



**FONDAZIONE ISTITUTO TECNICO SUPERIORE
MECCANICA, MECCATRONICA, MOTORISTICA E PACKAGING
Sede di BOLOGNA**

“TECNICO SUPERIORE PER L’AUTOMAZIONE E IL PACKAGING”

Rif.PA. 2017-7215/RER

Biennio 2017/2019

Progetto 1 Edizione 1

Modulo: Disegno tecnico e lettura del disegno meccanico

UF RIALLINEAMENTO

A cura di: *Stefano Fini*

*In collaborazione con:
Studio weIRD srl tp*



Programma:

- Formato dei fogli e squadratura
- riquadro delle iscrizioni (cartiglio)
- tipologia di linee
- Scala di rappresentazione
- Metodi di rappresentazione
- Sezioni, Viste parziali e convenzioni particolari di rappresentazione
- Quotatura e metodi di quotatura
- Sistema ISO di tolleranze e accoppiamenti
- Rugosità e loro indicazione
- Tolleranze geometriche
- Rappresentazione delle filettature
- Rappresentazione delle saldature
- Alberi di trasmissione, collegamenti albero – mozzo per la trasmissione del moto (linguette, chiavette, profili scanalati, spine, ecc..)
- Utilizzo del calibro
- Disegno di assieme con distinta base
- Utilizzo di manuali tecnici e norme (designazione componenti commerciali)

RUGOSITA'

ISO 4287 - Definizione dei parametri di rugosità



Figure 2 — Surface profile

Profilo = intersezione della superficie del pezzo con un piano di riferimento.

Ondulazione (waviness) = lunghezza onda $\gg$
Rugosità (roughness) = lunghezza onda $\ll$

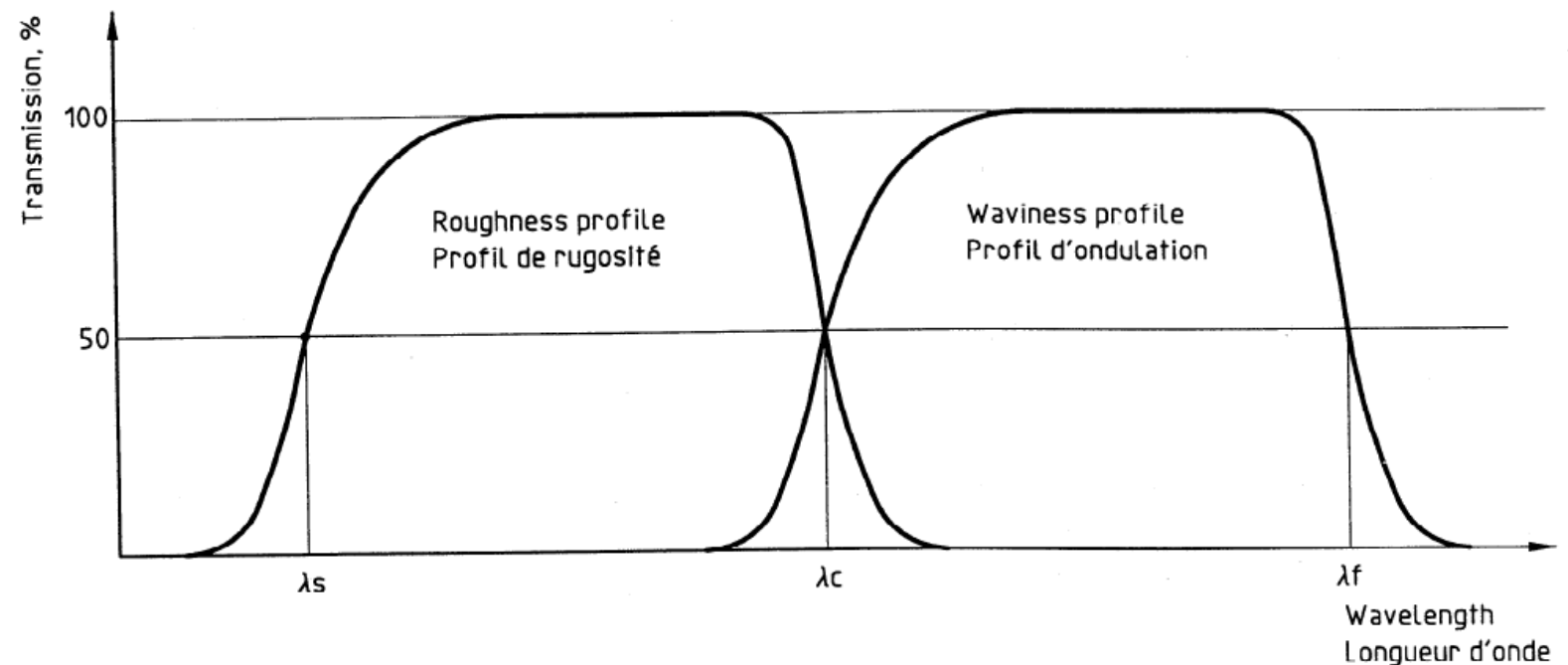


Figure 1 — Transmission characteristic of roughness and waviness profiles

RUGOSITA'

ISO 4287 - Definizione dei parametri di rugosità

ISO 4287:1997(E/F)

© ISO

Table C.2 — Parameters of surface texture
Tableau C.2 — Paramètres d'état de surface

Clause in 1996 edition Paragraphe de l'édition 1996	Parameters, 1996 edition Paramètre de l'édition 1996	1984 edition Édition 1984	1996 edition Édition 1996	Determined within Déterminé sur	
				evaluation length longueur d'évaluation l_n	sampling length ¹⁾ longueur de base ¹⁾
4.1.1	Maximum profile height Hauteur maximale de saillie	R_p	$R_p^{2)}$		X
4.1.2	Maximum profile valley depth Profondeur maximale de creux	R_m	$R_v^{2)}$		X
4.1.3	Maximum height of the profile Hauteur maximale du profil	R_y	$R_z^{2)}$		X
4.1.4	Mean height of the profile Hauteur moyenne des éléments du profil	R_c	$R_c^{2)}$		X
4.1.5	Total height of the profile Hauteur totale du profil	—	$R_t^{2)}$	X	
4.2.1	Arithmetical mean deviation of the assessed profile Écart moyen arithmétique du profil évalué	R_a	$R_a^{2)}$		X

3.2.2

R-parameter

parameter calculated from the roughness profile

3.2.3

W-parameter

parameter calculated from the waviness profile

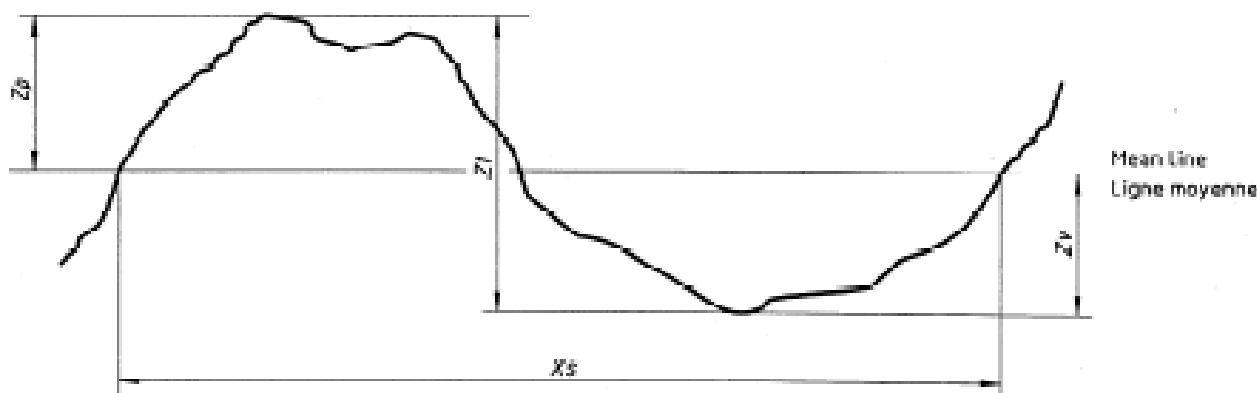


Figure 3 — Profile element

Ondulazione (waviness) = lunghezza onda >>
Rugosità (roughness) = lunghezza onda <<

RUGOSITA'

ISO 4287 - Definizione dei parametri di rugosità

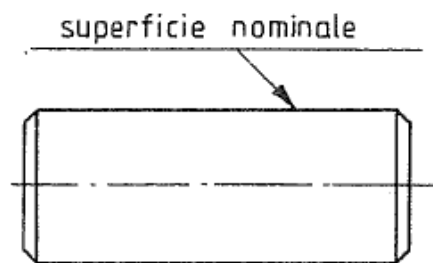


Fig. 1.1 - La superficie nominale è rappresentata in modo convenzionale dal disegno; essa è la superficie geometrica che delimita idealmente il corpo e lo separa dall'ambiente.

