

## B1.1 ■ Rugosità superficiale

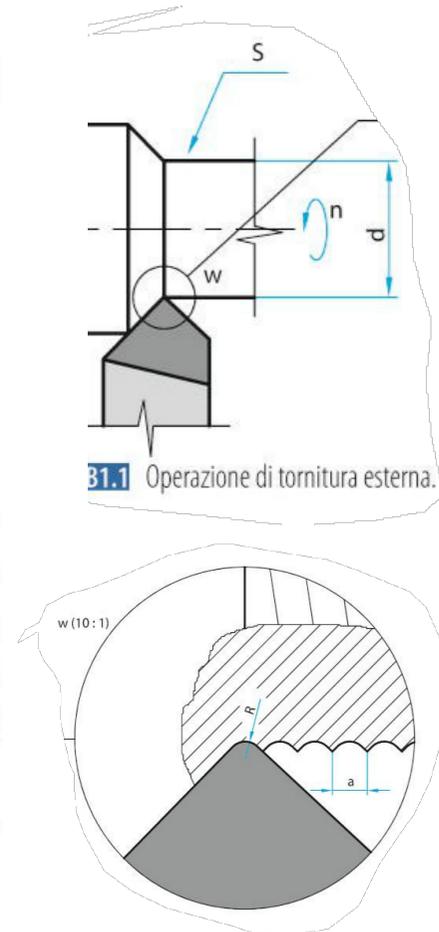
La **figura B1.1** rappresenta schematicamente la tornitura cilindrica di un perno; di seguito sono riportati i parametri tecnologici.

- $D$  = diametro del perno da tornire.
- $d$  = diametro del perno tornito.
- $a$  = avanzamento in mm/giro.
- $p$  = profondità di passata:  $p = (D - d)/2$ .
- $R$  = raggio di raccordo della punta dell'utensile.
- $n$  = numero di giri del mandrino:  $n = \text{giri/min}$ .

La lavorazione delle superfici avviene con il pezzo in rotazione e l'utensile che avanza assialmente della quantità  $a$  [mm] a ogni giro del pezzo. A occhio nudo, potrebbe sembrare che la superficie  $S$ , appena tornita, sia perfettamente liscia, ma se si ingrandisce sufficientemente la parte lavorata, si osserva che essa è percorsa da tracce elicoidali lasciate dall'utensile.

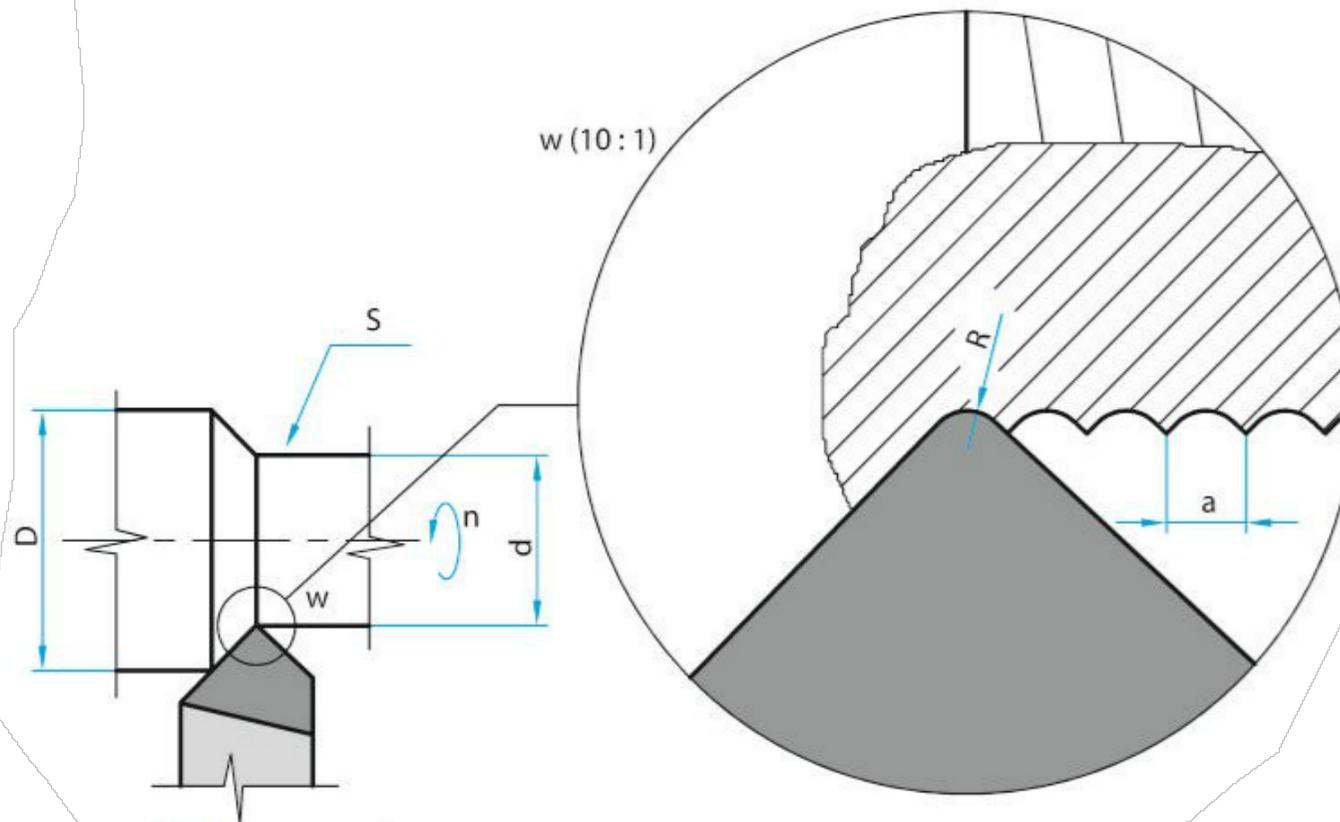
La profondità di questi solchi dipende principalmente [fig. B1.1] dai seguenti fattori:

- più è grande l'avanzamento  $a$ , più saranno profondi i solchi;
- più è grande il raggio di raccordo  $R$  della punta dell'utensile, più saranno meno profonde le tracce.



