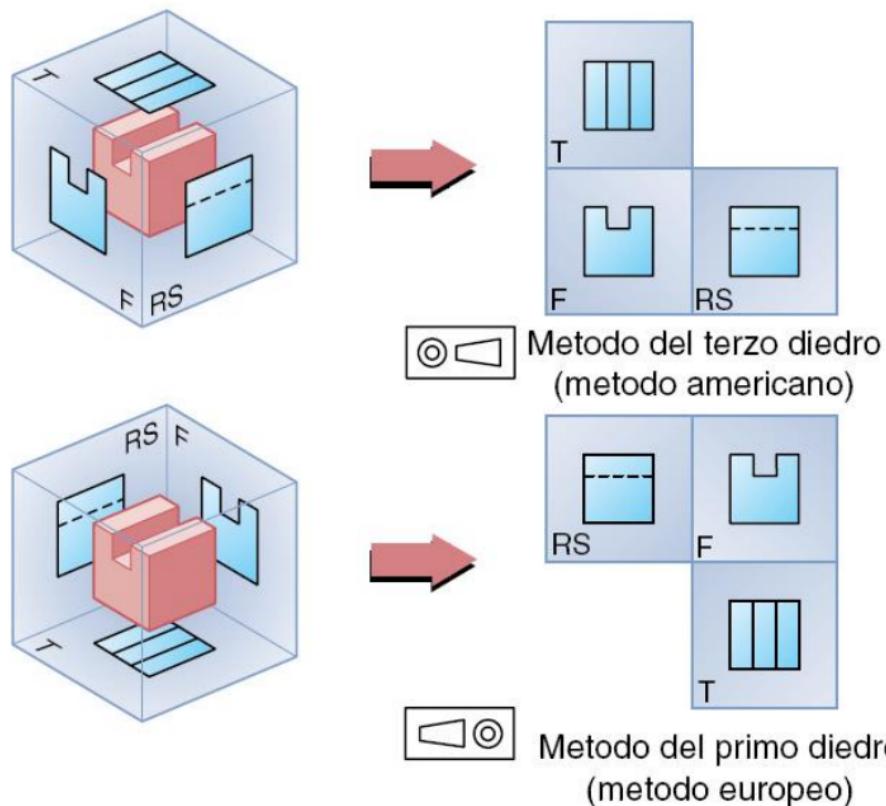


DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE

CONVENZIONI

- **Norma:** La norma è una regola utilizzata per stabilire le condizioni di esecuzione di un oggetto o di elaborazione di un prodotto, in modo tale da assicurarne l'unificazione con gli altri oggetti e quindi la sua funzionalità
- **Unificazione:** E' un procedimento che stabilisce delle norme comuni per i vari tipi di componenti meccanici in modo tale da ottenere prodotti equivalenti e intercambiabili, evitando un numero eccessivo di tipi e varianti dello stesso prodotto

Esistono due tipi di rappresentazioni unificate: **Metodo americano vs Metodo europeo**

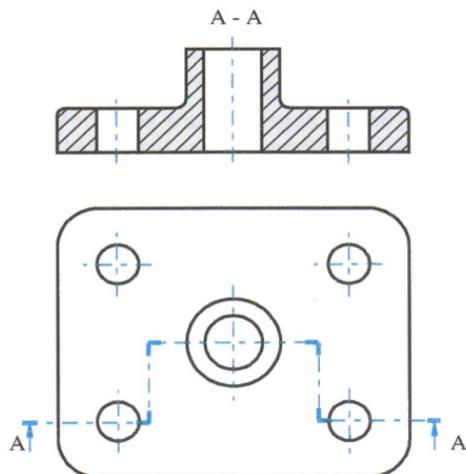


SEZIONI: NORME E TIPOLOGIE

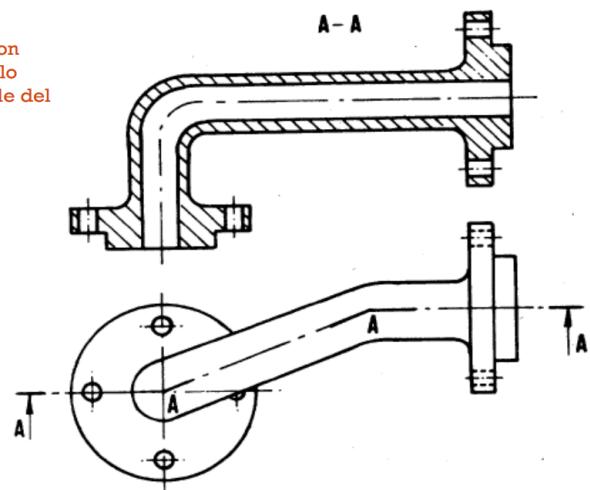
Le linee di sezione sono linee di tipo 04.2 (linea mista grossa a punto e tratto lungo), e la lettera che indica il piano di sezione viene scritta in stampatello maiuscolo con linea grossa
Vi sono varie tipologie di sezione, da utilizzare in base alla necessità:

- Sezione con **unico piano**
- Sezione con **piani concorrenti**
- Sezione con **piani paralleli**

Nelle ultime due tipologie il cambio del piano di sezione è evidenziato dall'ingrossamento della traccia di sezione:



(Piani paralleli)

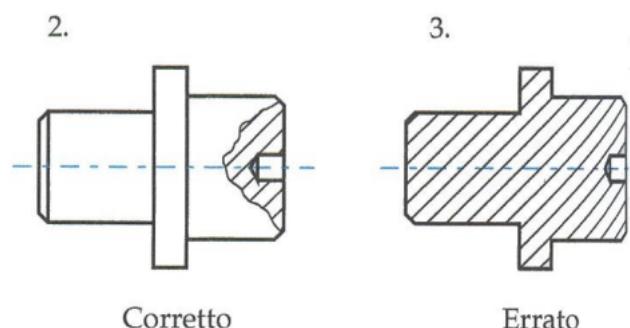
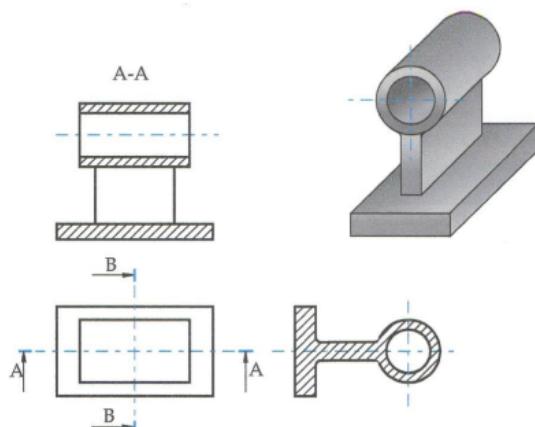


(Piani concorrenti)

- **Sezione parziale (strappata):** Serve per evitare il sezionamento dell'intero oggetto
Con una linea continua fine irregolare (01.18) si traccia il contorno della strappata e si seziona solo l'area interessata
- **Sezione ribaltata in luogo**
- **Sezione in vicinanza**
- **Sezioni successive**

ATTENZIONE:

1. **Perni, alberi ed elementi longitudinali** non possono essere sezionati per interno, dunque si ricorre alla **sezione strappata**
2. Le **nervature, elementi di collegamento** e **razze di ruote dentate** non si sezionano longitudinalmente (esempio, le nervature parallele al piano di sezione non vanno sezionate)



CAPITOLO 1: FILETTATURE

Generalità sulle filettature e principali definizioni:

- **Vite e madrevite:** E' detto vite l'elemento maschio che viene avvitato, e madrevite il foro filettato che accoglie la vite
- **Profilo di filettatura:** il profilo di filettatura è dato dall'intersezione della superficie filettata con un piano contenente l'asse dell'elemento filettato
- **Passo:** Il passo è la distanza misurata lungo la generatrice della vite ad elica fra un filetto e il successivo, e ci dà indicazione dello spostamento assiale della vite in seguito ad una rotazione di 360°

Il passo del profilo può essere definito in due modi:

- **Passo reale:** Se la filettatura è ad un principio, e quindi una rotazione di 360° sposta assialmente la vite di una misura esattamente uguale al passo
- **Passo apparente:** Se la filettatura è a più principi, un giro di 360° sposta assialmente la vite di una misura multipla del passo apparente



Filettatura ad un principio
(avanzamento = passo)

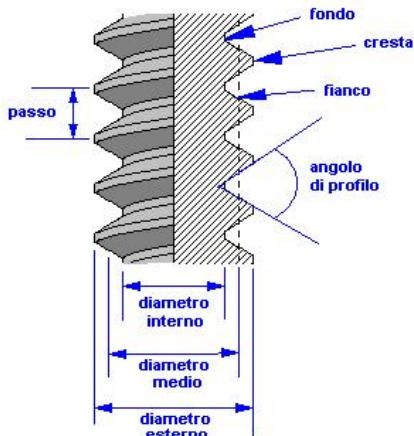


Filettatura a due principi
(avanzamento = 2*passo)



Filettatura a tre principi
(avanzamento = 3*passo)

Si utilizza una filettatura a più principi quando si vuole ottenere un maggiore avanzamento con una singola rotazione di 360° della vite



Un altro elemento fondamentale che definisce una filettatura è il diametro

- Diametro nominale (o diametro esterno): il diametro misurato dalle creste della vite
- Diametro di nocciolo: Il diametro misurato tra i fondi della vite

Per convenzione si indica con:

- d : il diametro nominale della vite
- D : il diametro nominale della madrevite

Le filettature sono classificate in due gruppi principali:

- **Filettature di forza:** usate per collegare tra di loro due pezzi
- **Filettature di manovra:** usate per trasferire il moto di rotazione di uno degli elementi della filettatura in un moto traslatorio dell'altro elemento

Trattiamo ora i principali tipi di filettature presenti in commercio e maggiormente utilizzati nelle industrie:

FILETTATURA METRICA ISO

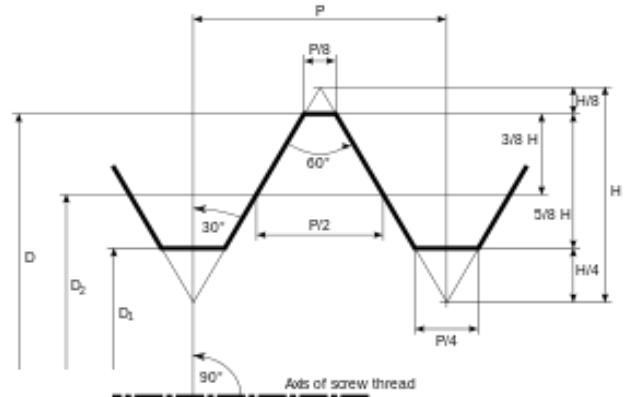
Profilo: Triangolo equilatero smussato

Utilizzo: Collegamenti di forza, poiché il profilo triangolare permette un incastro migliore rispetto ad altri profili

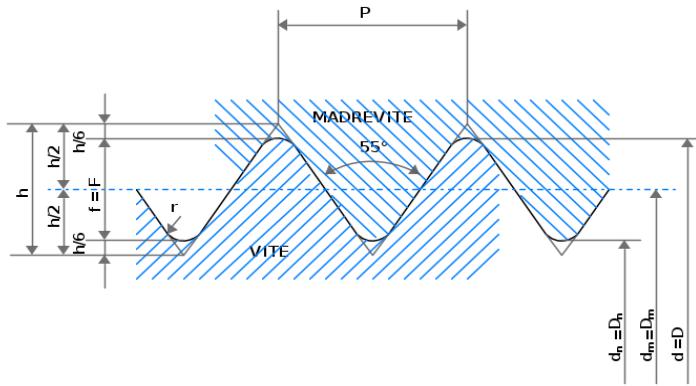
Designazione: Si utilizza la lettera M maiuscola seguita dal diametro nominale, la lettera x e il valore del passo (nel caso di passo grosso non è necessario scrivere il valore del passo, perché per ogni diametro nominale il passo grosso è unico)

Esempi:

- ★ **M16:** Filettatura metrica iso a diametro nominale di 16 mm a passo grosso
- ★ **M16x2 - P1:** Filettatura metrica ISO a diametro nominale di 16 mm e passo fine di 2mm. Filettatura a due principi, con passo del profilo (passo apparente) di 1 mm
- ★ **M16x1 LH:** Filettatura metrica ISO a diametro nominale di 16 mm e passo fine di 1 mm, avvitamento sinistrorso (in senso antiorario)



FILETTATURA WHITWORTH



Profilo: Triangolo isoscele (quasi equilatero) con cresta e fondo raccordati

Angolo: 55°

Passo: Definito in base al numero di filetti presenti su di una lunghezza assiale pari ad un pollice

Designazione: Diametro nominale in pollici + lettera W

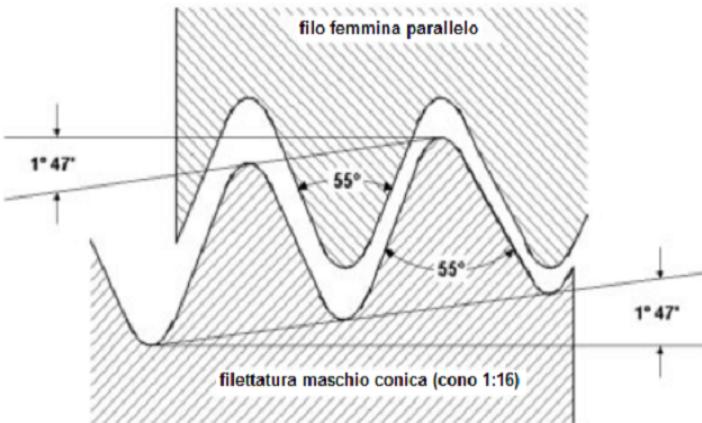
La filettatura Whitworth è caduta in disuso ma è alla base delle filettature a gas

Esempi:

- ★ **1/4 W:** Filettatura Whitworth a diametro nominale di $\frac{1}{4}$ di pollice

FILETTATURA GAS

La filettatura gas deriva dalla filettatura Whitworth, ma se ne differenzia per il passo più fine.



Profilo: Triangolo isoscele con cresta e fondo raccordati

Angolo: 55°

Utilizzo: Giunzione dei tubi, raccordi di circuiti idraulici, pneumatici e oleodinamici.

