

# Disegno Meccanico

## **Contenuti**

- Metodi di rappresentazione
- Serie di Renard
- Tolleranze
- Materiali per l'ingegneria meccanica
- Rugosità
- Processi di lavorazione
- Collegamenti meccanici
- Trasmissione del moto

# METODI DI RAPPRESENTAZIONE

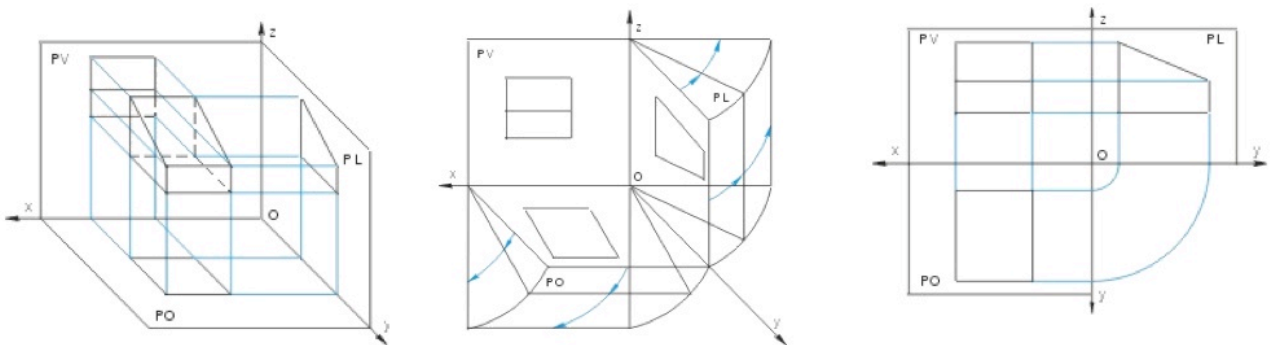
I metodi di rappresentazione comunemente usati sono:

1. Il metodo della doppia proiezione (o di Monge)
2. L'assonometria (ortogonale o obliqua)
3. La proiezione quotata
4. Il metodo della proiezione centrale (prospettiva)

## Metodo della doppia proiezione ortogonale o di Monge

È comunemente usato nel disegno tecnico per due motivi fondamentali:

1. Realizzare una corrispondenza biunivoca tra oggetto rappresentato e relativa rappresentazione
2. Conserva le misure e la forma delle linee piane parallele ad uno dei piani di proiezione, proiettate su tale quadro.



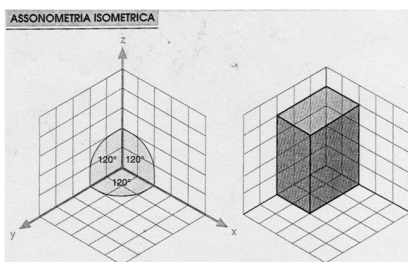
La disposizione nello spazio dell'oggetto è tale da garantire la massima conservazione delle dimensioni lineari e superficiali.

## Metodo dell'assonometria

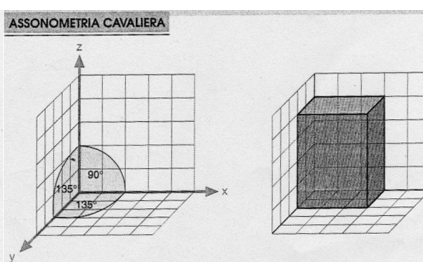
Il metodo dell'assonometria si impiega allorché si intende dare “impressione visiva” dell'oggetto da rappresentare, senza tuttavia ricorrere ad un metodo di rappresentazione a centro proprio (**prospettiva**), più idoneo allo scopo, ma più laborioso nell'esecuzione.

Alcuni tipi di assonometrie:

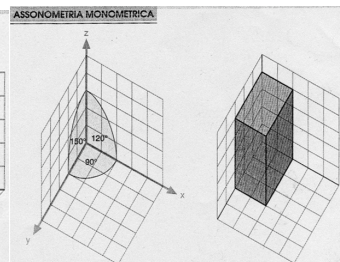
### Isometrica



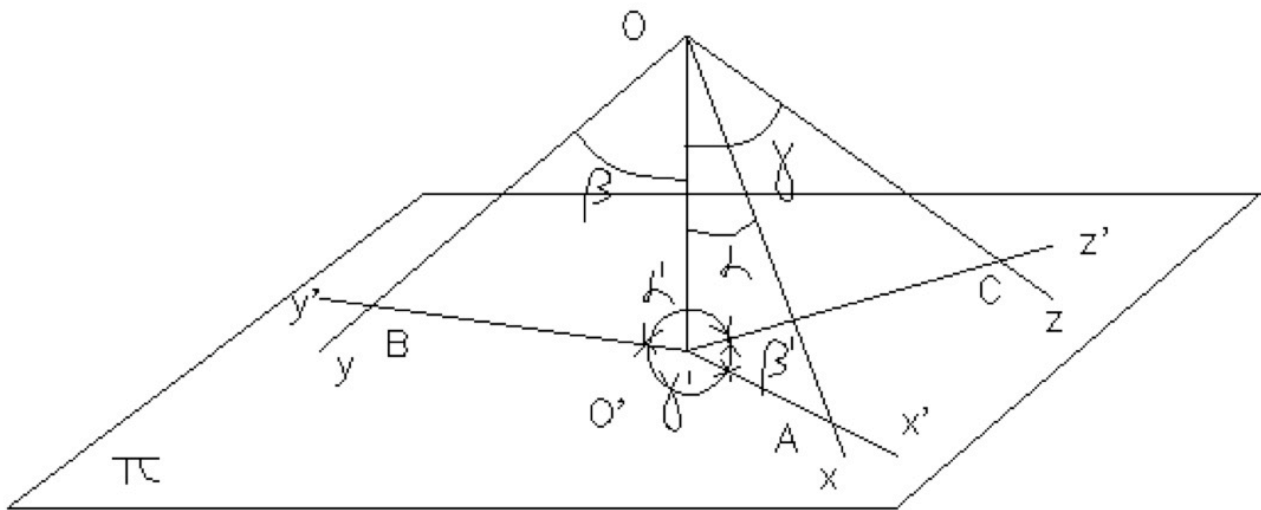
### Cavaliera



### Monometrica



## Relazione tra sistema di riferimento assonometrico e sistema cartesiano associato all'assonometria ortogonale



$$O'A = OA \sin \alpha = OO' \operatorname{tg} \alpha$$

$$O'B = OB \sin \beta = OO' \operatorname{tg} \beta$$

$$O'C = OC \sin \gamma = OO' \operatorname{tg} \gamma$$

e quindi dalle tre relazioni si deduce che

$$O'O = OA \cos \alpha = OB \cos \beta = OC \cos \gamma$$

se poniamo che

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$$

e che

$$\alpha' + \beta' + \gamma' = 360^\circ$$

Nell'assonometria isometrica ( $\alpha = \beta = \gamma$ ) otteniamo:

$$3 \cos^2 \alpha = 1$$

$$\alpha = 54,735^\circ$$

$$\sin \alpha = 0,81649$$

## Teorema di Pohlke

Il teorema di Pohlke o teorema fondamentale dell'assonometria, è un teorema di geometria descrittiva enunciato da Karl Wilhelm Pohlke nel 1853 e dimostrato dal matematico Hermann Schwarz nel 1864.

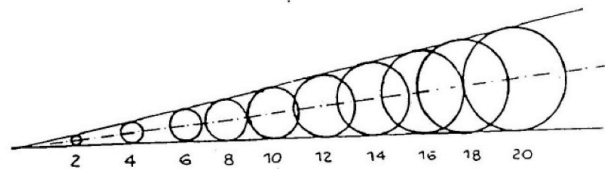
Esso afferma che, assegnati sul piano di quadro tre segmenti unitari,  $U_x$ ,  $U_y$ ,  $U_z$ , aventi un estremo comune  $O'$  e lunghezza e direzione qualsiasi, esiste in ogni caso nello spazio un centro proiezione improprio, tale che sia possibile considerare i tre segmenti assegnati come proiezione da quel centro di tre segmenti uguali uscenti da un origine  $O$ , perpendicolare tra loro a due a due.

# NUMERI DI RENARD

I valori numerici possono essere ordinati secondo una progressione aritmetica o geometrica.

- La **progressione aritmetica** viene usata di rado nella tecnica (è usata però per la lunghezza dei gambi delle viti) e consiste nel far rimanere costante la differenza fra due termini consecutivi:

$$a_{i+1} - a_i = K$$

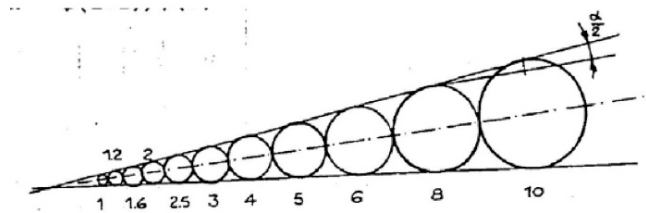


- Diametri in serie aritmetica.

Si osserva dalla figura che la definizione non è molto precisa per piccole misure, mentre per grandi dimensioni gli elementi sono troppo poco diversi fra loro.

- La **progressione geometrica** è molto applicata nella tecnica perché riesce a coprire un ampio intervallo di dimensioni con un numero minimo di valori. Nella progressione geometrica risulta costante il rapporto:

$$\frac{a_{i+1}}{a_i} = K$$



Si osserva dalla figura che la definizione è ugualmente precisa per piccole e grandi dimensioni.