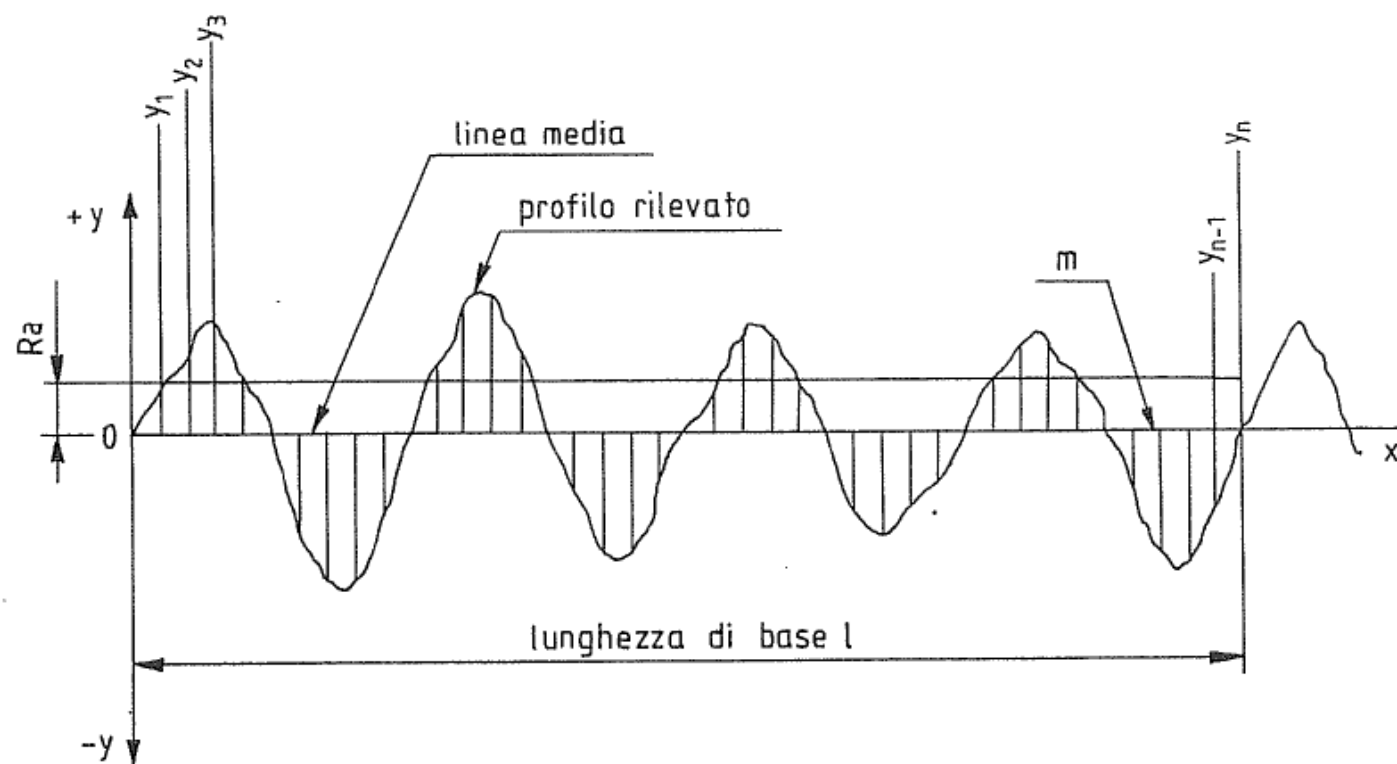


Fig. 1.2 - La rugosità R_a è il valore medio delle ordinate ($y_1, y_2, \dots, y_n$) del profilo rilevato rispetto alla sua linea media m . Si può calcolare approssimativamente facendo

$$R_a = \frac{|y_1| + |y_2| + |y_3| + \dots + |y_n|}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

La somma delle ordinate si esegue senza tener conto del segno algebrico. n è il numero delle ordinate.

Il profilo rilevato è quello descritto dallo strumento di misura su una sezione ortogonale alla direzione prevalente delle irregolarità superficiali.

La linea media m del profilo è la linea che ha la forma del profilo nominale (ideale) e che divide il profilo rilevato in modo che, entro i limiti di lunghezza di base, la somma dei quadrati delle ordinate ($y_1, y_2, \dots, y_n$) dei punti del profilo rilevato rispetto alla linea media sia minimo.

La lunghezza di base l è la lunghezza del profilo rilevato scelta per valutare la rugosità in modo che questa non sia influenzata da altri tipi di irregolarità.

RUGOSITA'

ISO 4287 - Definizione dei parametri di rugosità

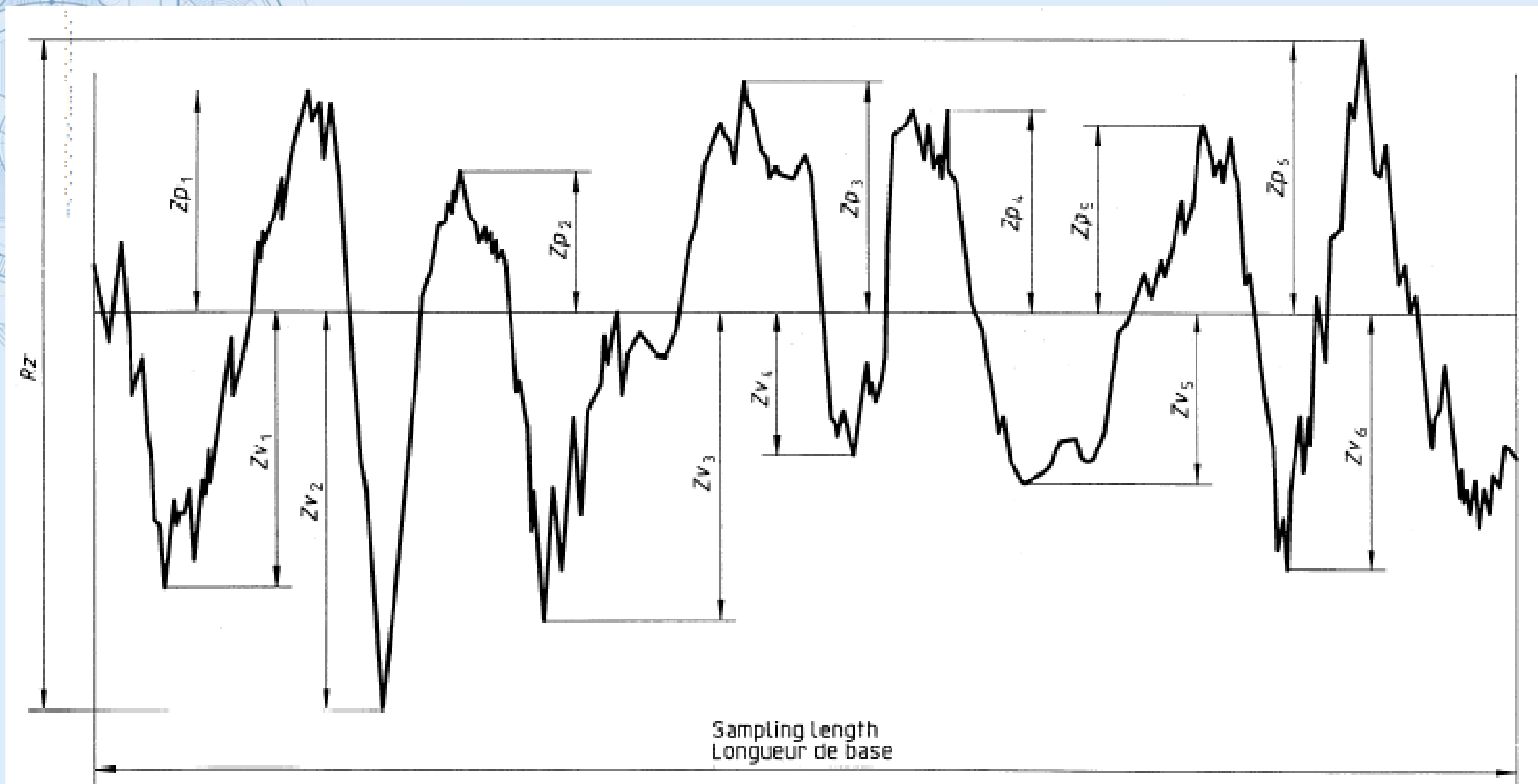
4.1.3

maximum height of profile

Rz

P_z, R_z, W_z

sum of height of the largest profile peak height Z_p and the largest profile valley depth Z_v within a sampling length



RUGOSITA'

ISO 4287 - Definizione dei parametri di rugosità

R_v (ex R_m)

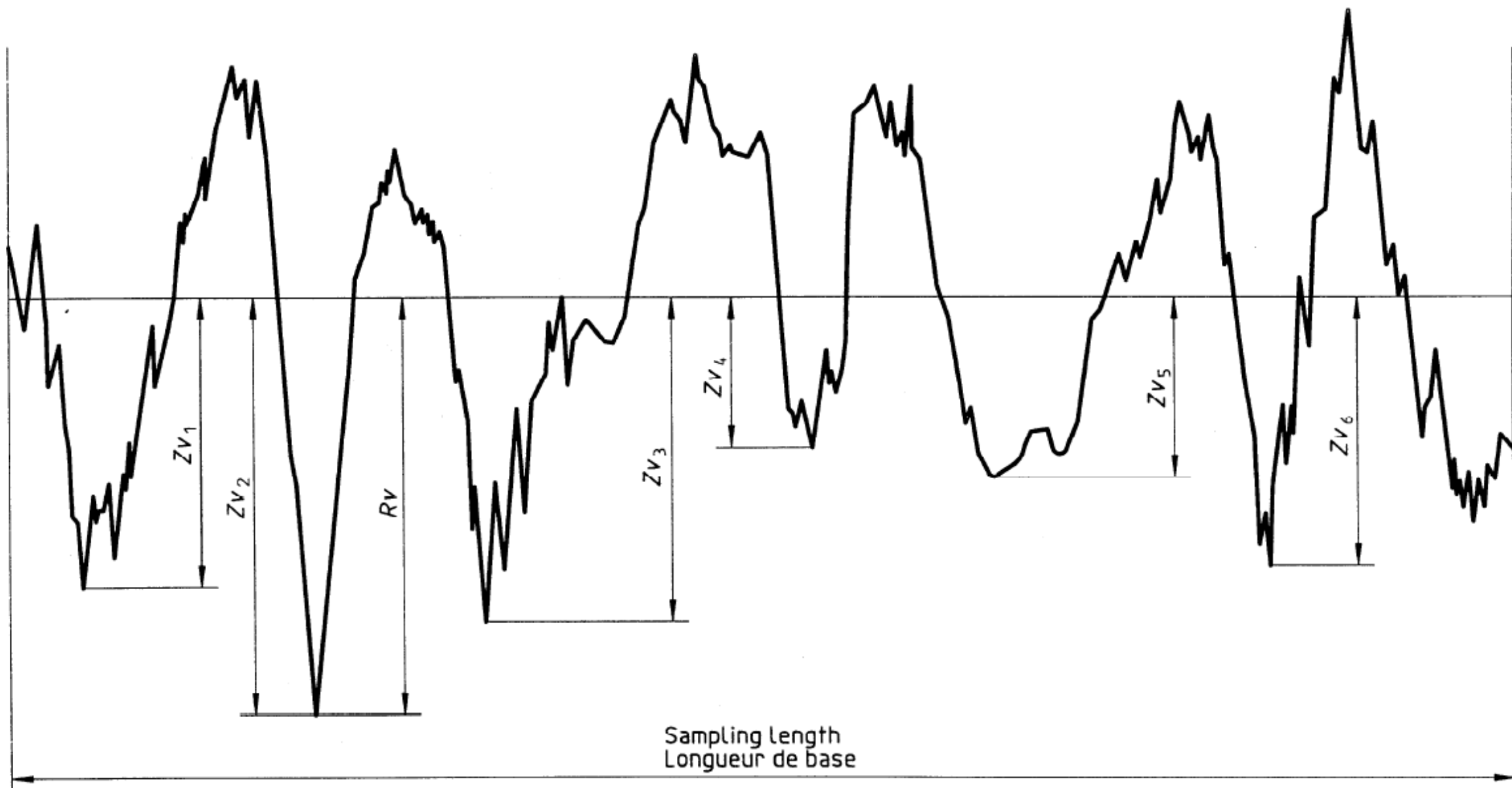
4.1.2

maximum profile valley depth

P_v , R_v , W_v

largest profile valley depth Z_v within a sampling length

See figure 7.