Il passo molto fine permette di ottenere una connessione molto forte

Le filettature gas possono essere di due tipologie:

- **A tenuta stagna**
- **Non a tenuta stagna**

Nel caso delle filettature non a tenuta stagna, sia la madrevite che la vite sono elementi cilindrici

Nel caso delle filettature a tenuta stagna, la vite è conica e la madrevite può essere sia cilindrica che conica, con conicità del maschio di 1:16

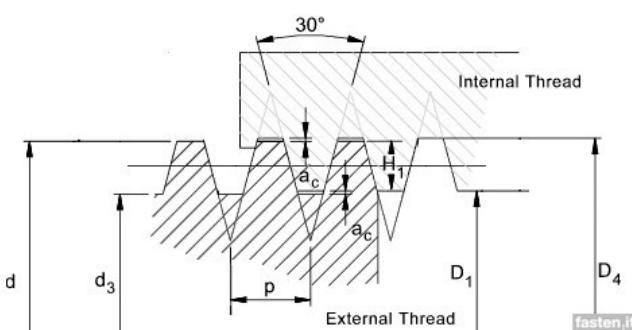
Designazione per filettature a tenuta stagna: Lettera R + diametro nominale in pollici per il maschio, e Rp + diametro nominale in pollici per la femmina se cilindrica, Rc + diametro nominale in pollici per la femmina se conica

Designazione per filettature a tenuta non stagna: Lettera G + diametro nominale in pollici

Esempi:

- ★ G 1 ¼ : Filettatura gas non a tenuta stagna con diametro nominale di un pollice e ¼
- ★ Rc 1 ½ : Filettatura gas a tenuta stagna con diametro nominale di un pollice e mezzo, elemento femmina con forma conica
- ★ Rp 1 ½ : Filettatura gas a tenuta stagna con diametro nominale di un pollice e mezzo, elemento femmina con forma cilindrica

FILETTATURA TRAPEZIA



Profilo: Trapezio isoscele

Utilizzo: Organi di manovra

Angolo: 30°

Designazione: Tr + diametro nominale + passo

Esempi:

- ★ Tr 28x12 (P6): Filettatura trapezia di diametro nominale 28mm e passo 12 mm (a due principi, il passo apparente è 6mm)

FILETTATURA A DENTE DI SEGA

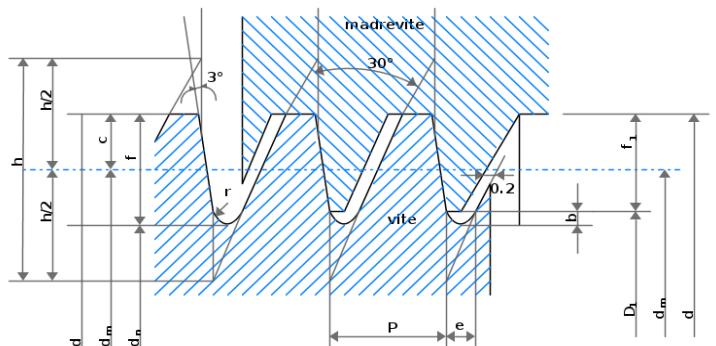
Profilo: Trapezio con un lato inclinato a 30° e uno inclinato a 3°

Utilizzo: Organi di manovra in cui si desideri anche una buona resistenza (è un mix tra filettatura metrica e trapezia)

Designazione: Diametro nominale + Sgn (passo normale) o Sgf (passo fine)

Esempi:

- ★ 80 Sgf 2 fil sin: Filettatura a dente di sega, diametro nominale di 80 mm con due filetti con elica sinistra.

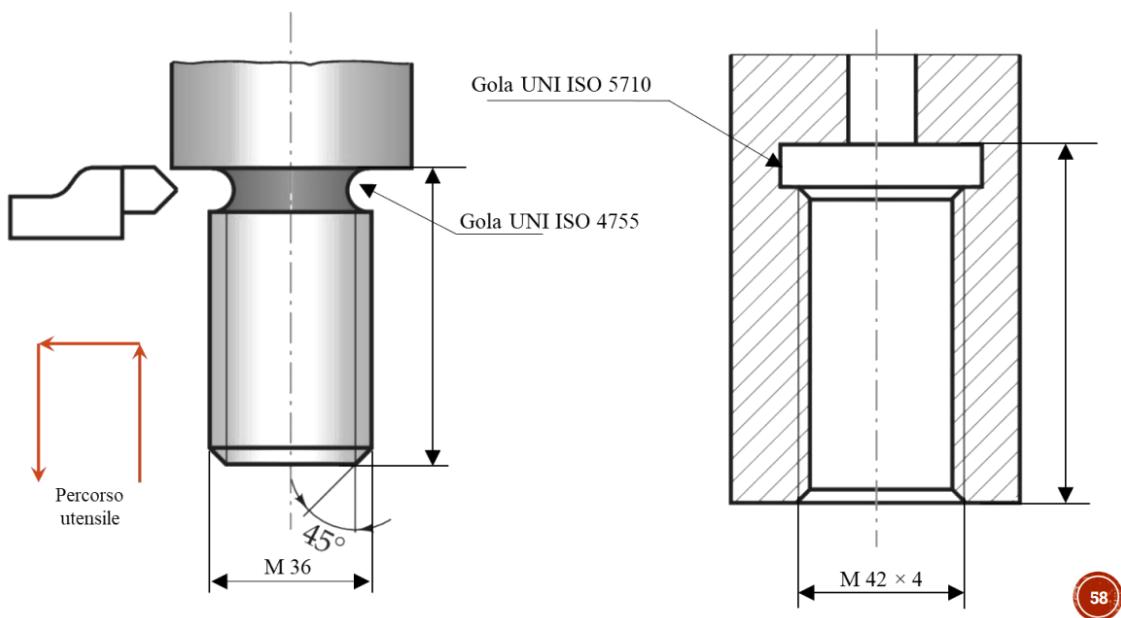


REALIZZAZIONE MECCANICA DELLE FILETTATURE

Si possono ottenere filettature tramite:

- ❖ Lavorazione con **tornio** parallelo
- ❖ **Rullatura**
- ❖ A mano con **maschi e filiere**

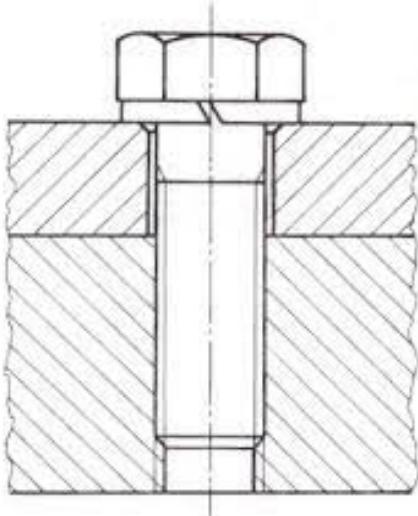
Per evitare la presenza di filetti incompleti che si vengono inevitabilmente a creare durante la lavorazione meccanica, si possono inserire degli spallamenti (o gole di scarico)



Trattiamo adesso i 3 tipi di collegamenti di forza tra vite e madrevite maggiormente in uso:

- Collegamento con **vite mordente**
- Collegamento con **vite prigioniera**
- Collegamento con **bullone**

COLLEGAMENTO CON VITE MORDENTE

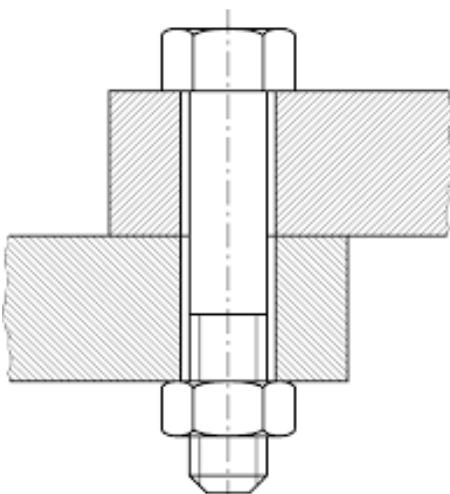


1. Il **foro** sulla piastra **superiore** è più largo della vite e non è filettato: c'è gioco.

2. La **filettatura del foro** va oltre la fine della vite
3. Il foro si estende oltre la fine della filettatura

Possono essere usate tante tipologie di vite

- Testa esagonale
- Testa svasata con taglio
- Brugola
- Testa interna o esterna



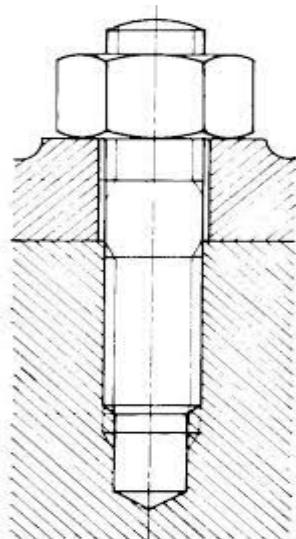
COLLEGAMENTO CON BULLONE

1. Entrambe le piastre hanno **fori non filettati** e più larghi del diametro della vite
2. Si realizza mediante l'accoppiamento di una **vite** e di un **dado** (elemento filettato internamente di varie forme)
3. **L'estremità** della vite sporge oltre il dado

Vi sono dadi

- alti ($h=d$)
- normali ($h=0,8d$)
- bassi ($h=0,5d$)

Per non usurare il dado, garantendo un collegamento più stabile, possono essere utilizzate delle rosette, piccole rondelle di appoggio metalliche (non si sezionano!)



COLLEGAMENTO CON VITE PRIGIONIERA

1. Elemento cilindrico filettato alle **estremità**
2. **Dado** che si avvit a **gambo**
3. Foro della **piastra superiore** non filettato e più largo
4. **Filetti incompleti** incastrati nella piastra inferiore

→ **Radice**: Estremità filettata destinata ad essere incastrata nella piastra inferiore. La radice è smussata

→ **Gambo**: Estremità filettata a cui viene avvitato il dado. Il gambo è bombato

ELEMENTI ANTI-SVITAMENTO

In presenza di vibrazioni, urti e fenomeni termici, i collegamenti possono subire delle usure e dei conseguenti allentamenti, pertanto vengono spesso utilizzati degli strumenti che garantiscono una maggiore sicurezza.

Questi strumenti agiscono in due diversi modi:

- Mantenere i filetti sempre a contatto (GARANZIA DI TRAZIONE)
- Impedire la rotazione relativa tra vite e madrevite (MEDIANTE OSTACOLO)

Gli elementi sono:

- Rosette elastiche
 - Spaccata
 - Dentata
 - Curvata ed ondulata
- Sistema dado-controdado
- Dado intagliato + copiglia
- Rosetta di sicurezza
- Ghiera ad intagli

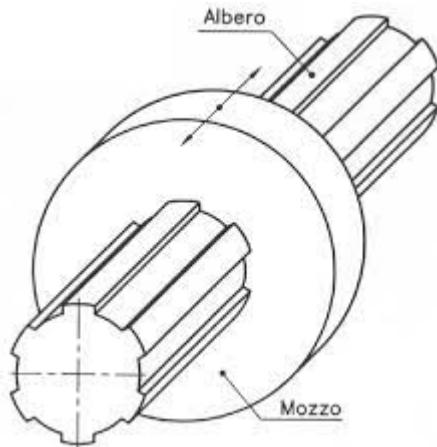
DESIGNAZIONE RIASSUNTIVA

- ★ *Vite M 10 x 60 ISO 4014 - 8.8*: Vite a testa esagonale con filettatura metrica, diametro nominale 10 mm a passo grosso e lunghezza 60 mm
- ★ *Dado M 24 X 2 ISO 4032 - 10*: Dado a testa esagonale con filettatura metrica, diametro nominale di 24 mm a passo fine 2 mm
- ★ *Vite M 8 x 30 UNI 5931 - 12.9*: Vite a testa cilindrica con esagono incassato con filettatura metrica, diametro 8 mm e passo grosso, lunghezza 30 mm

GOLE DI SCARICO

- Gole di scarico per elementi con **filettatura esterna** metrica ISO: UNI ISO 4755
- Gole di scarico **con filetti incompleti** per elementi con **filettatura esterna** metrica ISO: UNI ISO 5709
- Gole di scarico per elementi con **filettatura interna** metrica ISO: UNI ISO 5710

2. COLLEGAMENTI ALBERO-MOZZO



Accoppiare due o più elementi di un qualsiasi complessivo, significa predisporre dei collegamenti in modo da renderli, in qualche maniera, solidali.

Ciò si realizza introducendo dei vincoli capaci di impedire, in parte o del tutto, i movimenti relativi dei pezzi accoppiati. In particolare ci occuperemo dei **collegamenti albero-mozzo**, cioè di quei collegamenti fra elementi di macchina chiamati **ALBERI** e altri organi rotanti quali **PULEGGE/RUOTE DENTATE**, destinati a ricevere o a trasmettere il moto.

I principali organi di collegamento sono le chiavette e le linguette, oggetti molto simili nella forma ma molto diversi nell'azione.

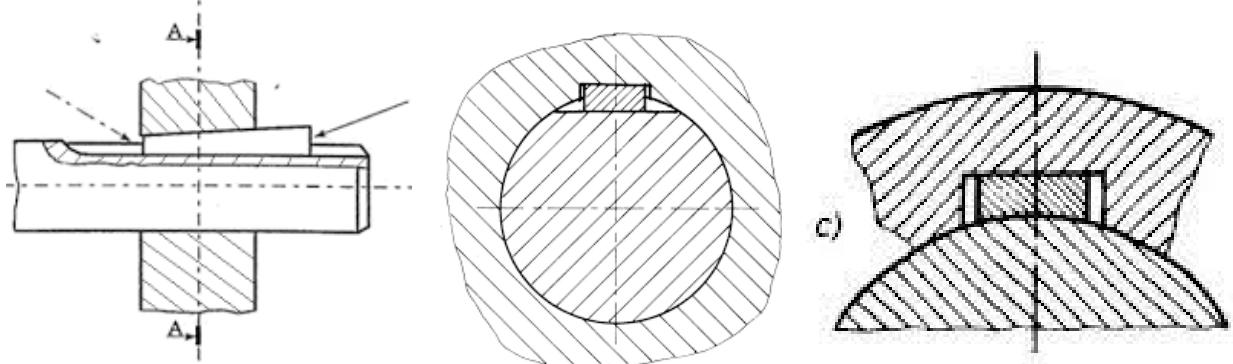
- **Chiavette:** Agiscono per attrito
- **Linguette:** Agiscono per ostacolo

CHIAVETTE

Le chiavette sono organi di collegamento di **forma prismatica**, che vengono forzati radialmente entro una cava ricavata per **fresatura** nell'albero, e in una cava ricavata per broccatura o stozzatura nel mozzo.