La profondità di questi solchi dipende principalmente [fig. B1.1] dai seguenti fattori:

- più è grande l'avanzamento  $a$ , più saranno profondi i solchi;
- più è grande il raggio di raccordo  $R$  della punta dell'utensile, più saranno meno profonde le tracce.



**B1.1** Operazione di tornitura esterna.

Queste imperfezioni sono dette **rugosità della superficie**. La rugosità deve essere indicata a disegno solo quando il suo valore condiziona la funzionalità del particolare. Nella prescrizione delle rugosità, quindi, è bene tener presente che il costo di produzione cresce con l'aumentare del grado di finitura superficiale richiesto. Perciò è conveniente assegnare valori di rugosità più alti possibile.

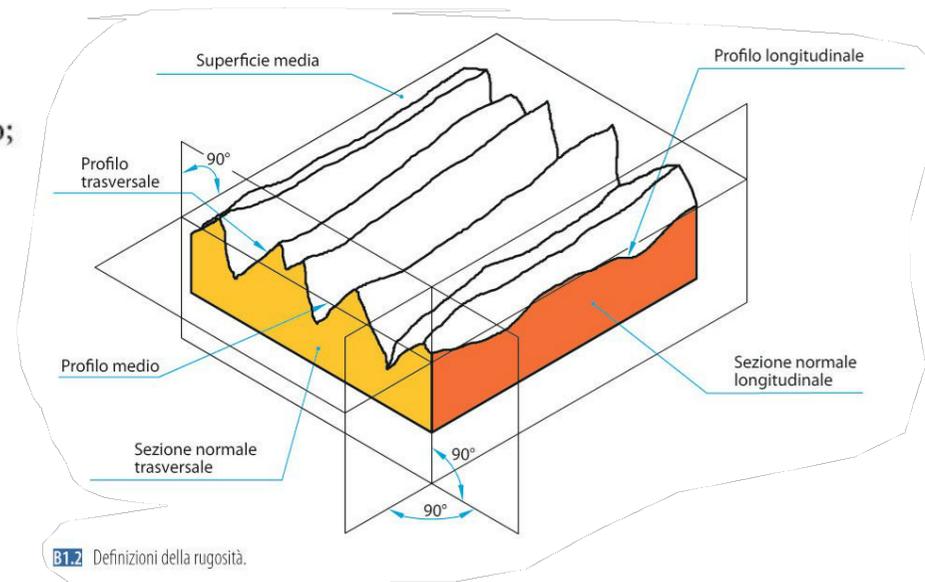
La rugosità è anche legata alla tolleranza di lavorazione ed è funzione dei seguenti fattori:

- aspetto estetico della superficie del pezzo;
- sua funzionalità nell'accoppiamento con altri pezzi;
- tolleranza dimensionale concessa;
- tipo di contatto tra superfici (fisso o mobile);
- usura tra superfici reciprocamente striscianti;
- estensione delle superfici di contatto;
- pressione esistente sulla superficie di appoggio;
- tipo di sollecitazione presente sul pezzo.

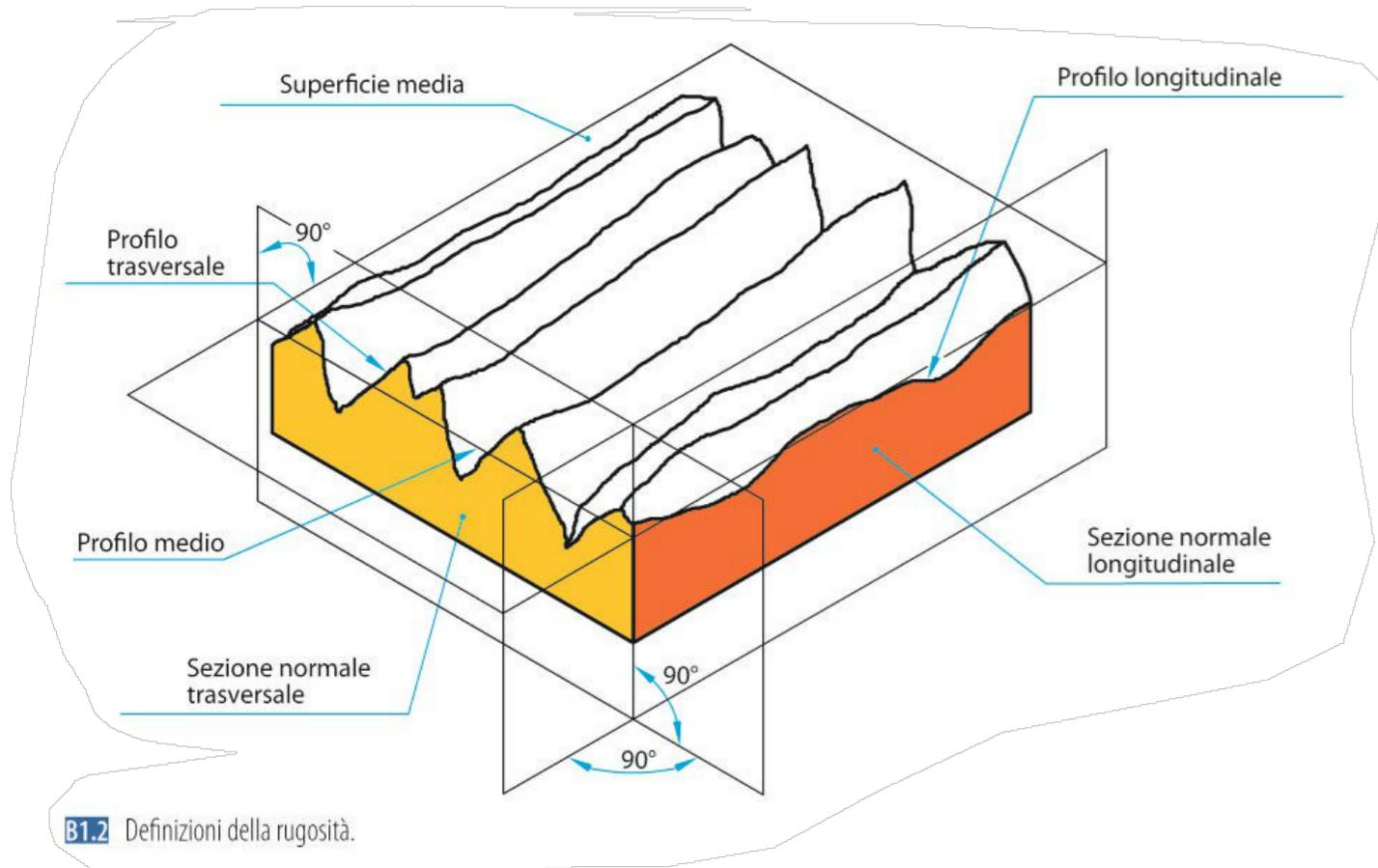
## Definizioni generali

Con riferimento alla **figura B1.2**, si possono dare le seguenti definizioni.

