

INDICAZIONE DELLA FINITURA SUPERFICIALE E DELLE TOLLERANZE DI LAVORAZIONE

DAL PROGETTO AL PRODOTTO

Il progetto, dalla parola latina “*proiectus*”, è un insieme di operazioni che hanno lo scopo di realizzare un prodotto. Il progetto industriale, in particolare, essendo un’attività tecnica, deve essere rappresentato con un linguaggio universale, che prevede l’uso di strumenti soprattutto grafici ed il rispetto di norme ben definite.

Il progetto, supportato spesso da **calcoli** necessari, si concretizza in dei disegni sui quali sono riportate varie prescrizioni. Per questo, nell’organizzazione aziendale, è prevista la presenza di due figure ben distinte ma in collaborazione tra di loro: il progettista e l’esecutore della lavorazione.

Il **disegno tecnico** è lo strumento che consente di trasferire le informazioni (relative alla forma, alle dimensioni ed alla funzione delle parti che costituiscono un progetto), espresse con simboli e segni convenzionali, all’operatore che dovrà effettuare la lavorazione.

I vari elementi che concorrono a formare un progetto si possono così sintetizzare:

- **disegni**, complessivi o particolari, sono il supporto per le quote e le varie prescrizioni;

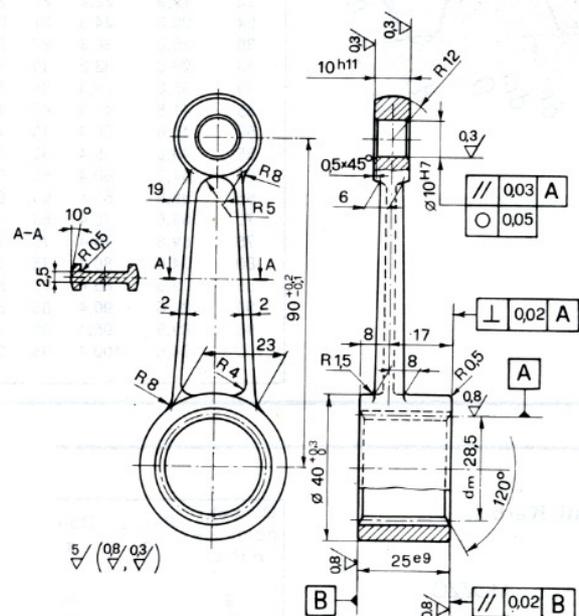
- **schemi**, usati soprattutto in impiantistica elettrica, idraulica ecc., indicano i percorsi dei collegamenti fra i vari componenti degli impianti;

- **quote**, rappresentano le dimensioni dei pezzi;

- **tolleranze**, rappresentano gli errori ammissibili sui pezzi e, quindi, la loro qualità di lavorazione;

- **finitura superficiale**, rappresenta la “scabrosità” dei pezzi;

- **materiali**, impiegati nella costruzione dei particolari ed indicati tramite le designazioni unificate.



Il metodo di lavorazione di un pezzo o dei vari particolari è descritto tramite un “*ciclo di lavorazione*” nel quale viene indicata la successione delle operazioni che devono essere effettuate per realizzare il pezzo. Sono indicati reparti, macchine, utensili, attrezzature, strumenti di misura e di controllo, parametri di taglio e tempi di lavoro.

Esiste una stretta **correlazione fra il disegno di un pezzo, il materiale da utilizzare ed il metodo di fabbricazione**. Per esempio: una biella, essendo un pezzo molto sollecitato, è realizzata per stampaggio per poter essere fatta in acciaio; il carter della scatola ingranaggi è fatta in ghisa per poter essere fusa. Talvolta quindi si dà priorità al materiale, talvolta al metodo di lavorazione.

Esiste una **relazione anche tra il disegno di progetto e la lavorazione alle macchine utensili**: la precisione di lavorazione richiesta. Sul disegno, oltre le quote, devono essere indicate tolleranze e grado di finitura delle superfici che realizzano gli accoppiamenti. Tolleranze sulle quote e finitura superficiale, come indicato più avanti in tabella, oltre a dipendere direttamente dal tipo di macchina utensile utilizzata, sono legate fra di loro: non è possibile ottenere una tolleranza ristretta sulle quote di un pezzo senza prevedere anche un adeguato grado di finitura superficiale.

Ciclo n.	CICLO DI LAVORAZIONE		Foglio n. 1/1
Piastra forata e filettata	Relatore:	Data:	
<p>Scala 1:1</p>			<p>Acciaio EN 10084 - C16 Semilavorato di partenza: piastra fresata a dimensione</p>
N.	Descrizione operazione	Macchina/reparto	Utensili/calibri/attrezzi
10	<p>10.1 - Tracciatura e bulinatura dei centri dei fori</p>	Laboratorio di disegno e tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> - Piano di riscontro - Diedro - Punta a tracciare - Truschino universale - Bulino
20	<p>20.1 - Esecuzione foro $\varnothing 6,5$ 20.2 - Esecuzione lamatura $\varnothing 10 \times 6$ 20.3 - Esecuzione foro $\varnothing 8,5$ 20.4 - Esecuzione svasatura a 120°</p>	Laboratorio di disegno e tecnologia Trapano sensitivo	<ul style="list-style-type: none"> - Morsa universale - Punta elicoidale $\varnothing 6,5$ (6,5 N UNI 5619) - Allargatore cilindrico con guida fissa ($10 \times 6,5$ UNI 6841) - Punta elicoidale $\varnothing 8,5$ (8,5 N UNI 5619) - Punta elicoidale $\varnothing 12$ (12 N UNI 5619)
30	<p>30.1 - Esecuzione filettatura</p>	Laboratorio di disegno e tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> - Morsa parallela da banco - Serie di maschi M10 (Maschi M10 UNI 7457) - Giramaschi - Squadretta di controllo a 90° - Olio da taglio
40	40.1 - Collaudo finale	Laboratorio di disegno e tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> - Calibro 1/20 - Calibro di riferimento M10

TOLLERANZE

La moderna industria è basata sulla produzione in serie, cioè sulla produzione di un gran numero di pezzi uguali (?) come forma e dimensioni in modo da essere intercambiabili fra loro.