La principale caratteristica delle chiavette è quella di avere un'*inclinazione dell'1%*

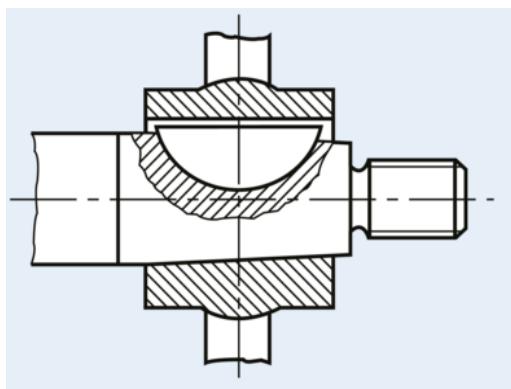
- **Azione:** Per attrito
- **Cava nell'albero:** fresatura a disco o a candela
- **Cava nel mozzo:** Broccatura o stozzatura (**cava passante**)
- **Uni:** 6607
- **Tipologie:**
 - Incassata (dritta o arrotondata)
 - Ribassata
 - Ribassata concava



- **Denominazione:** Chiavetta A/B bxhxl
 - Chiavetta A: Arrotondata
 - Chiavetta B: Dritta
- **Inclinazione:** 1%
- **Aspetti negativi:** Producono una leggera eccentricità tra albero e mozzo
 - Sconsigliabili per rotazioni molto veloci
 - Sconsigliabili nel calettamento di ruote dentate

LINGUETTE

- **Azione:** Per ostacolo (sforzo di taglio, non radiale)
- **Cava nell'albero:** Fresa a disco o fresa a candela
- **Cava nel mozzo:** Stozzatura o broccatura (Passante, c'è gioco tra la linguetta e la parete superiore della cava)
- **Inclinazione:** 0, la linguetta è un prisma a facce parallele
- **Tipologie:**
 - Arrotondate
 - Dritte
 - A disco
- **Uni:** 6604 (6606 per quelle a disco)
- **Aspetti negativi:** Non garantiscono un bloccaggio assiale, dunque si deve provvedere con un metodo che non consenta al mozzo di scivolare lungo l'albero
 - Conicità
 - Dado
 - Ghiera filettata
- **Aspetti positivi:** Ottimo centraggio tra albero e mozzo, smontaggio molto semplice



LINGUETTE A DISCO

Le linguette a disco (o linguette americane), vengono utilizzate soprattutto per le estremità coniche degli alberi: si prestano bene per il calettamento di mozzi su estremità d'albero coniche, in quanto grazie alla loro forma si orientano nella sede dell'albero assumendo l'inclinazione voluta.

PROFILI SCANALATI

I profili scanalati servono a trasmettere il moto rotatorio laddove il valore di coppia è molto elevato, e una singola linguetta/chiavetta non riuscirebbe a sopportare tale sforzo.

Si tratta di collegamenti di elementi coassiali che trasmettono il moto mediante l'accoppiamento simultaneo di denti equidistanti, che sono disposti:

- Sulla superficie esterna cilindrica dell'albero
- Sulla superficie interna cilindrica del mozzo

Vi sono due tipologie principali di scanalature:

- A fianchi dritti e paralleli (ISO 14)
- Ad evolvente

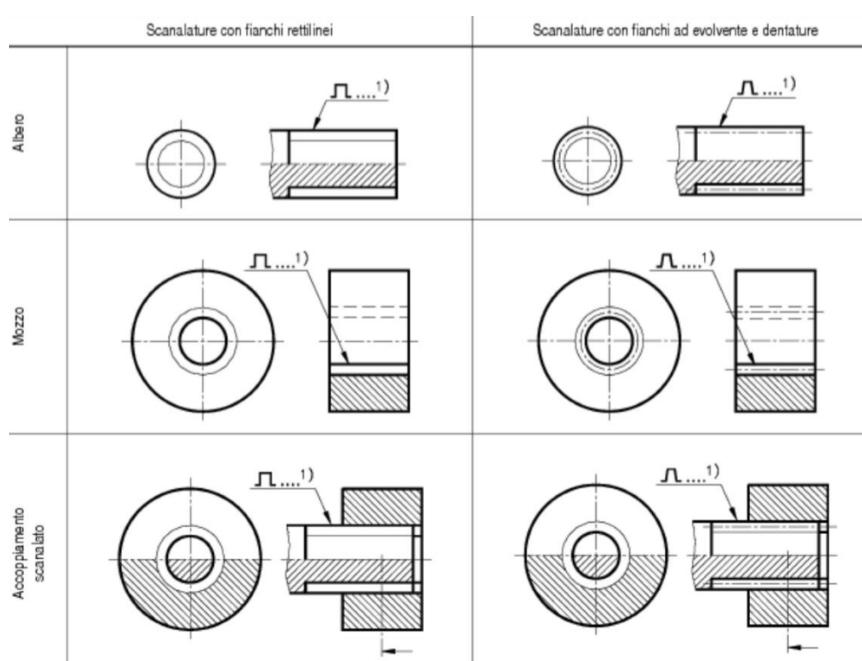
A seconda della tolleranza utilizzata per centrare l'albero all'interno del mozzo, possiamo garantire un maggiore o minore scorrimento.

In particolare, il montaggio può essere scorrevole, scorrevole sotto carico oppure fisso, e questa è una caratteristica che va indicata al momento della designazione

Designazione: Oggetto in esame + simbolo + denti x diametro interno x diametro esterno + montaggio (S, SC oppure F) + normativa di riferimento

★ Albero □ 6x23x27 SC ISO 14 (albero con profilo scanalato a fianchi dritti, 6 denti, diametro interno di 23 mm, diametro esterno di 27 mm, montaggio scorrevole sotto carico)

Per ovvi motivi logistici, non è necessario disegnare nei dettagli i profili scanalati in un disegno, ma dobbiamo rifarci alle normative che ci permettono di semplificare la loro rappresentazione.



Superficie di fondo: linea continua fine

Superficie primitiva: linea mista fine

Spigoli esterni: linea continua grossa

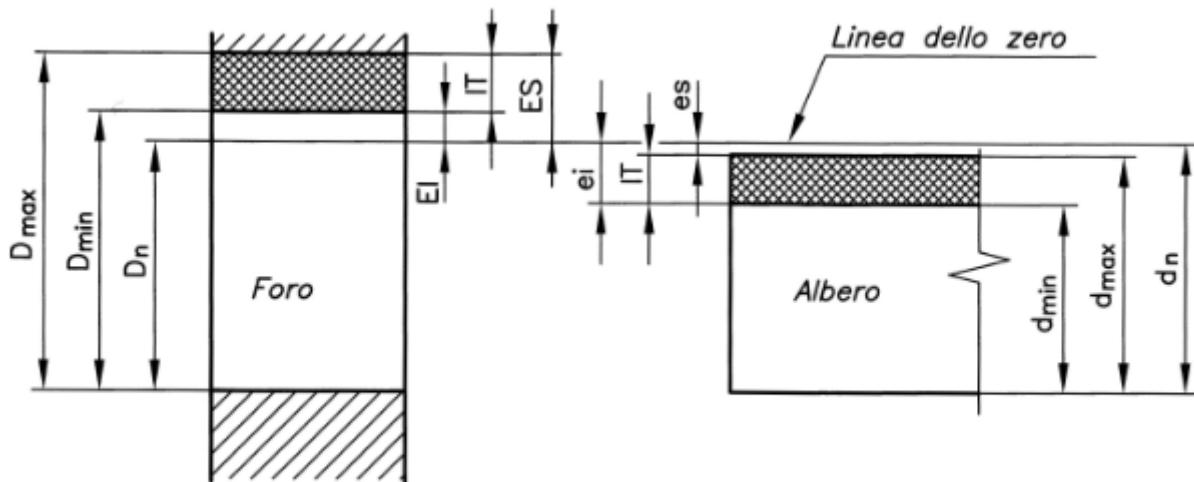
LE TOLLERANZE DI LAVORAZIONE

Le quote che il progettista inserisce sul disegno, indicano le dimensioni della macchina ideale che si intende costruire: nella realtà però, nel passaggio tra macchina ideale e macchina reale, la realizzazione dell'oggetto risente inevitabilmente di alcune imperfezioni insite in qualsiasi procedimento tecnologico.

Queste imperfezioni sono inevitabili, ma è importante che non vadano a pregiudicare il corretto funzionamento dell'oggetto, soprattutto se esso deve essere inserito all'interno di un complessivo dove svolge una funzione di primaria importanza.

- Se il margine di tolleranza è troppo ampio, si pregiudica il corretto funzionamento
- Se il margine di tolleranza è più stretto del dovuto, si alzano inutilmente i costi di produzione

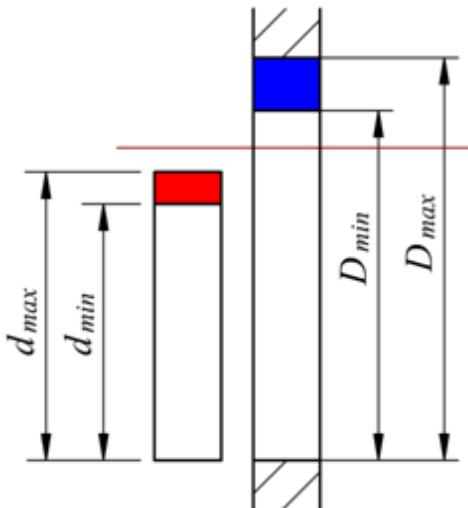
GENERALITA' E DEFINIZIONI PRINCIPALI



- Dimensione nominale (D): Corrisponde alla quota sul disegno, ossia alla dimensione ideale dell'oggetto
- Dimensione effettiva (D_e): Dimensione finale della macchina reale
- Dimensione massima (D_{max} , d_{max}): Dimensione massima ammissibile per la realizzazione dell'oggetto (D per i fori, d per gli alberi)
- Dimensione minima (D_{min} , d_{min}): Dimensione minima ammissibile per la realizzazione dell'oggetto (D per i fori, d per gli alberi)
- Zona di tolleranza (t): regione dello spazio compresa tra D_{max} e D_{min} . La dimensione effettiva deve trovarsi all'interno di questa zona
- Scostamento inferiore albero (ei)
- Scostamento superiore albero (es)
- Scostamento inferiore foro (Ei)
- Scostamento superiore albero (Ef)
 - Gli scostamenti sono dati dalla differenza tra la dimensione limite (Superiore/inferiore) e D (+ o - se sopra o sotto la linea dello zero)

TIPOLOGIE DI ACCOPPIAMENTO

Quando si vanno ad accoppiare un foro ed un albero, possiamo ottenere 3 diversi casi:

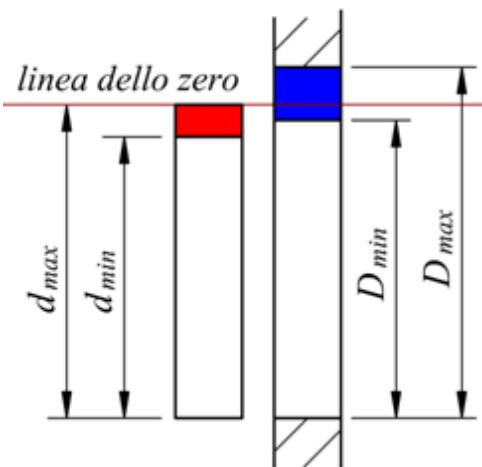


ACCOPPIAMENTO CON GIOCO (MOBILE)

Il campo di tolleranza dell'albero sta completamente al di sotto del campo di tolleranza del foro.

Anche nella condizione in cui la dimensione effettiva coincida con D_{max} nel caso dell'albero e con D_{min} nel caso del foro, resta comunque gioco tra i due oggetti

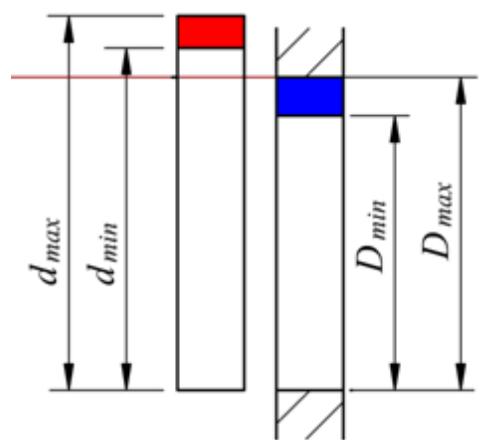
L'albero ha dimensione effettiva sicuramente minore di quella del foro



ACCOPPIAMENTO INCERTO

La zona di tolleranza dell'albero e quella del foro hanno una parte in comune, dunque si può ottenere sia un accoppiamento con gioco che uno con interferenza: i due pezzi possono accoppiarsi liberamente oppure richiedere il forzamento l'uno nell'altro

L'albero ha dimensione effettiva maggiore o minore di quella del foro



ACCOPPIAMENTO CON INTERFERENZA (STABILE)

La zona di tolleranza dell'albero è completamente al di sopra della zona di tolleranza del foro, quindi anche nel caso in cui la dimensione effettiva dell'albero coincida con d_{min} e quella del foro coincida con D_{max} , dovremo comunque forzare il primo dentro al secondo.

La dimensione effettiva dell'albero è sicuramente maggiore della dimensione effettiva del foro

SISTEMA DI TOLLERANZE ISO

Il sistema di tolleranze ISO, in particolare le norme UNI EN ISO 286-1 e 286-2, definiscono in base alla dimensione nominale dell'oggetto, una gamma di:

→ **GRADI DI TOLLERANZA:** definiscono la qualità della lavorazione.

- ◆ I gradi di tolleranza (o ampiezze di tolleranza) sono 20 in totale, indicati con le sigle IT01, IT02, IT03, ..., IT18, in ordine di precisione decrescente
- ◆ Tale ampiezza è *funzione della dimensione nominale*. A parità di grado di precisione, ad esempio a parità di tipo di lavorazione, si ottengono variazioni crescenti all'aumentare della dimensione del pezzo

→ **POSIZIONI DI TOLLERANZA:** definiscono la posizione della zona di tolleranza rispetto alla linea dello zero

I gradi di tolleranza che vanno da IT01 a IT05 sono utilizzati per lavori di estrema precisione, ad esempio costruzione di strumenti di misura, mentre dalla IT12 a IT18 sono utilizzati per lavorazioni grossolane di pezzi che non devono essere accoppiati.