- **Superficie nominale**: è quella che idealmente delimita un corpo, lo separa dall'ambiente e si rappresenta con il disegno.
- **Superficie reale**: è quella che delimita il corpo e lo separa dall'ambiente, effettivamente realizzata dalla lavorazione.



- **Superficie rilevata:** è l'approssimazione della superficie reale, rilevata dagli strumenti.
- **Superficie media:** è quella superficie di compenso, uguale a quella nominale, che giace in posizione tale da rendere minima la somma dei quadrati delle distanze (misurate ortogonalmente ad essa), dalla superficie reale. Rispetto ad essa, il volume delle parti sporgenti eguaglia il volume delle parti rientranti.
- **Sezione trasversale:** è quella che si ottiene intersecando una superficie, con un piano perpendicolare alla direzione delle irregolarità superficiali.
- **Sezione longitudinale:** è quella che si ottiene intersecando una superficie con un piano parallelo alla direzione delle irregolarità superficiali.
- **Profilo:** per ciascuna superficie definita, il profilo è il contorno di una sua sezione.

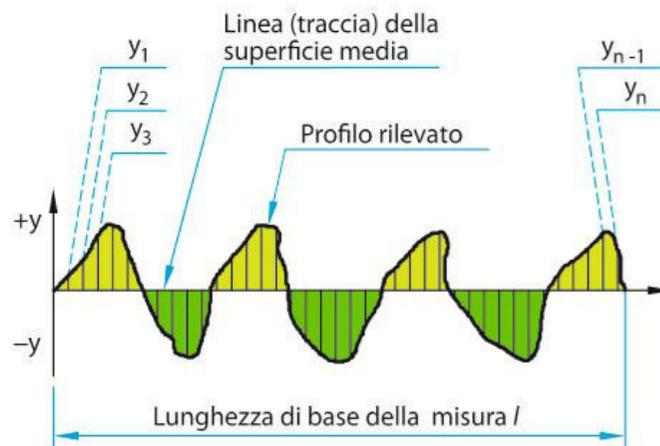


## Valori e misura della rugosità

Si definisce **rugosità** il valore medio, espresso in micrometri [ $\mu\text{m}$ ], delle distanze ( $y_1, y_2, \dots, y_n$ ) del profilo rilevato dalla linea media.

Facendo riferimento alla **figura B1.3** e considerando la distanza senza tener conto del segno (valore assoluto), con  $n$  rilevamenti a intervalli regolari si può calcolare la rugosità con la seguente formula:

$$n = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_{(n-1)} + y_n}{n}$$



**B1.3** Sezione trasversale di una superficie rilevata.

## La misurazione della rugosità

La misura della rugosità può essere effettuata con il rugosimetro [fig. B1.4] oppure valutata per confronto con superfici di riferimento [fig. B1.5].

La **tabella B1.1** riporta:

- nella 1<sup>a</sup> colonna i valori delle rugosità, espressi in micron [ $\mu\text{m}$ ], adottati di preferenza;

- nella 2<sup>a</sup> colonna i corrispondenti valori di rugosità, espressi in micropollici [ $\mu\text{in}$ ], ancora usati nei Paesi anglosassoni (AA-American Average: norme americane; CLA-Center Line Average norme inglesi);
- nella 3<sup>a</sup> colonna le applicazioni più comuni.