RUGOSITA'

ISO 4287 - Definizione dei parametri di rugosità

4.1.2

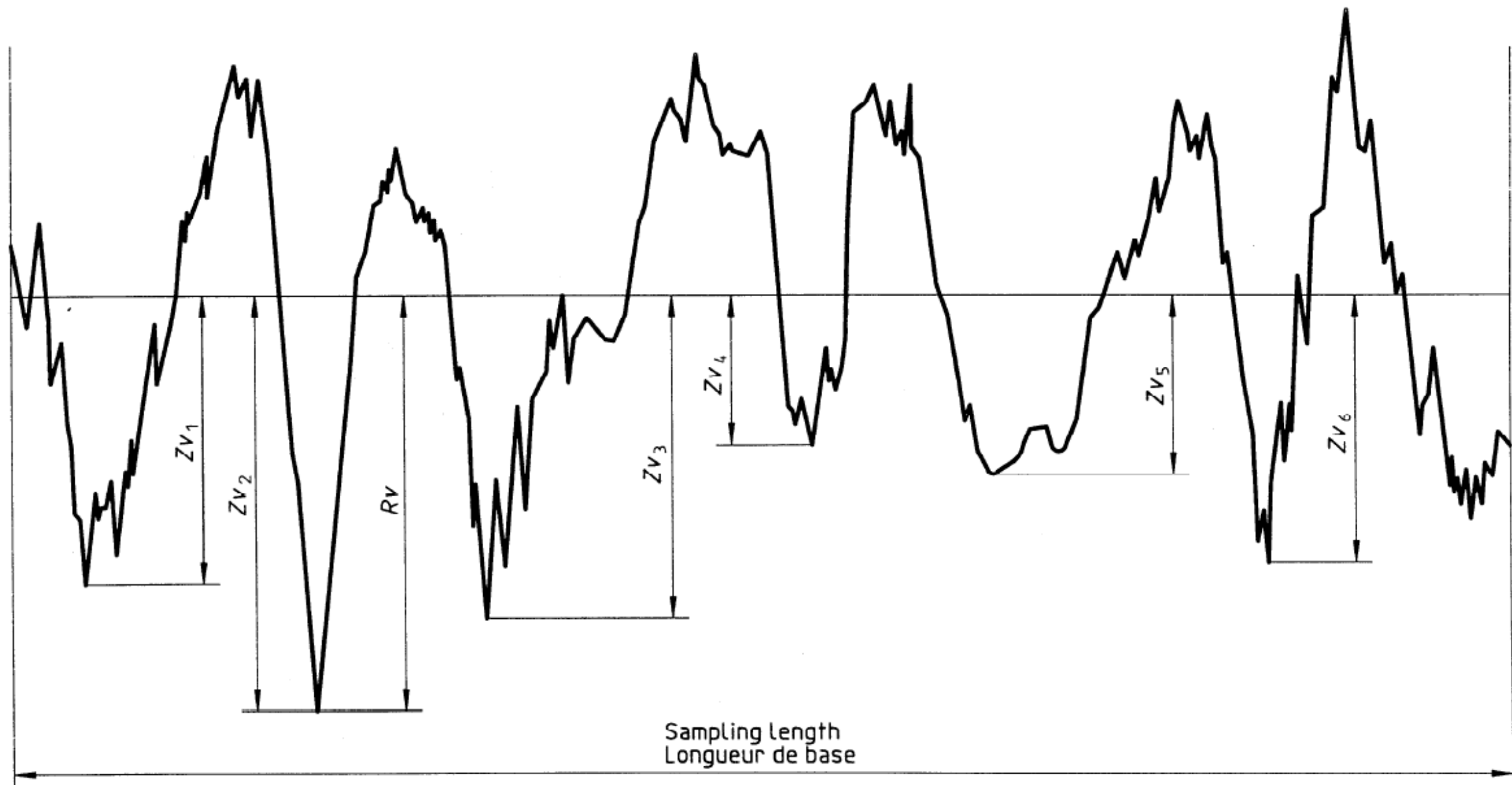
maximum profile valley depth

P_v , R_v , W_v

largest profile valley depth Z_v within a sampling length

See figure 7.

R_v (ex R_m)



RUGOSITA'

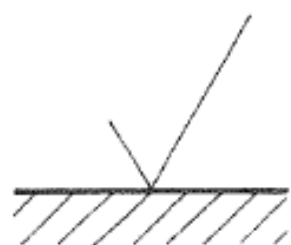
Indicazione della rugosità superficiale

RUGOSITÀ DELLE SUPERFICI

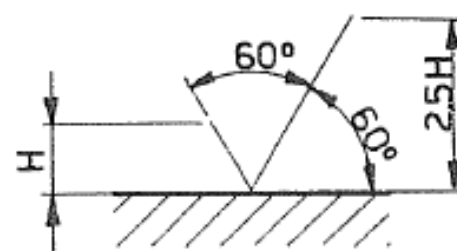
Indicazione dello stato delle superfici sui disegni tecnici (da UNI 4600)

TABELLA

3

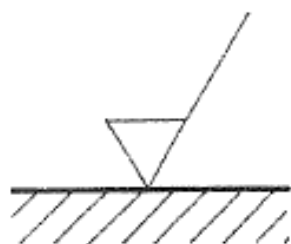


Segno grafico di base convenzionale per l'indicazione dello stato delle superfici.

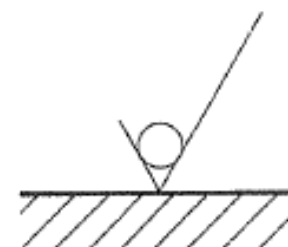


Dimensionamento approssimativo del segno grafico, che va tracciato a linea fine rispetto alla linea che rappresenta la traccia o la tangente della superficie considerata.

Quando si deve indicare sul disegno un procedimento di lavorazione richiedente asportazione o no di truciolo si completa il segno grafico nel modo seguente:

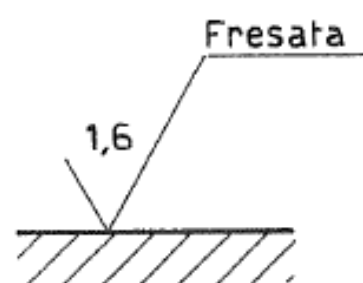
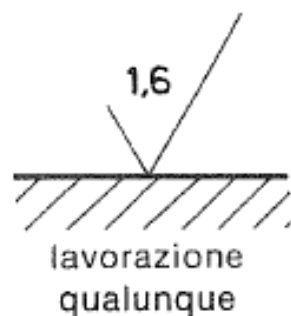


Segno grafico da impiegare per una superficie da ottenere **con** asportazione di truciolo.



Segno grafico da impiegare per una superficie da ottenere **senza** asportazione di truciolo, oppure per indicare che una superficie deve rimanere quale è stata ottenuta, con o senza asportazione di truciolo, in una precedente fase del ciclo di lavorazione.

La rugosità R_a (μm) deve essere scritta nell'interno del segno grafico.

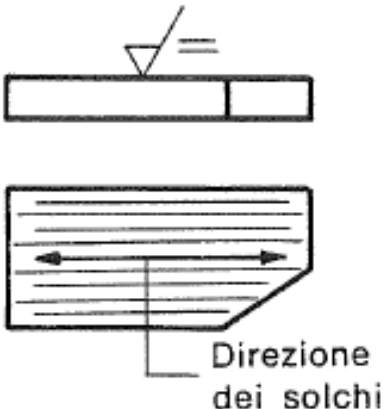
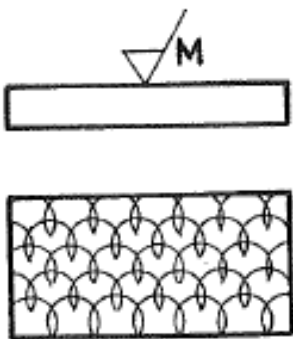
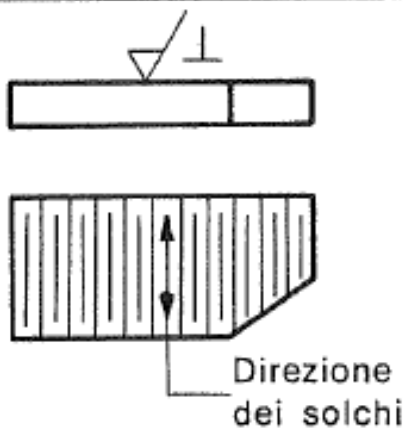
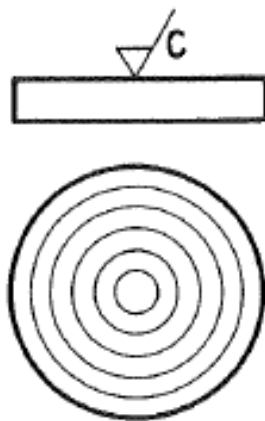
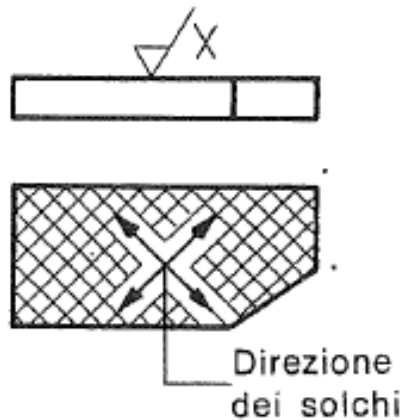
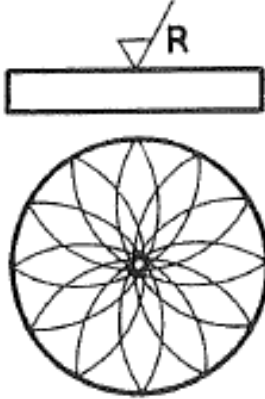


Se è necessario fornire indicazioni complementari si prolunga il tratto più lungo del segno grafico con un tratto orizzontale.