Per gli accoppiamenti di media precisione, si è soliti utilizzare

- IT5/IT11 per gli alberi
- IT6/IT11 per i fori

CALCOLO DELLA DIMENSIONE DI TOLLERANZA

E' necessario saper calcolare l'unità di tolleranza per le varie classi, poiché non sempre è possibile consultare le tabelle

Nelle varie formule compare il valore D, ma non è inteso come diametro nominale, ma come media geometrica degli estremi del gruppo di dimensioni a cui essa appartiene

★ ESEMPIO: Ho un diametro di 12mm, rientra nel gruppo "oltre 10, fino a 18"

$$\circ \quad D = \sqrt{10 \cdot 18} = 13,42$$

Formula da IT5 a IT8 (fino a 500mm):

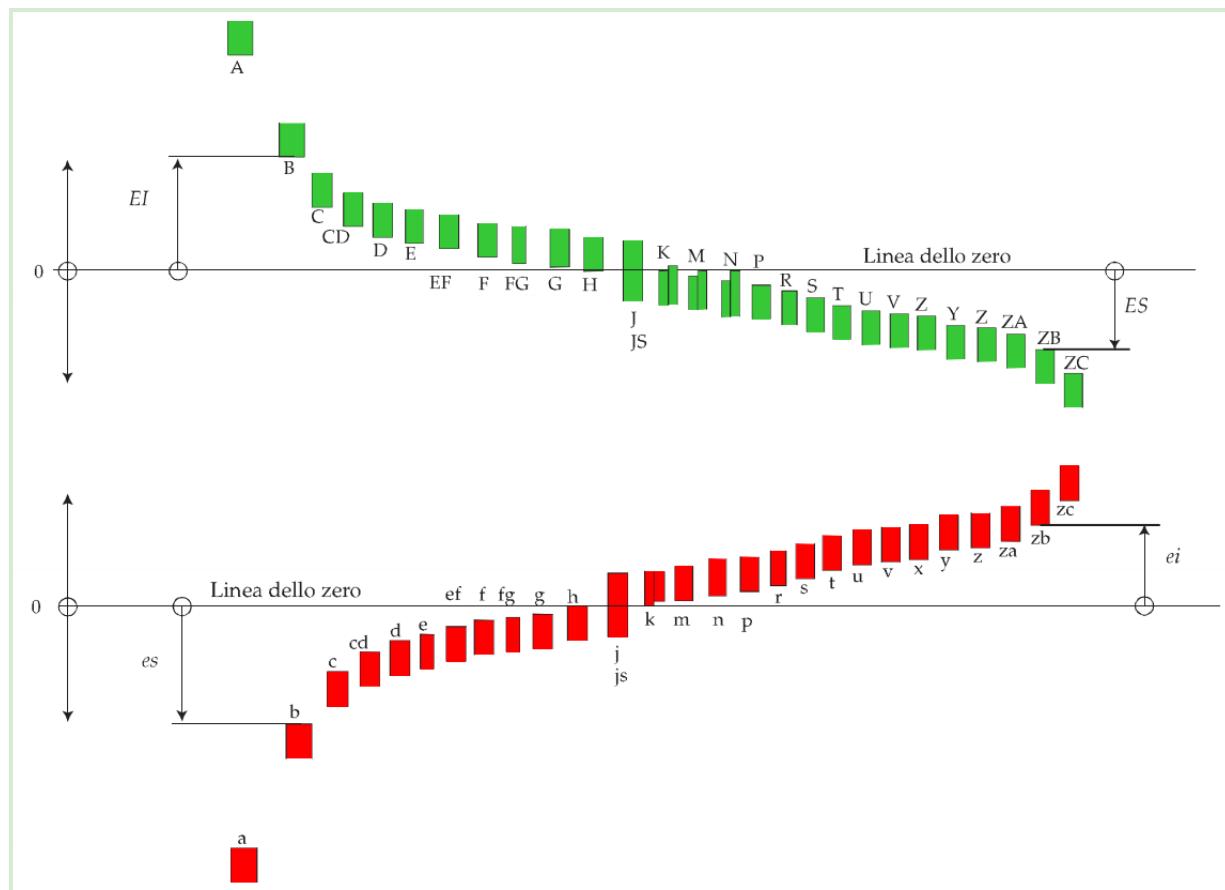
$$i = 0,45\sqrt[3]{D} + D/1000$$

Formula da IT6 a IT16 (da 500 a 3150mm)

$$i = 0,004D + 2,1$$

Il campo di tolleranza di una quota è pari all'unità di tolleranza i moltiplicata per un fattore F: Grazie alle tabelle che ci forniscono i fattori F per ogni grado di tolleranza, possiamo calcolare il campo di tolleranza dell'oggetto in questione.

DETERMINAZIONE DELLA POSIZIONE DI TOLLERANZA



Per definire la posizione del campo di tolleranza rispetto alla linea dello zero è sufficiente definire la posizione di uno dei due scostamenti (superiore o inferiore), che viene detto **scostamento fondamentale**:

Per i fori:

- Le posizioni da A ad H hanno come scostamento fondamentale quello inferiore, e indicano che la posizione del campo di tolleranza è sempre al di sopra della linea dello zero.
Significa che le dimensioni effettive dei fori tollerati da A ad H sono sempre maggiori (al limite uguali con H) delle rispettive dimensioni nominali
- Le posizioni da J a ZC hanno come scostamento fondamentale quello superiore
 - Da N a ZC tale scostamento è sempre negativo, ossia sotto la linea dello zero

CUSCINETTI

Si definiscono supporti d'albero quegli elementi funzionali destinati a sorreggere l'albero durante la sua rotazione, vincolando la posizione del suo asse.

La parte del supporto che è a diretto contatto con l'albero prende il nome di cuscinetto.

Facciamo una panoramica generale prima di entrare nel dettaglio di ogni tipologia di cuscinetto:

I cuscinetti possono essere divisi per il tipo di contatto:

- **Ad attrito radente:** (bronzine) utilizzano il contatto per strisciamento
- **Ad attrito volvente:** utilizzano sfere o rulli e l'attrito è minore

Possono essere divisi per la direzione del carico che sorreggono:

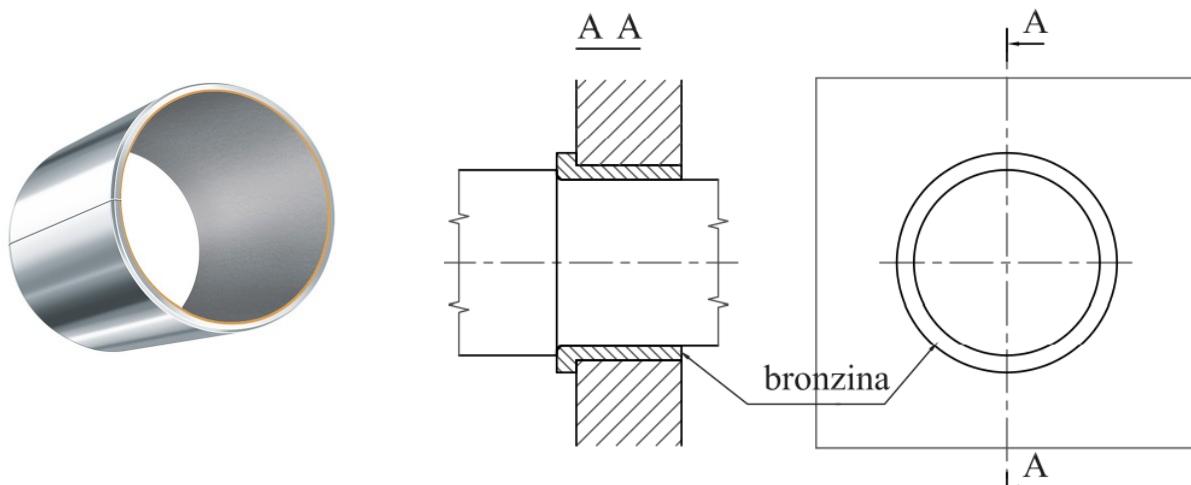
- **Cuscinetti radiali:** la direzione del carico è perpendicolare all'asse dell'albero
- **Cuscinetti assiali:** la direzione del carico è parallela all'asse dell'albero
- **Cuscinetti obliqui:** la direzione del carico è inclinata rispetto all'asse dell'albero

CUSCINETTI AD ATTRITO RADENTE

I cuscinetti ad attrito radente sono chiamati anche bronzine per il fatto che i primi materiali utilizzati per la loro costruzione furono proprio **bronzi di stagno**, zinco e altri metalli.

La loro forma più semplice consiste in un cilindro forato che viene inserito all'interno di un supporto di altro materiale, all'interno del quale viene posto l'albero in rotazione.

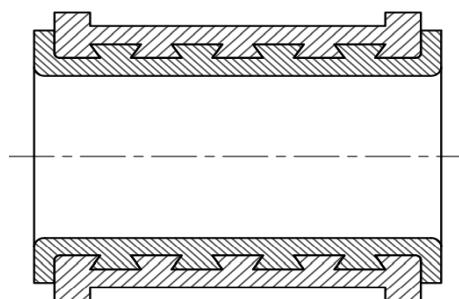
Chiaramente, il diametro dell'albero è leggermente minore del diametro della bronzina, anche per permettere una corretta lubrificazione di quest'ultima, e quindi quando si va a tollerare il foro e l'albero dobbiamo prevedere un accoppiamento con gioco.



Per la loro costruzione vengono impiegati metalli che siano buoni conduttori, molto duri e con basso coefficiente di attrito: Bronzi di zinco, stagno e piombo, metalli antifrizione, ghisa perlitica ecc...

Caratteristiche fondamentali (TARDP):

- (T) Conducibilità termica: per dissipare il calore generato dallo strisciamento
- (T) Costanza nelle prestazioni meccaniche nonostante le variazioni di temperatura
- (A) Basso coefficiente d'attrito
- (R) Resistenza alla corrosione: soprattutto in ambiente acido, poiché essa è a stretto contatto con un lubrificante
- (R) Resistenza meccanica allo sforzo e alla fatica
- (D) Elevata durezza: comunque minore di quella dell'albero, poiché preferibile far usurare la bronzina in quanto più facilmente sostituibile
- (P) Plasticità e fusibilità: per facilitare il montaggio sul supporto



A volte le bronzine presentano delle scanalature a coda di pesce per mantenere un contatto maggiore con il supporto, che solitamente è una bussola realizzata con un metallo diverso da quello antifrazione della bronzina (ex. acciaio).

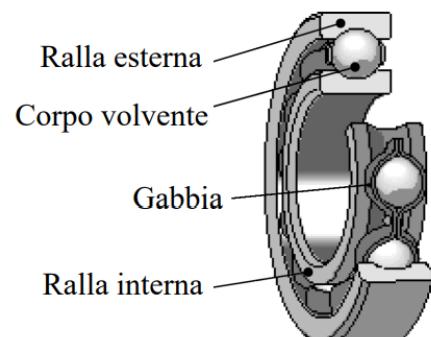
Il metallo antifrazione viene fuso e colato nella bussola

CUSCINETTI AD ATTRITO VOLVENTE

I cuscinetti ad attrito volvente nascono per diminuire l'attrito che deriva dai cuscinetti di strisciamento, poiché utilizzando dei corpi volventi si riduce la superficie d'appoggio e l'attrito può diventare fino a 10 volte inferiore.

Generalmente sono così costituiti:

- **Anello interno** a contatto con l'albero
- **Anello esterno** a contatto col supporto
- **Corpi volventi** (sfere o rulli)
- **Piste cementate e rettificate** che orientano il percorso dei corpi volventi
- **Gabbie distanziatrici**, che mantengono i corpi volventi ad una costante distanza gli uni dagli altri



Classificazione:

- **Forma** dei corpi volventi: a sfera, a rulli, a rullini, a rulli conici
- **Numero** di corone di corpi volventi: a una o due corone
- **Direzione** del carico: radiali, assiali, obliqui
- Rigidì od orientabili
 - **Rigidì**: gli assi degli anelli sono coincidenti
 - **Orientabili**: Gli assi degli anelli possono orientarsi tra loro in direzioni diverse mantenendo fisso un punto comune detto "centro del cuscinetto"

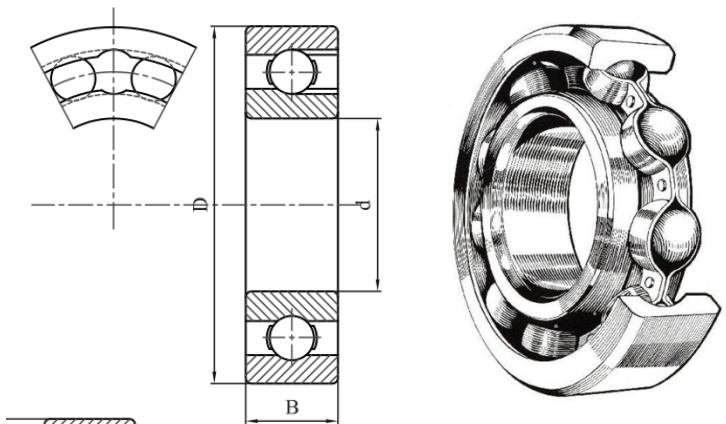
Vantaggi e svantaggi:

- ★ Minor coefficiente di attrito
- ★ **Facilità di avviamento:** nelle bronzine, l'attrito iniziale è molto maggiore dell'attrito a regime
- ★ **Economia di lubrificante**
- ★ Minor temperatura
- ★ **Ingombro** decisamente maggiore
- ★ Impossibilità di un'**esecuzione in due metà**: non si possono usare in alberi di forma particolare
- ★ Impossibilità di impiego per carichi elevatissimi a causa delle **elevate pressioni di contatto** tra corpi volventi e piste

Andiamo ad analizzare i seguenti tipi di cuscinetti ad attrito volvente:

- Cuscinetti radiali rigidi a sfere
- Cuscinetti radiali rigidi a rulli e rullini
- Cuscinetti assiali rigidi a sfere
- Cuscinetti obliqui a sfere
- Cuscinetti obliqui a rulli
- Cuscinetti obliqui a rulli conici
- Cuscinetti radiali orientabili a sfere
- Cuscinetti radiali orientabili a rulli a botte
- Cuscinetti assiali orientabili a sfere
- Cuscinetti assiali orientabili a rulli

1. CUSCINETTI RADIALI RIGIDI A SFERE



Sono la tipologia di cuscinetto più diffusa

Il contatto è limitato teoricamente ad un punto, ma in realtà a causa delle deformazioni plastiche, avviene con un suo intorno, ma comunque non sono adatti a sopportare carichi troppo elevati

Per l'introduzione delle sfere:

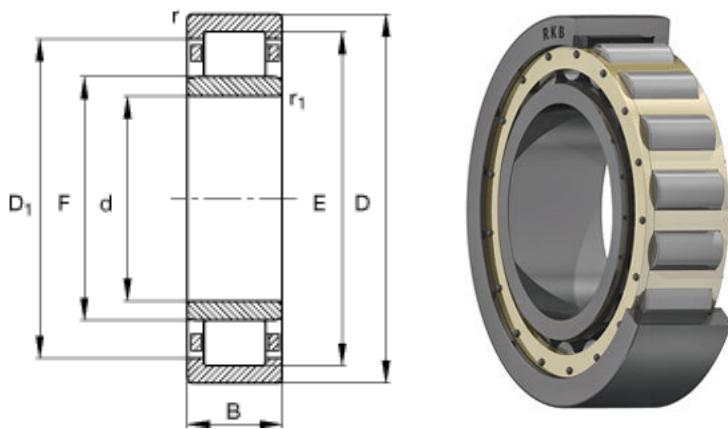
- Cava laterale
- Tutte introdotte da una parte approfittando dell'eccentricità tra i due anelli

Sono adatti a sopportare leggeri carichi assiali, ma non se hanno cava laterale

Se sono a due corone di sfere sopportano i carichi assiali ancora meglio

Vi possono essere degli schermi di protezione con una rosetta in lamierino e gomma, allo scopo di trattenere il lubrificante e impedire l'azione di agenti esterni

2. CUSCINETTI RADIALI RIGIDI A RULLI



I corpi volventi sono dei cilindri con assi paralleli a quello dell'albero.