- La serie di numeri **normali** o di **Renard** è una serie geometrica ha come primo termine  $a_0 = 1$  e come ragione della serie  $K = 10^{\frac{1}{n}}$  quindi:

$$\frac{a_{i+1}}{a_i} = K = 10^{\frac{1}{n}} \quad (\text{con } n = 5, 10, 20, 40)$$

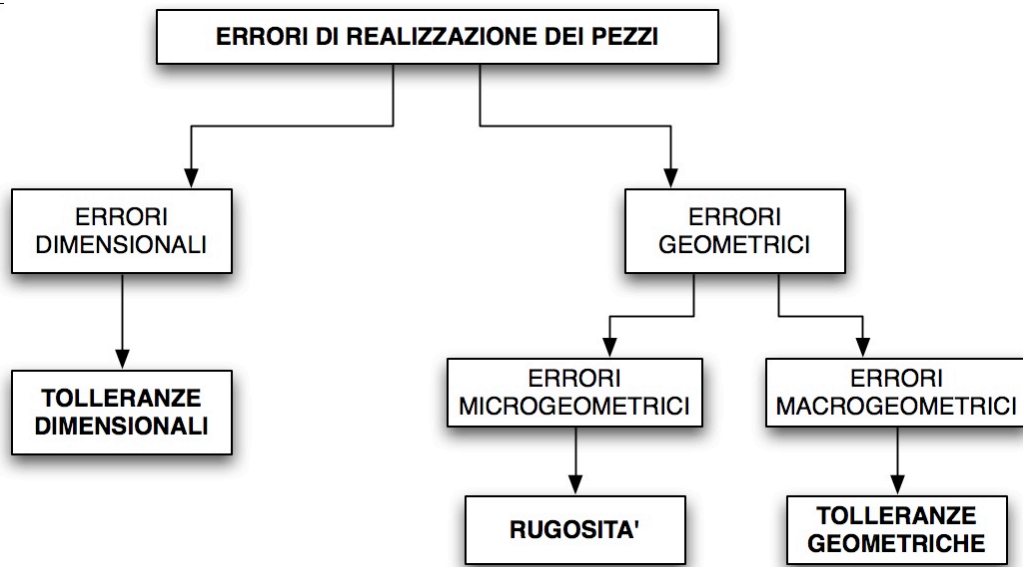
Si definiscono così quattro serie numeriche diverse (chiamate R5, R10, R20, R40), i cui elementi prendono il nome di numeri di Renard e presentano l'interessante proprietà di dividere l'unità esponenziale in un numero n di parti intermedie.

## Proprietà della serie di Renard

- I prodotti ed i rapporti dei termini di una serie sono pure termini della stessa
- Il valore della R10 pari a 3,15 approssima abbastanza bene il valore di  $\pi$  e pertanto le superfici cilindriche possono essere termini della serie
- Il valore di R10 pari a 1,4 approssima abbastanza bene il valore di  $\sqrt{2}$  e quindi le diagonali dei quadrati sono elementi della serie

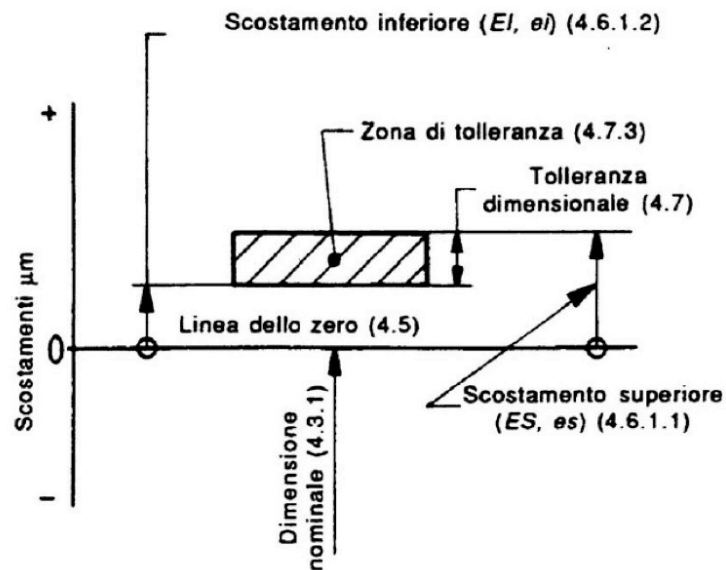
Serie fondamentali di numeri normali (vedi punti 3 e 4)			
Serie R 5	Serie R 10	Serie R 20	Serie R 40
10	10	10	10
		11,2	10,6
		12,5	11,2
		14	11,8
16	16	16	12,5
		18	13,2
		20	14
		22,4	14,5
25	25	25	15
		28	16
		31,5	17
		35,5	18
40	40	40	19
		45	20
		50	21,2
		56	22,4
63	63	63	23,6
		71	25
		80	26,5
		90	28
		95	30

# TOLLERANZE



- **Tolleranze dimensionali**

Dimensioni e forme reali si discostano da quelle ideali, pertanto è necessario precisare entro quali limiti le inesattezze dimensionali non compromettono le funzionalità del componente.



### Grado di tolleranza normalizzato

Nel sistema ISO sono previsti 20 gradi di tolleranza normalizzati che sono funzione della dimensione nominali del componente (più grande è il componente maggiore la tolleranza).

Grado di tolleranza normalizzato	Classe di tolleranza		Lavorazioni meccaniche corrispondenti		Applicazioni	
	Alberi	Fori	Alberi	Fori	Alberi	Fori
IT1 - IT4			Lavorazione con macchine speciali	Lavorazione con macchine speciali	Lavorazioni di precisione di strumenti di misura, calibri, blocchetti di riscontro	
IT5	extra preciso		rettifica	rettifica speciale	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT6	preciso	extra preciso	rettifica	rettifica	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT7	preciso - medio	preciso	tornitura	rettifica alesatura tornitura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT8	medio	medio	tornitura	alesatura tornitura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT9	medio - grossolano	medio - grossolano	tornitura trafilatura	alesatura tornitura trapanatura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT10	medio - grossolano	medio - grossolano	tornitura trafilatura	alesatura tornitura trapanatura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT11	grossolano	grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT12	molto grossolano	molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT13	molto grossolano	molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT14 - IT18	molto grossolano	molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	

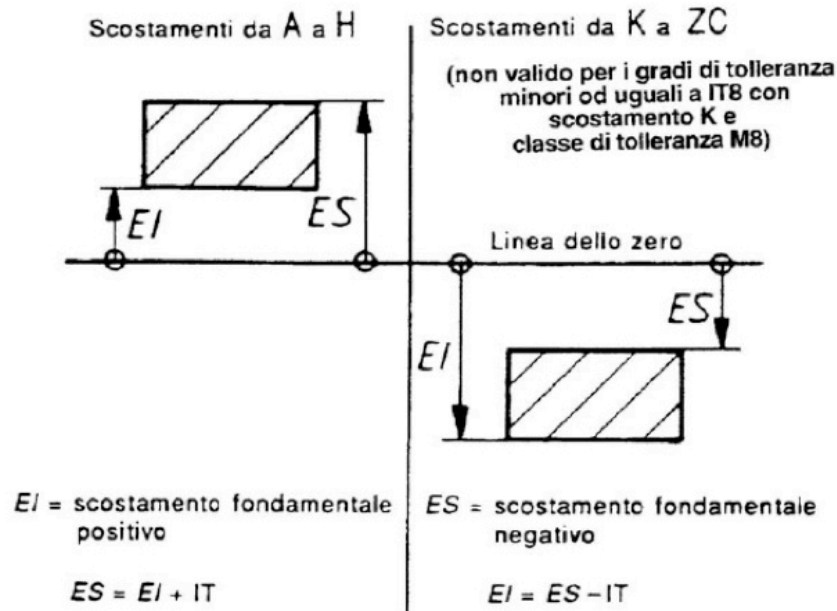
### La posizione delle tolleranze

- Per fori lo scostamento fondamentale è quello inferiore  $E_i$  per posizioni da  $A$  ad  $H$  e quello superiore per posizioni da  $K$  a  $Z$ .

La posizione  $H$  è quella per cui lo scostamento fondamentale è nullo.

- Per gli alberi lo scostamento fondamentale è quello superiore  $e_i$  per posizioni da  $a$  ad  $h$  e quello inferiore per posizioni da  $k$  a  $z$ .

La posizione  $h$  è quella per cui lo scostamento fondamentale è nullo.



### Accoppiamenti ALBERO-BASE

Vantaggi: è richiesta una minore dotazione di calibri per esterni, più costosi di quelli per interni; è facile reperire barre trafilate già rettificate e unificate con tolleranza  $h$ .

Svantaggi: è necessario lavorare una più estesa gamma di fori, lavorazione costosa.

### Accoppiamenti FORO-BASE

Vantaggi: è richiesta una minore lavorazione dei fori evitando quindi costose operazioni.

Svantaggi: è richiesto un numero maggiore di calibri per il controllo dei fori.

- **Tolleranze geometriche**

Limitano lo scostamento di un elemento in rapporto a forma, orientamento e posizione, senza tener conto delle dimensioni.

**Principio di indipendenza**

Ciascuna prescrizione dimensionale o geometrica specificata su un disegno deve essere rispettata in modo indipendente.

Le eccezioni che impongono l'interdipendenza fra dimensione e geometria sono:

1. esigenze di involuppo (non deve essere superato l'involuppo della forma perfetta).
2. Applicazione della condizione di MASSIMO o minimo materiale.

**Condizione di MASSIMO materiale (Maximum Material Condition – MMC [M] ).**

Condizione in cui il pezzo contiene la massima quantità di materiale entro i limiti dimensionali stabiliti; ad es. il perno più grande e il foro più piccolo.

**Condizione di minimo materiale (Minimum Material Condition – LMC [L] ).**

Condizione in cui il pezzo contiene la minima quantità di materiale entro i limiti dimensionali stabiliti; ad es. il perno più piccolo e il foro più grande.



# MATERIALI PER L'INGEGNERIA MECCANICA

Per secoli il materiale ingegneristico più utilizzato è stato il legno, con l'ausilio di piccoli componenti in metallo. Solo dopo la rivoluzione industriale, con lo sviluppo della siderurgia, si è passati al progressivo incremento dei metalli ed all'eliminazione del legno come materiale tecnico.

Tra le due guerre mondiali si è sviluppata, soprattutto in Germania e negli Usa la tecnologia delle materie plastiche. I materiali ceramici, per quanto antichissimi, hanno subito comunque una evoluzione nell'ultimo secolo. I compositi appartengono agli ultimi 60 anni di tecnologia.

Suddividiamo i materiali ingegneristici moderni in quattro categorie

- **Metalli**

Tecnicamente formati da metallo puro o da leghe.

**Materiale principale:** acciaio-ghisa lega di ferro, carbonio ed altri elementi

**Lavorazione principale:**

Innalzamento temperatura sino a fusione, Formatura allo stato fluido in apposita forma ,

Consistenza col raffreddamento

**Caratteristica fondamentale:**

- Buona conducibilità elettrica e termica,
- Buona resistenza meccanica,
- Discreta resistenza all'usura,
- Elevato peso specifico,
- Saldabilità e lavorabilità meccanica elevata.

- **Ceramici**

Tecnicamente formati da ossidi metallici

**Materiali principali:** silice, allumina, ma anche carburi, nitruri etc

**Lavorazione principale:**

Formatura a freddo di polveri. Reazioni di sinterizzazione con innalzamento della temperatura ma senza arrivare a fusione. Raffreddamento.