L'indicazione di un orientamento preferenziale dei solchi della rugosità deve essere riportato sul disegno mediante i segni convenzionali del seguente prospetto.

RUGOSITA'

Indicazione della rugosità superficiale

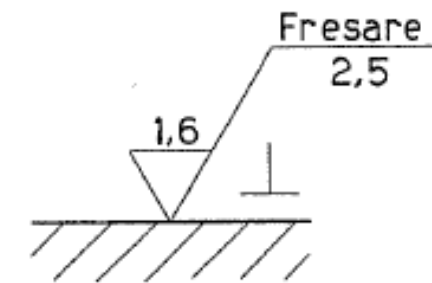
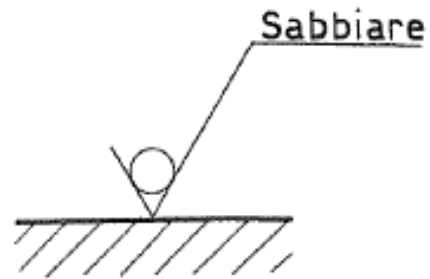
Segno grafico	Interpretazione	Segno grafico	Interpretazione
=	I solchi devono essere orientati parallelamente al piano di proiezione della vista sulla quale è applicato il segno grafico.  Direzione dei solchi	M	I solchi devono essere orientati secondo molteplici direzioni generiche. 
⊥	I solchi devono essere orientati perpendicolarmente al piano di proiezione della vista sulla quale è applicato il segno grafico.  Direzione dei solchi	C	I solchi devono essere ad andamento approssimativamente circolare rispetto al centro della superficie alla quale il segno grafico si riferisce. 
X	I solchi devono essere orientati secondo due direzioni incrociantisi ed oblique rispetto al piano di proiezione della vista sulla quale è applicato il segno grafico.  Direzione dei solchi	R	I solchi devono essere orientati secondo direzioni approssimativamente radiali rispetto al centro della superficie alla quale il segno grafico si riferisce. 

Le frecce indicano la direzione dei solchi.

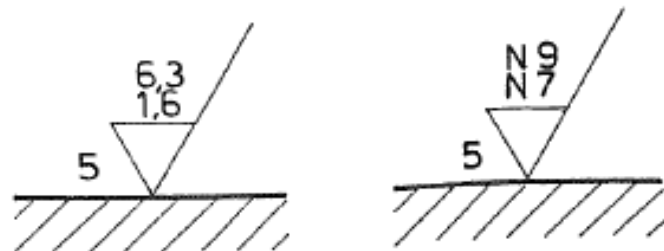
RUGOSITA'

Indicazione della rugosità superficiale

Per altre indicazioni complementari si completa il 'segno grafico con le relative indicazioni:



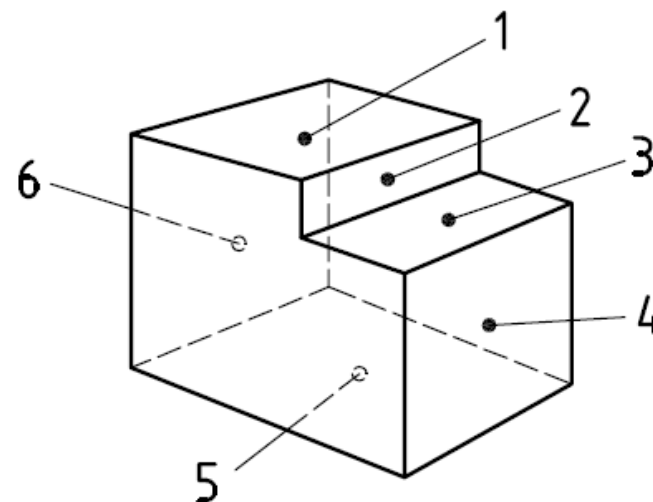
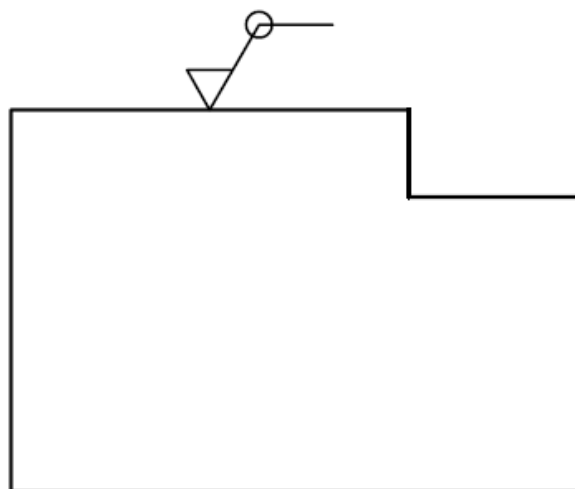
La rugosità indicata deve intendersi ottenuta a lavorazione eseguita, cioè dopo l'ultima operazione cui è stata sottoposta la superficie, e ciò salvo indicazione contraria (2,5 è il valore della lunghezza di base espressa in mm).



Se si ritiene di prescrivere il sovrammetallo, esso va indicato a sinistra del simbolo e deve essere espresso in millimetri.

Esempio: sovrammetallo di lavorazione 5 mm; superficie lavorata con asportazione di truciolo, avente una rugosità massima R_a di $6,3 \mu m$ e una minima di $1,6 \mu m$.

(segue)



Nota: il circolo indica che tutte e sei le superfici sono coinvolte dalla prescrizione di rugosità

RUGOSITA'

Conversione dei segni della UNIM 36 nei valori di rugosità Ra

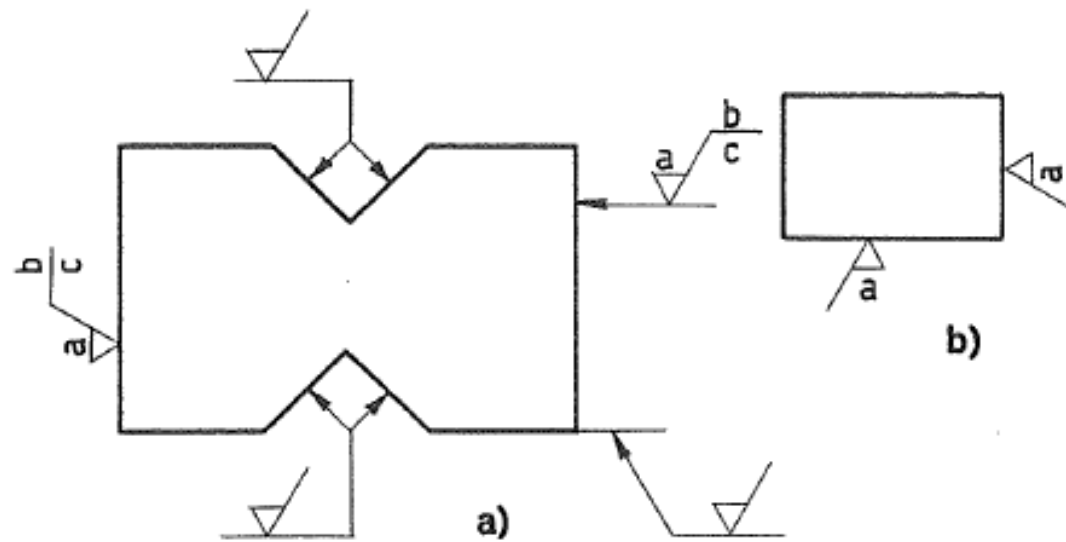
Indicazione della natura delle superfici mediante i segni della UNIM 36*		Indicazione dello stato delle superfici mediante la rugosità Ra e i segni della UNI 4600	
Segno grafico	Significato	Segno grafico	Significato
	**		Superficie lavorata con asportazione di truciolo avente una rugosità massima Ra uguale rispettivamente a 0,2, 0,8, 3,2 e 12,5 µm. Lo stesso segno può essere utilizzato per indicare il tipo di lavorazione con cui ottenere la rugosità indicata. Per esempio:
	Superficie rettificata		
	Superficie lisciata, ottenuta con lavorazione d'utensile a macchina o a mano		
	Superficie sgrossata, ottenuta con lavorazione d'utensile a macchina o a mano		

* Era prevista anche l'indicazione ~ con significato di «superficie grezza liscia da realizzare con accuratezza (pezzi di fusione, di forgiatura, stampatura, laminazione, ecc.)». Il simbolo sostitutivo è, secondo UNI 4600,