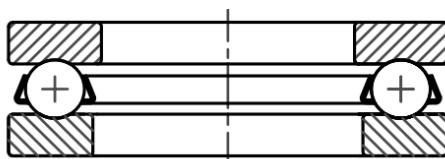
Hanno l'inconveniente di essere molto spaziosi, quindi spesso si utilizzano i cuscinetti radiali rigidi a rullini

I rulli sono guidati nel loro moto grazie alla presenza di orletti ricavati sulla superficie degli anelli. Si hanno 3 tipologie

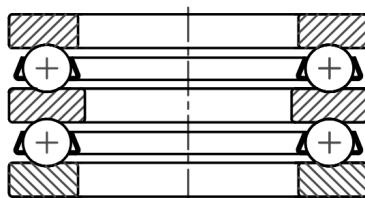
- Cuscinetto aperto: Un anello non ha orletti e l'altro ne ha due, consente uno spostamento assiale relativo in entrambi i versi
- Cuscinetto semichiuso: Un anello ha un orletto e l'altro ne ha due, consente uno spostamento assiale relativo solo in un verso
- Cuscinetto chiuso: Entrambi gli anelli hanno 2 orletti, non consente spostamento assiale

Possono sopportare leggeri carichi assiali solo se chiusi o semichiusi (questi solo in un verso). Possono essere costituiti da due corone di rulli

3. CUSCINETTI ASSIALI RIGIDI A SFERE



I cuscinetti assiali esistono solo ed esclusivamente a sfere, e sono formati da due anelli con in mezzo una pista su cui far scorrere le sfere, distanziate da una gabbia.

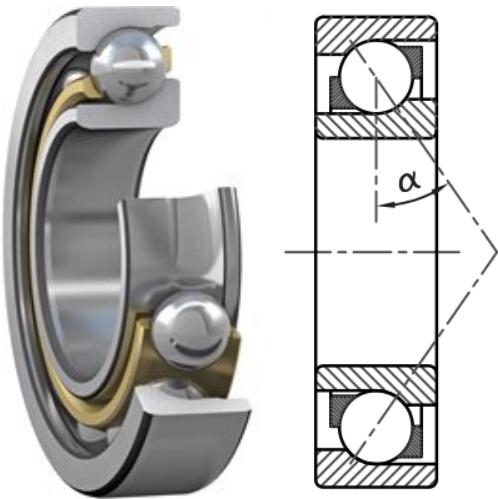


I due anelli hanno diametri diversi, con una differenza di 0,2/0,4 mm: il diametro dell'anello minore viene attaccato all'albero mentre quello maggiore al supporto.

Esistono due tipi di cuscinetti assiali rigidi a sfere:

- **Cuscinetti a semplice effetto:** Quelli descritti sopra, sopportano carichi assiali in un solo verso
- **Cuscinetti a doppio effetto:** Costituiti da due sistemi a semplice effetto, che hanno in comune l'anello di diametro interno minore che si attacca all'albero. Gli altri due anelli si attaccano al supporto

4. CUSCINETTI OBLIQUI A SFERE

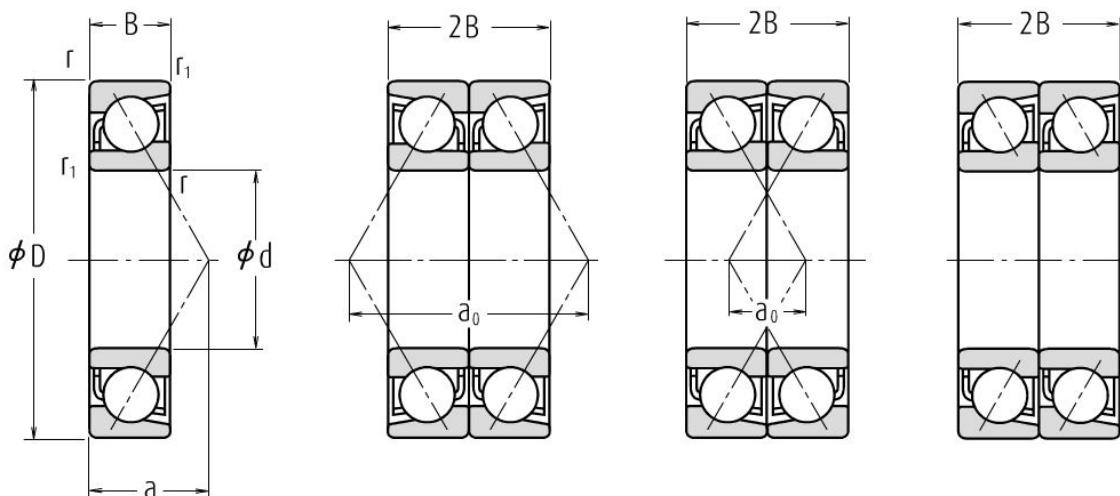


I cuscinetti obliqui sono costruiti in modo che il carico radiale sia orientato in un angolo α rispetto all'asse del cuscinetto, perché per costruzione il contatto tra le sfere e le piste di rotolamento è obliquo.

Questi cuscinetti sopportano sia carichi assiali che carichi radiali: se il carico a cui sono sottoposti è esclusivamente radiale, essi creano una spinta assiale che è in grado di smontare il cuscinetto.

→ Spesso è necessario montarli in coppia prevedendo un'inclinazione contrapposta, per evitare lo smontamento.

Come possono essere montati assieme i cuscinetti obliqui rigidi a sfere?



A) Singolo

B) Montaggio a “O”

C) Montaggio ad “X”

D) a Tandem

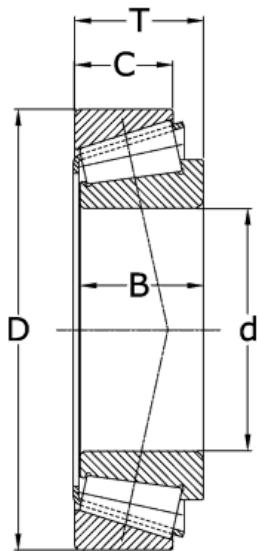
Montaggio a “O”: Relativamente rigido, sopporta carichi assiali in entrambi i versi (ma solo su un cuscinetto), evita lo smontaggio del cuscinetto, sopporta movimenti ribaltanti

Montaggio a “X”: Meno rigido del montaggio a “O”, sopporta carichi assiali in entrambi i versi, non sopporta movimenti ribaltanti

Montaggio a tandem: Evita lo smontamento del cuscinetto, si usa quando il carico assiale da sopportare è troppo ingente, sopporta carichi assiali in un solo verso, se c'è un carico assiale nell'altro verso serve un terzo cuscinetto in contrapposizione (a X)

Volendo si utilizzano anche cuscinetti obliqui a doppia corona di sfere, che rappresentano un montaggio ad “O” più compatto, ma prevengono lo smontaggio del cuscinetto e aumentano la resistenza al carico da sopportare.

5. CUSCINETTI OBLIQUI A RULLI CONICI



I corpi volventi sono rulli conici, inseriti all'interno di piste coniche.

Vi sono due anelli:

- **L'anello esterno (coppa)** presenta una pista di rotolamento conica. Si può sfilare
- **L'anello interno** presenta anch'esso una pista di rotolamento conica + **due orletti**: quello maggiore serve per sopportare le spinte assiali, quello minore per evitare lo smontaggio del cuscinetto

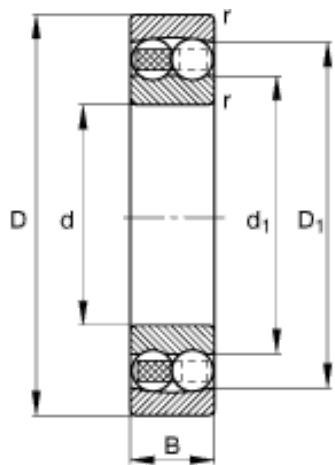
Anch'essi possono essere montati a tandem, a X, a O, a seconda che debbano smorzare le spinte assiali nel caso di carichi puramente radiali.

Affinché il cuscinetto abbia un corretto funzionamento, il moto dei rulli conici deve essere di esclusivo **rotolamento**: questo comporta che le generatrici dei rulli debbano convergere tutte in uno stesso punto, in linea con il centro dell'anello interno.

Sono cuscinetti molto versatili: sopportano carichi assiali (in un unico verso), radiali, consentono di realizzare disposizioni rigide e sono in grado di sopportare momenti ribaltanti.

La pecca è che non sopportano momenti rotanti troppo elevati

6. CUSCINETTI RADIALI ORIENTABILI A SFERE



Questi cuscinetti esistono soltanto nella versione a due corone di sfere.

Si utilizzano ove non sia possibile garantire la coassialità dei supporti e dovunque si possano verificare disassamenti.

L'anello interno ha due piste, l'anello esterno ha un'unica pista sferica (più ampia) che permette il corretto rotolamento del cuscinetto anche quando gli assi dei due anelli non coincidono.

Nella vista in sezione è necessario rappresentare entrambe le corone di sfere, ma poiché non sono allineate si disegna parte della gabbia davanti ad una delle due sferette.

7. CUSCINETTI RADIALI ORIENTABILI A RULLI A BOTTE

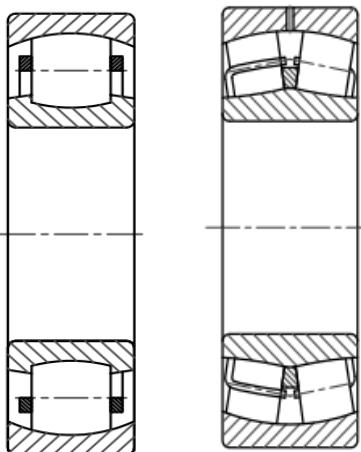


X

I corpi volventi sono rulli a botte, dunque con i lati leggermente curvi. Possono avere una o due corone di rulli.

Nel caso di cuscinetto orientabile radiale a due corone di rulli:

- Anello esterno con pista sferica comune
 - Il centro delle sfere ideali è sull'asse del cuscinetto
- Anello interno con due piste toriche a una determinata inclinazione rispetto all'asse del cuscinetto.



L'anello interno ha **tre orletti**:

- Orletto centrale: sopporta le spinte dei rulli
- Orletti laterali: Impediscono la fuoriuscita dei rulli

I rulli hanno assi orientati in modo obliquo rispetto all'asse del cuscinetto, ma simmetrici a due a due rispetto a quest'ultimo

Non sopportano grandi carichi assiali

8. CUSCINETTI ASSIALI ORIENTABILI A SFERE



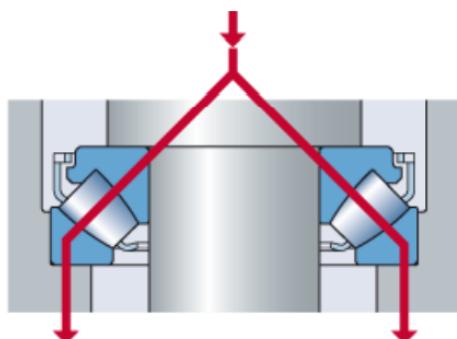
Sono estremamente simili ai cuscinetti assiali rigidi a sfere:

L'unica differenza è che l'anello di alesaggio maggiore (nel caso di cuscinetti a doppio effetto i due anelli esterni) è poggiato su un **supporto sferico**, e ruota all'interno di esso rispetto al suo centro che si trova al di fuori del cuscinetto.

Si montano quando non è possibile garantire la perpendicolarità tra asse dell'albero e piano di appoggio del cuscinetto, perché permettono l'orientamento dell'albero rispetto al supporto.

Fissano con il loro centro un punto dell'asse dell'albero: se montati insieme a cuscinetti radiali orientabili è necessario che il centro delle sfere del solco d'appoggio sia lo stesso, altrimenti l'albero sarebbe costretto a passare per 3 punti non allineati.

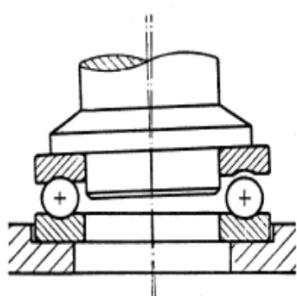
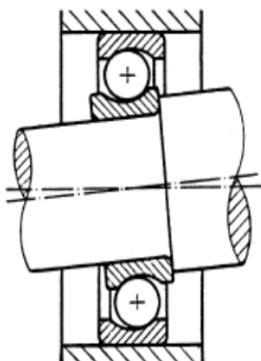
9. CUSCINETTI ASSIALI ORIENTABILI A RULLI



I corpi volventi sono rulli a botte asimmetrici.