**TABELLA B1.1 – Valori di rugosità e loro applicazioni**

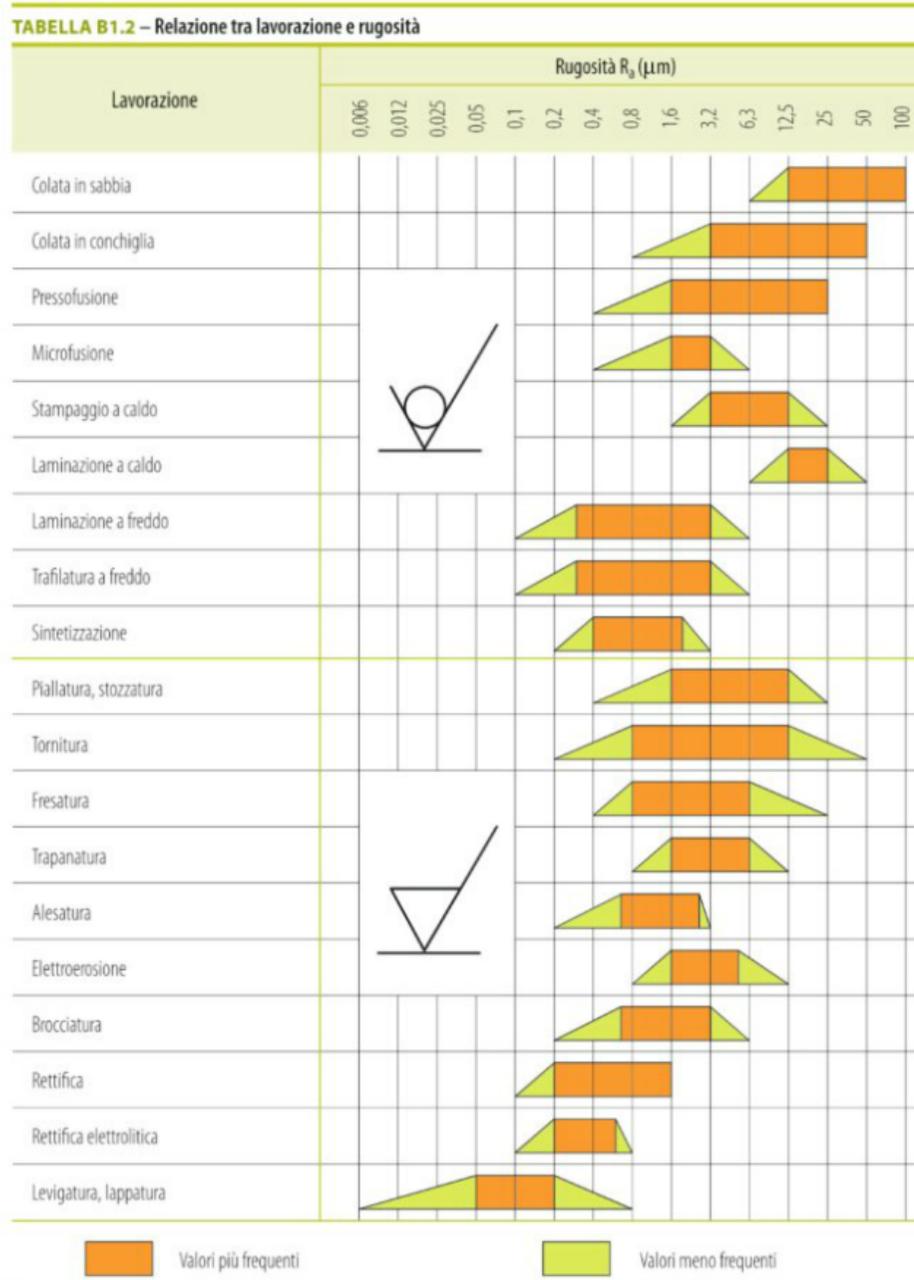
Rugosità		Applicazioni
[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{in}$ ]	
0,025	1	Piani di appoggio di micrometri, specchi e blocchi di riscontro
0,05	2	Facce calibri di officina, piani di appoggio comparatori
0,1	4	Facce calibri a corsoio, perni di articolazione, utensili di precisione, cuscinetti super finiti, accoppiamenti stagni ad alta pressione a tenuta di liquido, superfici levigate di tenuta senza guarnizione
0,2	8	Superficie lappata senza segni di lavorazione visibile. Supporti alberi a gomiti e alberi a camme, perno di biella, cilindri, pompe idrauliche, cuscinetti precisi, guide macchine utensili
0,4	16	Alberi scanalati, cuscinetti alberi motori, stantuffi, gambo valvola, perni di albero a gomito, cuscinetti di metallo bianco, pattini di scorrimento e relative guide
0,8	32	Superficie rettificata, finita bene d'utensile a placchetta, con tracce di lavorazione appena visibili. Tamburi freni, fori brocciati, bronzine, cuscinetti, denti ingranaggi e applicazioni precedenti con minori esigenze di precisione
1,6	63	Facce ingranaggi e loro fori, alberi, teste cilindro, facce pistoni, superfici di tenuta di flange con guarnizioni metalliche
3,2	125	Superficie finita d'utensile normale, con tracce di lavorazione visibili. Superfici di accoppiamento di parti fisse smontabili, perni e cuscinetti per trasmissioni a mano
6,3	250	Superfici di tenuta di flange con guarnizioni comuni
12,5÷100	500	Superfici sgrossate



**B1.4** Rugosimetro.



**B1.5** Valutazione della rugosità per confronto.

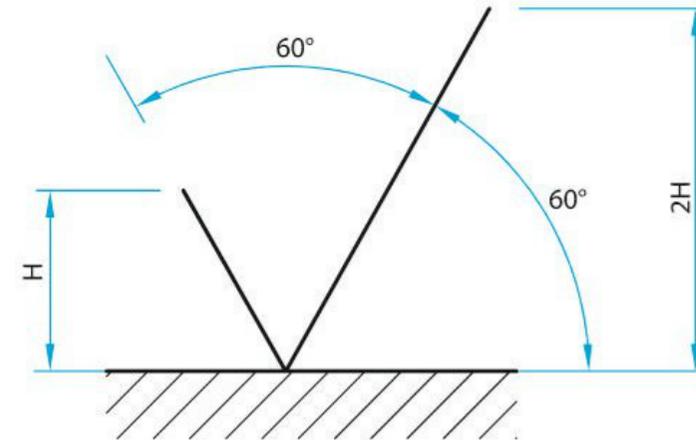


## ■ Indicazione della rugosità sui disegni

La tabella **UNI EN ISO 1302** stabilisce i segni grafici e le indicazioni complementari da riportare sui disegni tecnici per indicare lo stato delle superfici.

### Segno grafico di base

Il segno grafico di base è rappresentato nella **figura B1.6**; viene eseguito con linea fine e con dimensioni sufficienti a garantire una buona leggibilità e riproducibilità.



**B1.6** Segno grafico di base.

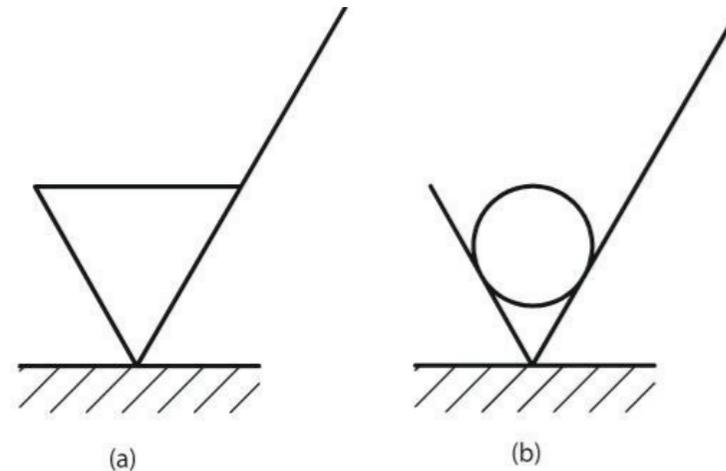
### Superfici ottenute con asportazione di truciolo

Al segno grafico di base si aggiunge un **trattino**, la parte inferiore diventa un triangolo equilatero, e il valore massimo della rugosità ammessa è indicato con  $a$  [fig. B1.7a].