** Il segno non era definito dalla UNIM 36 ma ne era una estrapolazione entrata nell'uso comune.

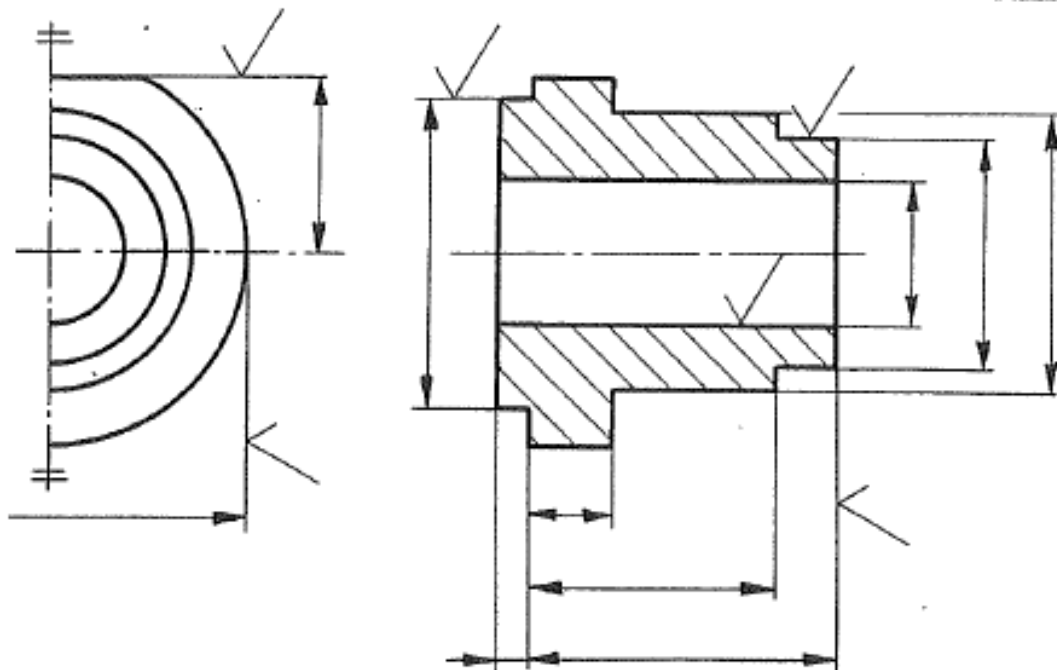
RUGOSITA'

ESEMPIO



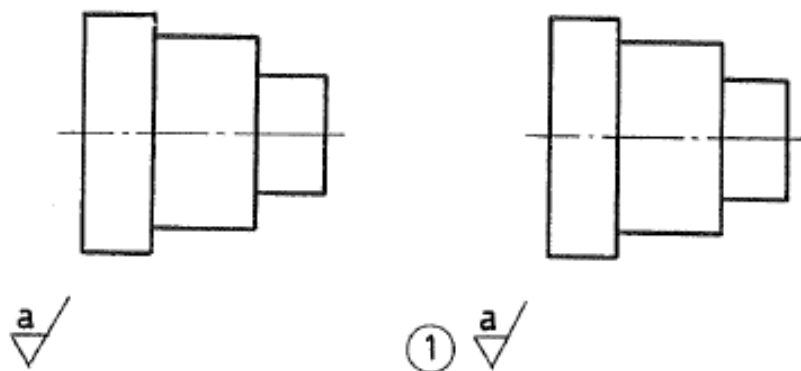
DESCRIZIONE

Il segno grafico, come pure le relative scritte, devono essere disposti in modo da essere leggibili dalla base e dal lato destro del disegno (a). Se ciò risulta difficile, il segno grafico, con la sola indicazione della rugosità, può essere disegnato con un orientamento qualunque (b) mentre il valore della rugosità deve sempre essere scritto conformemente alla regola generale.



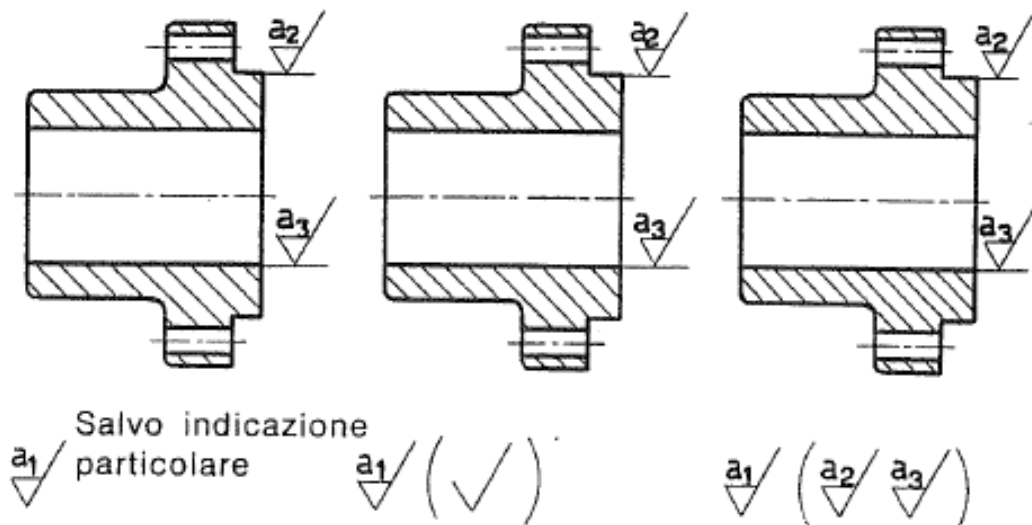
Conformemente al principio generale di quotatura, il segno grafico deve figurare una sola volta per la medesima superficie e, se possibile, su quella vista nella quale compaiono le quote che definiscono le dimensioni o la posizione di detta superficie.

RUGOSITA'



Se per tutte le superfici di un oggetto è richiesto il medesimo stato superficiale, l'indicazione può essere fatta:

- con nota posta presso la vista del pezzo o in prossimità del riquadro per le iscrizioni o nello spazio riservato alle note generali;
- di fianco al numero distintivo del pezzo.



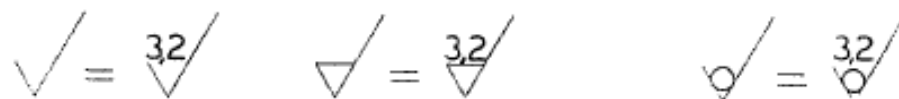
Se un medesimo stato della superficie è richiesto per la maggior parte delle superfici dell'oggetto, il corrispondente segno grafico deve essere scritto come indicato in precedenza ed essere inoltre seguito:

- o dalla nota: « Salvo indicazione particolare »;
- o da un segno grafico di base (entro parentesi) senza alcun'altra indicazione;
- o da uno o più segni grafici (entro parentesi) relativi alle particolari caratteristiche delle rimanenti superfici.

I segni grafici degli stati superficiali diversi da quello generale devono essere riportati sulle tracce che rappresentano le superfici interessate.

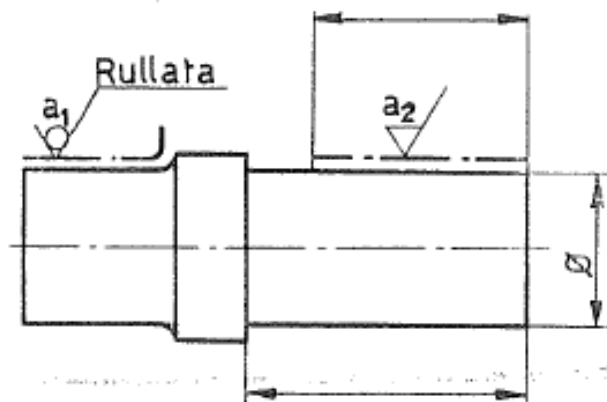


Nel caso di stati delle superfici la cui rappresentazione simbolica risulti complessa, o quando lo spazio a disposizione è limitato, possono essere adottati dei segni grafici semplificati a condizione che il loro significato sia chiaramente espresso sul disegno o presso la rappresentazione dell'oggetto o in prossimità del riquadro per le iscrizioni o nello spazio previsto per le note generali.



Se un medesimo stato della superficie è richiesto per un gran numero di superfici del pezzo, uno dei segni grafici fondamentali può essere indicato sulle tracce delle corrispondenti superfici e il suo significato deve essere allora ben precisato sul disegno.

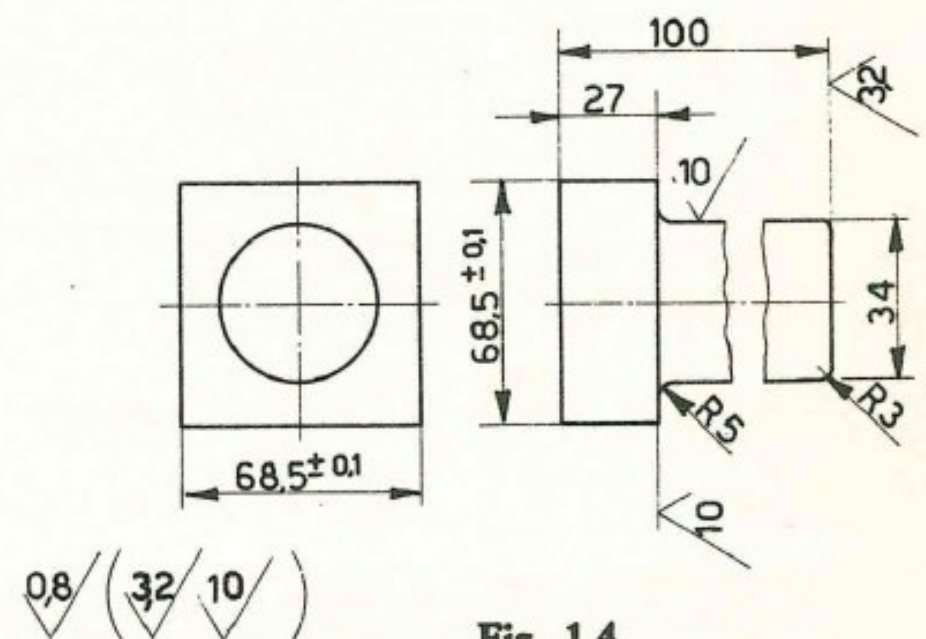
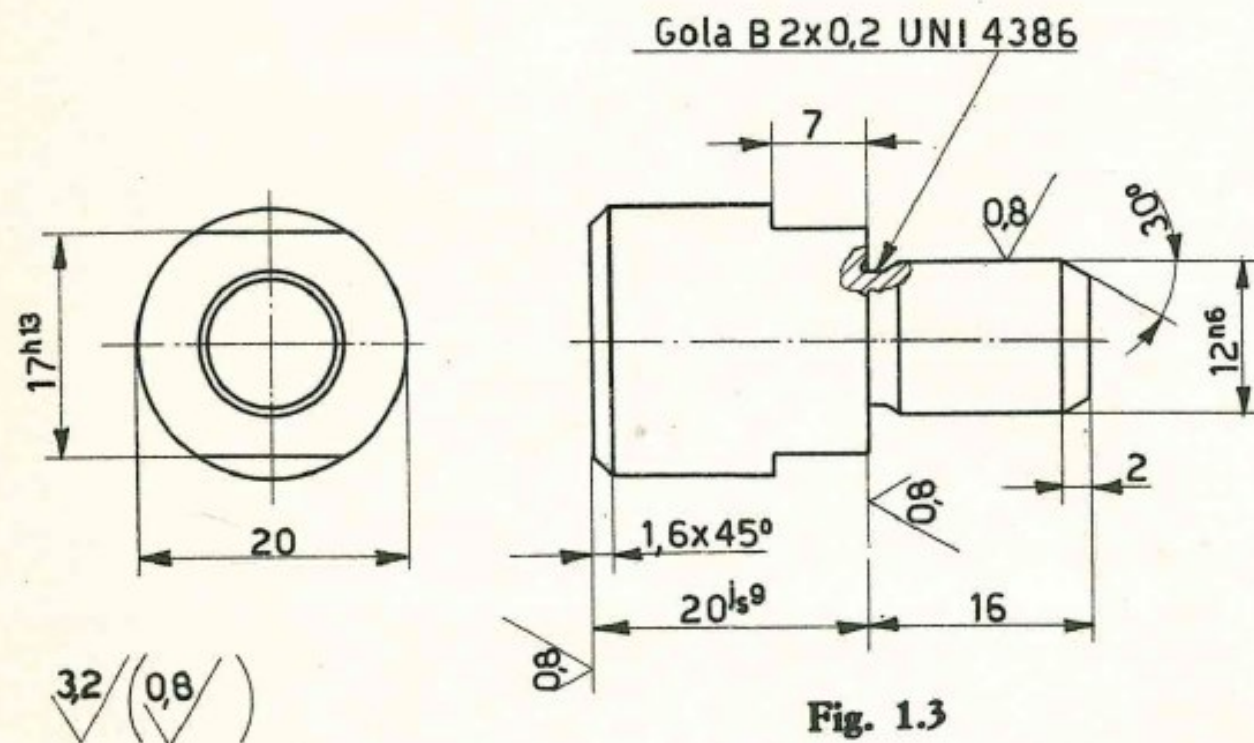
RUGOSITA'