L'anello interno (a contatto con l'albero) ha pista torica e presenta un orletto che sopporta le spinte, l'anello esterno ha una pista sferica su cui si orientano i rulli, con centro fuori dal cuscinetto

ERRORI DA EVITARE NEL MONTAGGIO



★ Non si montano cuscinetti rigidi se non si è certi al 100% della perfetta coassialità tra albero e cuscinetti: potrebbe causare malfunzionamenti e deformazioni degli oggetti

★ Il bloccaggio in senso assiale dell'albero rispetto al supporto deve essere affidato ad un solo cuscinetto nel caso di cuscinetti radiali rigidi a sfere, per permettere eventuali dilatazioni o contrazioni degli organi

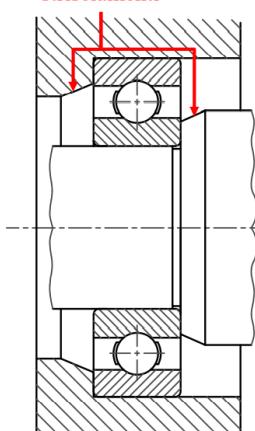
★ Nel caso di cuscinetti rigidi obliqui non è necessario il bloccaggio assiale nel verso in cui il cuscinetto è impossibilitato a sposarsi, ma solo in quello che deve prevenire lo smontaggio

★ Gli spallamenti su cui poggiano gli anelli dei cuscinetti devono avere altezza opportuna! Tali valori sono tabulati e calcolati in funzione dell'arrotondamento e del diametro nominale dei cuscinetti. In caso di spallamento troppo alto o troppo basso vi sono dei rimedi efficaci:

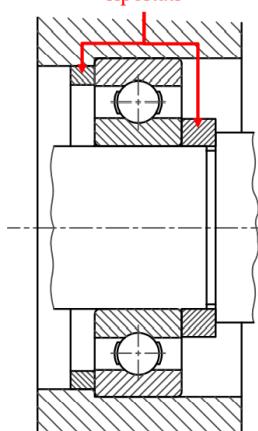
Spallamento troppo alto: Potrebbe esserci uno strofinamento tra l'albero e il lato dell'anello del cuscinetto, quindi è opportuno smussare l'albero

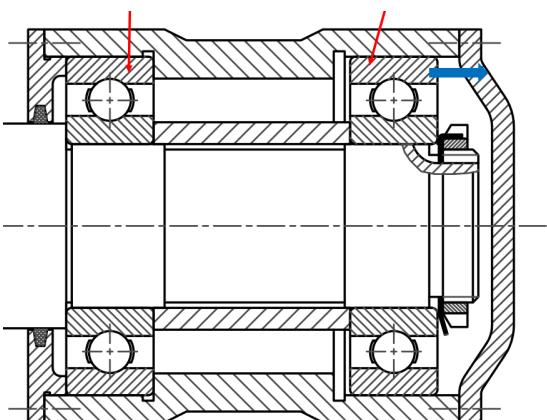
Spallamento troppo basso: Il cuscinetto non sarebbe efficacemente bloccato lateralmente, quindi è opportuno aggiungere anelli di spalleggiamento

Smussi praticati per evitare strisciamenti



Anelli di spalleggiamento riportati

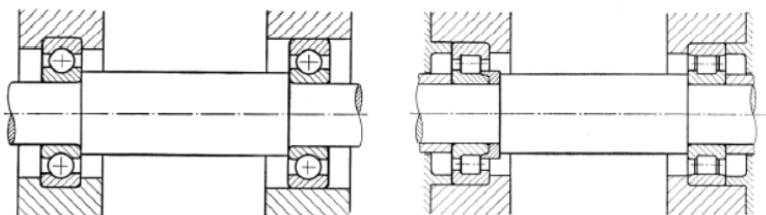




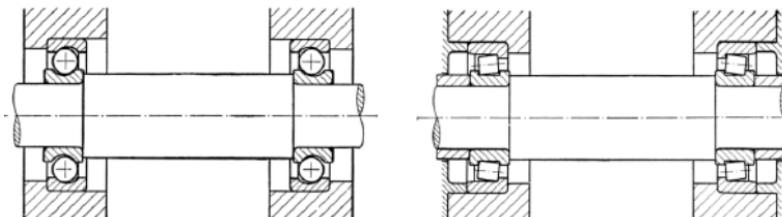
★ E' necessario prevedere un bloccaggio laterale di tutti gli anelli, inferiori e superiori.
Ci sono vari metodi di bloccaggio

Nell'immagine, osserviamo il caso a sinistra in cui anche gli anelli superiori sono correttamente bloccati lateralmente, mentre nel caso di destra l'anello superiore è libero di muoversi, e questo può comportare uno smontaggio del cuscinetto.

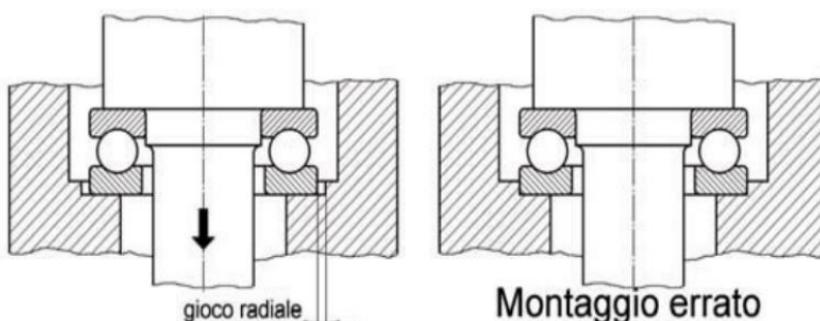
Corretto



Non corretto



★ Dei cuscinetti radiali, sia a sfere che a rulli, il compito di blocco assiale dell'albero deve essere affidato ad un solo cuscinetto, che può agire come "supporto bloccato". Gli altri devono agire come "supporti liberi", devono cioè trasmettere esclusivamente carichi radiali, in modo da scaricare la contrazione o l'allungamento dell'albero legati a sollecitazioni termiche, scaturite da un funzionamento prolungato a velocità elevate. In mancanza di questi accorgimenti si instaurano sui cuscinetti dei carichi assiali anomali.

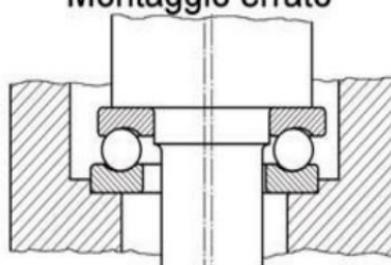


Montaggio Corretto

Montaggio errato

★ Quando si montano cuscinetti assiali, è bene ricordare che tali cuscinetti non posizionano l'asse di rotazione per cui occorreranno sempre anche dei cuscinetti radiali.

★ **Lasciare gioco radiale tra anello e supporto nei cuscinetti assiali!!**



★ L'anello che ruota deve essere bloccato nella sua sede, e quindi deve essere previsto un accoppiamento in tolleranza con interferenza, mentre l'anello fisso deve avere un accoppiamento con gioco

TOLLERANZE PER I CUSCINETTI AD ATTRITO VOLVENTE

Sia la dimensione del diametro esterno che quella del diametro interno del cuscinetto sono realizzate con un campo di tolleranza avente scostamento superiore nullo.

Criteri base per l'assegnazione delle tolleranze:

- L'anello che ruota deve essere montato con gioco radiale nella sua sede
- L'anello che resta fisso nella propria sede deve invece essere montato bloccato
- La buona norma è attenersi alle istruzioni fornite dalle ditte costruttrici

BLOCCAGGI LATERALI PER CUSCINETTI VOLVENTI

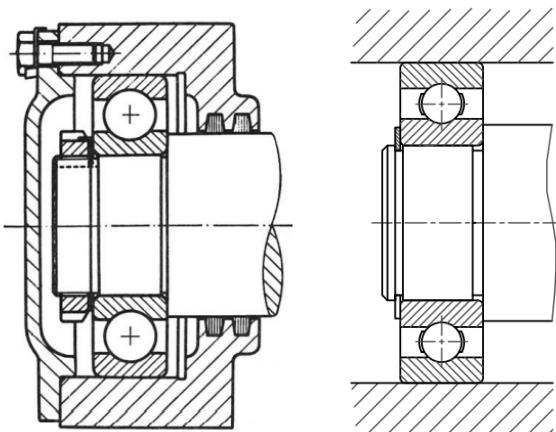
ANELLO INTERNO:

Generalmente l'anello interno poggia da un lato sullo spallamento dell'albero, e poi è bloccato altrove tramite i seguenti modi:

- Ghiera filettata con rosetta di sicurezza
- Dado e controdado (oppure dado e rosetta)
- Piastra montata frontalmente all'albero con 3 viti
- Anello distanziale
- Anelli Seeger (esiste la versione sia per albero che per foro: si inseriscono in cave apposite)

ANELLO ESTERNO:

- Anelli Seeger per fori
- Coperchio fissato con viti



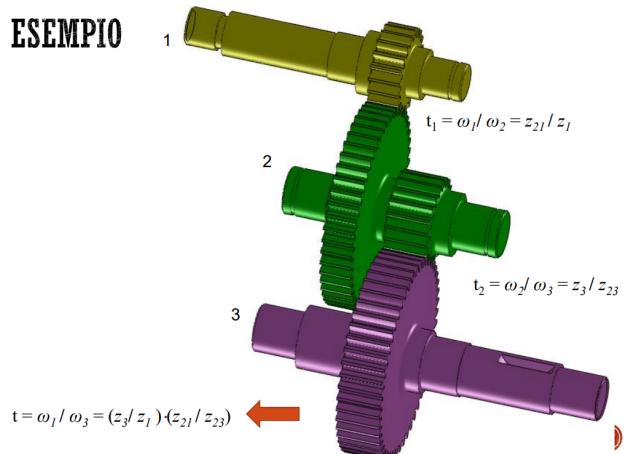
RUOTE DENTATE

Le ruote dentate sono particolari organi di trasmissione del moto, e rientrano nella categoria dei "ruotismi". Vi sono varie caratteristiche da prendere in considerazione per la scelta di un organo di trasmissione rispetto ad un'altro, ed esse sono principalmente 3:

- **Rapporto di trasmissione:** è un parametro utilizzato in meccanica per caratterizzare come il movimento si trasferisce da una ruota dentata ad un'altra in un ingranaggio. E' definito come il rapporto tra la velocità angolare di rotazione della ruota motrice della prima coppia e la velocità angolare di rotazione della ruota condotta dell'ultima coppia.

$$K = \frac{\omega_1}{\omega_n}$$

ESEMPIO



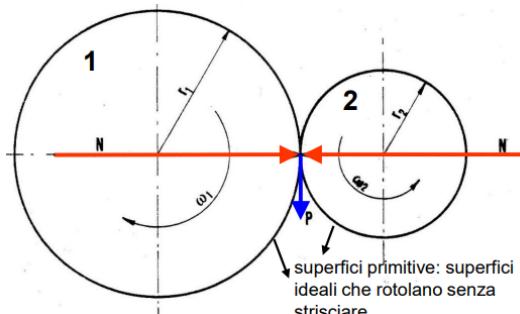
E' importante conoscere questo rapporto per costruire ingranaggi che vadano a diminuire la velocità in entrata oppure ad aumentarla.

- **Entità della potenza** da trasmettere:
 - Bassa
 - Media
 - Alta
- **Posizione relativa degli assi** tra cui deve trasmettersi il moto
 - Assi paralleli (ruote cilindriche)
 - Assi incidenti (Ruote coniche)
 - Assi sghembi (Ruote cilindriche a denti elicoidali, ingranaggi a vite, ruote ipoidali)

RUOTE DI FRIZIONE CILINDRICHE

Le ruote di frizione sono particolari organismi di trasmissione del moto che sfruttano la forza d'attrito: possono essere sia cilindriche che coniche.

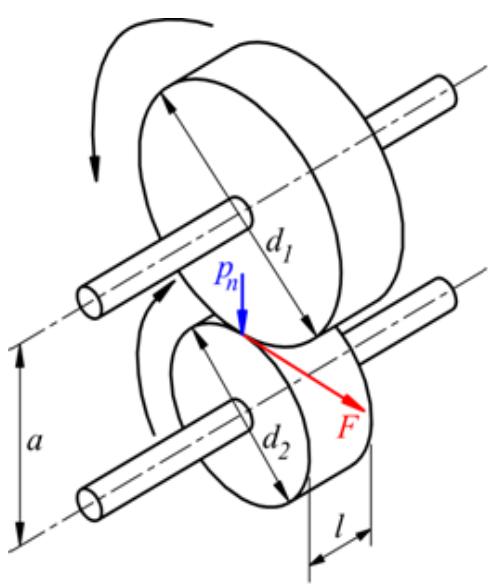
Le due ruote che compongono il ruotismo devono essere spinte l'una contro l'altra con una forza normale N , tale che:



$$N = P/f$$

- f : coefficiente di attrito
- P : Forza tangenziale con la quale la forza motrice trasmette il moto

Queste ruote hanno il difetto che la forza tangenziale ottenibile è molto ristretta rispetto alla forza normale applicata, perché f ha un valore molto piccolo (da 0,1 a 0,3)



Rapporto di trasmissione:

Nelle ruote a frizione cilindriche il rapporto di trasmissione è uguale all'inverso del rapporto tra i loro diametri, e ciò si basa sul fatto che le due ruote devono rotolare senza strisciamento, e devono quindi avere la stessa velocità tangenziale ($\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$)

$$K = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

Le superfici a cui si fa riferimento per definire il rapporto di trasmissione sono le **“superficie primitive”**, ossia quei cerchi che in teoria rotolano senza strisciare gli uni sugli altri, che si incontrano in un solo punto di contatto (nella realtà non si ha un punto ma un intorno di quest'ultimo, a causa delle deformazioni plastiche della materia)

RUOTE DI FRIZIONE CONICHE

Nel caso fosse necessaria la trasmissione del moto tra assi incidenti, si può fare ricorso a ruote di frizione coniche

Caratteristiche necessarie per il funzionamento:

- I coni primitivi a cui appartengono le due ruote devono avere **stesso vertice**, altrimenti non si ottiene rotolamento ma strisciamento (Stesso discorso dei cuscinetti rigidi obliqui a rulli conici)
- Il **rapporto di trasmissione** è uguale all'inverso del rapporto tra i seni degli angoli di semiapertura dei loro coni primitivi (stessa dimostrazione delle ruote cilindriche, la velocità tangenziale deve essere la stessa se voglio avere un moto di puro rotolamento)

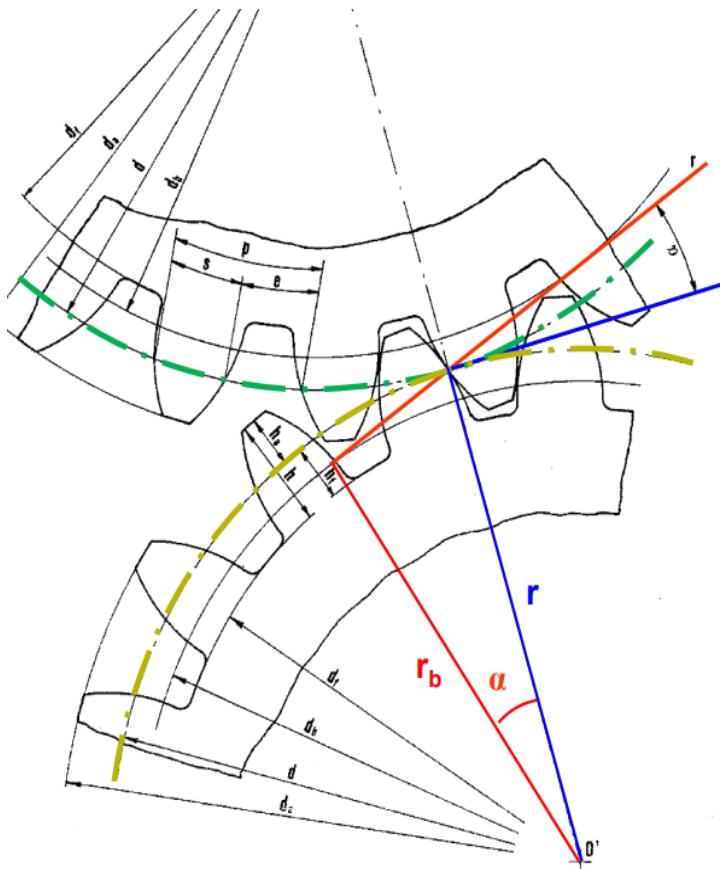
$$K = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\sin(\alpha_2)}{\sin(\alpha_1)}$$