### Superfici ottenute senza asportazione di truciolo

Al segno grafico di base si aggiunge un **cerchietto** ed eventualmente il grado di rugosità massima consentita  $a$ .

Il segno grafico [fig. B1.7b] può anche significare che la superficie deve rimanere tale e quale com'era stata ottenuta nella precedente fase di lavorazione.

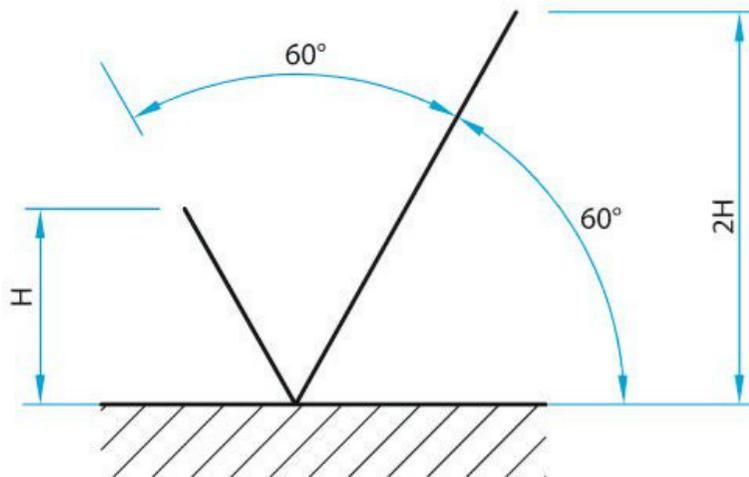


**B1.7** Rugosità ottenuta: a) con asportazione di truciolo; b) senza asportazione di truciolo.

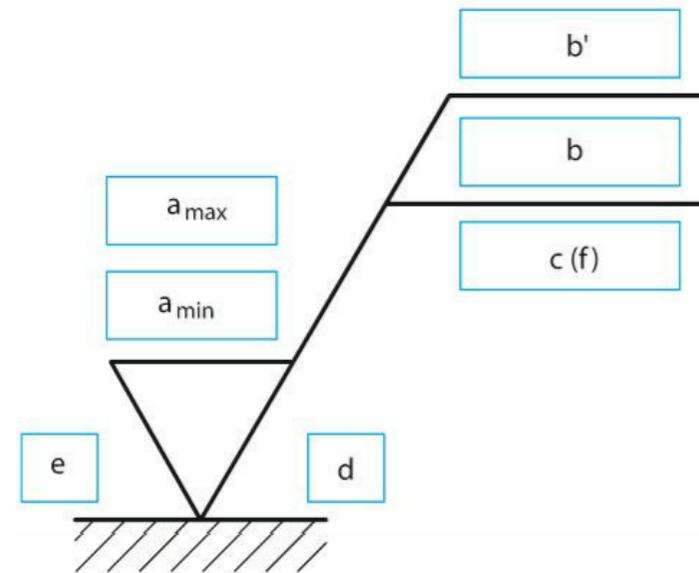
### Indicazioni complementari

Il segno grafico utilizzato per l'indicazione dello stato delle superfici può contenere altre prescrizioni, disposte nelle rispettive zone, indicate nella **figura B1.8**, il cui significato è di seguito spiegato.

- Zona a: rugosità minima e massima (quando c'è un solo valore s'intende quello massimo e va posto nell'area " $a_{min}$ ").
- Zona b: tipo di lavorazione, trattamento oppure rivestimento. Se ne possono prescrivere più d'uno, in successione, per la stessa superficie per esempio indurire (b), lucidare (b').



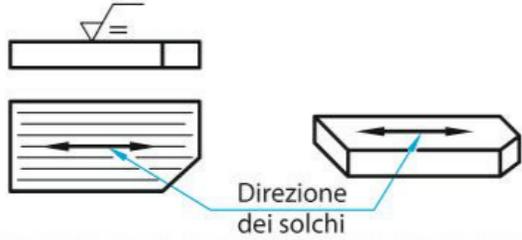
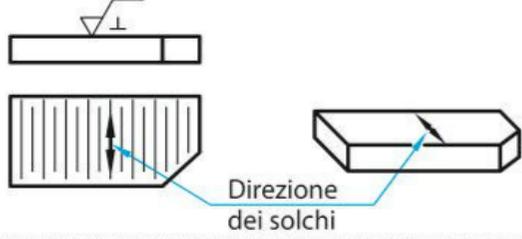
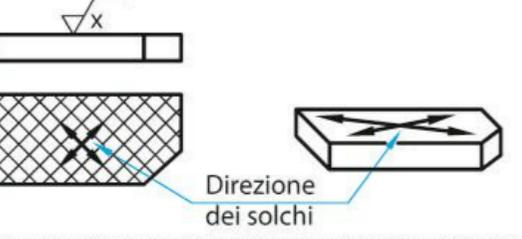
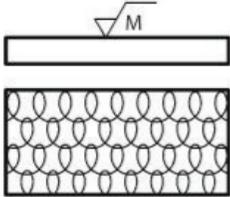
**B1.6** Segno grafico di base.



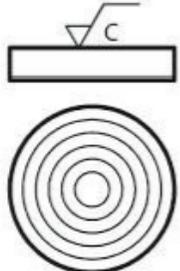
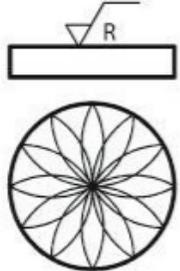
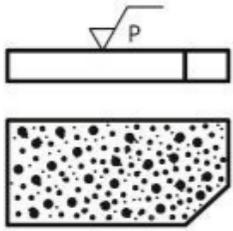
**B1.8** Prescrizioni complementari alla rugosità.

- Zona c: lunghezza di base del profilo rilevato [mm], scelta per la valutazione della rugosità.
- Zona d: direzione dei solchi di lavorazione, espressa con un segno grafico, tra quelli riportati nella **tabella B1.3**.
- Zona e: sovrametallo di lavorazione [mm].
- Zona f: altri dati relativi allo stato della superficie, preceduti dal relativo simbolo, iscritti tra parentesi (per esempio ondulazione, portanza ecc.).