Per ottenere l'intercambiabilità, sembrerebbe necessario che gli elementi omologhi avessero esattamente le stesse dimensioni.

In pratica le lavorazioni non raggiungono mai la precisione assoluta e anche le misure di controllo variano entro i limiti di approssimazione degli strumenti misuratori.

Affinchè sia possibile l'intercambiabilità, le dimensioni effettive del pezzo lavorato devono essere comprese entro misure limiti, una massima ed una minima, stabilite in funzione delle condizioni d'impiego e del grado di precisione richiesto.

SI DEFINISCE “**TOLLERANZA**” LA DIFFERENZA TRA LE DIMENSIONI LIMITI ENTRO LE QUALI PUÒ VARIARE UNA QUOTA SENZA COMPROMETTERE LA FUNZIONALITÀ E L'INTERCAMBIABILITÀ DI UN PEZZO.

Per non aumentare i costi non si deve imporre una precisione superiore a quella tecnicamente necessaria.

L'imprecisione di lavorazione ammissibile non riguarda soltanto le dimensioni di un dato elemento, ma anche la forma e la dimensione delle superfici che lo delimitano:

- la forma di una superficie lavorata non risulterà mai assolutamente piana o cilindrica o circolare;
- non sarà possibile ottenere superfici perfettamente parallele o perpendicolari o coassiali.

Di conseguenza si dovranno ammettere:

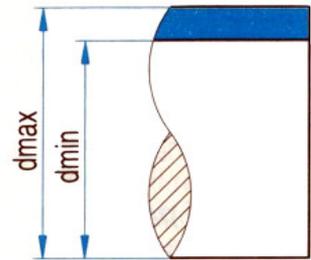
- Tolleranze dimensionali
- Tolleranze geometriche, che a loro volta si distinguono in:
 - Tolleranze di forma
 - Tolleranze di posizione

I pezzi finiti di lavorazione possono perciò presentare:

1. Errori di dimensione
2. Errori di forma
3. Errori di posizione

1) ERRORI DI DIMENSIONE

Consistono nella differenza tra le dimensioni reali dell'oggetto e quelle teoriche fornite dal disegno.



Esempio: supponiamo che si debba costruire un cilindro di acciaio avente un diametro teorico di 25 [mm]; si supponga inoltre che il pezzo realizzato possa avere il diametro effettivo compreso tra 24,987 e 25,013 [mm].

Diremo che:

- 25 mm è il diametro nominale del pezzo;
- sul diametro è ammessa una tolleranza di $(25,013 - 24,987) = 0,026$ [mm]

2) ERRORI DI FORMA

Consistono nella diversità di forma tra l'oggetto reale e quello illustrato dal disegno. Si distinguono:

a) Errori macrogeometrici

- Errori di rettilineità
- Errori di planarità (piano reale non coincidente col piano ideale)
- Errori di circolarità (sezioni non centrate rispetto all'asse)
- Errori di cilindricità (generatrici non parallele all'asse del cilindro)

b) Errori microgeometrici

- Errori nel grado di finitura (scabrosità della superficie lavorata derivante dall'azione di utensili o mole)
-

3) ERRORI DI POSIZIONE

Si presentano quando la posizione reale di una linea o di una superficie dell'oggetto è diversa dalla linea o dalla superficie ideale scelta come fondamentale (di riferimento). Si distinguono:

- Errori di normalità (assi o superfici del pezzo non sono perfettamente perpendicolari fra loro)
- Errori di parallelismo (superfici o assi non sono perfettamente paralleli tra loro)
- Errori angolari (c'è diversità tra la posizione reale di una retta e quella indicata sul disegno)
-

