

# Le tolleranze dimensionali e la qualità



## CONTENUTI

- Grado di precisione, campo di tolleranza e scostamenti
- Le tolleranze negli accoppiamenti
- Il grado di precisione e gli scostamenti nel Sistema ISO
- La rugosità
- Le norme ISO 9000 e il Sistema Qualità
- Il controllo della qualità e la certificazione

## PREREQUISITI

- Conoscenza degli elementi fondamentali della metrologia, con particolare riguardo al Sistema Internazionale di unità di misura e all'utilizzo degli strumenti di misura

## OBIETTIVI

- Conoscere la nomenclatura e i criteri di definizione delle tolleranze secondo il Sistema ISO
- Conoscere il significato di Qualità e di Controllo e Certificazione della qualità nei processi produttivi secondo le normative vigenti

---

*Controllo dello stato della superficie di un dispositivo meccanico mediante rugosimetro.*

# 1 Le tolleranze dimensionali

## 1.1 Campo di tolleranza, scostamenti e grado di precisione

### Il campo di tolleranza

L'inevitabile imprecisione dei processi di fabbricazione non consente di realizzare oggetti le cui dimensioni corrispondano esattamente a quelle stabilite dal progetto (*dimensioni nominali*). Occorre perciò definire il valore massimo e il valore minimo che la dimensione del pezzo può assumere: la differenza tra questi *valori limite* entro i quali devono ricadere le dimensioni dell'oggetto viene chiamata **campo di tolleranza**.

Nella **figura 1**,  $PH$  rappresenta la dimensione nominale stabilita da progetto,  $PA$  e  $PB$  sono i valori limite (inferiore e superiore) entro i quali possono variare le dimensioni effettive del pezzo e  $AB$  è il campo di tolleranza. I segmenti  $AH$  e  $HB$  nei quali il campo di tolleranza  $AB$  viene diviso dall'**asse zero** (cioè l'asse passante per il secondo estremo della dimensione nominale, detto anche *linea zero*) vengono chiamati rispettivamente **scostamento inferiore** ( $ei$ ) e **scostamento superiore** ( $es$ ).

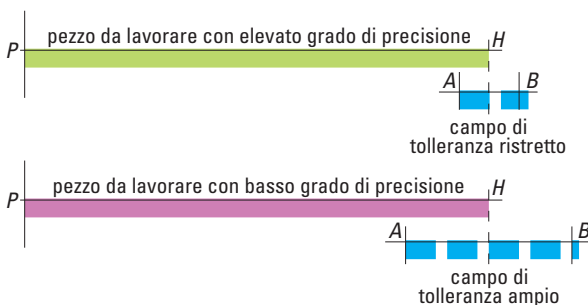
Ad esempio, se la dimensione nominale è 30 mm e i limiti inferiori e superiori sono 29,8 mm e 30,2 mm rispettivamente, il campo di tolleranza è  $(30,2 - 29,8) = 0,4$  mm e gli scostamenti inferiore e superiore sono  $ei = es = 0,2$  mm.



1 Campo di tolleranza.

### Il grado di precisione

Non tutte le lavorazioni meccaniche richiedono la stessa precisione, per rendersene conto, basta confrontare la grande precisione richiesta dalla lavorazione di un pistone per un motore a scoppio con quella, assai minore, necessaria per realizzare una normale struttura per carpenteria metallica; la precisione di una lavorazione può quindi variare di caso in caso a seconda delle prestazioni che si richiedono al pezzo e della qualità del materiale utilizzato.



2 L'ampiezza del campo di tolleranza dipende dal grado di precisione richiesto.

Ogni pezzo da lavorare è dunque caratterizzato da un proprio **grado di precisione** [1.3], che gli viene assegnato in sede di progetto e da questo grado di precisione dipende il **campo di tolleranza** della lavorazione, che è tanto più ristretto quanto maggiore deve essere la precisione [fig. 2].

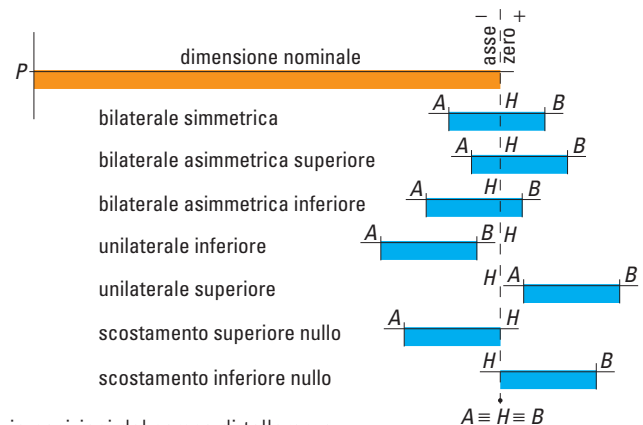
Infine, bisogna anche tenere presente che a un maggior grado di precisione è associato sempre un costo di produzione maggiore.

### Posizione del campo di tolleranza

Non sempre i segmenti  $AH$  e  $HB$ , che costituiscono gli scostamenti inferiore e superiore, sono tra di loro uguali, perché in posizione simmetrica rispetto all'asse zero, come nel caso della figura 1. Al contrario, la mutua posizione tra il campo di tolleranza e l'asse zero può dare luogo a varie situazioni, come meglio si comprenderà analizzando i vari casi di due pezzi accoppiati [1.2]; il campo di tolleranza, infatti, può essere a "cavallo" dell'asse zero o spostato rispetto all'asse zero (scostamenti entrambi positivi o scostamenti entrambi negativi) [1.5]. Più precisamente, le posizioni del campo di tolleranza che si possono presentare sono [fig. 3]:

- **bilaterale simmetrica**, quando scostamento inferiore e superiore sono uguali ( $ei = es$ );
- **bilaterale asimmetrica superiore**, quando lo scostamento inferiore è minore (in valore assoluto) di quello superiore ( $ei < es$ );
- **bilaterale asimmetrica inferiore**, quando lo scostamento inferiore è maggiore (in valore assoluto) di quello superiore ( $ei > es$ );
- **unilaterale inferiore** (o **per difetto**), quando gli scostamenti inferiore e superiore sono entrambi di segno negativo (in questo caso la dimensione effettiva del pezzo in lavorazione è minore di quella nominale);
- **unilaterale superiore** (o **per eccesso**): quando gli scostamenti inferiore e superiore sono entrambi di segno positivo (la dimensione effettiva è maggiore di quella nominale).

Casi particolari, ma frequenti, sono infine quelli in cui lo scostamento inferiore o quello superiore sono nulli ( $ei = 0$  oppure  $es = 0$ ).



3 Varie posizioni del campo di tolleranza.

# 1 Le tolleranze dimensionali

## 1.2 Le tolleranze negli accoppiamenti

### Accoppiamenti

La valutazione delle tolleranze è particolarmente importante nelle lavorazioni di pezzi che devono essere accoppiati.