RUOTE DENTATE CILINDRICHE

Le ruote dentate vengono utilizzate per trasmettere il moto quando la semplice forza d'attrito delle ruote a frizione non è sufficiente. Vengono realizzati dei risalti regolarmente disposti lungo la periferia di ciascuna ruota, che prendono il nome di “denti”

- Denti a fianchi dritti
- Denti ad evolvente (l’evolvente di cerchio si costruisce tramite una retta che rotola lungo la circonferenza dello stesso cerchio)

Diamo delle definizioni generali delle principali misure necessarie per definire una ruota dentata:



- ❖ **d**: diametro primitivo (diametro dei due cerchi che idealmente rotolano senza strisciamento)
- ❖ **da**: diametro di testa
- ❖ **df**: diametro di fondo
- ❖ **db**: diametro del cerchio di base (utilizzato per costruire gli evolventi: inoltre, il cerchio di base ha l'importante proprietà che la retta d'azione è sempre tangente ad esso)
- ❖ α : angolo di pressione (formato tra il raggio di azione e la tangente ai due cerchi primitivi nel punto di contatto)
- ❖ **r**: retta di azione, retta lungo la quale è diretta la trasmissione del moto
- ❖ **h**: altezza del dente
- ❖ **ha**: addendum, distanza tra il diametro di testa e il cerchio primitivo
- ❖ **hf**: dedendum, distanza tra il diametro di fondo e il cerchio primitivo
- ❖ **p**: passo della ruota dentata (ruote dentate che devono ingranare tra loro, devono avere lo stesso passo)

Passo: $p = \pi \cdot d/z$

Modulo: $m = p/\pi$

Si definisce quindi "modulo" della ruota dentata, il rapporto tra il diametro e il numero di denti, ed è il principale parametro utilizzato per l'unificazione delle ruote dentate

$$m = \frac{d}{z}$$

Da cui provengono una serie di relazioni tabulate per l'unificazione delle ruote dentate:

Proporzionamento modulare

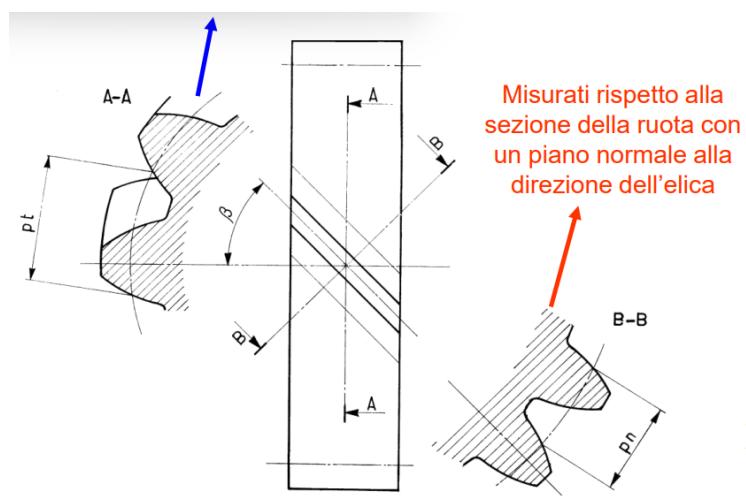
- **addendum = m**
- dedendum = 1.25 m
- $h = 2.25 \text{ m}$
- lunghezza assiale = (8-12) m
- diametro primitivo $d = m z$
- diametro esterno = $d + 2 \text{ m} = (z + 2) \text{ m}$
- diametro interno = $d - 2.5 \text{ m}$

Grazie alla definizione di modulo, possiamo dare una nuova definizione di rapporto di trasmissione tra due ruote dentate, in base al numero di denti di ciascuna

$$K = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

Le ruote dentate cilindriche si dividono in diverse categorie:

➤ A **denti diritti**: trasmissione del moto tra assi paralleli



➤ A **denti elicoidali**: i denti sono orientati secondo delle eliche cilindriche. Possono essere considerate come composte da un numero infinito di ruote cilindriche dritte i cui denti di larghezza infinitesima sono sfalsati di una quantità molto piccola e costante

- **Angolo di inclinazione** dell'elica alla quale appartiene il dente (due ruote elicoidali che ingranano devono avere β opposti)
- **pn e mn** = passo normale e modulo normale
- **pt e mt** = passo apparente e modulo apparente

Il passo normale si misura sezionando la ruota con un piano perpendicolare alla direzione dell'elica

Il passo apparente si misura sezionando la ruota con un piano perpendicolare all'asse della ruota

Se chiamo β l'angolo di inclinazione, la relazione tra pn e pt è la seguente:

$$pn = pt \cdot \cos(\beta)$$

➤ **Ruote a dentatura interna**: Si utilizzano per sopperire a problematiche di ingombro, in cui è però importante ricordare che:

- Il senso di rotazione di entrambe le ruote è uguale
- Nel caso di ruote a denti elicoidali, anche l'inclinazione delle eliche è la stessa

Vantaggi e svantaggi delle ruote elicoidali:

- Maggiore numero di denti contemporaneamente in presa
- Riduzione della forza trasmessa da ognuno di essi
- Funzionamento migliore e più silenzioso dell'ingranaggio

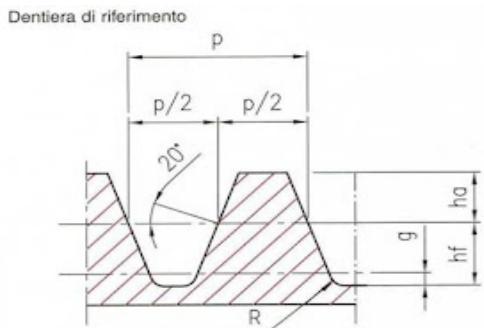
Nelle ruote elicoidali però nascono anche sforzi assiali, a cui si può sopperire tramite

- Cuscinetti appropriati
- Doppia elica che compensi le spinte

In modo tale da dar origine sui supporti dei relativi alberi solamente a carichi radiali.



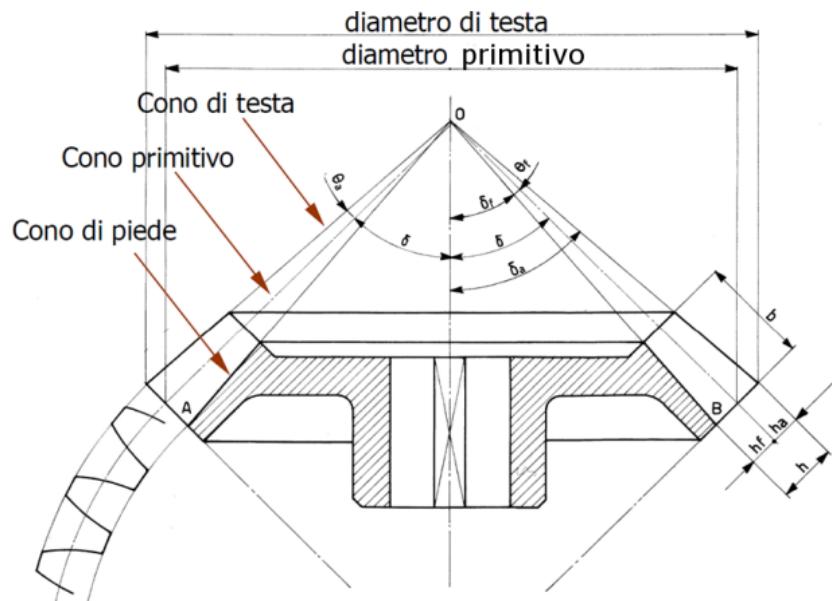
Per definire le caratteristiche strutturali di tutto un sistema di ruote cilindriche dentate con un modulo fissato, si utilizza la cosiddetta “**dentiera di riferimento**”: essa è una costruzione teorica che identifica il profilo di una ruota dentata a diametro infinito, cosicché la circonferenza primitiva risulti rettilinea, come anche il profilo ad evolvente del dente.



RUOTE DENTATE CONICHE

Sono estremamente simili alle ruote di frizione coniche, anche e soprattutto per il fatto che i coni di appartenenza delle ruote devono avere vertice comune.

Per definire le caratteristiche di una coppia di ruote dentate coniche ci si riferisce alla sezione di maggior spessore, e si introducono nuove misure importanti da definire.



δ è l'angolo di semiapertura del cono primitivo
 δ_f è l'angolo di semiapertura del cono di piede
 δ_a è l'angolo di semiapertura del cono di testa
 θ_a è l'angolo di addendum
 θ_f è l'angolo di dedendum

A seconda dell'utilizzo e dell'entità della potenza da trasmettere, si possono utilizzare (come per le ruote cilindriche) diversi tipi di dentatura

- Ruote a denti dritti
- Ruote a denti a spirale
- Ruote ipoidi



RUGOSITÀ E SALDATURE

Nel passaggio dalla macchina ideale alla macchina reale, oltre agli errori dimensionali per i quali abbiamo introdotto le tolleranze dimensionali, si possono avere anche degli “errori geometrici”.

Gli errori geometrici sono di due tipologie:

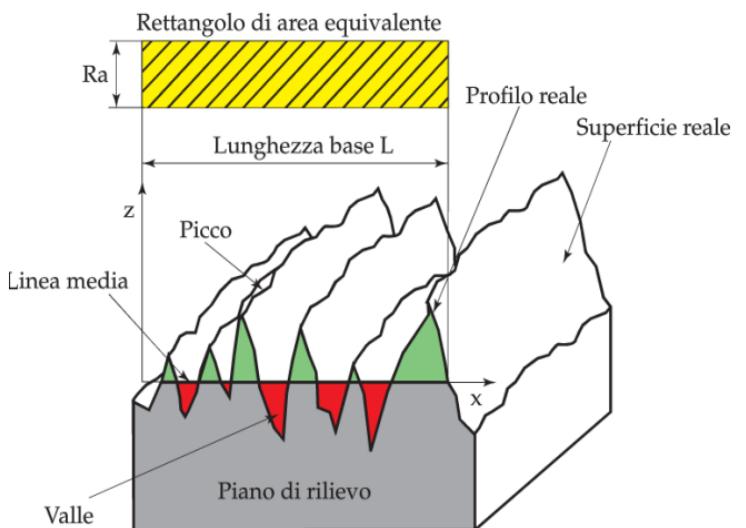
- Errori **microgeometrici**: Rugosità
- Errori **macrogeometrici**: Tolleranze geometriche

Quando parliamo di rugosità di una superficie, intendiamo una serie di irregolarità microscopiche presenti su di essa in seguito ad una lavorazione meccanica.

Infatti le lavorazioni meccaniche non lasciano la superficie perfettamente liscia e levigata, ma spesso sono presenti delle micro-fessure, striature, solchi ecc...

La rugosità influenza molti fattori:

- Rendimento
- Durata
- Lubrificazione
- Aspetto estetico
- Resistenza alla fatica



GENERALITA':

- **Superficie nominale/geometrica/ideale**: Superficie ideale che compare sul disegno
- **Superficie reale**: Superficie realmente ottenuta con la lavorazione meccanica
- **Superficie rilevata**: Approssimazione della superficie reale, si ottiene facendo misurazioni tramite strumentazione apposita
- **Superficie di riferimento**: Superficie nota con la quale si confrontano i risultati per il rilievo degli errori geometrici
- **Superficie media**: Ha la stessa forma della superficie nominale, ma una giacitura tale che la somma dei quadrati delle distanze tra i suoi punti e quelli della superficie reale sia minima
- **Superficie inviluppo**: Ha la stessa forma della superficie nominale, ma la sua giacitura appoggiata sulla superficie reale la tocca in almeno 3 punti
- **Piano di rilievo**: Piano perpendicolare alla superficie nominale col quale si seziona quest'ultima allo scopo di effettuare le misurazioni

Sezionando la superficie nominale col piano di rilievo → *Profilo nominale* (o ideale)

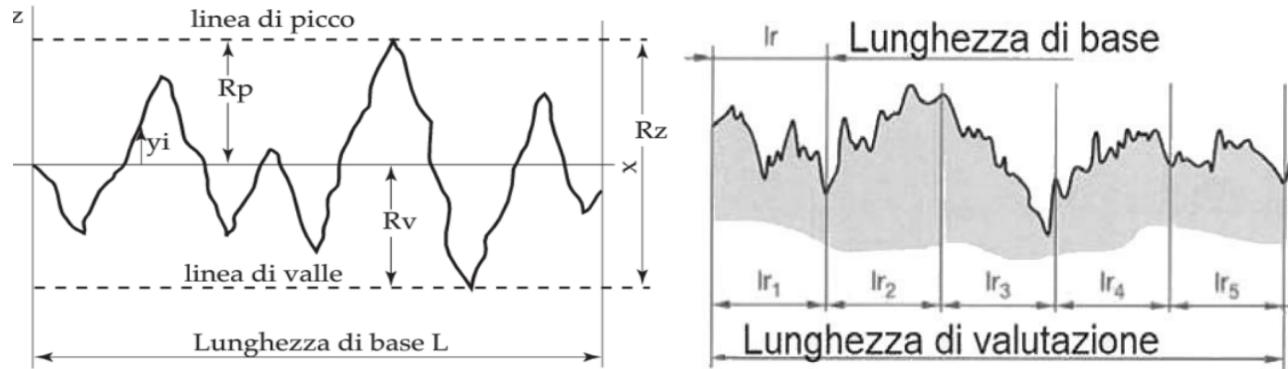
Sezionando la superficie reale col piano di rilievo → *Profilo reale*

Sezionando la superficie media col piano di rilievo → *Profilo medio*

Sezionando la superficie rilevata col piano di rilievo → *Profilo rilevato*

Quando si effettuano le misurazioni di rugosità, esse devono essere svolte su una piccola zona del macchinario, per poi essere plausibilmente estese all'intera superficie.

Si sceglie quindi una sezione avente una lunghezza precisa, detta “*lunghezza di valutazione*”, che successivamente viene divisa in 5 parti: ognuna di queste 2 detta “*lunghezza di base (l)*”



Grazie alla lunghezza di valutazione e alla lunghezza di base si possono stimare i parametri che vanno a definire la rugosità della superficie di interesse:

Rugosità: valore medio dei valori assoluti delle ordinate del profilo rilevato rispetto alla sua linea media (corrisponde a profilo medio).