**Caratteristica fondamentale:**

- Buon isolamento elettrico e termico.
- Buona resistenza alle alte temperature.
- Buona resistenza all'usura ed elevata durezza.
- Contenuto peso specifico.
- Scarsa lavorabilità dopo cottura.

- **Resine o materie plastiche**

Tecnicamente formati da catene polimeriche

**Materiale principale:** carbonio

**Lavorazione principale:**

Polimerizzazione di monomero (materia prima). Innalzamento della temperatura sino allo stato semifluido. Formatura allo stato fluido in apposita forma. Consistenza col raffreddamento.

**Caratteristica fondamentale:**

- Buon isolamento elettrico.
- Scarsa resistenza alla temperatura.
- Costo contenuto.
- Basso peso specifico.

- Elevata riciclabilità.

- **Compositi**

Tecnicamente formati da materiali eterogenei: metallo + ceramico, ceramico + resina, metallo + resina.

**Lavorazione principale:**

Coesione di un componente allo stato di fibra o polvere o granulare con una matrice

**Caratteristica fondamentale:**

- Si cerca di ottenere in un unico prodotto i vantaggi dei diversi materiali.
- Ad esempio: elevata resistenza meccanica e basso peso.
- Oppure: elevata resistenza meccanica e elevata resistenza termica.

- **La resistenza dei materiali:**

Metallici: resistenza a compressione quasi uguale alla resistenza a trazione

Ceramici: resistenza a compressione molto maggiore di quella a trazione (anche di 10 volte)

Resine: resistenze paragonabili.

Metallici: resistenza a fatica

Ceramici: resistenza ad usura, resistenza alle intemperie.

- **La scelta del progettista**

Utilizzazione (funzionalità)

Costo

Lavorabilità

Durata di vita prevista ma anche Estetica e Ergonomia

## RUGOSITA'

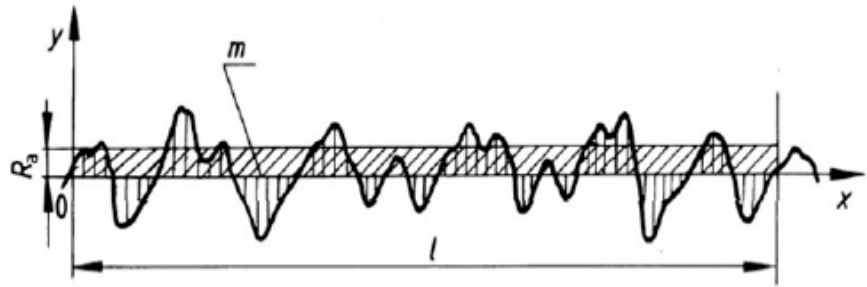
La rugosità della superficie è l'insieme delle irregolarità superficiali lasciate dal processo di lavorazione.

### Definizione secondo la UNI 3963 (1978)

Rugosità  $R_a$  è il valore medio delle ordinate ( $y_1, y_2 \dots y_n$ ) del profilo rilevato rispetto alla sua linea media.

L'indice di rugosità medio  $R_a$  è dato da:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$



(dove  $l$  è la lunghezza del tratto di misura, parallelo alla linea media;  $y$  = ordinata riferita alla linea media, misurata perpendicolarmente a questa)

oppure approssimativamente

$$R_a = \sum_{i=1}^n \frac{|y_i|}{n}$$

Rugosità  $R_z$  è la distanza tra due linee parallele alla linea media passanti mediamente tra i 5 picchi più alti e le 5 valli più basse entro i limiti della lunghezza di base.

$R_z$  è dato da:

$$R_z = \frac{(y_1 + y_3 + \dots y_9) - (y_2 + y_4 + \dots y_{10})}{5}$$

(dove  $y_{\text{dispari}}$  sono l'ordinata dei picchi più alti e  $y_{\text{pari}}$  l'ordinata delle valli più basse)

# PROCESSI DI LAVORAZIONE

I processi di lavorazione si possono suddividere in due grandi categorie:

1. Lavorazione senza asportazione di truciolo
  - Fonderia
  - Lavorazione plastiche
  - Lavorazione della lamiera
2. Lavorazione con asportazione di truciolo
  - Tornitura
  - Fresatura
  - Trapanatura

- **Fucinatura o forgiatura**

La forgiatura o fucinatura è un processo di produzione industriale di trasformazione plastica di pezzi metallici, solitamente portati allo stato e lavorati quindi con ripetute scosse di un maglio, una pressa per forgiatura (o con martello ed incudine per i maniscalchi).

La resistenza meccanica del materiale forgiato è maggiore rispetto a quella dello stesso materiale fuso.

Una variante della forgiatura è la **forgiatura a stampo**, detta anche stampaggio. Consiste nella trasformazione di pezzi mediante una pressa, il cui utensile è costituito da due stampi che, oltre a malleare il metallo, imprime una determinata geometria al pezzo lavorato.

## Macchine utensili

- **Tornio**

Macchina a moto rotatorio più diffusa e antica, funziona tenendo in rotazione il pezzo in lavorazione mentre un utensile tagliente ne asporta il materiale in eccesso rispetto alla forma voluta.

- **Fresatrice**

Più versatile del tornio, nella sua forma più semplice una fresatrice non è altro che un motore, solitamente piuttosto potente, su cui è fissata tramite un mandrino un utensile dotato di bordi taglienti (fresa) che ruotano sull'asse della punta stessa. Il principio è lo stesso del trapano, ma le frese sono progettate per svolgere l'azione di taglio sul lato dell'utensile invece che sulla punta, quindi erodendo il materiale invece che forandolo.

- **Trapano**

Il trapano è una macchina utensile, utilizzata per eseguire fori o lavorazioni che richiedano l'utilizzo di utensili circolari, come ad esempio le punte elicoidali, gli alesatori, i maschi, le filiere. Esistono versioni a colonna e portatili.

# COLLEGAMENTI MECCANICI

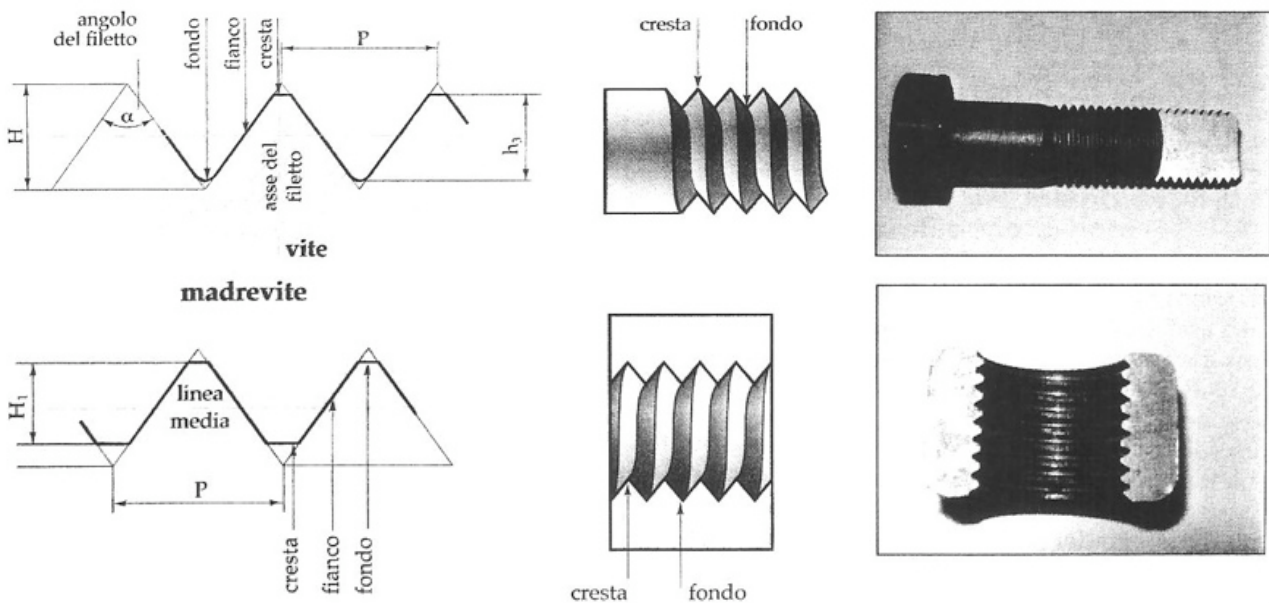
## Classificazione

- AMOVIBILI (viti e bulloni, perni)
- MOBILI (linguette, dentature)
- FISSI (adesivi o collanti, chiodature o rivettature, saldature)

La scelta del tipo di collegamento dipende dalla funzione del collegamento stesso e dal materiale.

## • Filettature

Termine con cui si indica sia la parte della vite recante il filetto elicoidale che si accoppia con la corrispondente madrevite, che il procedimento usato per produrre il filetto stesso.

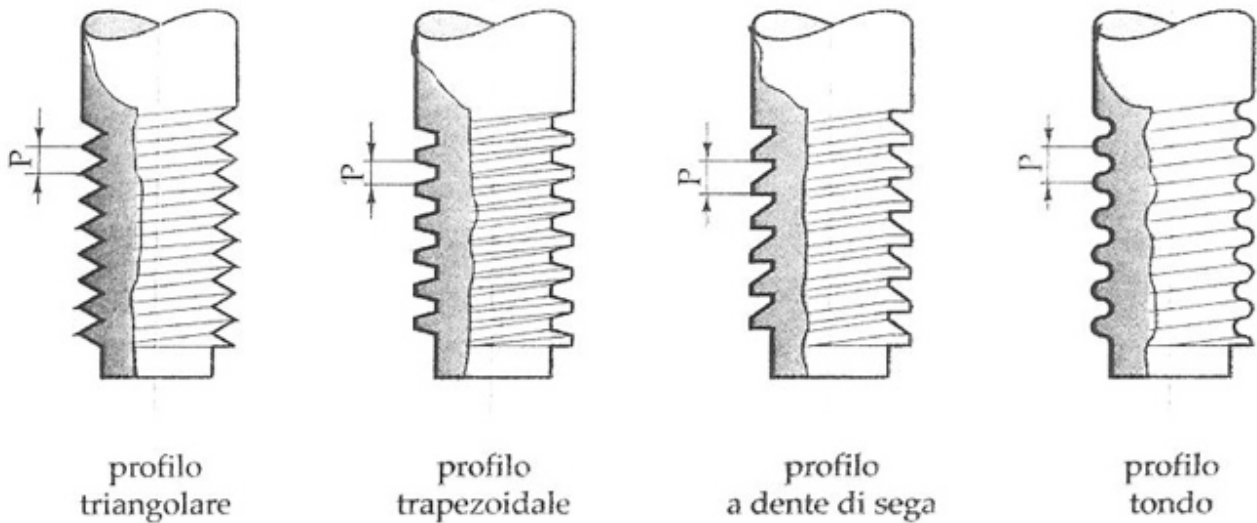


Per ottenere la filettatura delle viti metalliche si può creare il filetto mediante asportazione del materiale eccedente dal gambo con un utensile (**filiera**) manovrato manualmente, oppure con macchine utensili di vario tipo (**tornio**, **fresatrice**, **filettrice**).