Vengono chiamati **accoppiamenti** alcuni elementi fondamentali dei complessi meccanici, definiti dalle norme UNI (UNI 7218/73) come “*connessioni di due pezzi, l'uno interno e l'altro esterno*”, costituiti di due parti: un **albero** (o *maschio*, o *perno*) e un **foro** (o *femmina*, o *vuoto*).

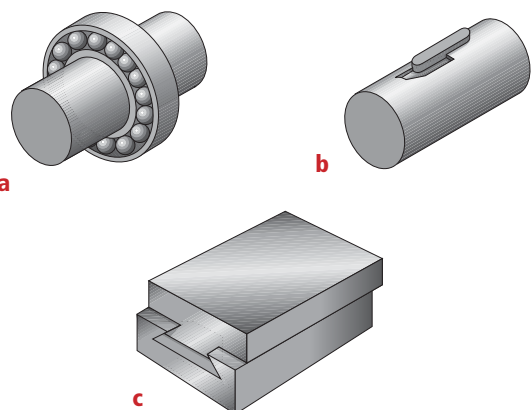
Gli accoppiamenti possono essere di tre tipi [fig. 1]:

- **cilindrici** (*perno-cuscinetto*);
- **prismatici** (*chiavetta-cava*);
- **a coda di rondine** (*slitta-guida*).

Negli accoppiamenti la valutazione della tolleranza assume particolare rilevanza perché le dimensioni effettive degli alberi e dei giunti devono essere mutuamente compatibili e consentire i *giochi* o le *interferenze* previsti dalle specifiche funzioni dell'accoppiamento.

Si parla di **gioco** quando la dimensione dell'albero è lievemente inferiore a quella del foro; lo spazio tra gli elementi, detto *luce*, viene in qualche caso utilizzato per la lubrificazione delle superfici a contatto. L'**interferenza** si ha invece quando la dimensione dell'albero è lievemente superiore a quella del foro: in questo caso l'inserimento dell'albero nel foro è realizzato normalmente mediante dilatazione termica del foro.

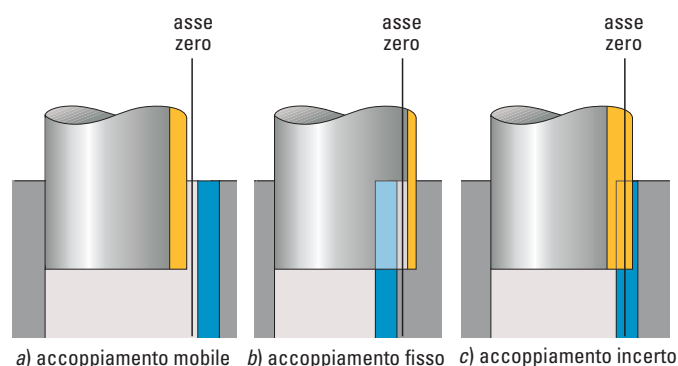
Per esempio, nell'accoppiamento cilindrico tra cuscinetto a sfere e foro non sono assolutamente ammessi giochi, perché il suo funzionamento non prevede alcun scorrimento tra le due superfici a contatto, mentre, al contrario, il gioco è indispensabile nell'accoppiamento a coda di rondine, la cui funzione è proprio quella di permettere lo scorrimento tra albero e foro. Una volta stabilito il *valore nominale*, che deve essere unico per foro e albero, la scelta del campo di tolleranza e degli scostamenti deve dunque avvenire tenendo conto del gioco, o dell'interferenza, che deve esistere tra gli elementi.



1 I tre tipi di accoppiamento: cilindrico (a), prismatico (b) e a coda di rondine (c).

Si possono così avere tre casi:

- **accoppiamento mobile o libero**, si ha quando la dimensione massima dell'albero è inferiore alla dimensione minima del foro; in questo caso il campo di tolleranza dell'albero è tutto al disotto del campo di tolleranza del foro [fig. 2a];
- **accoppiamento fisso o stabile o bloccato**, si ha quando la dimensione minima dell'albero è maggiore di quella massima del foro; in questo caso il campo di tolleranza dell'albero è tutto al disopra del campo di tolleranza del foro [fig. 2b];
- **accoppiamento incerto**, si ha quando i campi di tolleranza di albero e foro si intersecano, per cui si potranno avere, di volta in volta, gioco (accoppiamento mobile) o interferenza (accoppiamento fisso) [fig. 2c].



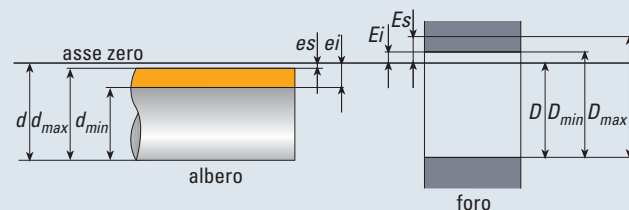
2 Vari tipi di accoppiamento; in giallo è evidenziato il campo di tolleranza dell'albero e in blu quello del foro.

### PER SAPERNE DI PIÙ

#### Dati caratteristici delle tolleranze di albero e foro

In sintesi, i dati geometrici che intervengono nella valutazione della tolleranza di albero e foro (indicando con lettere minuscole i dati relativi all'albero e con lettere maiuscole quelli relativi al foro) sono [fig. 3]: *dimensione nominale* ( $d$  o  $D$ ), *dimensione minima*, *dimensione massima*, *campo di tolleranza*, *scostamento inferiore* ( $e_i$  o  $E_i$ ), *scostamento superiore* ( $e_s$  o  $E_s$ ).

L'esempio si riferisce al caso di un accoppiamento mobile.



3 Albero e foro.

# 1 Le tolleranze dimensionali

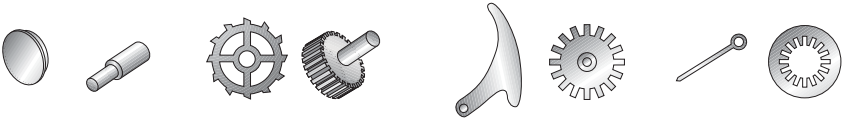
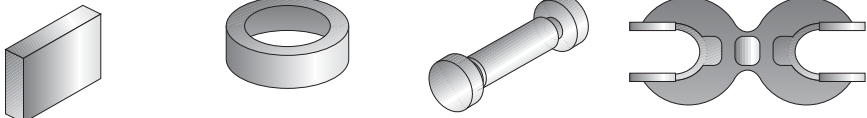
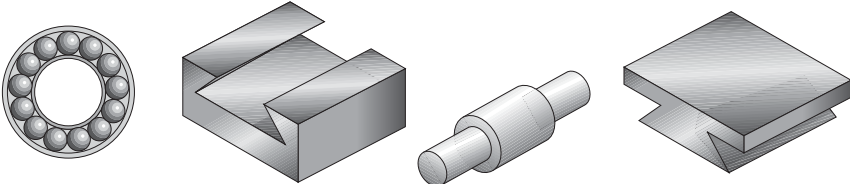
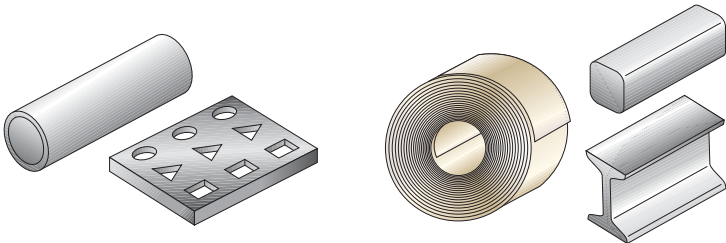
## 1.3 Il grado di precisione secondo il Sistema ISO

Esistono due criteri per indicare il valore della tolleranza nel progetto: il primo è quello tradizionale, nel quale il progettista valuta direttamente (in funzione del grado di precisione e della lunghezza del pezzo da lavorare) l'entità degli scostamenti e la riporta sui disegni; il secondo è invece quello nel quale l'entità degli scostamenti viene definita attraverso il **Sistema di tolleranze ISO**, che consente di uniformare i criteri di progettazione e semplificare le operazioni di lavorazione.