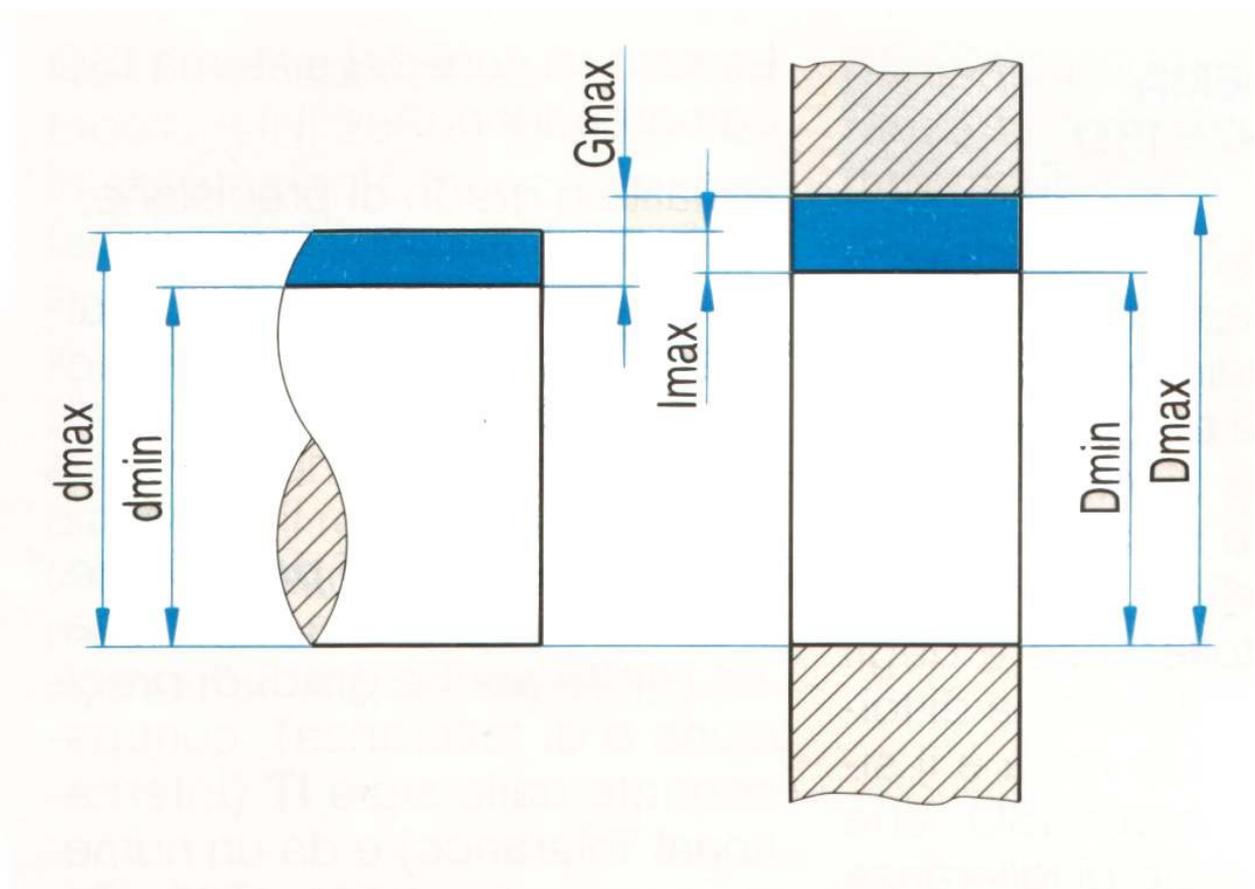
È la Norma UNI ISO 286 che fissa i principi fondamentali del Sistema di Tolleranze per accoppiamenti e fornisce i valori calcolati delle tolleranze fondamentali e degli scostamenti fondamentali. Tale Norma riporta anche la terminologia, le definizioni utilizzate ed i simboli corrispondenti. Si riportano di seguito alcune importanti definizioni:

- ALBERO: termine usato convenzionalmente per designare gli elementi esterni di un pezzo, anche non cilindrici.
- FORO: termine utilizzato convenzionalmente per designare tutti gli elementi interni di un pezzo, anche non cilindrici.
- DIMENSIONE NOMINALE: dimensione da cui sono derivate le dimensioni limite applicando gli scostamenti superiore ed inferiore. È quella teorica indicata nel disegno (quota) e può essere un numero intero o decimale.

Si può avere interferenza massima e interferenza minima.

- **ACCOPPIAMENTO:** relazione risultante dalla differenza, prima del montaggio, tra le dimensioni di due contorni (foro ed albero) destinati ad essere accoppiati. I due elementi dell'accoppiamento hanno la stessa dimensione nominale.

L'accoppiamento può essere con giuoco, con interferenza o incerto (cioè sia con giuoco che con interferenza).



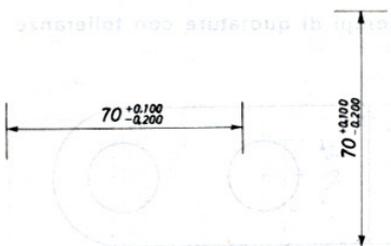
Qualità delle lavorazioni

Una lavorazione è tanto più precisa quanto più piccola è la tolleranza con cui viene eseguita.

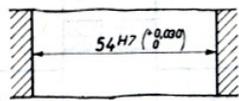
Il Sistema di tolleranze ISO prevede 19 qualità di lavorazione corrispondenti a 19 gradi di lavorazione contraddistinte mediante i simboli IT01, IT0, IT1, IT17. Il simbolo IT01 definisce la qualità di lavorazione più precisa (campo di tolleranza più ristretto). Il simbolo IT17 definisce la qualità di lavorazione più grossolana.

IMPIEGHI DELLE QUALITÀ	
Da IT01 a IT0	Strumenti di alta precisione
Da IT1 a IT5	Lavorazione di calibri
Da IT5 a IT12	Lavorazione di pezzi da accoppiare
Da IT12 a IT17	Lavorazione grossolana di pezzi isolati

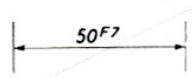
Indicazione delle Tolleranze nei disegni



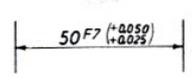
Ecco come si indicano le tolleranze su una quota orizzontale ed una verticale. Questo metodo deve essere seguito tassativamente quando le tolleranze non siano quelle unificate.



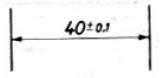
I valori degli scostamenti devono essere espressi tutti con lo stesso numero di cifre, eccetto solo il caso in cui uno scostamento sia nullo, nel qual caso è sufficiente indicarlo con 0.



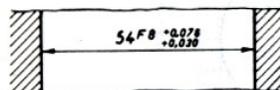
Le tolleranze ISO possono essere indicate mediante la sola quota nominale seguita dal simbolo ISO corrispondente.



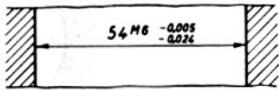
Oltre al simbolo ISO, se necessario, si possono aggiungere fra parentesi gli scostamenti relativi.