Le filettature delle viti e madreviti di legno vengono effettuate sempre col **tornio**.

Per gli altri materiali le filettature si effettuano tramite **stampaggio** (processo di sagomatura meccanica mediante deformazione plastica di materiali metallici, gomma, ceramica ecc...). Lo **stampaggio a caldo** è un caso particolare di **fucinatura**, lo stampaggio a freddo offre il vantaggio di una maggiore rapidità di esecuzione e di una migliore finitura superficiale del prodotto.

## PROFILI



- **Profilo triangolare**

il profilo triangolare è caratteristico delle filettature per collegamenti amovibili. Come profilo generatore hanno un triangolo equilatero  $\alpha = 60^\circ$

- **Filettatura Withworth**

La designazione si effettua indicando il diametro nominale in pollici seguito dalla lettera W,  $\alpha = 55^\circ$

- **Filettatura per viti autofilettanti**

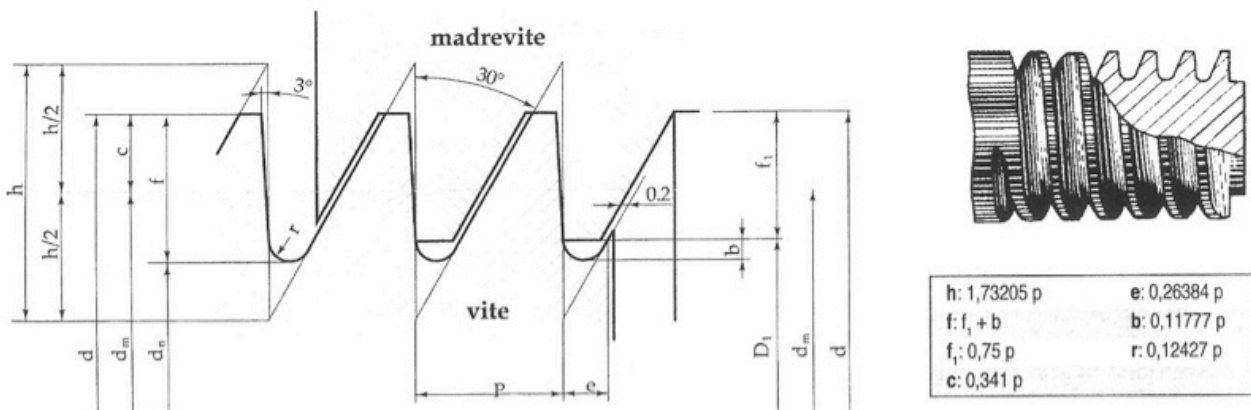
La filettatura della madrevite è ottenuta mediante avvitamento del maschi, di materiale più duro, e può avvenire per deformazione plastica del materiale della madrevite.

- **Filettature per viti di manovra**

Sono destinate a trasformare il moto rotatorio in moto traslatorio. Sono generalmente a profilo trapezoidale o quadrato poiché sono soggette a sforzo assiale maggiore.

- **Profilo a dente di sega**

Le filettature a dente di sega si usano per trasmettere grandi sforzi in un solo verso. Il profilo generatore è press'a poco un triangolo rettangolo, con la spogli su uno dei fianchi di  $3^\circ$  rispetto alla normale all'asse.



- **Chiavette** (forma prismatica)

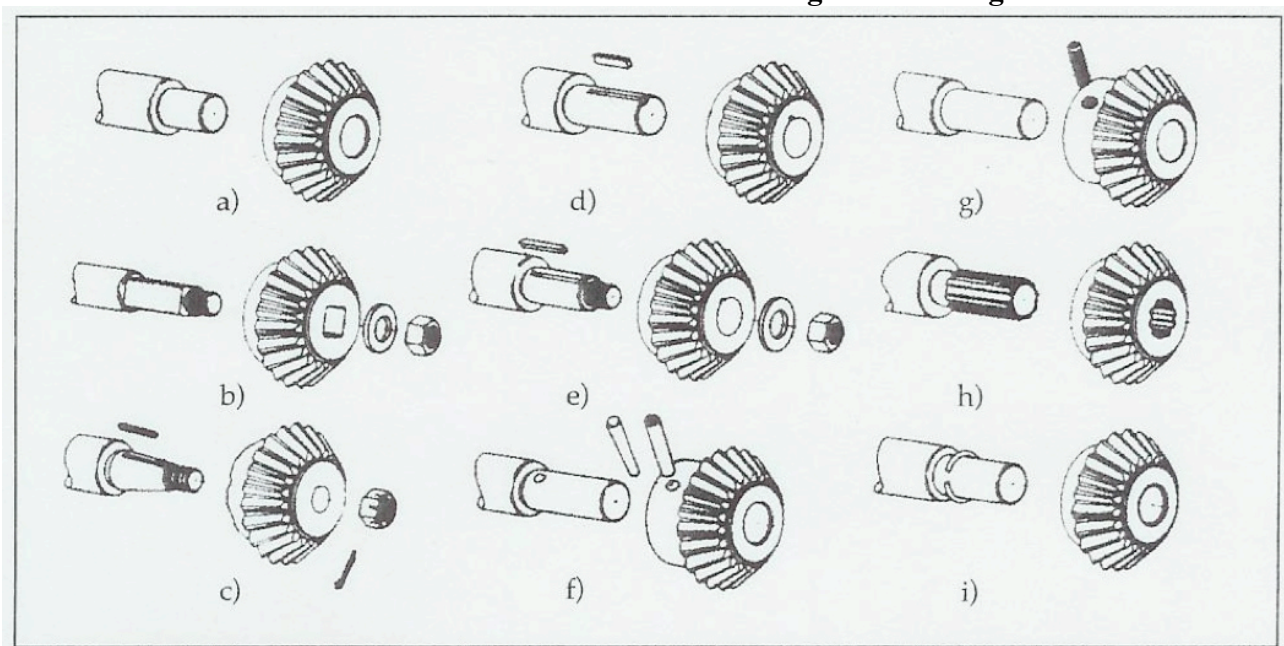
Le chiavette atte a trasmettere un momento torcente tra gli organi coassiali sono dette chiavette di torsioni e possono essere:

1. Incassate (richiede una cava sull'albero)
2. Ribassate (richiede una semplice spianatura)
3. Concave (non richiede alcuna lavorazione)

- **Linguette** (forma parallelepipedica)

Le linguette vengono inserite fra albero e mozzo affinché siano solidali. Il contatto tra le parti avviene sui fianchi della linguetta. La traslazione assiale degli elementi non è impedita.

- **Uso di diversi elementi smontabili secondo le esigenze di collegamento**



Il collegamento può essere effettuato in diversi modi

- a. Per forzamento
- b. Con estremità prismatica e codolo filettato per dado d'arresto
- c. Su estremità conica con dado o ghiera di forzamento (la linguetta è una sicurezza supplementare)
- d. Con chiavetta
- e. Con linguetta e dado d'arresto
- f. Con spina trasversale (cilindrica o conica)
- g. Con grano di pressione
- h. Con accoppiamento scanalato
- i. Per brasatura o saldatura (non smontabile)

## COLLEGAMENTI FISSI

- **Saldatura**

La saldatura è l'unione permanente di materiali metallici per azione del calore o della pressione o di ambedue, con o senza materiale d'apporto. Il materiale diventa liquido o pastoso nella zona di giunzione e solidifica in forma omogenea.

### Definizioni

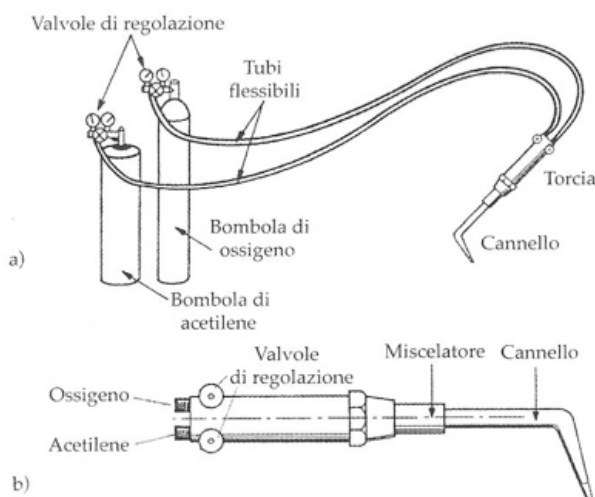
Si definisce metallo base il metallo dei pezzi da saldare; metallo d'apporto quello che può essere aggiunto al metallo base per formare il giunto saldato. Una saldatura si dice autogena se il metallo base partecipa al processo di saldatura, eterogena se non partecipa alla costituzione del giunto saldato. Le saldature possono essere omogenee se il metallo d'apporto è uguale al metallo base; eterogenee in caso contrario.

### Saldatura ossiacetilenica

La Saldatura ossiacetilenica (OFW - OxiFuel gas Welding nella terminologia generica AWS, indicata anche come OAW - OxyAcetylene Welding) è un procedimento di saldatura in cui l'energia viene fornita dalla combustione di acetilene in ambiente fortemente ossidante. Questo procedimento, non richiedendo energia elettrica, è stato fra i primi ad essere studiato per la saldatura (1895) e fu utilizzato fin dagli inizi del XX secolo. Nella saldatura ossiacetilenica è quasi sempre richiesto che sia fornito materiale d'apporto, di solito sotto forma di bacchette, fondenti sotto la fiamma.

L'acetilene viene portata a contatto con l'ossigeno, per generare la fiamma, tramite il cannello, che miscela i due gas nelle quantità opportune per avere una fiamma con le caratteristiche richieste per la saldatura (alta temperatura ed ambiente riducente per evitare l'ossidazione del giunto).