Il Sistema ISO suddivide tutte le lavorazioni secondo **gradi di precisione**, chiamati anche *qualità di lavorazione* e, in funzione di ciascuno di essi, stabilisce il **campo di tolleranza** e gli **scostamenti**.

Facendo riferimento alla tabella 1, quanto più piccolo è il numero associato alla sigla IT **1.4**, tanto minore è il valore della tolleranza e dunque tanto maggiore è il grado di precisione.

**Tabella 1 • Gradi di precisione del Sistema ISO ed esempi di applicazione nelle lavorazioni (UNI EN 20286/95)**

Grado di precisione	Campi di applicazione
IT 01 IT 0 IT 1	oggetti di altissima precisione come in ottica, in orologeria ecc. 
IT 2 IT 3 IT 4 IT 5	lavorazione di strumenti di misura di alta precisione 
IT 5 IT 6 IT 7 IT 8 IT 9 IT 10 IT 11 IT 12	accoppiamenti meccanici 
IT 12 IT 13 IT 14 IT 15 IT 16 IT 17 IT 18	lavorazioni grossolane (laminazione, trafilatura, stampaggio) 

### PER SAPERNE DI PIÙ

#### Qualità di lavorazione e costo di produzione

Nel Sistema ISO le espressioni "grado di precisione" e "qualità di lavorazione" assumono sostanzialmente lo stesso significato. Questa identificazione del concetto di precisione con quello della qualità è particolarmente felice e sottintende, tra l'altro, l'importante principio del *costo della precisione*. Infatti, per ottenere risultati di alta precisione bisogna ricorrere a lavorazioni di elevata qualità, che richiedono materiali e attrezzature particolari e livelli di accuratezza che com-

portano tempi più lunghi, e tutto ciò si traduce inevitabilmente in sensibili aumenti dei costi.

#### ISO

L'ISO (*International Standard Organization*) è l'organo ufficiale internazionale di normalizzazione per molteplici discipline; nato nel 1946 con sede a Ginevra, esso si avvale dell'opera e della collaborazione dei diversi enti nazionali di normalizzazione. In Italia l'ente nazionale di unificazione è l'UNI **3.1**.

# 1 Le tolleranze dimensionali

## 1.4 Valutazione delle tolleranze mediante il Sistema ISO

La **valutazione delle tolleranze** con il Sistema ISO è piuttosto laboriosa e il suo studio verrà affrontato nei prossimi anni. Limitiamoci ad analizzarne le linee generali.

La valutazione avviene attraverso le seguenti operazioni:

1. Si stabilisce il grado di precisione (o qualità della lavorazione) richiesto avvalendosi della tabella 1, che prevede 20 gradi di precisione, ciascuno dei quali definito dal simbolo IT (*International Tolerance*) seguito da un numero.
2. Si determina poi il valore del campo di tolleranza in funzione della dimensione nominale del pezzo avvalendosi delle tabelle 2 e 3.

Supponiamo, per esempio, di dover stabilire il campo di tolleranza di un cuscinetto con dimensione nominale del diametro di 52 mm e che la qualità di lavorazione (*grado di pre-*

*cisione*) richieda sia IT6. Dalla tabella 2 si legge che il campo di tolleranza da assumere per la dimensione nominale di 52 mm e il grado di precisione IT6 deve essere 19  $\mu\text{m}$ . Se invece il grado di precisione di un pezzo di eguali dimensioni fosse IT15 (per esempio un pezzo lavorato per laminazione), il campo di tolleranza salirebbe a ben 1,20 mm (cioè 1200  $\mu\text{m}$ ).

Si osservi infine che, a parità di qualità di lavorazione (*grado di precisione*), il valore del campo di tolleranza è tanto maggiore quanto più grandi sono le dimensioni del pezzo: restando all'esempio precedente, se il diametro del cuscinetto a sfere fosse di 125 mm il suo campo di tolleranza diventerebbe di 25  $\mu\text{m}$ .

3. Una volta noto il valore del campo di tolleranza è possibile, attraverso altre tabelle, definire lo scostamento (vedi pagina seguente).

**Tabella 2 • Tolleranze per misure che vanno fino a 3150 mm, secondo i gradi di precisione da IT1 a IT18 del Sistema ISO (UNI EN 20286/95)**

Dimensione nominale in mm	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	IT 17	IT 18
	$\mu\text{m}$										mm							
fino a 3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
oltre 3 fino a 6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
<b>oltre 6 fino a 10</b>	1	1,5	2,5	4	6	<b>9</b>	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
oltre 10 fino a 18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
oltre 18 fino a 30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
<b>oltre 30 fino a 50</b>	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	<b>100</b>	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
<b>oltre 50 fino a 80</b>	2	3	5	8	13	<b>19</b>	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	<b>1,20</b>	1,9	3	4,6
<b>oltre 80 fino a 120</b>	2,5	4	6	10	15	22	<b>35</b>	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
<b>oltre 120 fino a 180</b>	3,5	5	8	12	18	<b>25</b>	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
oltre 180 fino a 250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
oltre 250 fino a 315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
oltre 315 fino a 400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
oltre 400 fino a 500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
oltre 500 fino a 630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
oltre 630 fino a 800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
oltre 800 fino a 1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
oltre 1000 fino a 1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
oltre 1250 fino a 1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
oltre 1600 fino a 2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
oltre 2000 fino a 2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
oltre 2500 fino a 3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

A partire dalla colonna di tolleranza IT 12 l'unità di misura passa da micrometri a millimetri.

**Tabella 3 • Tolleranze (in  $\mu\text{m}$ ) dei gradi di precisione IT01 e IT0 (UNI EN 20286/95)**

Dimensione nominale in mm	IT01	IT0	Dimensione nominale in mm	IT01	IT0	Dimensione nominale in mm	IT01	IT0
fino a 3	0,3	0,5	oltre 30 fino a 50	0,6	1	oltre 250 fino a 315	2,5	4
oltre 3 fino a 6	0,4	0,6	oltre 50 fino a 80	0,8	1,2	oltre 315 fino a 400	3	5
oltre 6 fino a 10	0,4	0,6	oltre 80 fino a 120	1	1,5	oltre 400 fino a 500	4	6
oltre 10 fino a 18	0,5	0,8	oltre 120 fino a 180	1,2	2			
oltre 18 fino a 30	0,6	1	oltre 180 fino a 250	2	3			

I gradi di precisione IT01 e IT0 non sono inseriti nella tabella precedente perché di scarso utilizzo pratico.