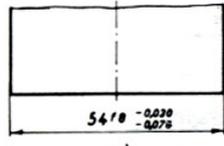
Se i valori della tolleranza sono simmetrici rispetto alla dimensione nominale, il valore assoluto di scostamento deve essere scritto una volta sola preceduto dal segno ±



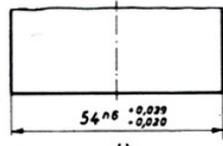
a)



b)



c)



d)

Nell'indicazione degli scostamenti, questi devono essere scritti uno sotto l'altro; sopra si scrive sempre lo scostamento superiore; sotto lo scostamento inferiore, tanto per i fori (figg. a, b) quanto per gli alberi (figg. c, d).

RUGOSITÀ DELLE SUPERFICI

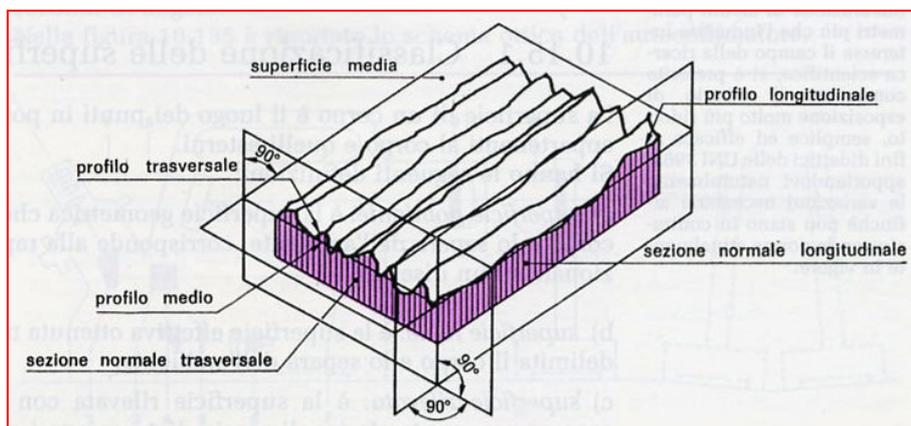
Gli errori microgeometrici determinano la “rugosità” superficiale, cioè la scabrosità di un pezzo meccanico.

La **rugosità** è una proprietà della superficie di un corpo, costituita da microimperfezioni geometriche normalmente presenti sulla superficie o anche risultanti da lavorazioni meccaniche; tali imperfezioni si presentano generalmente in forma di solchi o scalfitture, di forma, profondità e direzione variabile.

La finitura superficiale dei pezzi é molto importante, soprattutto nel caso di pezzi destinati al mutuo contatto, in quanto essa influenza sensibilmente la resistenza all'usura, la resistenza a fatica, il coefficiente d'attrito, la corrosione.

Il complesso delle norme relative alla rugosità é contenuto nella tabella UNI 3963, sostituita nel 1991 dalle norme UNI ISO 468 e 4287. Tali norme definiscono varie tipologie di “superfici”. In particolare:

- 1) **Superficie nominale** (o ideale) é quella geometrica (o teorica) rappresentata dal disegno;
- 2) **Superficie reale** é quella effettivamente ottenuta con la lavorazione;
- 3) **Superficie rilevata** (o misurata) é quella rilevata con uno strumento provvisto di palpatore sferico avente raggio pari a 0,001 mm (cioè 1 μm);
- 4) **Superficie media** é quella che ha forma uguale alla superficie nominale e taglia la superficie reale in modo che i volumi delle parti esterne siano uguali ai volumi dei vuoti tra di essa e la superficie reale.
- 5) **Superficie tecnica** é quella rilevata con strumenti provvisti di palpatori sferici aventi raggio pari a 25 mm.



La rugosità é il complesso delle deviazioni della superficie reale dalla superficie tecnica. Essa costituisce un errore “microgeometrico”.

Il valore della rugosità é funzione del tipo di lavorazione effettuata. Per esempio, nelle lavorazioni di tornitura e fresatura, i valori più frequenti della rugosità sono compresi tra 1 e 4 [μm].

Il valore della rugosità dipende anche dalle dimensioni del pezzo e dalla qualità di lavorazione IT: all'aumentare delle dimensioni dei pezzi e della qualità di lavorazione (per esempio da IT 6 a IT 12), la rugosità aumenta (peggiora), passando per esempio da 0,2 [μm] (dimensioni < di 3 mm e tolleranza IT 6) a 12 [μm] (dimensioni fino a 250 mm e tolleranza IT 12).

Di seguito sono alcuni valori orientativi della rugosità:

0,025 ÷ 0,05: piani di riscontro, facce dei calibri ...

0,1 ÷ 0,2: perni, cuscinetti, steli di valvole, guide di macchine utensili ...

0,4 ÷ 0,8: stantuffi e cilindri di motori, denti di ingranaggi, superfici di parti scorrevoli ...

1,6 ÷ 1,8: alberi e fori per ingranaggi, facce laterali di ingranaggi, teste di cilindri e stantuffi, superfici di tenuta con guarnizioni.

4.13 - Prospetto riassuntivo delle caratteristiche delle qualità ISO (sec. UNI 3963 p. 2*)											
Tolleranza fondamentale ISO	Corrispondenza UNI		Valori di rugosità massimi per le diverse dimensioni					Lavorazioni meccaniche corrispondenti		U S I	
	Fori	Alberi	Fino a 3 mm	oltre 3 fino a 18	oltre 18 a 80	oltre 80 a 250	oltre 250	Fori	Alberi	Fori	Alberi
IT 1											
IT 2								lavorazioni con macchine speciali	lavorazioni con macchine speciali	lavorazioni di precisione estrema- mente spinta, cali- bri di con- trollo, ecc.	lavorazione di precisione estremamente spinta, bloc- chetti pian paralleli di ri- scontro, spec- chi, pianetti di appoggio di micrometri
IT 3											
IT 4									rettifica estre- mamente accurata		
IT 5									rettifica mol- to accurata		
IT 6	extra preciso	extra preciso preciso medio	0,2	0,32	0,5	0,8	1,25	rettifica		lavorazioni di pezzi; accoppiamenti di preci- sione variabile dalla precisione molto alta a lavorazioni grossolane.	
IT 7	preciso		0,32	0,5	0,8	1,25	2	tornitura alesatura brocciatura trapanatura	tornitura limatura trafilatura piallatura		
IT 8	medio		0,5	0,8	1,25	2	3,2				
IT 9			0,8	1,25	2	3,2	5				
IT 10			1,25	2	3,2	5	8				
IT 11	grossolano		2	3,2	5	8	12,5				
IT 12			3,2	5	8	12,5	20	sgrossatura alle macchine, lavorazioni grossolane di stampaggio, laminazione, fusione ecc.			pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi.
IT 13			5	8	12,5	20	32				
IT 14			8	12,5	20	32	50				