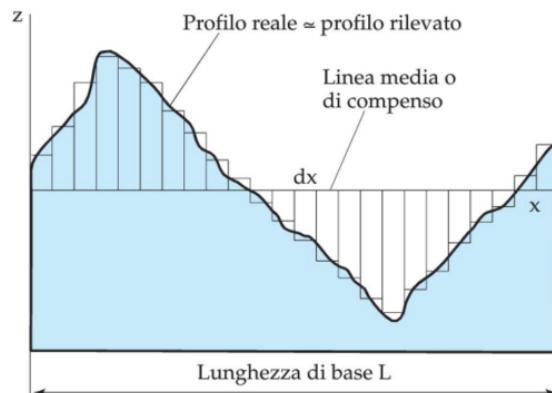
Letteralmente la rugosità è la media aritmetica delle n ordinate rilevate in una lunghezza l

Soltamente si fa la media aritmetica delle misure ottenute su 5 diverse lunghezze di base (che infatti formano complessivamente la lunghezza di valutazione)

$$R_a = \frac{|z_1| + |z_2| + |z_3| + \dots + |z_n|}{n}$$

$$\int_0^L |z| dx \quad \text{Somma delle aree dei rettangolini}$$

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |z| dx \quad \text{Formula più rigorosa che definisce } R_a$$



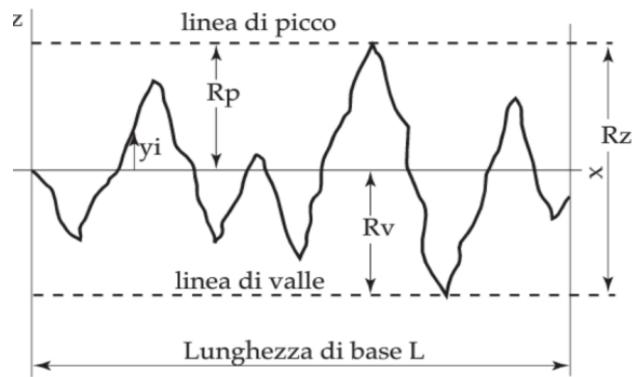
$$Ra = \frac{Ra_1 + Ra_2 + Ra_3 + Ra_4 + Ra_5}{5}$$

Recap: Scelgo una lunghezza di valutazione L_v che divido in 5 lunghezze di base L

Per ogni lunghezza di base traccio la linea media e calcolo la distanza tra questa e il profilo rilevato

Infine faccio la media tra tutte queste distanze e trovo il valore di rugosità totale

Infine, dalla lunghezza di base si possono ottenere gli ultimi parametri importanti:



Linea di picco: linea parallela alla linea media, passante per il punto più alto del profilo rilevato

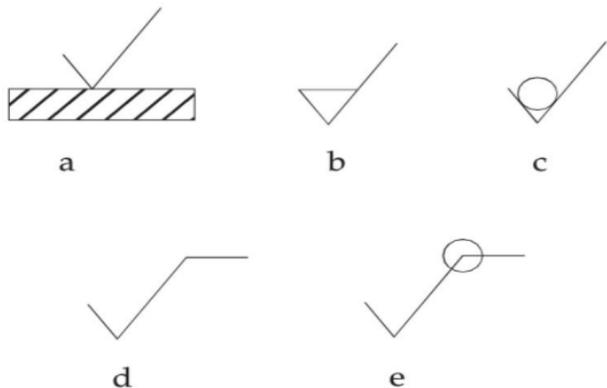
Linea di valle: linea parallela alla linea media, passante per il punto più basso del profilo rilevato

R_p: Altezza massima di picco

R_v: Profondità massima di valle

R_z: Altezza massima del profilo

RAPPRESENTAZIONE RUGOSITA'



- A) Rugosità generica
- B) Con asportazione di truciolo
- C) Senza asportazione di truciolo
- D) Linea per indicazioni aggiuntive
- E) Tutte le superfici di contorno sono nelle stesse condizioni di rugosità

Sotto la linea si inserisce il valore della rugosità ed eventualmente altre specifiche come l'orientamento dei solchi

ORIENTAMENTO DEI SOLCHI

=	Solchi paralleli al piano di proiezione della vista sulla quale è applicato il segno grafico	
⊥	Solchi perpendicolari al piano di proiezione della vista sulla quale è applicato il segno grafico	
X	Solchi incrociati in due direzioni oblique rispetto al piano di proiezione della vista sulla quale è applicato il segno grafico	
C	Solchi approssimativamente circolari rispetto al centro della superficie alla quale è applicato il segno grafico	
R	Solchi approssimativamente radiali rispetto al centro della superficie alla quale è applicato il segno grafico	
M	Solchi multidirezionali	
P	Solchi senza direzioni particolari e non sporgenti	

COME SCEGLIERE LA RUGOSITA'?

RUGOSITA Ra μm	APPLICAZIONI
0,025	Piani di appoggio di micrometri, specchi e blocchi di riscontro.
0,05	Facce calibri di officina e piani di appoggio comparatori.
0,1	Facce calibri a corsoio, perni d'articolazione, utensili di precisione, cuscinetti superfiniti, accoppiamenti stagni ad alta pressione in moto alternato, superficie accoppiate di parti in modo alternativo a tenuta di liquido sotto pressione e superficie levigate di tenuta senza guarnizione.
0,2	Sopporti alberi a gomito e alberi a camme, perno di biella, superficie camme, diametro cilindri pompe idrauliche, cuscinetti lappati, perni turbine, accoppiamenti stagni mobili a mano, guide tavole macchine utensili, reggisposta alte velocità, perni di alberi di rotori di turbine, di riduttori, ecc.
0,4	Alberi scanalati, cuscinetti alberi motore, diametro esterno stantuffi, diametro cilindri, perni grandi macchine elettriche, accoppiamenti alla pressa, gambo valvola, superficie di tenuta di seggi ed otturatori di valvole, saracinesche, ecc., perni di alberi a gomito e portate di linee d'alberi, cuscinetti di metallo bianco, superficie di parti scorrevoli come pattini e relative guide.
0,8	Tamburi, freni, fori brocciati, cuscinetti bronzo, parti di precisione, denti ingranaggi, cuscinetti rettificati, superficie di tenuta di flange senza guarnizione, perni di alberi a gomito e portate di linee d'alberi, cuscinetti di metallo bianco, superficie di parti scorrevoli come pattini e relative guide, superficie di tenuta dei seggi valvole motori.
1,6	Facce particolari di ingranaggi, alberi e fori ingranaggi, teste cilindro, scatole ingranaggi di ghisa, faccia pistone, superficie di tenuta di flange con guarnizioni metalliche.
3,2	Perni e cuscinetti per trasmissioni a mano, superficie di accoppiamento di parti fisse smontabili (flange di accoppiatoi, imposte di centramento, ecc.).
6,3	Superficie di tenuta di flange con guarnizioni comuni.

- **0,8:**

- Fori brocciati (fori ottenuti con broccatura e quindi asportazione di truciolo, di solito fori in cui scorre qualcosa dentro)
- Alberi che scorrono nei fori (in generale parti scorrevoli)
- Cuscinetti radenti (bronzine)
- Esterno generico

- **3,2:**

- Superfici di accoppiamento di parti fisse ma che possono essere smontate

- **1,6:**

- Superficie di testa delle ruote dentate

SALDATURE

La saldatura è un processo tecnologico mediante il quale è possibile ottenere una giunzione tra due o più parti, generalmente metalliche, in seguito alla loro parziale fusione e successiva ricristallizzazione in prossimità della giunzione, per effetto di un riscaldamento localizzato ad alte temperature.

- Si realizza la **continuità fisica** tra le parti in corrispondenza dei tratti di collegamento.

L'energia termica per il processo può essere di origine chimica oppure elettrica, e il metallo che viene portato a temperatura prossima a quella di fusione può essere lo stesso materiale delle parti da saldare (*saldatura autogena*) oppure un metallo d'apporto diverso dal metallo base (*saldatura eterogena*)

Una saldatura viene di solito classificata in base a:

- a) Processo utilizzato
- b) Tipo di giunto
- c) Forma della saldatura o del cordone
- d) Dimensioni del cordone

PROCESSO UTILIZZATO

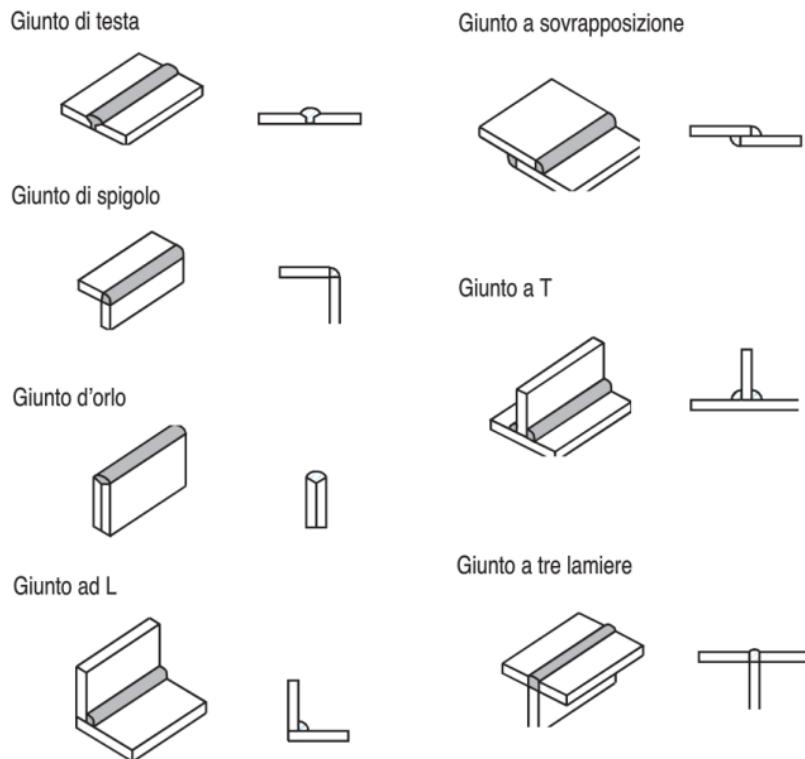
SALDATURA AUTOGENA: il materiale base fonde e prende parte alla composizione del giunto, e la saldatura si può quindi eseguire senza o con apporto di metallo dello stesso tipo di quello dei pezzi da saldare (nel primo caso si fondono direttamente i due pezzi da saldare, nel secondo caso si aggiunge del metallo fuso, ovviamente lo stesso metallo dei pezzi da saldare)

- Saldatura a gas
- Saldatura ad arco elettrico
- Saldatura in idrogeno atomico
- Alluminotermia
- **Saldatura a pressione:** i pezzi riscaldati sono uniti con l'ausilio di una pressione meccanica o di percussione

SALDATURA ETEROGENA: Si fonde solo il metallo d'apporto che è differente dal metallo dei due pezzi da saldare. Il tipo di saldatura eterogena più diffuso è la **saldo-brasatura** (o brasatura)

- **Brasatura:** Infiltrazione tra le superfici dei pezzi da unire del metallo d'apporto, a punto di fusione più basso del metallo base, che fonde a contatto della superficie dei pezzi da saldare portate a conveniente temperatura
 - *Brasature forti:* punto di fusione del metallo sopra i 400°
 - *Brasature dolci:* punto di fusione del metallo sotto i 400°

TIPO DI GIUNTO



Se il tipo di giunto non deve essere specificato, ma basta indicare che esso sarà saldato o brasato, deve essere usato il segno grafico seguente:



FORMA DEL CORDONE

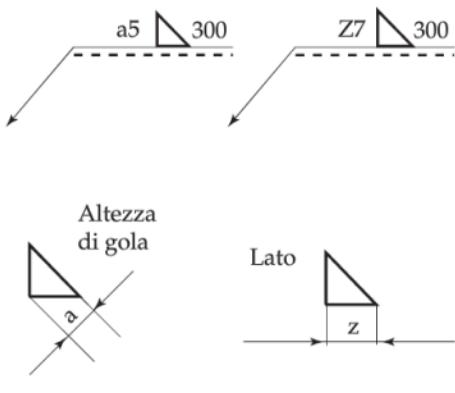
ASPETTO ESTERNO DEL CORDONE	SEGNO GRAFICO	Il cordone esterno della saldatura può avere diverse forme, e anch'esse vanno indicate sul disegno con appositi simboli: in particolare il cordone può dare origine ad una saldatura
Piano		
Convesso		<ul style="list-style-type: none"> - piana - concava - convessa
Concavo		

RAPPRESENTAZIONE E DESIGNAZIONE

Per rappresentare le saldature da inserire in un particolare, si usa una rappresentazione schematica composta da 4 elementi principali:

- 1) **Segno grafico elementare:** è caratteristico di ciascun tipo di saldatura, e la sua forma ricorda generalmente quella della saldatura da eseguire (a V, a doppia V o X, a K, a K con spalla, a U ecc...). Sono riportati sul libro in Tab 9.5
- 2) **Segno grafico supplementare:** è facoltativo e si utilizza per specificare la forma esterna del cordone
- 3) **Linea di freccia:** è una linea continua la cui estremità termina con una freccia che indica il punto in cui si ha la saldatura. Sull'altra estremità vi è una doppia linea (una continua fine, l'altra tratteggiata fine) sulla quale si inseriscono i segni grafici. In particolare
 - a) **Segno grafico dal lato della linea continua:** la saldatura è sul lato che indica la freccia
 - b) **Segno grafico dal lato della linea tratteggiata:** la saldatura è sul lato opposto a quello indicato dalla freccia
- 4) **Quotatura convenzionale:** Si inseriscono dei valori numerici che indicano le quote principali da inserire nel disegno per una corretta realizzazione della saldatura.
Solitamente si inseriscono le quote relative alla sezione trasversale e alla sezione longitudinale della saldatura
 - a) Le quote relative alla sezione trasversale sono scritte alla **sinistra** del segno grafico
 - b) Le quote relative alle dimensioni longitudinali sono scritte alla **destra** del segno grafico.

QUOTATURA DELLE SALDATURE D'ANGOLO



Nelle saldature ad angolo la quota trasversale può essere espressa in due modi differenti, quindi è necessario anteporre alla misura a sinistra una lettera (a oppure z) che indichi in quale modo è stata presa la misura. Infatti possiamo misurare:

- **Altezza** del maggior triangolo isoscele inscritto nella sezione trasversale della saldatura
- **Lato** del maggior triangolo isoscele inscritto nella sezione trasversale della saldatura