# 1 Le tolleranze dimensionali

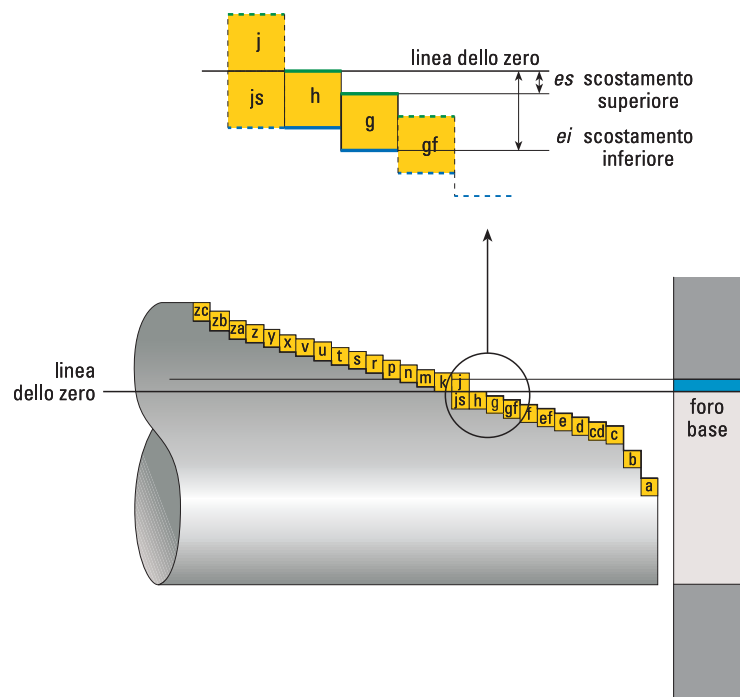
## 1.5 Scostamenti delle tolleranze secondo il Sistema ISO

L'operazione conclusiva del calcolo della tolleranza è quella della valutazione dello **scostamento** del campo di tolleranza dall'asse zero. Questa operazione, particolarmente importante nel caso degli accoppiamenti, per le considerazioni che abbiamo fatto nelle pagine precedenti, avviene secondo le seguenti modalità.

Il Sistema ISO limita a 28 il numero delle possibili **posizioni** del campo di tolleranza rispetto all'asse zero (cioè rispetto alla dimensione nominale del pezzo) sia per gli alberi sia per i fori e le identifica con altrettante lettere (minuscole per gli alberi e maiuscole per i fori), assegnando a ciascuna di esse, in funzione delle dimensioni del pezzo, il valore dello scostamento (superiore o inferiore) dalla linea dello zero. La posizione indicata dalla lettera h (per gli alberi) e H (per i fori) è particolarmente significativa, in quanto sfiora la linea dello zero e per tale ragione risulta nullo lo scostamento superiore dell'albero e quello inferiore del foro.

### La rappresentazione grafica dello scostamento

Molto utili nella valutazione dello scostamento sono le rappresentazioni grafiche come quella di **figura 1**, che sintetizza gli elementi indicati in tabella 4. La dimensione nominale dell'albero (linea dello zero) è attraversata da una serie di 28 rettangolini di altezza pari al campo di tolleranza e posti a diversa distanza della linea dello zero. Ciascuno di essi è contrassegnato da una lettera e rappresenta una posizione del campo di tolleranza e dei relativi scostamenti.



Analoga rappresentazione grafica si ha anche per i fori.

Il sistema ISO, per ridurre il numero delle combinazioni dei possibili accoppiamenti tra alberi e fori, prevede di mantenere costante la posizione della tolleranza dell'albero e far variare quella del foro (*sistema albero base*) o viceversa (*sistema foro base*) e prende come riferimento la posizione indicata dalla lettera **h** (nel sistema albero base) o **H** (nel sistema foro base).

In pratica il sistema *albero base* rappresenta un insieme di accoppiamenti ottenuti combinando le posizioni di vari fori con la posizione h fissa dell'albero; nel sistema *foro base* [fig. 1] si procede in modo analogo.

Gli scostamenti sono espressi in micrometri ( $\mu\text{m}$ ) e possono avere segno positivo o negativo a seconda che la dimensione sia rispettivamente minore o maggiore di quella nominale. La tabella 4 della pagina a fronte e la figura 1 si riferiscono solo agli alberi, ma analoghe tabelle esistono per i fori.

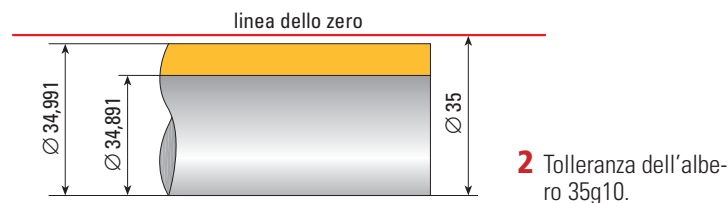
Come scostamento di riferimento viene sempre considerato quello più vicino alla linea dello zero, detto *scostamento fondamentale*.

### Esempi di determinazione dello scostamento

#### ◆ Esempio 1

Si voglia calcolare lo scostamento dell'albero **35g10** (sigla che sta a indicare che l'albero ha diametro di 35 mm, lo scostamento del campo di tolleranza dalla linea dello zero deve essere di tipo g [fig. 1] e il grado di precisione deve essere IT10). La tabella 2 della pagina precedente consente di determinare l'ampiezza del campo di tolleranza ( $T = 100 \mu\text{m}$ ), mentre la tabella 4 consente di individuare l'entità dello scostamento superiore  $es$ , che è di  $-9 \mu\text{m}$ ; lo scostamento inferiore vale  $ei = es - T = -9 - 100 = -109 \mu\text{m}$ .

Quindi l'albero in questione deve avere dimensioni comprese tra  $35 - 0,109 = 34,891 \text{ mm}$  e  $35 - 0,009 = 34,991 \text{ mm}$  [fig. 2].

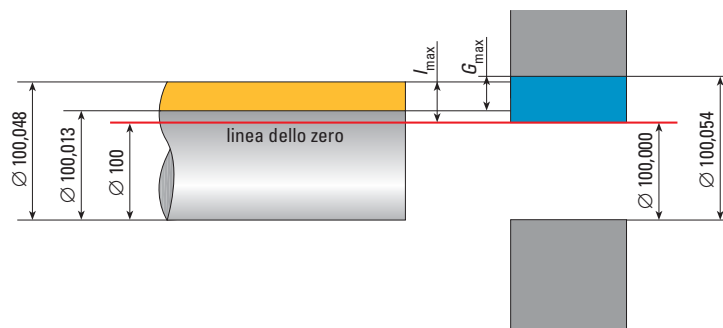


**2** Tolleranza dell'albero 35g10.

**1** Ideogramma degli scostamenti secondo il Sistema ISO per gli alberi; i segmenti verdi (lato superiore dei rettangolini) indicano lo scostamento superiore e quelli blu (lato inferiore dei rettangolini) lo scostamento inferiore per ciascuna posizione.