Nota - Per superficie piane valgono i valori di rugosità indicati per « oltre 250 mm ».

LAVORAZIONI	Rugosità* Ra												
	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3	6	12	16	20	25
Sbavatura - Segatura - Taglio con fiamma													
Tornitura - Fresatura - Limatura													
Trapanatura													
Piallatura													
Alesatura													
Brocciatura													
Rettifica													
Levigatura													
Superfinitura (lappatura)													
Lucidatura													
Pallinatura													
Laminazione a caldo													
Colata in sabbia													
Fucinatura**													
Colata in conchiglia**													
Colata sotto pressione													
Laminazione, rullatura e trafilatura a freddo**													
Estrusione**													

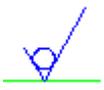
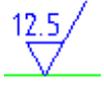
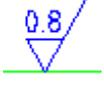
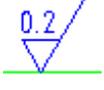


* I valori di rugosità sono dati a puro titolo indicativo e non sono quindi da considerarsi in sede di collaudo. Qualora l'applicazione rivesta particolare importanza, dato il carattere indicativo del prospetto, si consiglia di specificare nel disegno il valore di rugosità necessario, anche se maggiore di quello indicato nel prospetto, in corrispondenza della lavorazione prevista.

** La qualità della superficie dipende dalla finitura dello stampo.

Indicazione della rugosità nei disegni tecnici

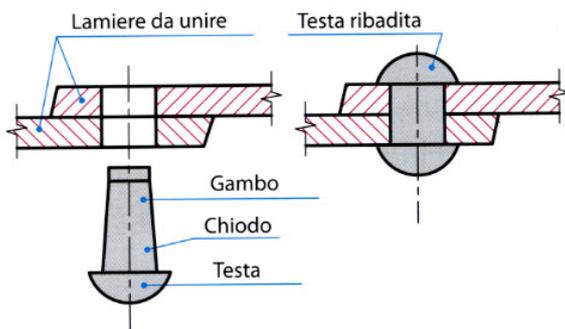
La rugosità massima ammessa deve essere indicata sui disegni utilizzando un'apposita simbologia.

RELAZIONE TRA INDICAZIONI E TIPI DI LAVORAZIONE		
Valori in [µm]	Ottenimento	Caratteristiche
	Superficie dalla quale è vietata l'asportazione di truciolo. Si ottiene da un procedimento più accurato di produzione, come da fucinatura, stampaggio, taglio accurato al canello, ecc.)	Superfici che hanno esigenze grossolane in fatto di grado di uniformità e levigatezza.
	Superficie ottenuta mediante una o più passate di sgrossatura con asportazione di truciolo da lavorazione al tornio, alla fresatrice, alla pialla, ecc.	Superfici uniformi levigate, sulle quali le tracce di lavorazione sono percettibili al tatto e chiaramente visibili a occhio nudo.
	Superficie ottenuta con una o più passate di finitura con asportazione di truciolo al tornio, alla fresatrice, alla pialla, ecc.	Superfici uniformi e levigate, sulle quali le tracce lasciate dall'utensile possono ancora essere visibili ad occhio nudo.
	Superficie ottenuta con una o più passate di finitura con asportazione di truciolo per tornitura, rettifica, alesatura, brocciatura, ecc.	Superfici uniformi e ben levigate, senza tracce visibili di lavorazioni.
	Superficie ottenuta mediante operazioni di finitura di grande accuratezza: lappatura, lucidatura a specchio, ecc.	Superfici a finitura speculare.

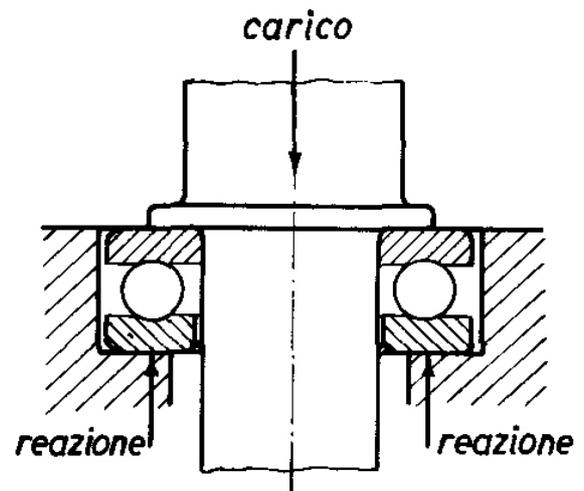
NORME TECNICHE PER LA RAPPRESENTAZIONE DI COMPONENTI MECCANICI NORMALIZZATI O UNIFICATI

Le norme UNI o ISO stabiliscono in modo univoco le modalità di rappresentazione degli elementi meccanici.