I difetti tipici di questo tipo di saldatura possono essere mancanze di penetrazione o incollature, dovuti ad un uso del cannello con un apporto termico insufficiente a portare il materiale a completa fusione sul fondo (mancanza di penetrazione) o sui lati, con formazione di ossidi, (incollatura) del cordone di saldatura



### Saldatura MIG/MAG

La saldatura MIG (Metal-arc Inert Gas) o MAG (Metal-arc Active Gas) (l'unica differenza fra le due è il gas che viene usato per la protezione del bagno di saldatura), indicate entrambe nella terminologia AWS come GMAW (Gas Metal Arc Welding - Saldatura ad arco con metallo sotto protezione di gas), è un procedimento di saldatura sviluppato dopo la Seconda Guerra Mondiale che ha assunto un peso, in termini di prodotto saldato per anno, sempre crescente. Uno dei principali motivi che hanno permesso questo sviluppo è stata la riduzione dei costi dei prodotti di elettronica, per cui sono state sviluppate macchine per saldatura semiautomatiche a costi accessibili anche per



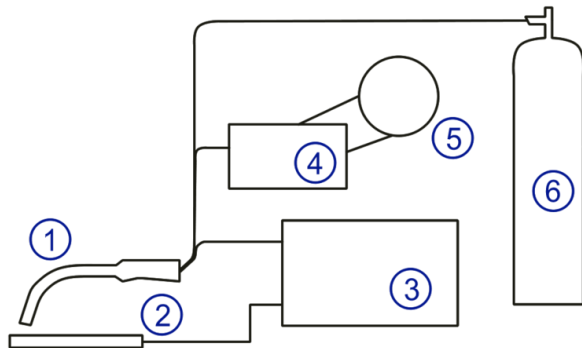
ditte di dimensioni medio-piccole (il costo attuale - 2006 - di una macchina MIG/MAG nuova per lavorazione ad alta produttività è poco meno di 10000 EUR). Una saldatrice MIG può essere acquistata a meno di 900 euro.

Il procedimento di saldatura MIG/MAG è un procedimento a filo continuo in cui la protezione del bagno di saldatura è assicurata da un gas di copertura, che fluisce dalla torcia sul pezzo da saldare. Il fatto che sia un procedimento a filo continuo garantisce un'elevata produttività al procedimento stesso, e contemporaneamente la presenza di gas permette di operare senza scoria (entrambe queste caratteristiche aumentano l'economicità del procedimento nei confronti della saldatura a elettrodo). Una postazione per saldatura MIG/MAG è necessariamente composta dai seguenti componenti (vedi figura in basso):

1. Torcia con duplice funzione: far scoccare l'arco fra il filo ed il pezzo e portare il gas di protezione sul bagno di saldatura
2. Pezzo da saldare
3. Generatore di corrente d'arco
4. Meccanismo di avanzamento e controllo del filo
5. Aspo avvolgifilo
6. Bombola del gas di protezione

Il gas di protezione ha la funzione di impedire il contatto del bagno di fusione con l'atmosfera, quindi deve essere portato sul bagno di fusione direttamente dalla torcia. Come gas inerte viene utilizzato l'Argo (Ar) o l'Elio (He) i gas attivi sono generalmente miscele di Argo (max 25%) e CO<sub>2</sub>.

I difetti tipici sono la penetrazione eccessiva o gli intagli marginali (undercut), entrambi sempre legati all'elevato apporto termico o, se l'apporto termico è troppo basso, il difetto opposto, cioè la mancanza di fusione ai lembi, in condizioni di portata del gas di protezione troppo bassa è facile la formazione di porosità.



### Saldatura TIG

La Saldatura TIG (Tungsten Inert Gas) o GTAW (Gas Tungsten Arc Welding), secondo la terminologia AWS, è un procedimento di saldatura ad arco con elettrodo infusibile (di tungsteno), sotto protezione di gas inerte, che può essere eseguito con o senza metallo di apporto. La saldatura TIG è uno dei metodi più diffusi, fornisce giunti di elevata qualità, ma richiede operatori altamente specializzati. Questa tecnologia di saldatura fu sviluppata inizialmente per l'industria aeronautica nel corso della Seconda guerra mondiale per sostituire sugli aerei i rivetti con saldature.

L'attrezzatura per effettuare una saldatura TIG quindi è composta da:

- Generatore di corrente (Welding machine)
- Torcia composta da
- Elettrodo di tungsteno (Tungsten electrode)
- Bocchello di alimentazione del gas di protezione (Gas passage)
- Guaina isolante (Insulating sheath)
- Alimentatore elettrico (Electrical conductor)
- Supporto elettrodo (Electrode holder)
- Bombola del gas di protezione (Inert gas supply)

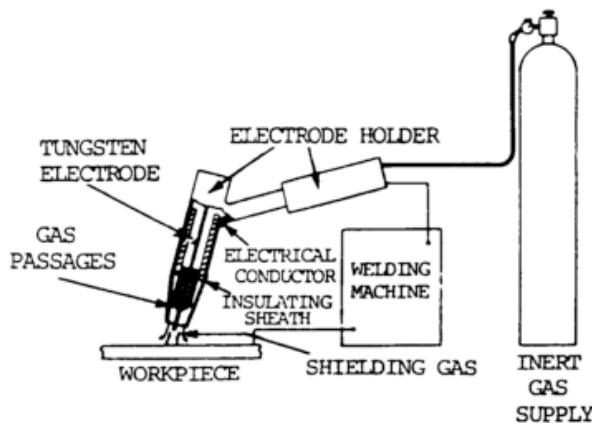
- Eventuale bacchetta di metallo d'apporto

Il procedimento TIG è particolarmente indicato quando devono essere saldati piccoli spessori di materiale, a partire da pochi decimi di mm, tuttavia non è possibile saldare spessori superiori a qualche mm (2-3 mm per gli acciai) con una singola passata.

Gli elettrodi, dovendo essere di un materiale capace di resistere alle temperature dell'arco elettrico, sono, ormai da molti anni solo in tungsteno (W) o sue leghe.

I gas di protezione usati più comunemente sono Ar o He, usati separatamente o in miscele.

Difetto tipico di questa tecnologia, e non riportabile ad altre tecnologie, sono le inclusioni di tungsteno. L'arco deve sempre scoccare fra l'elettrodo di W ed il bagno, ma può succedere che, per un motivo qualsiasi, l'elettrodo venga a contatto con il bagno. In questo caso l'elettrodo può frammentarsi, rilasciando nel bagno delle schegge di W.



### **Saldatura a elettrodo rivestito**

La saldatura a elettrodo rivestito (nella terminologia AWS è indicata come SMAW - Shielded Metal Arc Welding - ossia Saldatura ad arco con metallo protetto) è il procedimento di saldatura più utilizzato tanto nelle costruzioni meccaniche quanto in carpenteria metallica, è indicato per la saldatura di quasi tutte le leghe metalliche ferrose e non ferrose ad eccezione delle leghe di alluminio.

Si tratta di un procedimento molto versatile nel quale viene prodotto un arco elettrico tra un elettrodo "consumabile", opportunamente rivestito, ed il pezzo da saldare. Le gocce di metallo fuso provenienti dall'elettrodo vengono trasferite, mediante l'arco, nel bagno di fusione mentre i gas prodotti dal rivestimento le proteggono dall'atmosfera. La scoria fusa che galleggia sopra il bagno di fusione lo protegge dall'atmosfera durante la solidificazione.

Il procedimento di saldatura con elettrodo ben si presta alla saldatura in tutte le posizioni e, grazie alla semplicità dell'apparecchiatura, all'impiego in molte situazioni, anche all'aperto (quindi in cantiere) o in spazi limitati.

A fronte di indubbi vantaggi operativi dobbiamo tuttavia registrare una scarsa produttività, infatti, l'elettrodo ha una lunghezza ridotta e deve quindi essere frequentemente sostituito.

Il difetto più comune che si incontra nei cordoni di saldatura effettuati con questa tecnologia sono le inclusioni di scoria, che possono essere dovute sia ad un maneggio errato dell'elettrodo sia ad una rimozione non sufficiente della scoria. Altri difetti tipici di questa tecnologia sono le porosità, dovute generalmente all'inquinamento del bagno di saldatura da parte di materiali estranei.

### • **Chiodatura o rivettatura**

La chiodatura è un sistema di collegamento fisso realizzato a mezzo di chiodi (chiodatura a caldo) o ribattini (chiodatura a freddo)

### **Ribattini o rivetti**

Sono chiodi di diametro inferiore a 10mm e vengono ribaditi a freddo. Sono di acciaio extradolce, rame, ottone, leghe leggere.

### **Confronto fra chiodatura e saldatura**

I principali vantaggi della saldatura rispetto alla chiodatura consistono essenzialmente in:

1. Riduzione del peso della costruzione
2. Eliminazione dei fori per i chiodi, con conseguente incremento della resistenza del giunto
3. Tenuta perfetta dei serbatoi
4. Buona resistenza alla corrosione
5. Possibilità di formare giunti complessi
6. Maggiore semplicità costruttiva

Svantaggi:

1. formazione di tensioni residue e torsioni
2. scarsa resistenza a torsione del giunto
3. l'efficacia della saldatura dipende non solo dalla opportuna scelta del tipo di saldatura e della qualità dei mezzi e materiali utilizzati, ma anche, ed in gran parte, dall'abilità e coscienziosità dell'operatore.

#### **• Incollaggi**

Per incollaggio si intende un collegamento superficiale di pezzi mediante adesivi o colle. Per l'incollaggio di metalli tra loro o con legno sono adatte resine a base di Epoxipoliestere, resine viniliche e fenoliche.

#### **• Brasatura**

La brasatura consiste nel collegare pezzi metallici con l'ausilio di un metallo d'apporto senza la fusione dei pezzi da assemblare. Il metallo d'apporto penetra per capillarità fra i pezzi da assemblare.

La brasatura è impiegata specialmente quando:

1. È necessario contenere il riscaldamento del pezzo
2. I giunti sono costituiti da materiali difficilmente saldabili
3. I pezzi sono di natura differente e la loro saldatura è impossibile
4. L'aspetto estetico del giunto è di importanza prioritaria o indispensabile

La temperatura di fusione della lega brasante determina poi la brasatura dolce (detta anche saldatura a stagno, o saldobrasatura quando la lega fonde a meno di 450°C) o la brasatura forte (detta anche saldatura ad ottone, quando la lega fonde a più di 450°C).

## METODI D'ESAME

I controlli non distruttivi si suddividono in due famiglie:

**Controlli non distruttivi superficiali:** danno la possibilità di esaminare i particolari solo a livello superficiale ed al massimo sottopelle. Con l'applicazione di tali metodi di esame si ha solo la possibilità di localizzare l'eventuale presenza dei difetti, identificando solo la loro forma ed estensione, quindi non si riesce a quantificare in modo preciso la profondità del difetto.