◆ **Esempio 2**

Si consideri l'accoppiamento rappresentato dalla sigla **100 H8/m7**. Essa sta a indicare che l'albero ha diametro pari a 100 mm (dimensione nominale), lo scostamento del campo di tolleranza dalla linea dello zero deve essere di tipo *m* [fig. 1] e il grado di precisione deve essere IT7. La tabella 2 di pagina 5 consente di determinare l'ampiezza del campo di tolleranza (35 μm), mentre la tabella 4 consente di individuare l'entità dello scostamento inferiore,  $ei = 13 \mu\text{m}$ . Lo scostamento superiore è  $es = ei + T = 13 + 35 = 48 \mu\text{m}$ . Quindi l'albero in questione deve avere dimensioni comprese tra  $100 + 0,048 = 100,048 \text{ mm}$  e  $100 + 0,013 = 100,013 \text{ mm}$ . Il foro invece, identificato da H8, ha grado di precisione IT8, quindi tolleranza 54 μm; lo scostamento inferiore è 0 mm, poiché compare la lettera H, mentre lo scostamento superiore è 54 μm, perciò esso varia tra 100 mm e 100,054 mm. L'accoppiamento è *incerto* [fig. 3].



albero:  $d_{\min} = 100,013 \text{ mm}$       foro:  $D_{\min} = 100,000 \text{ mm}$   
 $d_{\max} = 100,048 \text{ mm}$        $D_{\max} = 100,054 \text{ mm}$

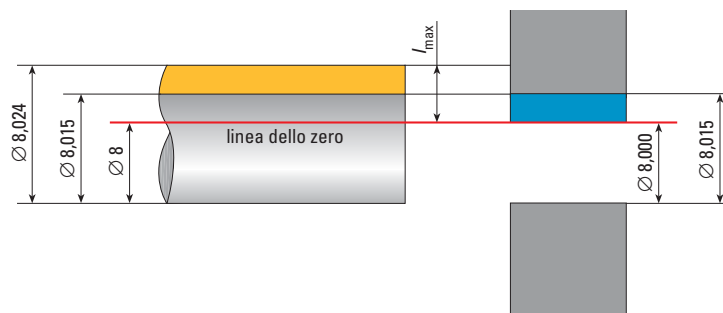
interferenza:  $l_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = -0,048 \text{ mm}$

gioco:  $G_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 0,041 \text{ mm}$

**3** Accoppiamento incerto (100H8/m7).

◆ **Esempio 3**

Si consideri l'accoppiamento rappresentato dalla sigla **8H7/p6**. Esso ha diametro nominale 8 mm. L'albero ha scostamento di tipo p e grado di precisione IT6. La tabella 2 consente di stabilire che l'ampiezza del campo di tolleranza è 9 μm, mentre dalla tabella 4 si legge che lo scostamento inferiore è 15 μm. Quindi il diametro dell'albero ha valori compresi tra 8,015 mm e 8,024 mm. Il foro invece ha grado di precisione IT7, quindi tolleranza 15 μm; lo scostamento inferiore è 0 mm e lo scostamento superiore è 15 μm, quindi varia tra 8,000 mm e 8,015 mm. L'accoppiamento è *fisso* [fig. 4].



albero:  $d_{\min} = 8,015 \text{ mm}$       foro:  $D_{\min} = 8,000 \text{ mm}$   
 $d_{\max} = 8,024 \text{ mm}$        $D_{\max} = 8,015 \text{ mm}$

interferenze:  $l_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = -0,024 \text{ mm}$

$l_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = 0 \text{ mm}$

**4** Accoppiamento fisso (8H7/p6).

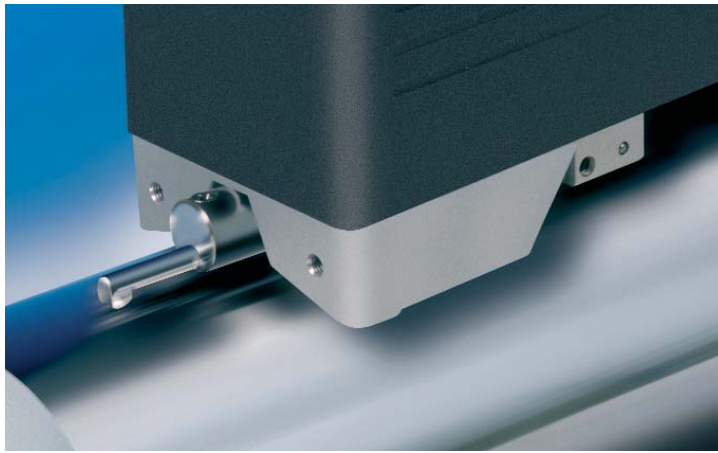
**Tabella 4 • Stralcio della tabella dei valori degli scostamenti fondamentali (in μm) per gli alberi (UNI EN 20286/95)**

Dimensione nominale	Posizione	Scostamento superiore es											Scostamento inferiore ei																		
		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j		k		m		n		p									
		Tutti i gradi di precisione											IT5 e IT6	IT7	IT8	IT4 a IT7	≤IT3 >IT7	Tutti i gradi di precisione													
da 1 fino a 3		-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0												-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6
oltre 3 fino a 6		-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0												-2	-4	—	+1	0	+4	+8	+12
<b>oltre 6 fino a 10</b>		-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0												-2	-5	—	+1	0	+6	+10	<b>+15</b>
oltre 10 fino a 14		-290	-150	-95	—	-50	-32	—	-16	—	-6	0												-3	-6	—	+1	0	+7	+12	+18
oltre 14 fino a 18		-290	-150	-95	—	-50	-32	—	-16	—	-6	0												-3	-6	—	+1	0	+7	+12	+18
oltre 18 fino a 24		-300	-160	-110	—	-65	-40	—	-20	—	-7	0												-4	-8	—	+2	0	+8	+15	+22
oltre 24 fino a 30		-300	-160	-110	—	-65	-40	—	-20	—	-7	0												-4	-8	—	+2	0	+8	+15	+22
<b>oltre 30 fino a 40</b>		-310	-170	-120	—	-80	-50	—	-25	—	<b>-9</b>	0											-5	-10	—	+2	0	+9	+17	+26	
oltre 40 fino a 50		-320	-180	-130	—	-80	-50	—	-25	—	<b>-9</b>	0											-5	-10	—	+2	0	+9	+17	+26	
oltre 50 fino a 65		-340	-190	-140	—	-100	-60	—	-30	—	-10	0												-7	-12	—	+2	0	+11	+20	+32
oltre 65 fino a 80		-360	-200	-150	—	-100	-60	—	-30	—	-10	0												-7	-12	—	+2	0	+11	+20	+32
<b>oltre 80 fino a 100</b>		-380	-220	-170	—	-120	-72	—	-36	—	-12	0												-9	-15	—	+3	0	<b>+13</b>	+23	+37
oltre 100 fino a 120		-410	-240	-180	—	-120	-72	—	-36	—	-12	0												-9	-15	—	+3	0	<b>+13</b>	+23	+37