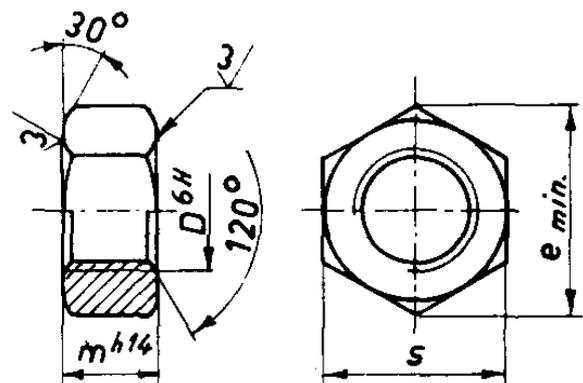
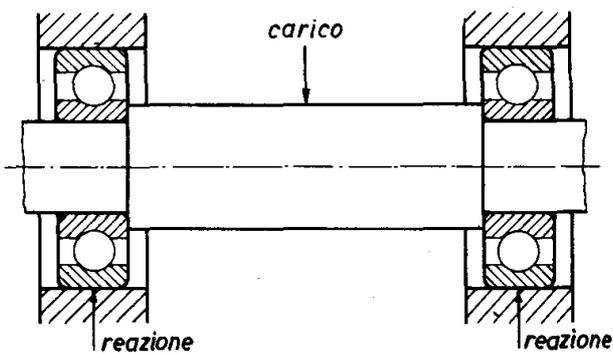
Di seguito vediamo come sono rappresentati convenzionalmente gli elementi più diffusi.



Cuscinetto assiale



Cuscinetto radiale

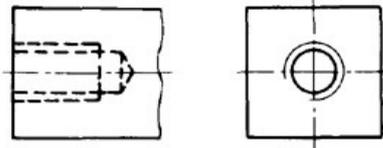


Dado

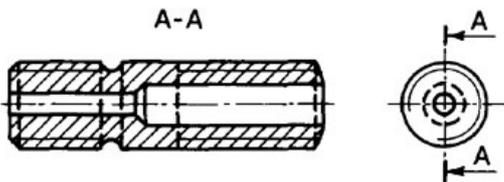
Rappresentazioni di filettature secondo le norme UNI 3978 e UNI 3979



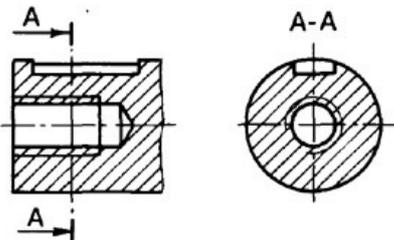
Nelle figure in vista la cresta del filetto deve essere rappresentata con linea continua grossa (tipo A UNI 3968) ed il fondo del filetto con linea fine (tipo B UNI 3968), come indica la figura. La circonferenza indicante la cresta del filetto deve essere tracciata con linea continua grossa; quella indicante il fondo del filetto con linea continua fine. Il limite del tratto utile di filettatura è indicato in vista con linea continua grossa.



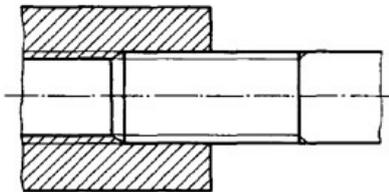
Nelle filettature non in vista la cresta e il fondo del filetto si rappresentano come indica la figura. La linea da usare è il tipo E od F UNI 3968. Il limite del tratto utile di filettatura non in vista è indicato con linea a tratti.



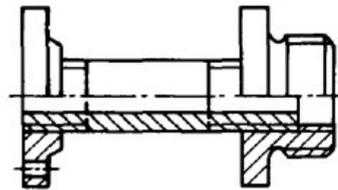
In una vite in sezione, la filettatura è rappresentata come quelle in vista; il tratteggio indicante la superficie di sezione termina alla linea indicante la cresta del filetto. Anche qui il limite del tratto utile di filettatura non in vista è indicato con linea a tratti grossi.



In una madrevite in sezione, la filettatura è rappresentata come indica la figura. Nella precedente unificazione il tratteggio non doveva superare la linea indicante il fondo del filetto.



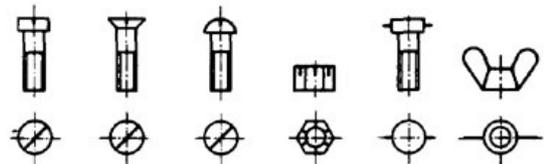
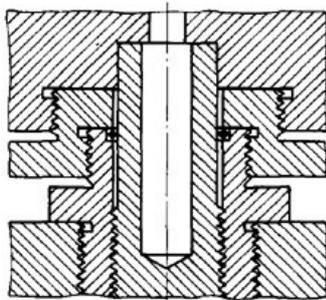
Nella rappresentazione di un accoppiamento in sezione, si seguono le regole della sezionatura dei solidi di forma allungata; quindi, nel caso rappresentato in figura, la vite non si seziona, perché è piena. La vite è sempre sovrapposta alla madrevite.



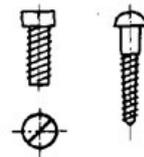
In questo caso, a differenza del precedente, la vite è forata longitudinalmente; perciò viene regolarmente sezionata. La vite è sempre sovrapposta alla madrevite.