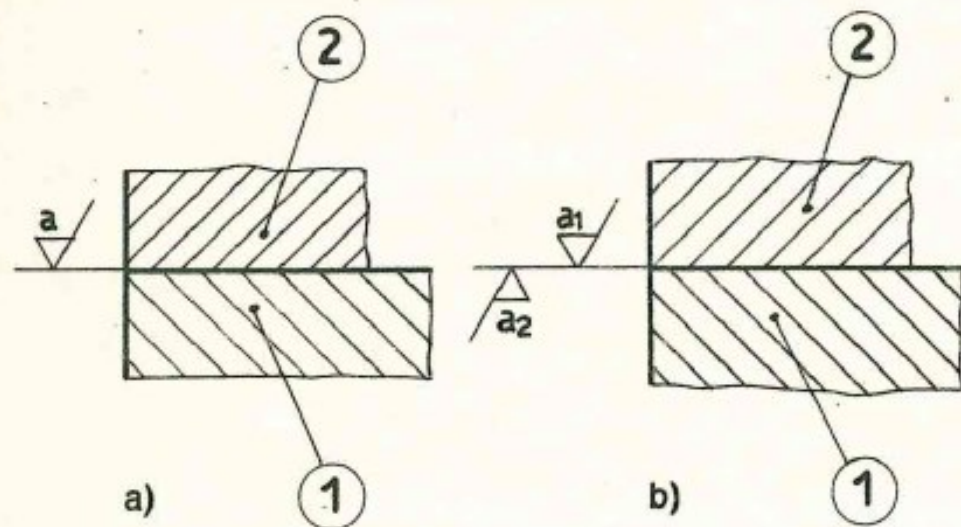
Se un particolare stato della superficie è richiesto soltanto per una certa sua parte, essa deve essere contrassegnata da una linea mista grossa parallela alla traccia della superficie interessata.

40

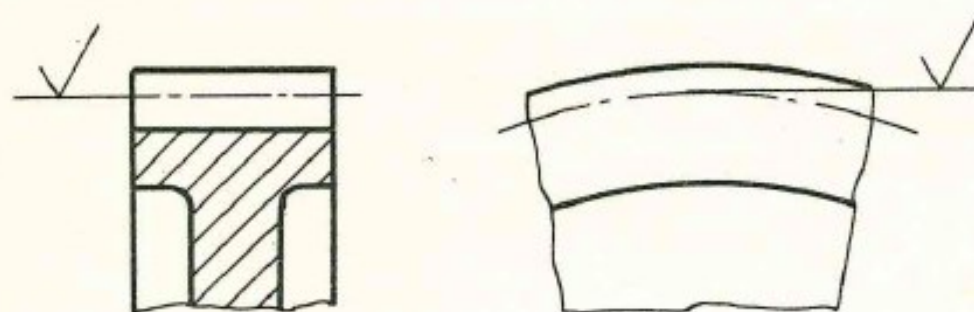
(segue)



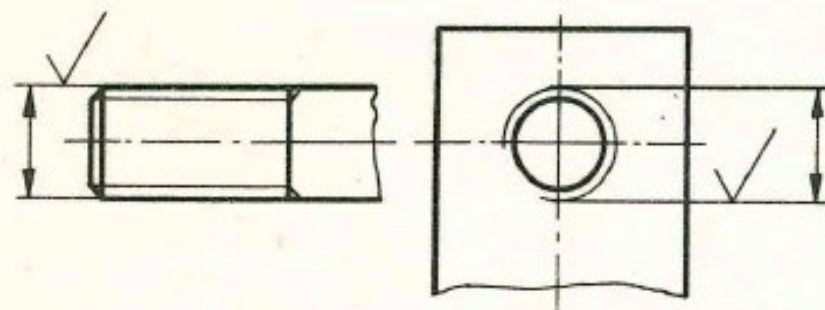
RUGOSITA'



Nei complessivi, qualora non si disegnino i particolari, l'indicazione per le due superfici di contatto aventi lo stesso stato superficiale si deve riportare una sola volta (a). Se per le due superfici di contatto è richiesto invece un diverso stato superficiale, le relative indicazioni si devono riportare per ciascuna delle superfici dal lato opposto del particolare al quale esse si riferiscono (b).



Per l'indicazione dello stato delle superfici dei fianchi dei denti di ruote dentate che non sono rappresentati sul disegno, si mettono i segni grafici sulla circonferenza primitiva o nella sezione assiale o nella vista.



Per le filettature l'eventuale indicazione dello stato delle superfici dei fianchi del filetto deve essere posta in corrispondenza del diametro di filettatura. In questi casi lo stato delle superfici non deve essere inteso riferito anche ad eventuali porzioni non filettate di ugual diametro che rimangono dopo l'esecuzione della filettatura.

RUGOSITA'

ISO 4288 - Metodi di controllo

5.2 The 16 %-rule

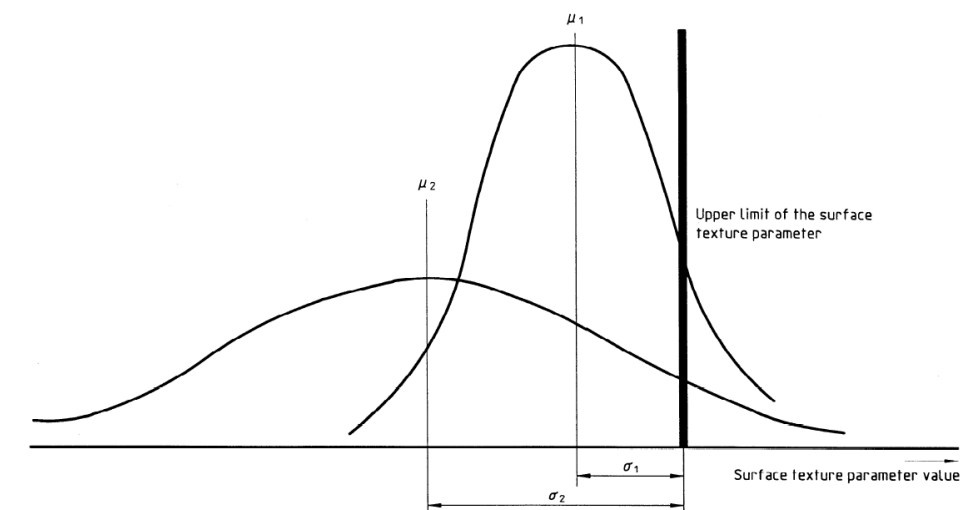
For requirements specified by the upper limit (see ISO 1302:1992, 6.2.3) of a parameter, the surface is considered acceptable if not more than 16 % of all the measured values (see notes 1 and 2) of the selected parameter, based upon an evaluation length, exceed the value specified on the drawings or in the technical product documentation.

For requirements specified by the lower limit of the surface parameter, the surface is considered acceptable if not more than 16 % of all the measured values (see notes 1 and 2) of the selected parameter, based upon an evaluation length, are less than the value specified on the drawings or in the technical product documentation.

NOTES

1 Annex A provides simplified practical guidance for comparing measured values with upper and lower limits.

2 In cases where the values of the roughness profile parameter of the surface being inspected follow a normal distribution, the determination of the upper limit as a limit which may be exceeded by 16 % of the measured values of the roughness profile parameter conforms with the limit determined by the value $\mu + \sigma$, where μ is the arithmetic mean value of the roughness profile parameter and σ is the standard deviation of the values. The greater the value of σ , the further from the specified limit (the upper value) the mean value of the roughness profile parameter needs to be. (See figure 1.)



RUGOSITA'

ISO 4288 - Metodi di controllo

Lunghezze di campionamento in funzione del valore di rugosità indicato

Lunghezze per il rilevamento di R_a

R_a μm		Lunghezza di base l mm	lunghezza di valutazione l_n mm
oltre	fino a (incluso)		
(0,006)	0,02	0,08	0,4
0,02	0,10	0,25	1,25
0,1	2,0	0,8	4,0
2,0	10,0	2,5	12,5
10,0	80,0	8,0	40,0

Per decidere se una superficie è conforme alle prescrizioni di rugosità ci si deve basare su una serie rilevata di valori singoli del parametro prescelto (ad es. R_a), ognuno stabilito in base ad un certo numero di *lunghezze di base* (l) che costituiscono una *lunghezza di valutazione* (l_n).