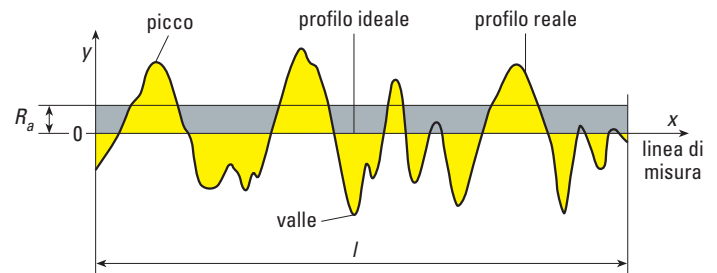
## 2 La rugosità

Una superficie che venga esaminata con strumenti ottici adeguati non risulta perfettamente liscia, per quanto accurata sia stata la sua lavorazione, perché su di essa appaiono imperfezioni ed irregolarità di entità e natura differenti, che prendono il nome di **rugosità**.

L'entità della rugosità misurata mediante strumenti chiamati *rugosimetri* [fig. 1] ed espressa in micrometri e la sua valutazione assumono particolare importanza in determinate lavorazioni che richiedono livelli di planarità superficiale molto elevati. Il suo calcolo viene condotto valutando l'entità dello scostamento del *profilo reale* della superficie, rilevato lungo una determinata *linea di misura* (o di scansione), rispetto al *profilo ideale* [fig. 2].



La **tabella 5** permette di confrontare i valori della rugosità relativa alle varie lavorazioni. Se ad esempio si vuole determinare il valore della rugosità durante una lavorazione al tornio, dalla tabella si ricava che deve essere compresa tra  $50\ \mu\text{m}$  e  $0,2\ \mu\text{m}$ . I valori estremi corrispondono rispettivamente a una tornitura per sgrossatura e a una tornitura di finitura.



**2** Rappresentazione grafica del profilo di una superficie e relativa rugosità media ( $R_a$ ) rilevata da un rugosimetro. La rugosità media è data dalla media aritmetica dei valori dei "picchi" e delle "valli".

**1** Rugosimetro.

**Tabella 5 • Comparazione tra lavorazioni e rugosità**

Lavorazione		Rugosità $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )														
		0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100			
Fusione	fusione in terra															
	fusione in conchiglia															
	pressofusione															
	microfusione															
Formatura	stampaggio a caldo															
	laminazione a caldo															
	laminazione a freddo															
	trafilatura a freddo															
	stampaggio a freddo, estrusione a freddo															
Asportazione di materiale	estrusione a caldo															
	tornitura															
	fresatura															
	trapanatura															
	alesatura															
	rettifica															

valori di rugosità più frequenti  
 valori di rugosità meno frequenti



## 3 La qualità

### 3.1 Che cos'è la qualità?

Per **qualità** si intende “l'insieme delle caratteristiche che conferiscono a un prodotto (o a un servizio) la capacità di soddisfare esigenze espresse e implicite”.

Negli ultimi decenni, a partire dal 1959, sono state emanate molte norme finalizzate a diffondere la cultura della qualità e favorire processi produttivi improntati a criteri di sempre maggiore qualità.

L'attuale normativa sulla qualità si basa sulle cosiddette **Norme ISO 9000** del 2000, che costituiscono un'ampia raccolta di prescrizioni di varia natura e che riguardano ogni settore dell'attività produttiva.

In tali norme, in *Fondamenti e terminologia*, si legge la seguente definizione della *qualità*: “Capacità di un insieme di caratteristiche inerenti a un prodotto, sistema, o processo di ottemperare a requisiti di clienti e di altre parti interessate”.

### Caratteristiche fondamentali di un prodotto di qualità

Le caratteristiche che contraddistinguono un prodotto (o un servizio) di qualità sono:

- la **performance**, cioè la rispondenza alle aspettative dell'utente;
- la **conformità**, cioè la rispondenza alle caratteristiche dichiarate dal costruttore (o dall'erogatore del servizio);
- l'**affidabilità**, cioè l'attitudine a fornire senza guasti, per un determinato periodo di tempo e nelle condizioni prestabilite, la prestazione richiesta;
- la **durata**, intesa come tempo intercorrente tra il momento dell'acquisto e quello in cui non si reputa più conveniente la riparazione;
- l'**immagine percepita**, cioè la capacità del marchio del prodotto di influenzare la propensione all'acquisto;
- il **servizio**, cioè la capacità di soddisfare in modo tempestivo e accurato le richieste di assistenza.

### Il controllo della qualità

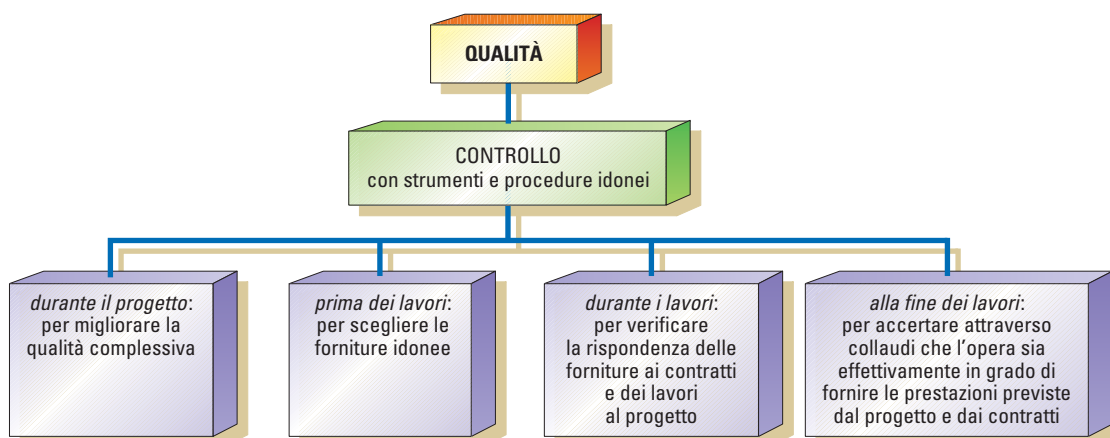
Premessa indispensabile all'applicazione pratica del concetto di qualità nelle aziende è la disponibilità di strumenti e di procedure che consentano di controllare i materiali e le operazioni di costruzione in ogni fase del processo produttivo. Le verifiche devono infatti avvenire nei vari *stadi del processo produttivo* attraverso i seguenti controlli [fig. 1]:

- **controllo in fase di progettazione**, per accertare se, modificando qualche elemento del progetto, si può migliorare la qualità complessiva del manufatto;
- **controllo preliminare**, per verificare i livelli prestazionali dei componenti e le proprietà caratteristiche dei materiali e delle tecniche che si intendono utilizzare nel processo produttivo;
- **controllo durante la costruzione**, per accertare che la qualità dei componenti e/o dei materiali adoperati nelle industrie corrisponda a quella convenuta in fase di prescrizioni del progetto;
- **controllo alla fine della produzione**, cioè **collaudo funzionale**, per accertare che il prodotto realizzato corrisponda a quello previsto in fase di progetto e che i livelli prestazionali siano quelli prestabiliti.