**Controlli non distruttivi volumetrici:** al contrario dei metodi superficiali con l'applicazione dei controlli volumetrici si ha la possibilità di verificare l'integrità nel materiale, purtroppo in alcuni casi specifici non si riescono ad individuare difettosità superficiali.

Dal momento che i metodi di esame volumetrici e superficiali hanno dei limiti, per aumentare l'affidabilità del controllo è buona norma abbinare una tecnica di controllo volumetrico con una di controllo superficiale.

### Metodi superficiali

I metodi di controllo non distruttivo superficiali sono:

- esame visivo
- esame con liquidi penetranti
- esami con particelle magnetiche.

### Metodi volumetrici

I metodi di controllo non distruttivo volumetrici sono:

- esame radiografico
- esame radioscopico
- esame ad ultrasuoni.

## LIQUIDI PENETRANTI (PT)

Principio del metodo

prova non distruttiva

- sfrutta la capacità di alcuni liquidi di penetrare, per capillarità e non per gravità, all'interno dei difetti superficiali (cricche, cavità, ecc)

bassa tensione superficiale e la buona bagnabilità di questi liquidi, ne assicurano la penetrazione anche all'interno di discontinuità sottilissime

dopo l'applicazione e la penetrazione del liquido (detto appunto penetrante), il liquido penetrante eccedente è rimosso dalla superficie mediante lavaggio con acqua corrente fredda, che presenta tensione superficiale più elevata e bagnabilità peggiore rispetto al penetrante, non è in grado di rimuovere lo stesso dalle fessure ove è penetrato per capillarità

- dopo il lavaggio, sfruttando ancora una volta il principio della capillarità, viene estratto il liquido penetrante rimasto all'interno delle difettosità; l'operazione viene compiuta stendendo sulla superficie del pezzo uno strato di polvere bianca di opportuno spessore (rivelatore).

- il liquido penetrante "risalito" per capillarità, lascerà nel rivelatore un segnale avente dimensioni molto maggiori rispetto al difetto che lo ha generato

- il difetto potrà essere evidenziato o come una macchia di colore rosso (tecnica visibile o a contrasto di colore) o come macchia fluorescente (tecnica con liquido fluorescente) facilmente rilevabile mediante irradiazione, al buio, con luce di Wood.

### Applicazioni

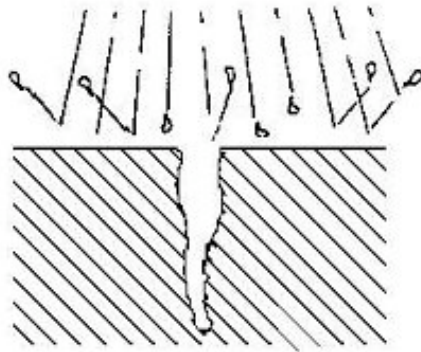
L'ispezione con liquidi penetranti è un metodo particolarmente idoneo per evidenziare e localizzare discontinuità superficiali, quali cricche, porosità, ripiegature, in modo veloce ed economico e con

grande accuratezza su tutte le tipologie di materiali, acciai, leghe di rame, leghe di alluminio, vetro, plastica ad altro, senza alcuna limitazione della forma dei componenti stessi.

Contrariamente ai controlli magnetici, i liquidi penetranti possono essere applicati con successo su qualsiasi componente, indipendentemente dalla geometria o dal materiale dello stesso (fatti salvi pezzi porosi, come ad esempio i sinterizzati o i getti di ghisa oppure pezzi con superfici particolarmente rugose).

### 1 - Preparazione della superficie

Le superfici del prodotto da testare devono essere accuratamente pulite ed asciugate prima di sottoporre il materiale al controllo.



### 2 - Penetrazione

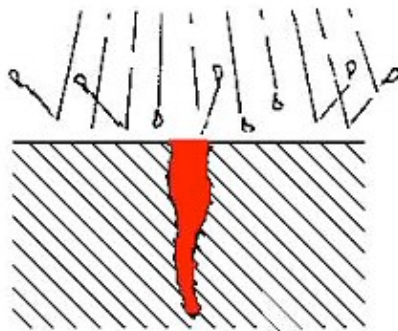
Dopo aver pulito ed asciugato il pezzo, il liquido penetrante deve essere applicato in modo tale da formare un film che ricopra un'area di almeno 13 mm oltre la zona da ispezionare. Questo film deve essere mantenuto per un tempo sufficiente per permettere la massima penetrazione del penetrante all'interno di ogni discontinuità affiorante in superficie.



### 3 - Rimozione del penetrante in eccesso

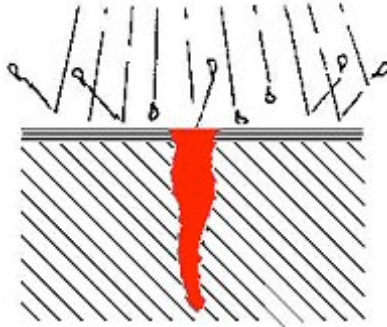
Il metodo di rimozione dipende dal tipo di penetrante utilizzato. In alcuni casi sarà sufficiente pulire con uno straccio o risciacquare con acqua, in altri casi sarà necessario l'utilizzo di un solvente.

L'uniforme eliminazione del penetrante in eccesso è necessaria per permettere un'ispezione efficace, tuttavia occorre evitare un eccesso di rimozione del penetrante, cosa che potrebbe compromettere l'esame. Dopo si passa all'asciugatura con aria calda oppure con l'utilizzo di panni in cotone.



#### 4 - Applicazione del rilevatore e "sviluppo"

Il rilevatore viene applicato in modo che formi un film sulla superficie sottoposta a prova e favorisce la fuoriuscita del penetrante dalle discontinuità affioranti in superficie, con l'effetto di ingrandire notevolmente la grandezza apparente del difetto.



#### 5 - Ispezione

Dopo un sufficiente tempo di "sviluppo" la superficie viene esaminata visivamente per cogliere le indicazioni fornite dal penetrante fuoriuscito dalle discontinuità affioranti in superficie.

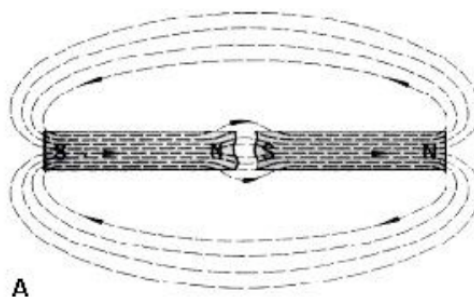
### METODI FERROMAGNETICI

Il controllo non distruttivo per mezzo di particelle magnetiche è un metodo per la localizzazione di discontinuità sub-superficiali in materiali ferromagnetici.

Il test si basa sul fatto che quando l'oggetto da testare è magnetizzato, le discontinuità che si trovano in un senso generalmente trasversale al campo magnetico determinano una deviazione delle linee di flusso del campo magnetico stesso.

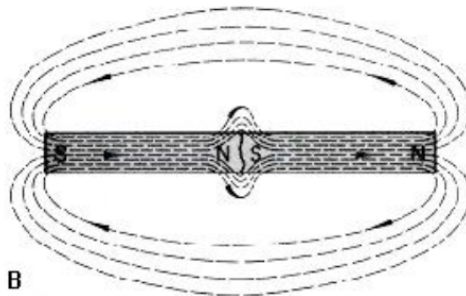
Una barra di materiale ferromagnetico presenta un polo ad ogni estremità. Le linee di forza del campo magnetico scorrono attraverso la barra dal polo Sud in direzione del polo Nord.

Poiché le linee di forza magnetiche corrono nel senso della lunghezza della barra, si dice che la barra è magnetizzata longitudinalmente ovvero che contiene un campo magnetico longitudinale. Se la barra viene rotta in due pezzi tra i due pezzi si crea una fuga di campo magnetico, caratterizzata anch'essa dalla presenza dei poli Sud e Nord.



A

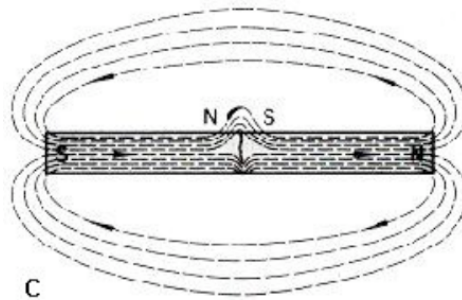
Questa fuga di campo persiste anche se i due spezzoni di barra vengono riavvicinati.



B

Ancora, se la barra di materiale ferromagnetico è "criccata" ma non rotta completamente in due, accade comunque qualcosa di simile.

Agli opposti bordi della cricca si formano un polo Nord ed un polo Sud. E' proprio questo campo che attrae le particelle magnetiche che determinano il "profilo" della cricca.



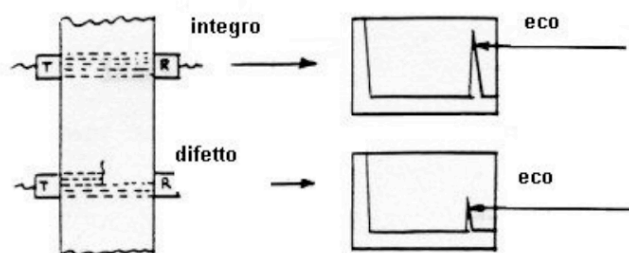
I materiali non ferromagnetici non possono essere controllati mediante questo metodo. Quindi non risultano controllabili con questo metodo: leghe di alluminio, leghe di magnesio, rame e le sue leghe, titanio e le sue leghe, acciai inossidabili austenitici.

## IL CONTROLLO AD ULTRASUONI

L'ispezione mediante ultrasuoni è un metodo non distruttivo in cui onde sonore ad alta frequenza sono introdotte nel materiale da esaminare, allo scopo di evidenziare difetti superficiali o interni, misurare lo spessore dei materiali, misurare la distanza e la dimensione delle difettosità.



Il segnale di partenza degli ultrasuoni (chiamato "eco di partenza") e quello riflesso dalla superficie opposta a quella d'entrata (chiamato "eco di fondo"), vengono visualizzati sullo schermo dello strumento con dei picchi, la cui distanza risulta proporzionale al tempo che gli ultrasuoni impiegano per percorrere il viaggio di andata e di ritorno dalla sonda alla superficie riflettente presente all'interno del materiale.



Se durante tale percorso il fascio ultrasonoro incontra delle discontinuità sarà riflesso, assorbito, deviato o diffratto secondo le leggi comuni a tutti i fenomeni di propagazione delle onde e sullo schermo, tra i due precedenti picchi (eco di partenza ed eco di fondo), ne compariranno altri che rappresentano delle indicazioni relative al tipo di discontinuità incontrate.