**TABELLA B1.3 – Segni grafici complementari (UNI EN ISO 1302)**

Segno grafico	Interpretazione	
<p><b>=</b></p>	<p>Solchi paralleli al piano di proiezione della vista sulla quale è applicato il segno grafico</p>	
<p><b>⊥</b></p>	<p>Solchi perpendicolari al piano di proiezione della vista sulla quale è applicato il segno grafico</p>	
<p><b>X</b></p>	<p>Solchi incrociati in due direzioni oblique rispetto al piano di proiezione della vista sulla quale è applicato il segno grafico</p>	
<p><b>M</b></p>	<p>Solchi multidirezionali</p>	

**TABELLA B1.3 – Segni grafici complementari (UNI EN ISO 1302)**

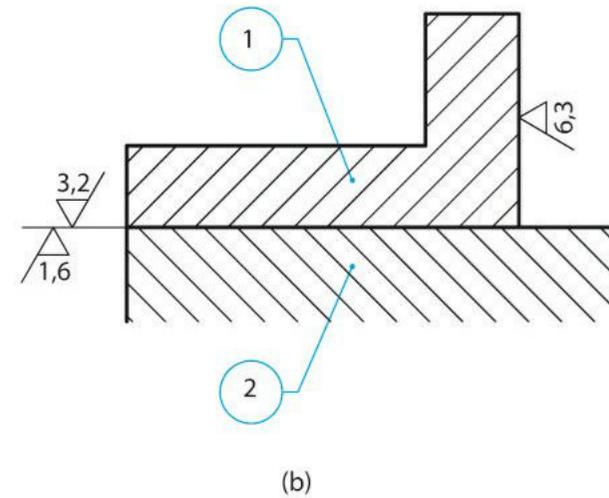
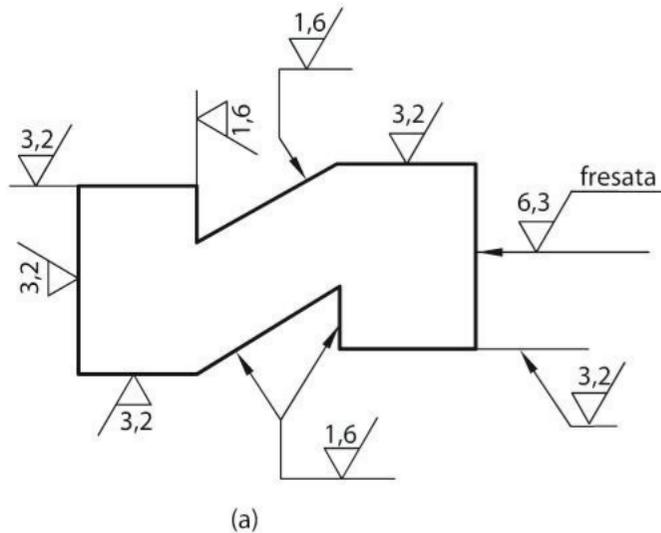
Segno grafico	Interpretazione	
<b>C</b>	<p>Solchi approssimativamente circolari rispetto al centro della superficie sulla quale è applicato il segno grafico</p>	
<b>R</b>	<p>Solchi approssimativamente radiali rispetto al centro della superficie sulla quale è applicato il segno grafico</p>	
<b>P</b>	<p>Solchi protuberanti, non direzionali</p>	

N.B. Direzioni dei solchi non conformi a questi simboli, devono essere indicate sul disegno con apposite note

### Orientamento

Il segno grafico e le relative iscrizioni, in conformità alle disposizioni sulla quotatura, devono normalmente risultare orientati in modo da essere letti dalla base o dal lato destro del disegno [fig. B1.9].

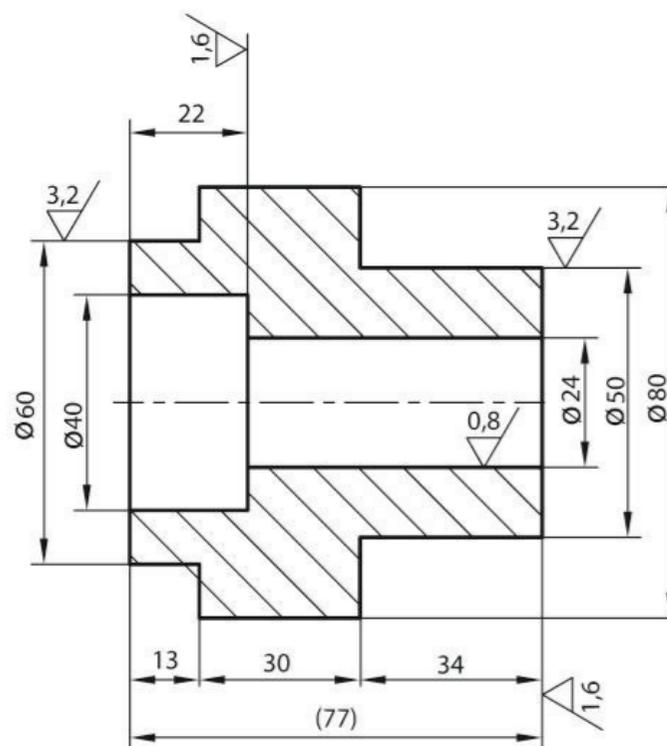
Nei casi in cui l'apposizione risulta difficile, il segno grafico può essere orientato in una posizione qualunque, ma le altre indicazioni devono essere scritte conformemente alla regola generale [fig. B1.9a]. Nei complessivi con superfici combacianti, si possono mettere due segni di lavorazione con la punta del segno grafico rivolta verso la superficie interessata [fig. B1.9b].



**B1.9** Orientamento dei segni di lavorazione.

## Disposizione

Il segno grafico deve figurare una volta sola per ciascuna superficie, sopra di essa, o su un suo prolungamento (linea di riferimento), o su una linea di richiamo terminante con una freccia sulla superficie e comunque sulla vista nella quale compaiono le quote che la definiscono [fig. B1.10].