#### PER SAPERNE DI PIÙ

#### Enti di normazione e controllo

Enti di normazione e controllo sono: ISO (International Organization for Standardization) che emana le **Norme ISO**, CEN (Comité Européen de Normalisation), che emana le **Norme europee EN** e, in Italia, UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) che emana le **Norme UNI** e le norme **UNI EN**, che sono le norme europee recepite in Italia.



1 Fasi del controllo di qualità.

## 3 La qualità

### 3.2 Le norme ISO 9000 e il Sistema qualità

#### Obiettivi delle norme ISO 9000

Lo scopo delle **norme ISO 9000** è quello di creare uno *standard normativo internazionale* che persegue i seguenti obiettivi principali:

- integrare in un sistema omogeneo tutte le disposizioni utili a favorire i processi di qualità;
- fornire modelli che consentano a ogni azienda di costruirsi un proprio **Sistema qualità** in modo da raggiungere *standard per la gestione della qualità* adatti alle proprie specifiche caratteristiche operative;
- favorire la collaborazione a elevati livelli qualitativi tra settori diversi ed eterogenei (aziende, società di servizi, enti ecc.). Sotto questo punto di vista, le Norme ISO 9000 costituiscono una sorta di **esperanto** che consente a organismi operanti in settori diversi di affrontare il problema della qualità secondo criteri omogenei e compatibili.

#### Esperanto

Lingua internazionale inventata nel 1887 dal polacco Zamenhof per favorire i contatti tra popoli di lingua diversa.

#### PER SAPERNE DI PIÙ

##### UNI EN ISO 9000-2000

La famiglia delle norme **ISO 9000** è nata nel 1994. Nel dicembre del 2000 è stata emanata la terza edizione, nella quale non vengono stravolti i principi cardini delle precedenti edizioni, ma si pone l'accento sulla *soddisfazione del cliente* e sul *miglioramento continuo* delle prestazioni complessive e dell'efficienza dell'organizzazione, piuttosto che sull'*assicurazione della qualità*.

##### Le norme ISO 14000

La sigla **ISO 14000** identifica una serie di standard internazionali relativi alla gestione ambientale e delle organizzazioni.

La sigla **ISO 14001** identifica uno di questi standard, che fissa i requisiti di un «sistema di gestione ambientale» di una qualsiasi organizzazione. Lo standard ISO 14001 (tradotto in italiano nella UNI EN ISO 14001:2004) è uno *standard certificabile*, ovvero è possibile ottenere, da un organismo di certificazione accreditato che operi entro determinate regole, attestazioni di conformità ai requisiti in essa contenuti.

Certificarsi secondo la ISO 14001 non è obbligatorio, ma è frutto di una scelta volontaria dell'azienda/organizzazione che decide di stabilire, attuare, mantenere attivo, migliorare un proprio sistema di gestione ambientale.

La certificazione ISO 14001 non attesta una particolare prestazione ambientale, né tantomeno comprova un impatto particolarmente basso, ma si propone di dimostrare che un sistema di gestione è adeguato a tenere sotto controllo gli impatti ambientali delle proprie attività.

#### Il Sistema qualità

Come abbiamo detto, la funzione delle norme ISO non può che essere quella di fornire prescrizioni di carattere generale, allo scopo di indirizzare e omogeneizzare la ricerca della qualità in ogni settore dell'attività produttiva. Esse non possono, ovviamente, entrare nel merito di ogni specifica situazione e spetta a ogni azienda adattare la propria attività e la propria struttura organizzativa alle prescrizioni delle norme ISO.

Ogni organizzazione deve cioè dotarsi di un proprio **Sistema qualità** che sia in linea con gli indirizzi delle Norme ISO e abbia come finalità quella di conseguire gli *obiettivi della produzione di qualità*, che sono:

- conseguire e mantenere la qualità del prodotto;
- migliorare la qualità del metodo di lavoro;
- garantire agli utenti che il prodotto è in grado di fornire prestazioni rispondenti ai requisiti di qualità; tali *garanzie* possono essere fornite agli utenti solo seguendo una serie di fasi di controllo definite in partenza e indicate come **ciclo di vita** di un prodotto o servizio. Un esempio delle fasi tipiche del ciclo di vita di un prodotto è riportato in **figura 1**, dove a ogni punto indicato sul cerchio corrisponde un'attenta analisi di tutte le possibili problematiche di produzione del prodotto;
- controllare l'efficienza del *Sistema qualità* (processo, prodotto, cliente).



- 1 Rappresentazione del cerchio della qualità delle fasi tipiche del ciclo di vita di un prodotto.

## 3 La qualità

### 3.3 La certificazione

Con il termine **certificazione** si intende il complesso di operazioni mediante il quale un organismo indipendente determina, verifica e attesta per iscritto che personale, procedimenti, procedure o prodotti sono rispondenti a specifiche prescrizioni.

La certificazione costituisce quindi uno strumento fondamentale per il **controllo della qualità**, in quanto è un indicatore di conformità all'insieme di norme e di regole emanate dagli organi competenti [fig. 1].

#### Livelli di certificazione

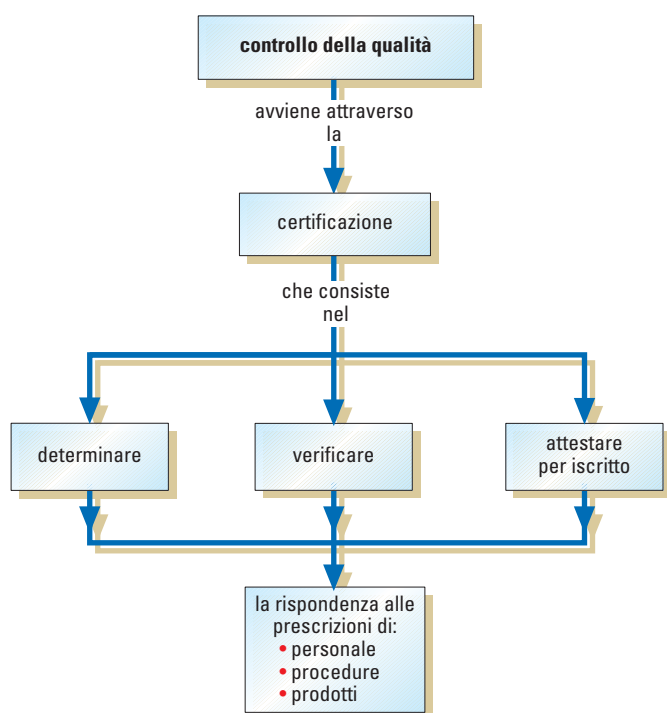
Per essere efficace, la certificazione della qualità non deve riguardare soltanto il risultato finale della produzione, cioè il prodotto, ma l'intero ciclo di produzione e l'organizzazione dell'azienda produttrice.

