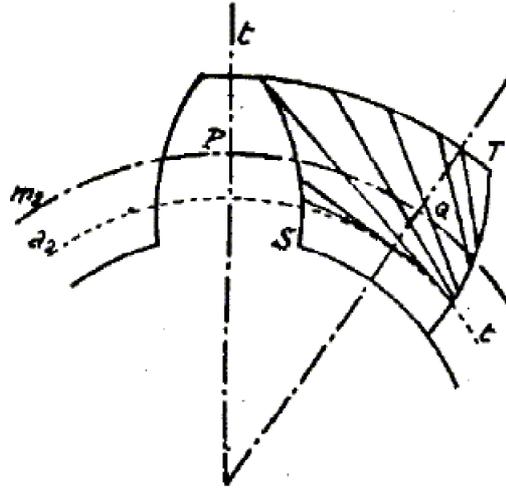


Figura 133: Linee di contatto tra i denti nelle ruote a denti elicoidali

In generale, quindi, non è realizzata la condizione che si era proposto Hooke, di costruire delle ruote così dette senza attrito, nelle quali cioè il contatto di due denti coniugati fosse limitato ad un punto della primitiva e fosse perciò eliminato lo strisciamento relativo dei due profili. Il contatto tra i denti avviene invece lungo tratti di linee elicoidali la cui somma è più lunga del segmento di generatrice a cui si ridurrebbe il contatto se si trattasse di ruote a denti dritti, e su tale aumentata lunghezza si distribuisce la pressione tra i denti.

Nelle ruote a denti elicoidali la pressione tra i denti da origine ad una componente lungo l'asse della ruota che tenderebbe a spostare assialmente la ruota stessa. Per evitare tale inconveniente, che renderebbe necessaria la sistemazione di un cuscinetto di spinta sull'asse, si usano le ruote a freccia (à chevron) costituite (fig. 134) da due semi ruote eguali accoppiate aventi i denti inclinati simmetricamente rispetto al piano mediano. Le due semi ruote possono essere sfasate l'una rispetto all'altra di mezzo passo periferico (fig. 135) in modo che ai denti dell'una corrispondano i vani dell'altra: si hanno così le ruote Wüst che realizzano una trasmissione più dolce perché i due semidenti non iniziano contemporaneamente l'imbocco.

Le dentature elicoidali permettono di trasmettere grandi potenze e si usano nei riduttori per motori marini che oggi si costruiscono correntemente fino a parecchie decine di migliaia di kW. La possibilità di trasmettere sì grandi potenze deriva dall'elevato rendimento che, per quanto detto, caratterizza le ruote a denti elicoidali. Con ruote a denti dritti cioè non sarebbe infatti possibile per l'eccessivo aumento di temperatura dei denti (dovuto alla dissipazione per attrito) e quindi del lubrificante interposto, il quale diminuirebbe tanto la sua viscosità da perdere le sue caratteristiche lubrificanti e non poter rimanere tra le superfici dei denti.

Per l'aumento virtuale dell'arco d'azione si riduce l'altezza del dente in confronto ai denti dritti assumendo l'altezza di costa pari a  $(5/6)m$  e l'altezza del fianco pari a  $m$ .

L'angolo di apertura della freccia  $2\gamma$  (fig. 136) si assume pari a  $110^\circ - 135^\circ$  per modo che l'arco  $\theta$  corrispondente all'aumento di arco d'azione

$$\theta = AD = \frac{b}{2} \frac{1}{\tan \gamma}$$

con la larghezza della ruota  $b = (4 \text{ -- } 5)p$  risulti uguale o maggiore del passo.

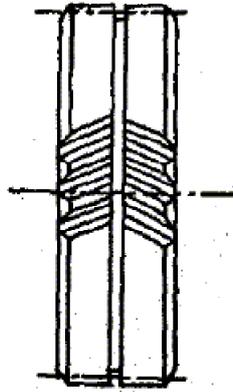


Figura 134: Ruote a freccia

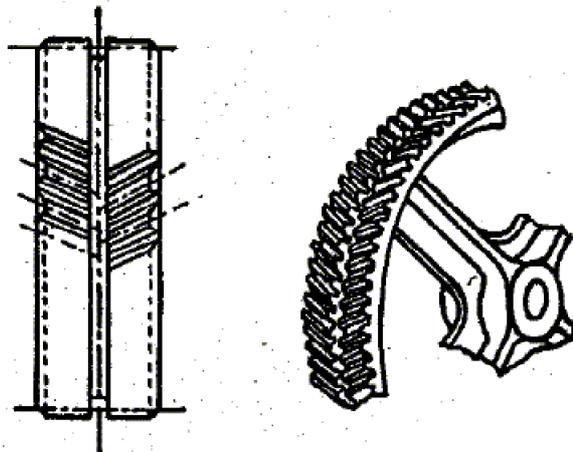


Figura 135: Ruote Wüst