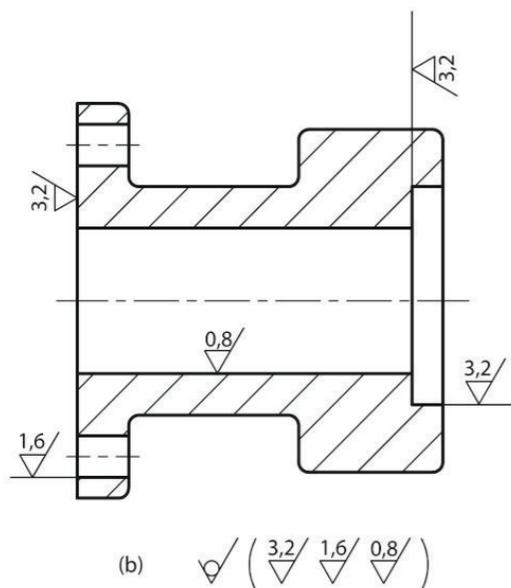
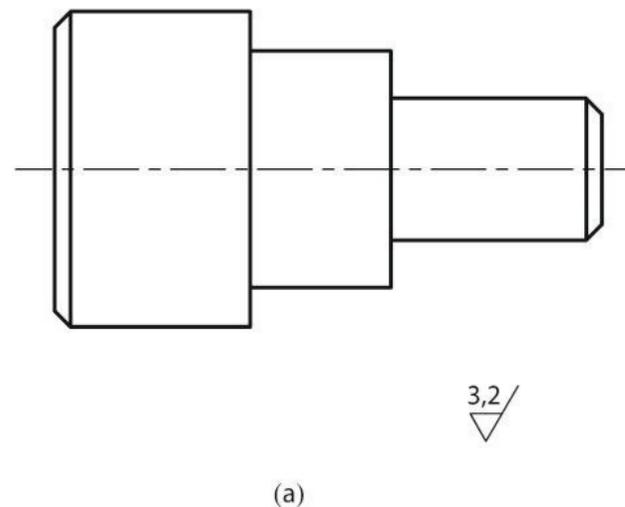


**B1.10** Disposizione dei segni di lavorazione.

### Segni generali e particolari

Se è richiesta la stessa rugosità superficiale per tutte le superfici del pezzo, l'indicazione può essere fatta con un *segno grafico generale*, posto presso la vista del pezzo o nel riquadro delle iscrizioni o di seguito al n. distintivo [fig. B1.11a].

Se nello stesso pezzo ci sono delle superfici con rugosità diversa, accanto al segno grafico generale si pongono, entro parentesi, i segni dei relativi *stati particolari*. Questi ultimi devono essere riportati anche sulle corrispondenti superfici del disegno [fig. 1.11b].

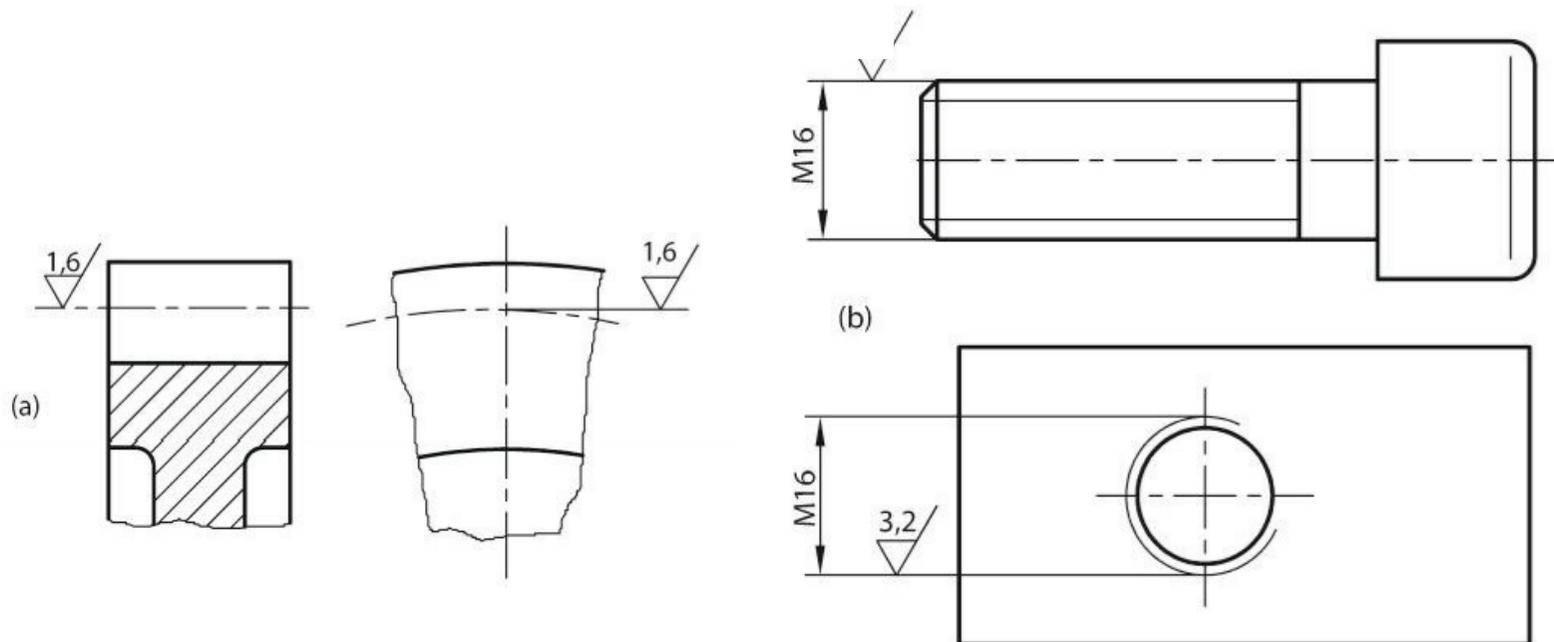


B1.11 Segni di rugosità: a) generali; b) particolari.

### Convenzioni particolari

L'indicazione dello stato delle superfici dei fianchi dei denti di ruote dentate o di giunti a denti viene posto sulla circonferenza primitiva [fig. B1.12a].