Occorre dunque distinguere un triplice livello di certificazione:

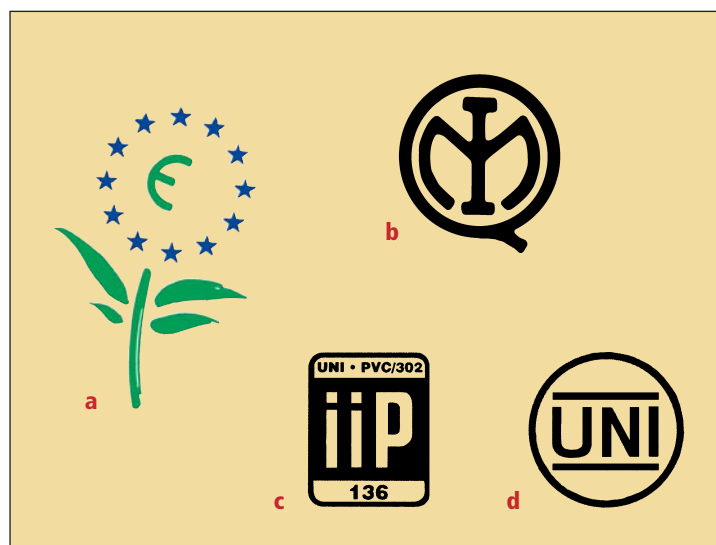
- **certificazione del Sistema qualità aziendale:** è l'atto formale di riconoscimento, da parte di un organismo indipendente, che l'azienda ha realizzato una serie di attività pianificate e documentate per garantire che i prodotti e/o i servizi siano fabbricati e forniti, dopo aver subito opportuni controlli, secondo le norme sulla garanzia della qualità della serie UNI EN ISO 9000;

- **certificazione del personale:** è l'atto formale mediante il quale un organismo indipendente riconosce che un individuo ha i requisiti necessari per eseguire determinate operazioni di lavoro in modo competente;
- **certificazione dei prodotti:** è l'atto formale con il quale una parte terza, indipendente dalle parti in causa, attesta la conformità del prodotto a norme tecniche volontarie o di leggi (regole tecniche), rilasciando idoneo certificato e/o diritto di uso di un marchio [fig. 2].

La libera circolazione delle merci ha fatto della *certificazione* uno degli elementi centrali del processo di unificazione europea, riconoscendone il ruolo indispensabile per valutare la qualità con criteri validi in tutti gli stati dell'Unione Europea e per favorire gli scambi commerciali.



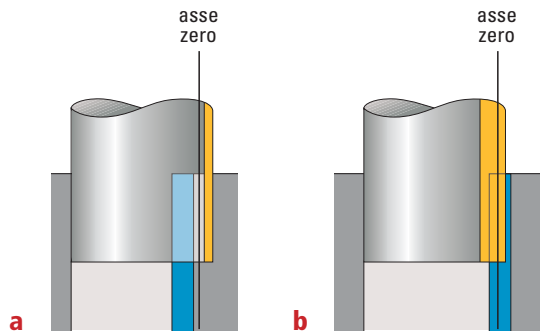
1 Fasi del processo di certificazione.



2 Alcuni noti marchi di qualità: a) marchio di qualità ecologica europeo Ecolabel; b) marchio di qualità per materiale elettrico (IMQ); c) marchio di conformità per i prodotti e i manufatti in materie plastiche (IIP); d) marchio di qualità UNI per i prodotti.

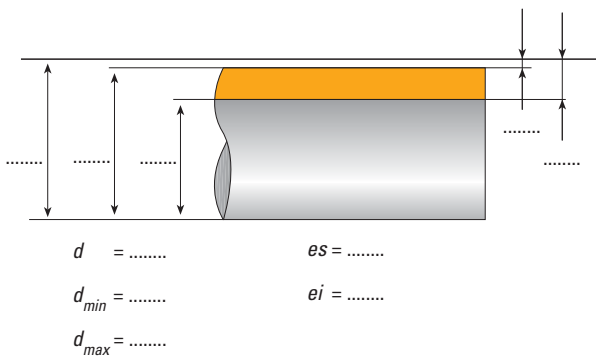
# VERIFICA

**1** Quali tipi di accoppiamento sono rappresentati in figura?



**2** Completa la quotatura dell'albero indicando tutte le caratteristiche della tolleranza, in base ai seguenti dati:

- diametro nominale  $L = 175$  mm
- campo di tolleranza =  $0,5$  mm
- scostamento superiore =  $+0,1$



**3** Associa il grado di precisione ai seguenti esempi di manufatti:

- |         |                             |
|---------|-----------------------------|
| a) IT1  | 1. cuscinetti a sfera       |
| b) IT7  | 2. profilati, laminati      |
| c) IT15 | 3. ingranaggio per orologio |

**4** Disegna il seguente accoppiamento definendo se si tratta di un accoppiamento fisso o mobile:

- diametro nominale del foro  $D = 53,2$  mm
- diametro nominale dell'albero  $d = 54,0$  mm

**5** Definisci campo e scostamenti dell'albero 13js5.

**6** Definisci campo e scostamenti dell'albero 350p14.

**7** Calcola il valore delle dimensioni minime e massime del foro e dell'albero secondo l'accoppiamento 17 H10/p9, indicando anche il tipo.

**8** Calcola il valore delle dimensioni minime e massime del foro e dell'albero secondo l'accoppiamento 5 H4/g4, indicando anche il tipo.

**9** Calcola il valore delle dimensioni minime e massime del foro e dell'albero secondo l'accoppiamento 55 H8/f7, indicando anche il tipo.

**10** Utilizzando la tabella della scheda 2, collega le seguenti lavorazioni con i relativi valori di rugosità:

- |                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| a) fusione in terra     | 1. 12,5-25 $\mu\text{m}$  |
| b) pressofusione        | 2. 0,6-3,2 $\mu\text{m}$  |
| c) laminazione a freddo | 3. 12,5-100 $\mu\text{m}$ |
| d) laminazione a caldo  | 4. 1,6-50 $\mu\text{m}$   |
| e) tornitura            | 5. 0,4-3,2 $\mu\text{m}$  |
| f) fresatura            | 6. 0,8-12,5 $\mu\text{m}$ |
| g) rettifica            | 7. 1,6-12,5 $\mu\text{m}$ |

**11** Quali sono le caratteristiche principali che deve avere un prodotto/servizio per essere considerato di qualità?

**12** Quali aspetti di un'organizzazione industriale o di fornitura di servizi vengono controllati dai Sistemi di qualità aziendali?

**13** Che cosa si intende per ISO 9000?

**14** Che cosa si intende per ISO 14000?

**15** Che cos'è la certificazione della qualità?

**16** Quali sono i tre livelli di certificazione?