Rappresentazioni illustrative

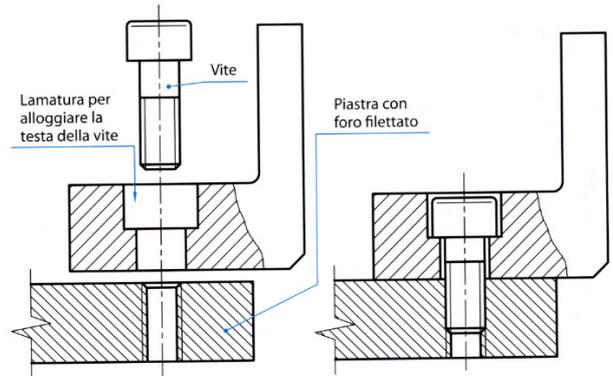
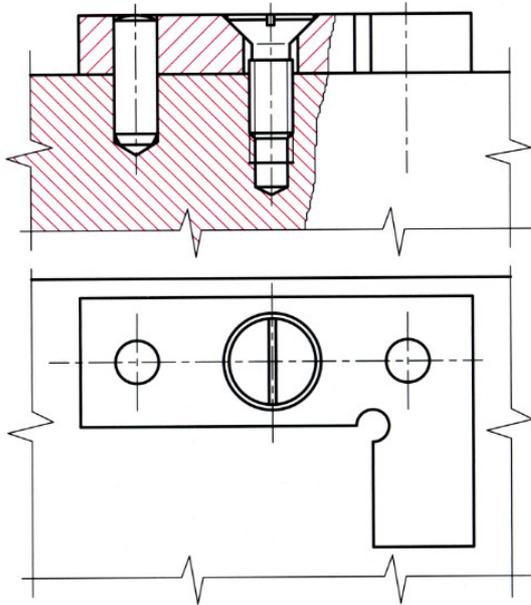
Sia quando occorrono rappresentazioni illustrative o divulgative, sia in caso di particolare complessità e di difficoltà nella chiarezza, la rappresentazione di accoppiamenti filettati può essere eseguita come indica la figura che segue.



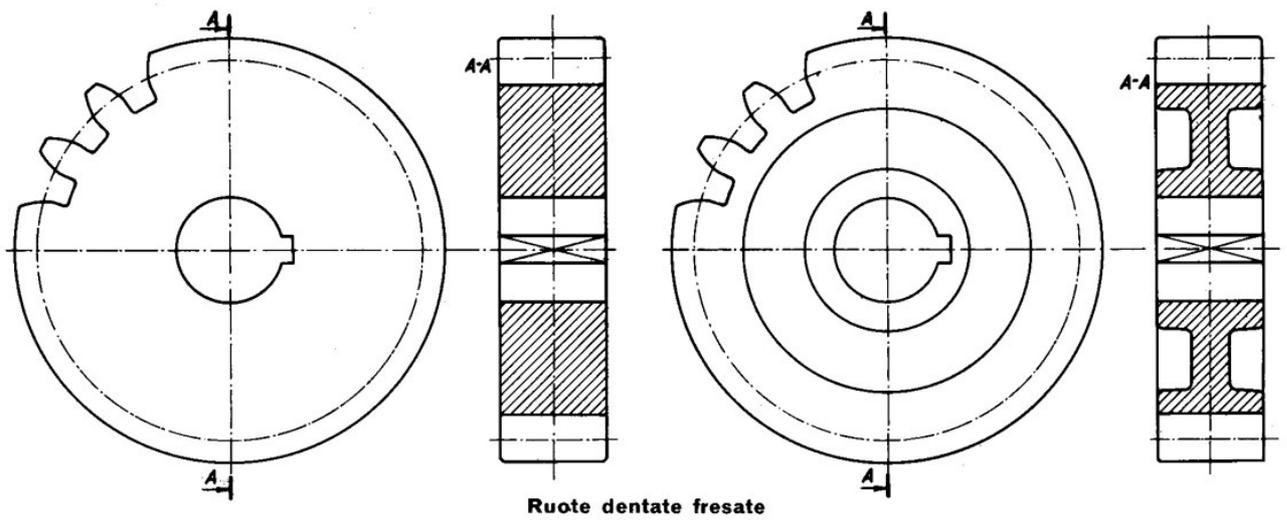
Rappresentazione schematica unificata di viti di piccole dimensioni.



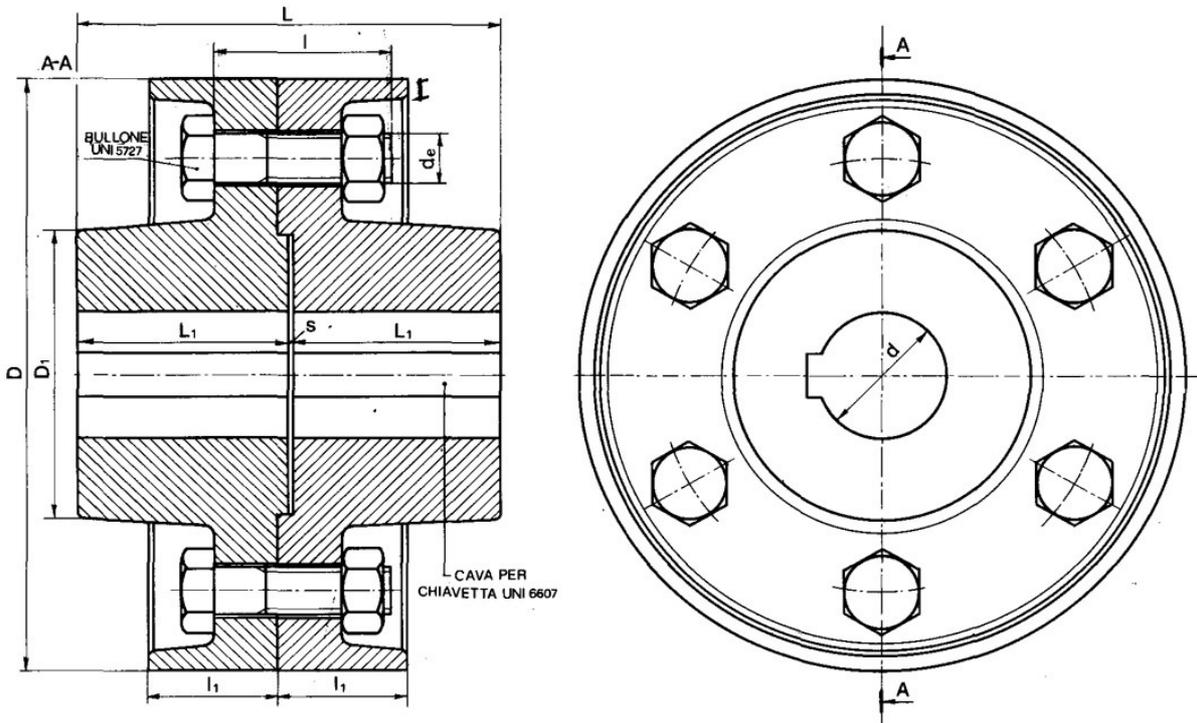
In questo modo si rappresentano convenzionalmente le viti autofilettanti.