## Localizzazione e dimensionamento dei difetti

L'energia assorbita dal difetto colpito dalle onde incidenti fa sì che esso possa vibrare emettendo a sua volta onde elastiche di frequenza tipica della sua risonanza e variamente sfasate.

Dunque il segnale che ritorna verso il trasduttore è molto complesso, perché è la risultante della sommatoria di molte onde di uguale frequenza, ma sfasate, e di altre onde di frequenza diversa, pure sfasate fra loro. Tale segnale contiene tutte le informazioni sulle dimensioni, geometria e natura dell'ostacolo incontrato dal fascio d'ultrasuoni incidenti.

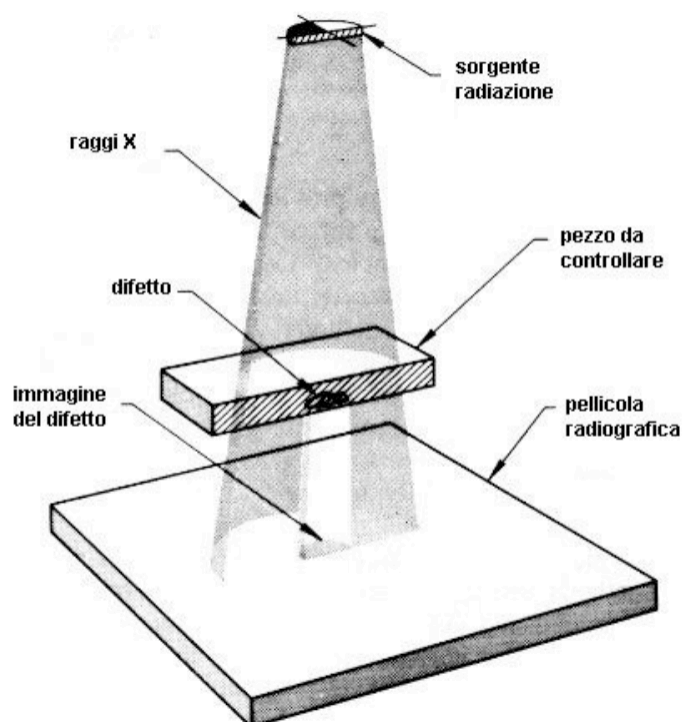
La localizzazione ed il dimensionamento dei difetti avviene generalmente attraverso un processo di correlazione tra le caratteristiche del fascio ultrasonoro, le caratteristiche fisiche e geometriche del materiale, i parametri "a" (ampiezza) e "t" (tempo di volo) e le coordinate della traiettoria di scansione.

## METODO RADIOGRAFICO (RT)

Mediante le tecniche radiografiche e gammagrafiche risulta possibile evidenziare un gran numero di discontinuità presenti in manufatti industriali, getti o saldature, quali ad esempio porosità, inclusioni, soffiature, cricche, tarli, inclusioni di scoria, mancanza di penetrazione.

Il principio di funzionamento di tali tecniche si basa sulle alterazioni che radiazioni elettromagnetiche subiscono quando incontrano un difetto nel loro percorso all'interno del materiale.

Quando un fascio di onde elettromagnetiche di elevatissima energia fotonica (elevata frequenza) e fortemente ionizzanti (raggi X o raggi gamma), passa attraverso l'oggetto da esaminare, viene assorbito con legge esponenziale in funzione dello spessore e della densità della materia attraversata.





I raggi X o "gamma" passanti e attenuati impressionano una lastra fotografica posta dietro l'oggetto da esaminare. Lo sviluppo della pellicola produce un'immagine bidimensionale dell'oggetto radiografato. In questa immagine le variazioni di spessore, densità, composizione, del pezzo vengono visualizzate come variazioni di densità dell'immagine (in pratica variazioni in una scala di grigio).

Gli elementi essenziali del controllo radiografico sono tre: la sorgente di radiazione, il pezzo da controllare e la lastra radiografica.

## TRASMISSIONE DEL MOTO

Prendono il nome di trasmissioni meccaniche quei meccanismi destinati a trasmettere potenza da un organo di macchina (motore) ad un altro (utilizzatore). La potenza può essere espressa sotto forma di prodotto di una forza per una velocità:

$$P = F \cdot v$$

oppure di un momento per una velocità angolare

$$P = M \cdot \omega$$

## GIUNTI

Un giunto è un dispositivo meccanico che serve a collegare due alberi distanti tra loro ma appartenenti ad uno stesso interasse.

Vi sono diversi tipi di giunti tra cui:

- giunti rigidi
- giunti elastici
- giunti articolati
- giunti idraulici

Nello specifico, i giunti elastici possono essere: a dischi, a manicotto, a gusci o a flange, quelli elastici invece possono essere: a pioli, a collare o a molla, quelli articolati sono: oldham, a cardano o omocinetico.

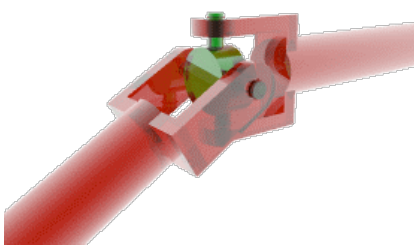
I giunti rigidi servono a collegare due alberi perfettamente coassiali, senza nessuna divergenza, quegli elastici permettono il collegamento con assi un po' disassati, quelli articolati, permettono il collegamento tra alberi anche disassati di 90°.



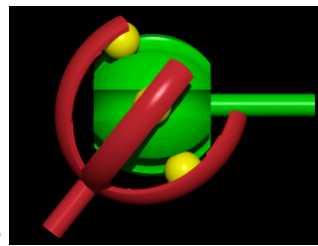
*Giunto rigido*



*Giunto elastico a flangia*



*Giunto cardanico*



*Giunto omocinetico*

## INGRANAGGI

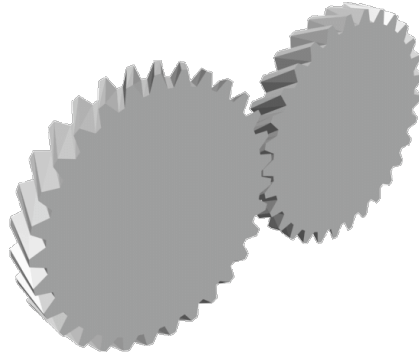
Una ruota dentata studiata per trasmettere momento torcente ad un'altra ruota o elemento dentato forma con quest'ultima un ingranaggio. La ruota più piccola è comunemente chiamata pignone, mentre la grande è chiamata corona. Le ruote possono essere classificate in base agli assi e ai denti.

### Ruote dentate a denti dritti

La ruota dentata più semplice è quella cilindrica a denti dritti, ossia tagliati sulla circonferenza e paralleli all'asse.

### Ruote dentate elicoidali

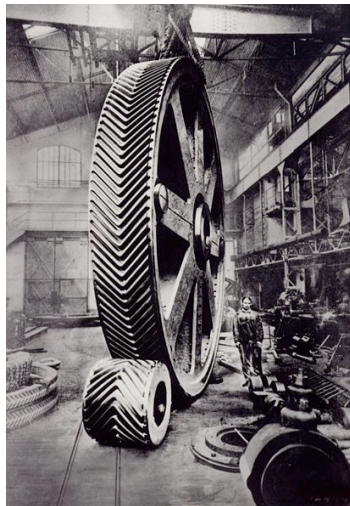
Le ruote dentate elicoidali sono provviste di denti non paralleli all'asse di rotazione ma disposti a spirale. I denti sono tagliati con un certo angolo rispetto al piano, in modo che la superficie di spinta tra i denti sia maggiore e il contatto avvenga più dolcemente, eliminando lo stridore caratteristico degli ingranaggi semplici. Lo svantaggio è un maggiore attrito tra i denti causato dalla maggiore superficie di contatto, che deve essere ridotto con l'uso di lubrificanti.



### **Ruota dentata a doppia elica (Cuspide)**

L'ingranaggio a doppia elica supera il problema precedentemente accennato grazie all'uso di denti con cresta a forma di V. Si può immaginare questo ingranaggio come costituito da due ruote elicoidali distinte affiancate specularmente, in modo che le forze assiali si annullino vicendevolmente.

Il simbolo della Citroën rappresenta appunto la V della ruota dentata a doppia elica, inventata appunto da André Citroën.



### **Cremagliera e pignone**

Il sistema a cremagliera (o dentiera) e pignone permette di convertire una rotazione in moto lineare. Il pignone è una semplice ruota dentata, mentre la cremagliera è una barra dentata di lunghezza arbitraria. La si può considerare equivalente ad una ruota dentata di raggio infinito. La velocità  $v$  con la quale la cremagliera trasla è uguale a quella di un punto della primitiva della ruota dentata che la muove; inoltre i fianchi dei denti di una cremagliera sono costituiti da dei segmenti di retta inclinati, rispetto alla verticale di un angolo pari all'angolo di spinta, mentre i fianchi dei denti della ruota dentata sono ad "evolvente". Questo sistema è usato nelle automobili per convertire la rotazione dello sterzo in moto lineare laterale degli organi che agiscono sulle ruote.

Lo stesso principio è sfruttato in alcune ferrovie dette a cremagliera, in cui i treni sono in grado di risalire forti pendenze grazie al contatto tra una ruota dentata sporgente sotto il locomotore ed una lunga cremagliera solidale al binario, posta in mezzo alle rotaie dello stesso.



### **Parametri caratteristici**

**PASSO:** distanza, misurata sulla primitiva, tra due punti omologhi di due denti consecutivi.

**TESTA:** parte che sporge rispetto alla primitiva.

**BASE:** parte che rientra rispetto alla primitiva.

**ANGOLO DI PRESSIONE:** angolo formato dalla retta d'azione della spinta sul dente della ruota mossa con la congiungente dei centri delle ruote

### **Numero minimo di denti**

$$Z_0 = \frac{z}{\sin^2 \theta} \text{ nel caso di } \theta = 20^\circ \Rightarrow z_0 = 17,09 \cong 18$$

### **Profili cicloidali e ad evolvente**

**CICLOIDE:** traiettoria di un punto di una circonferenza che si muove senza strisciare lungo una retta.

**EVOLVENTE:** traiettoria di un punto di una retta che si muove senza strisciare lungo una circonferenza.

Cicloide ed evolvente sono profili coniugati.

## CATENE

La catena è un organo meccanico di trazione, che può essere di vario tipo, nella sua forma più semplice la catena è data da una successione di anelli metallici, mentre nella sua forma più complessa e costituita da una successione di perni, collegati fra di loro tramite delle piastrine con una certa possibilità di movimento relativo, andando a formare la maglia, generalmente quest'ultimo tipo serve per trasmettere il moto fra due alberi rotanti.