L'indicazione dello stato delle superfici per i fianchi del filetto è posta sul diametro, su cui viene indicata la designazione della filettatura. L'indicazione suddetta tuttavia non si riferisce anche alla porzione di superficie, di ugual diametro, non filettata [fig. B1.12b].



**B1.12** Indicazioni della rugosità sui fianchi dei denti e dei filetti.

## B1.2 Zigrinature

La **zigrinatura** è una deformazione plastica di compressione, praticata sulle superfici cilindriche mediante rulli zigrinatori, per migliorarne l'aderenza.

Le dimensioni, le forme e le regole per la rappresentazione convenzionale delle *superfici zigrinate*, vengono normalizzate dalla tabella UNI 149.

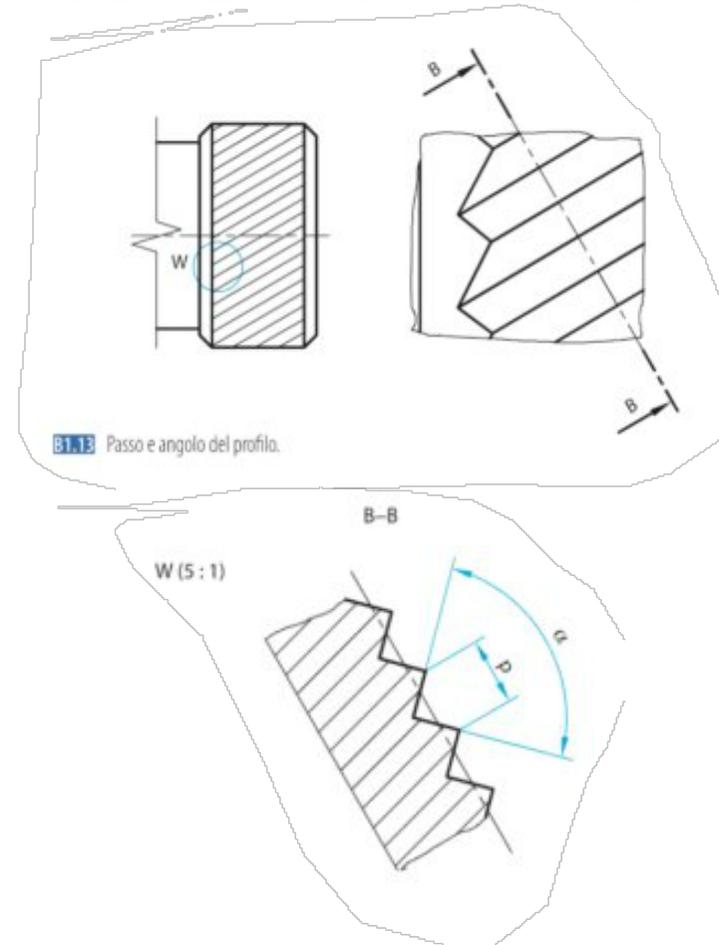
- **Passo  $p$** : è la distanza perpendicolare tra due rigature successive. Viene espresso in millimetri, scelto tra quelli previsti e qui riportati:

0,5 - 0,6 - 0,8 - 1 - 1,2 - 1,5 - 1,6 - 2

I passi indicati in neretto sono quelli più utilizzati.

- **Angolo del profilo  $\alpha$** : è l'angolo che forma il profilo zigrinato, in una sezione perpendicolare alle rigature [fig. B1.13]. Viene indicato nella designazione solo se diverso da  $90^\circ$ .
- **Diametro nominale  $d_1$** : è il diametro esterno che si ottiene dopo aver effettuato la zigrinatura.
- **Diametro di rullatura  $d_2$** : è il diametro del pezzo prima dell'esecuzione della zigrinatura. Il suo valore dipende dal diametro esterno  $d_1$ , dal passo  $p$  e dall'angolo del profilo  $\alpha$ . Quando la quota  $d_1$  è funzionale, occorre calcolare  $d_2$  con le relazioni riportate nella **tabella B1.4**.

Forma della zigrinatura				
Simbolo	$\phi$ di rullatura $d_2$ ( $\alpha = 90^\circ$ )	Denominazione	Rappresentazione	Applicazione
A		Zigrinatura parallela		Miglioramento dell'aderenza al movimento torsionale
B	$d_1 - 0,5 p$	Zigrinatura sinistra		Miglioramento dell'aderenza al movimento elicoidale in direzione opposta all'angolo d'inclinazione dell'elica (poco usata)
C		Zigrinatura destra		
D	$d_1 - 0,67 p$	Zigrinatura spinata in rilievo		Miglioramento dell'aderenza al movimento torsionale e/o assiale in qualsiasi direzione
E	$d_1 - 0,33 p$	Zigrinatura spinata incavata		
G	$d_1 - 0,67 p$	Zigrinatura incrociata in rilievo		Miglioramento dell'aderenza al movimento torsionale e/o assiale
H	$d_1 - 0,33 p$	Zigrinatura incrociata incavata		



B1.13 Passo e angolo del profilo.

**TABELLA B1.4 – Zigrinatura delle superfici (UNI 149)**

Forma della zigrinatura			Rappresentazione	Applicazione
Simbolo	$\phi$ di rollatura $d_2$ ( $\alpha = 90^\circ$ )	Denominazione		
A		Zigrinatura parallela		Miglioramento dell'aderenza al movimento torsionale
B	$d_1 - 0,5 p$	Zigrinatura sinistra		Miglioramento dell'aderenza al movimento elicoidale in direzione opposta all'angolo d'inclinazione dell'elica
C		Zigrinatura destra		(poco usata)
D	$d_1 - 0,67 p$	Zigrinatura spinata in rilievo		Miglioramento dell'aderenza al movimento torsionale e/o assiale in qualsiasi direzione
E	$d_1 - 0,33 p$	Zigrinatura spinata incavata		
G	$d_1 - 0,67 p$	Zigrinatura incrociata in rilievo		Miglioramento dell'aderenza al movimento torsionale e/o assiale
H	$d_1 - 0,33 p$	Zigrinatura incrociata incavata		