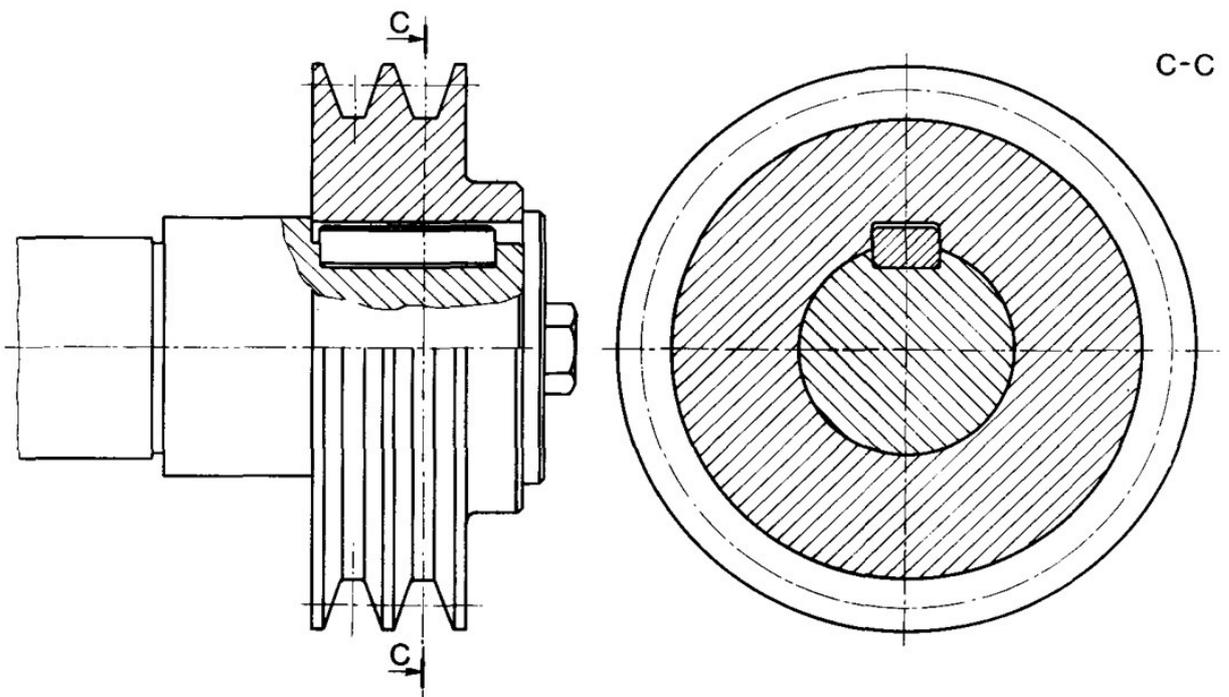
Collegamento con spina e vite



Ruote dentate fresate



Giunto rigido

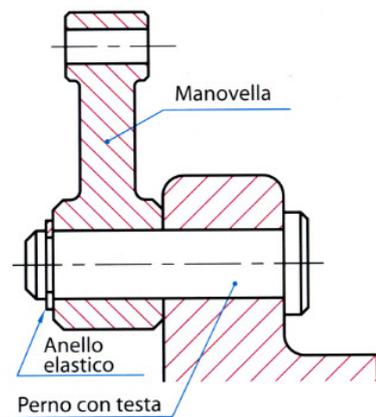
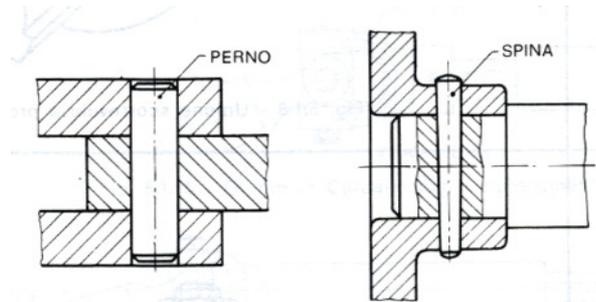
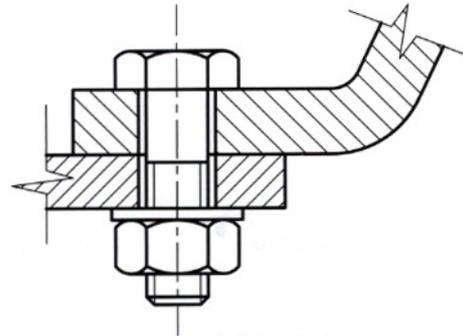


Trasmissione del moto mediante linguetta

Segni grafici elementari - UNI EN 22553

Denominazione saldatura	Segno grafico	Rappresentazione convenzionale
A bordi rilevati	八	
A lembi retti		
D'angolo	△	
A V	∨	
A mezza V	∨	
A Y	Y	
A mezza V con spalla	∨	
A U	∩	
A J	∩	

Saldatura: simbologia



Unioni con perni e spine