**Vantaggi:** potenze e coppie elevate, trasmissioni sincrone, velocità anche molto basse, sino a 4/6 catene in parallelo.

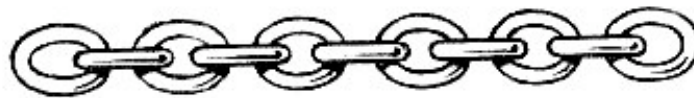
**Svantaggi:** rumorosità, lubrificazione, costo elevato.

### TIPOLOGIE DI CATENE

Le catene sono essenzialmente di due tipi:

#### Catena ad anelli

Questo tipo di catena è costituita da una successione di anelli che si legano a vicenda e che permettono alla catena la massima flessibilità.



Le misure di queste catene sono:

**Diametro**, questa è la misura più importante per questo tipo di catena, per diametro s'intende lo spessore del filo che viene utilizzato per creare i vari anelli.

**Grandezza**, questa misura non viene quasi mai considerata, ma esprime il diametro dell'anello, nel caso questo sia rotondo, nel caso invece questo sia ovale, tale dato è costituito dalla misura dei due assi.

#### Catena articolata Galle

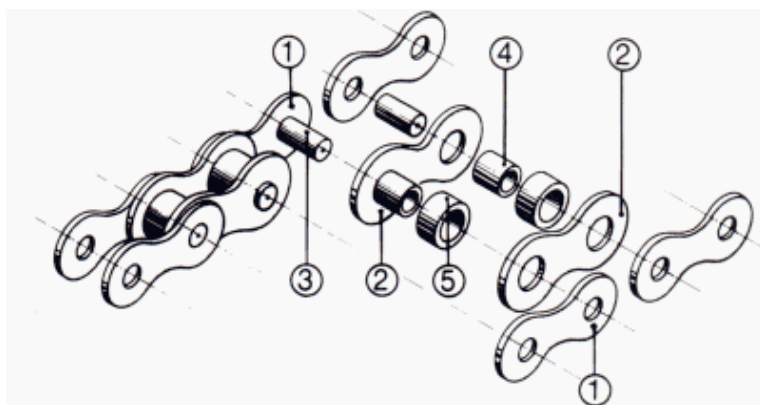
Questa catena è costituita da anelli articolati e scomponibili formati da perni e piastrine, questo tipo di catena si può flettere solo su un solo asse.

Questa catena ha molte varianti, data la sua flessibilità d'utilizzo:

- La Catena a rulli, costituita da più maglie, interne ed esterne, le maglie esterne hanno perni in acciaio (numero 3 in figura) trattati termicamente e rettificati, uniti da piastrine (numero 1 in figura), questa prima struttura tiene la maglia interna che è costituita sempre da piastrine (numero 2 in figura), ma ha dei cilindri (numero 4 in figura) in cui internamente ruotano i perni della maglia esterna, mentre esternamente sono circondati da rulli girevoli (numero 5 in figura) per ridurre l'attrito con i denti dei ingranaggi.

- La Catena silenziosa anch'essa costituita da perni e piastrine, ma nella quale le piastrine sono sagomate per poter ingranare con il minimo rumore.

- La Catena a O-ring o Catena Z-ring, è un tipo di catena a rulli, ma con l'aggiunta di anelli lubrificanti posizionati alle estremità dei perni, più precisamente interposti tra le piastrine della maglia esterna e le piastrine della maglia interna.



Queste catene sono caratterizzate da due misure fondamentali, la lunghezza del passo e la larghezza interna della maglia, per esprimere queste caratteristiche, si utilizza un codice numerico standardizzato di tre cifre, che esprime entrambi i valori (esempi: 415, 420, 428, 520, 525, 530).

### **Passo**

In questo codice la prima cifra indica la lunghezza del passo, dove più è alto il valore e più è lungo il passo, più precisamente il passo si calcola:

$$\text{Passo} = \frac{1}{8} \text{ di pollice} \cdot \text{prima cifra del codice della catena}$$

Quindi con una catena 420 avremo un passo da 1/2 pollice, mentre con una catena 520, avremo un passo da 5/8 di pollice.

Per avere la misura in centimetri è sufficiente moltiplicare per 2,54.

### **Larghezza**

In questo codice le ultime due cifre indicano la larghezza interna della maglia passo, dove più è alto il valore e più è largo questo spazio, più precisamente la larghezza si calcola:

$$\text{Larghezza} = \frac{1}{80} \text{ di pollice} \cdot \text{ultime due cifre del codice della catena}$$

Quindi con una catena 520 avremo una larghezza da 1/4 pollice, mentre con una catena 530, avremo una larghezza da 3/8 di pollice.

Per avere la misura in centimetri è sufficiente moltiplicare per 2,54.

## **APPLICAZIONI**

La catena può essere utilizzata in molti ambiti, assumendo di conseguenza nomi differenti:

### **Catena per ormeggio**

La catena per ormeggio è un tipo di catena, dove i perni sono costituiti da tondino di ferro chiuso ad anello mediante saldatura, tali perni a forma d'anello (tubi) sono collegati fra di loro con una ampia possibilità di movimento relativo.

### **Catena di sollevamento**

La Catena di sollevamento è un tipo di catena, dove i perni sono costituiti da anelli chiusi, collegati fra di loro con una certa possibilità di movimento relativo, sono tali, ad esempio, le catene costituite da maglie con traversino, dette calibrate per una maggiore precisione nella lavorazione rispetto alle catene per ormeggio.

Le catene di sollevamento devono poter avvolgersi su ruote munite di scanalature dette impronte nelle quali le maglie debbono incastrarsi.

### **Catena di trasmissione**

Le catene di trasmissione devono non solo rispettare le caratteristiche meccaniche minime dell'applicazione a cui vengono destinate, ma vengono leggermente sovradimensionate, per la loro esposizione all'esterno, Per dettagli sulle misure, vedere la sezione "Misure delle catene - A maglia articolata Galle".

## **Motocicletta**

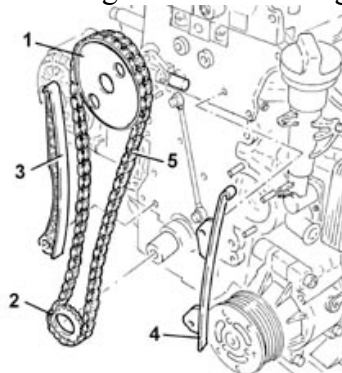
La catena di trasmissione è una parte essenziale di una motocicletta e permette la trasmissione del moto eseguito dal pignone del cambio, dall'asse del movimento centrale alla ruota.

La trasmissione delle motociclette è differente da quella delle biciclette, infatti sulle moto la trasmissione finale (a catena) viene da un solo pignone a una sola corona, quindi la catena non deve subire torsioni e questo facilita la sua costruzione.



## **Catena di distribuzione**

La catena di distribuzione è una parte essenziale della distribuzione dei motori a ciclo otto, infatti questa permette la trasmissione del movimento dall'albero motore all'albero a camme; Un'altra applicazione di questa catena è quella di trasmettere il moto dall'albero motore all'albero equilibratore (contr'albero), ma quasi mai si utilizza la catena di distribuzione per il solo albero equilibratore, quindi si ha che questa catena governa entrambi gli organi.





## CINGHIE

La cinghia è un organo di trasmissione che consente di inviare il moto da un albero conduttore a uno o più alberi condotti (ad esso paralleli).

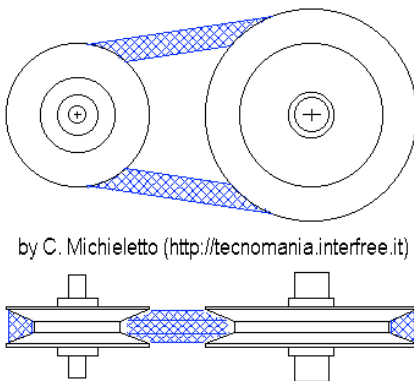
### Le cinghie trapezoidali

Sfruttano l'effetto cuneo per aumentare la forza tangenziale di attrito a parità di forza normale. Le cinghie trapezoidali sono di solito ad anello chiuso. I tipi e le dimensioni sono unificati in tutto il mondo. In ambito motoristico è utilizzato nella trasmissione continua a variatore degli scooter.

**I principali vantaggi** delle cinghie trapezoidali sono la silenziosità, gli elevati rapporti di trasmissione ed il medio costo. Come le altre cinghie hanno attitudine ad assorbire variazioni anche violente di coppia, una notevole semplicità di montaggio, una buona durata e costi di manutenzione ridotti.

**Il principale svantaggio** è la non applicabilità nei casi in cui sia richiesto il mantenimento di una precisa fasatura fra il membro conduttore e il membro condotto.

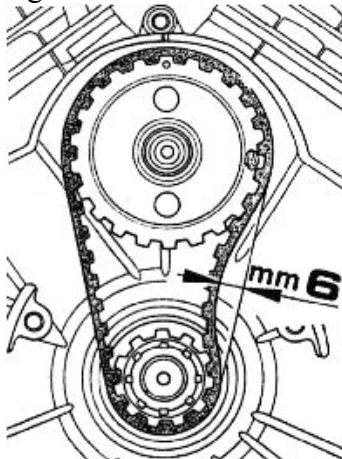
Cinghia trapezoidale



### Le cinghie dentate

Presentano su un lato una serie di risalti che si accoppiano con corrispondenti cavità presenti nelle pulegge.

**I principali vantaggi** sono l'eliminazione degli slittamenti dovuti alle deformazioni elastiche ed è possibile mantenere la fasatura fra pulegge motrici e condotte, questa caratteristica rende le cinghie dentate molto adatte ad essere impiegate per comandare la distribuzione. Sono inoltre silenziose, hanno ottimo rendimento, sono sottili e flessibili. È quindi possibile utilizzare pulegge di diametro molto piccolo e rapporti di trasmissione elevati, con minimo ingombro. Le velocità possono andare da 0.5 m/s a oltre 60 m/s. Rispetto alle catene non si richiede lubrificazione. Teoricamente le cinghie dentate, essendo prive di articolazioni, non sono soggette ad allungarsi in seguito all'uso e quindi non richiedono controlli e regolazioni periodiche della loro tensione. In alcuni casi si impiegano cinghie munite di denti su entrambi i lati.





Testo a cura di: Vittorio Stile  
Materiale di riferimento: slides del corso e lezioni in aula (corso tenuto da A. Pellegrino nel 2006)