Quest'ultima viene assunta come lunghezza di valutazione usuale se comprende almeno cinque lunghezze di base consecutive.

Più grande è il numero di misurazioni su una determinata superficie e maggiore è la possibilità di decidere se la superficie controllata soddisfa alle prescrizioni stabilite. Tuttavia allo scopo di evitare che un aumento del numero delle misurazioni influisca sul costo della misurazione, la UNI ISO 4288 suggerisce, in appendice, alcune procedure per il controllo della rugosità superficiale.

Valori di riferimento

Metodi di fabbricazione	
Gruppo	Descrizione
Fusione	Colata in sabbia
	Colata in conchiglia o in guscio
	Pressofusione
	Microfusione
Formatura	Stampaggio al maglio, fucina
	Laminazione, rullatura
	Imbutitura profonda
	Estrusione
	Coniatura
	Laminazione dei profilati
	Troncatura
	Tornitura cilindrica
	Tornitura di sfacciatura
	Tornitura di gole
	Piallatura
	Limatura a macchina
	Sbarbatura

Valori di riferimento per diversi tipi di lavorazione

[illegible]

RUGOSITA'

Valori di riferimento per diversi tipi di lavorazione

VALORI ORIENTATIVI DELLA RUGOSITÀ Ra PER ALCUNE APPLICAZIONI PIÙ COMUNI	
Rugosità Ra μm	A P P L I C A Z I O N I (a titolo indicativo)
0,025	Piani di appoggio di micrometri - Specchi - Blocchi di riscontro.
0,05	Facce calibri officina - Piani di appoggio comparatori.
0,1	Facce calibri a corsoio - Perni d'articolazione - Utensili di precisione - Cuscinetti superfiniti - Accoppiamenti stagni ad alta pressione in moto alternato - Superfici accoppiate di parti in moto alternativo, a tenuta di liquido sottopressione - Superfici levigate di tenuta senza guarnizione.
0,2	Sopporti alberi a gomito e alberi a camme - Perno di biella - Superfici camme - Diametro cilindri pompe idrauliche - Cuscinetti lappati - Perni turbine - Accoppiamenti stagni mobili a mano - Guide tavole macchine utensili - Reggispinta alte velocità - Perni di alberi di rotor di turbine, di riduttori, ecc.
0,4	Alberi, scanalati - Cuscinetti alberi motore - Diametro esterno stantuffi - Diametro cilindri - Perni grandi macchine elettriche - Accoppiamenti alla pressa - Gambo valvola - Superfici di tenuta delle valvole - Superfici di tenuta di seggi ed otturatori di valvole, saracinesche, ecc. - Perni di alberi a gomito e portate di linee d'alberi - Cuscinetti di metallo bianco - Superfici di parti scorrevoli, come pattini e relative guide.
0,8	Tamburi freni - Fori brocciati - Cuscinetti bronzo - Parti di precisione - Denti ingranaggi - Cuscinetti rettificati - Superfici di tenuta di flange senza guarnizione - Perni di alberi a gomito e portate di linee d'alberi - Cuscinetti di metallo bianco - Superfici di parti scorrevoli, come pattini e relative guide - Superfici di tenuta dei seggi valvole motori.
1,6	Facce particolari di ingranaggi - Alberi e fori ingranaggi - Teste cilindro - Scatole ingranaggi di ghisa - Faccia pistone - Superfici di tenuta di flange con guarnizioni metalliche.
3,2	Perni e cuscinetti per trasmissioni a mano - Superfici di accoppiamento di parti fisse smontabili (flange di accoppiatoi, imposte di centramento, ecc.).
6,3	Superfici di tenuta di flange con guarnizioni comuni.

Tolleranze geometriche

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Ha origine negli anni 1940 in USA, promosso da aziende dei settori automotive, aerospazio e militare.

Il fine è quello di migliorare la qualità dei prodotti, riducendo al contempo il numero di scarti.

Costi associati ad un errore di disegno, in base allo stadio produttivo a cui viene diagnosticato



UT
\$ 1-10



R&D shop
\$ 100 -
500



Production
shop
\$ 2k - 100k

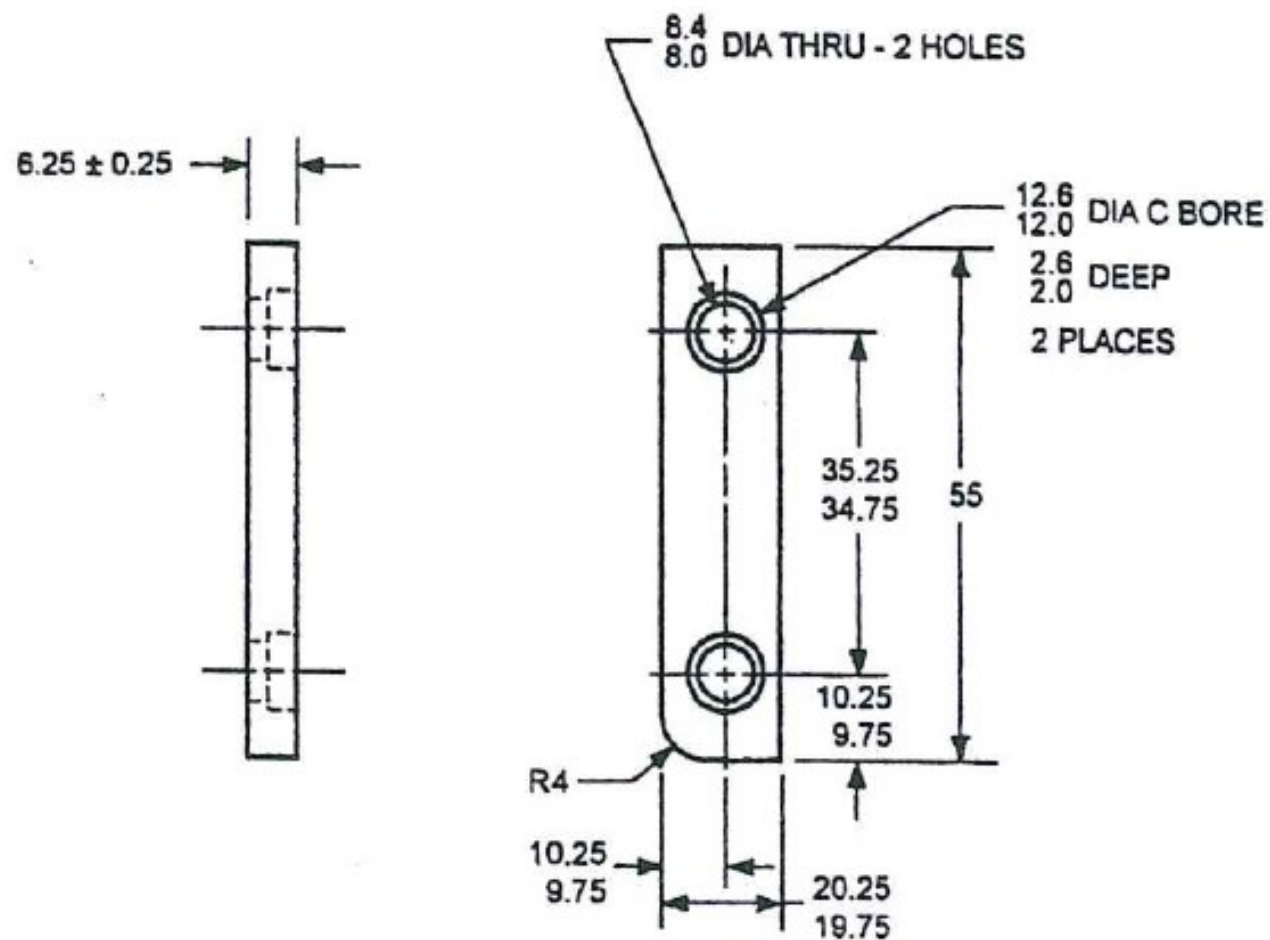


Customer
\$ 50k - 1M

Tolleranze geometriche

Coordinate tolerancing - tolleranza dimensionale

Metodo 'tradizionale'



! Problemi:

1. Zone di tolleranza rettangolari
2. Zone di tolleranza di dimensione fissa
3. Ambiguità d'ispezione

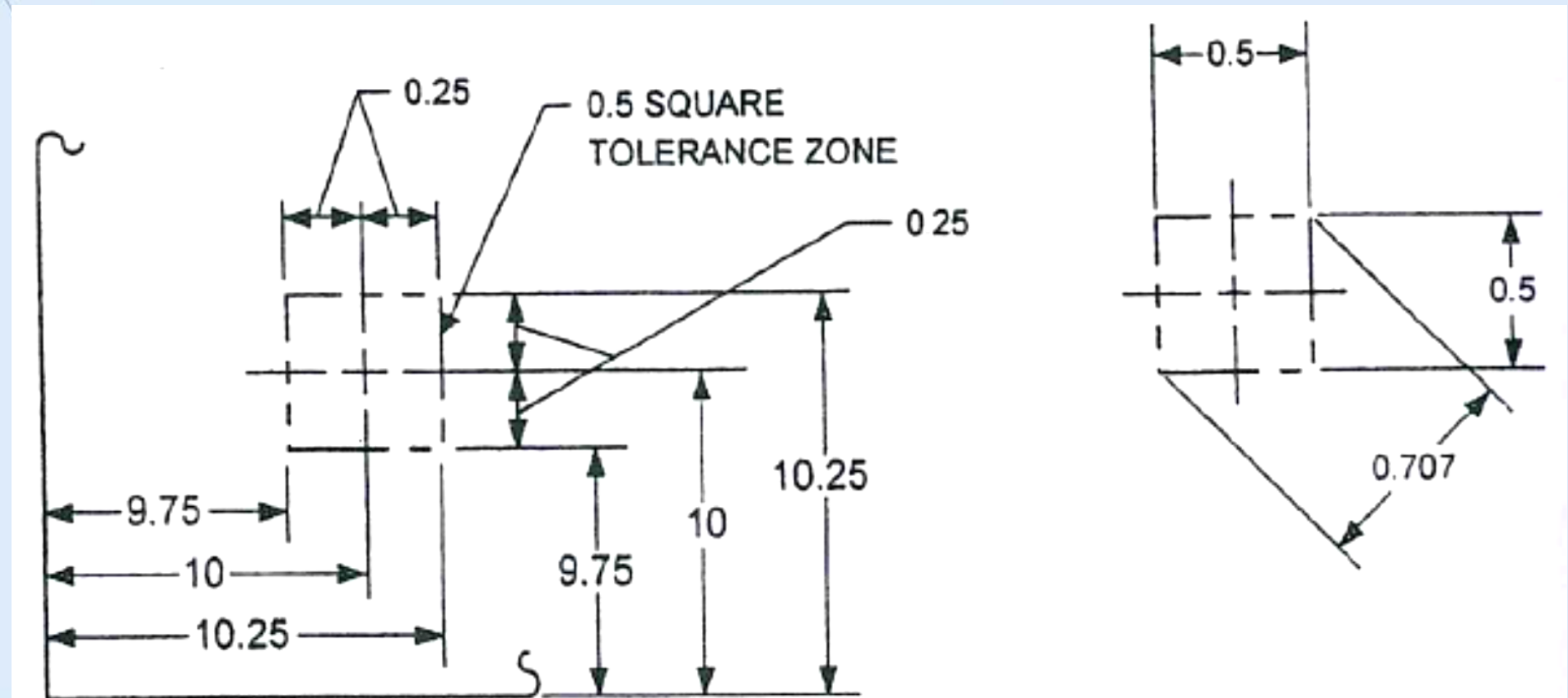
Tolleranze geometriche

Coordinate tolerancing - tolleranza dimensionale

Metodo 'tradizionale'

Problemi:

1. Zone di tolleranza rettangolari



LA TOLLERANZA NELLE VARIE DIREZIONI NON È UGUALE

lungo la diagonale del quadrato si ha un limite maggiore che non lungo gli assi x-y.

Sarebbe più logico avere la stessa tolleranza in tutte le direzioni.

Tolleranze geometriche

Coordinate tolerancing - tolleranza dimensionale

Metodo 'tradizionale'

Problemi:

2. Zone di tolleranza di dimensione fissa

PROVOCANO UN MAGGIORE NUMERO DI SCARTI

Nel caso di un pattern di fori per accoppiamento mediante viti, la condizione più restrittiva sul posizionamento dell'asse dei fori si ha quando i fori sono al limite minimo della propria tolleranza dimensionale.

Il metodo del massimo materiale permette di legare la tolleranza geometrica all'effettiva dimensione dei fori (BONUS), producendo così meno scarti e preservando allo stesso tempo la funzionalità dell'assieme.

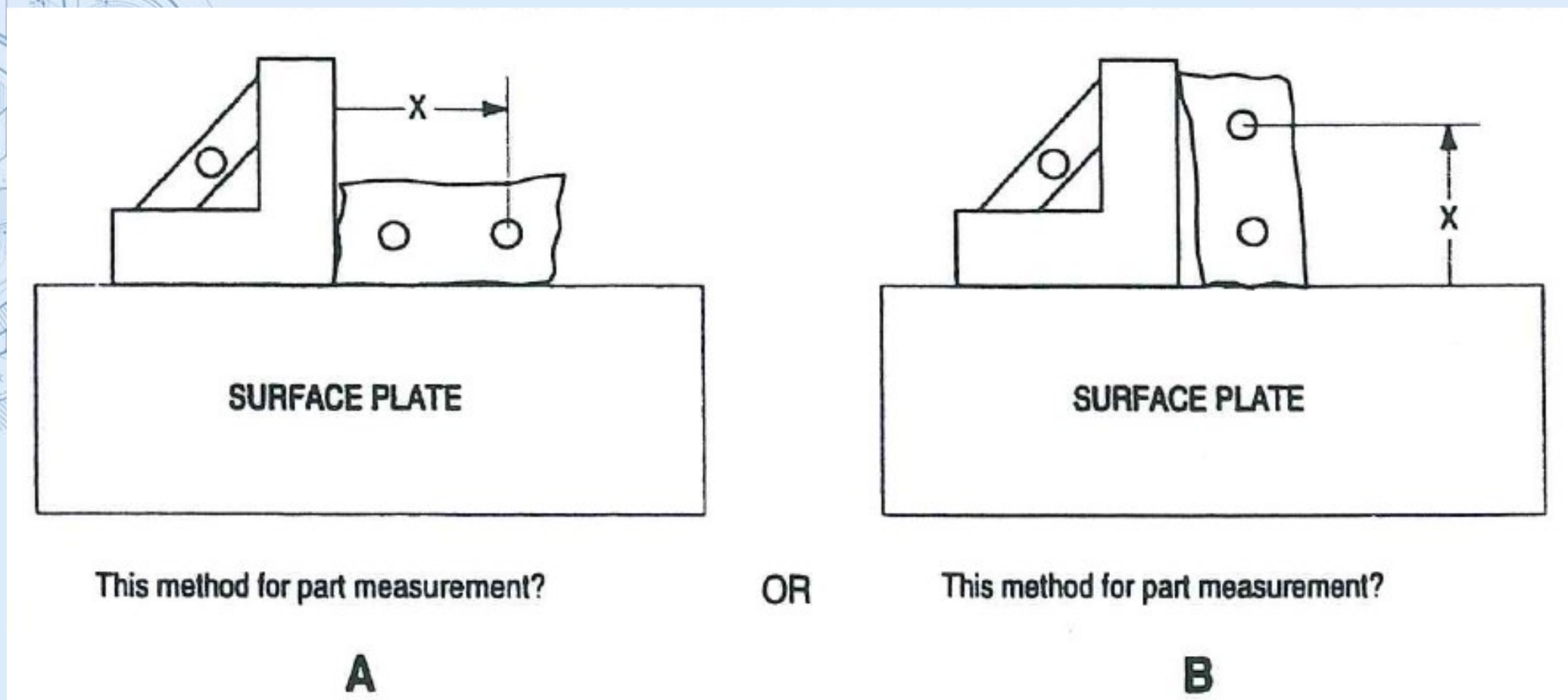
Tolleranze geometriche

Coordinate tolerancing - tolleranza dimensionale

Metodo 'tradizionale'

Problemi:

3. Ambiguità d'ispezione

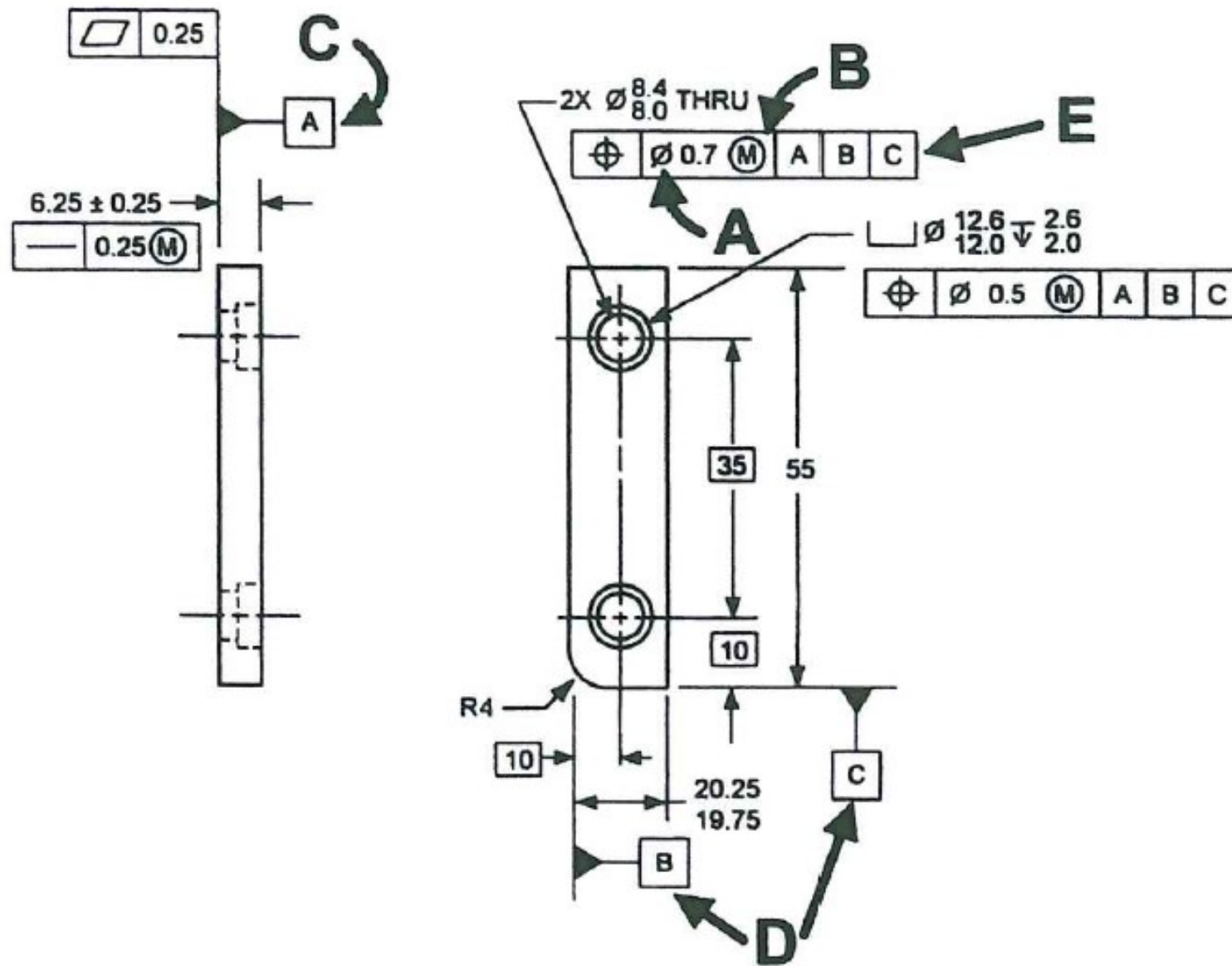


DIVERSI OPERATORI POSSONO OTTENERE MISURE DIVERSE

Pezzi accettabili possono essere scartati, così come (peggio!) pezzi difettosi possono essere accettati.

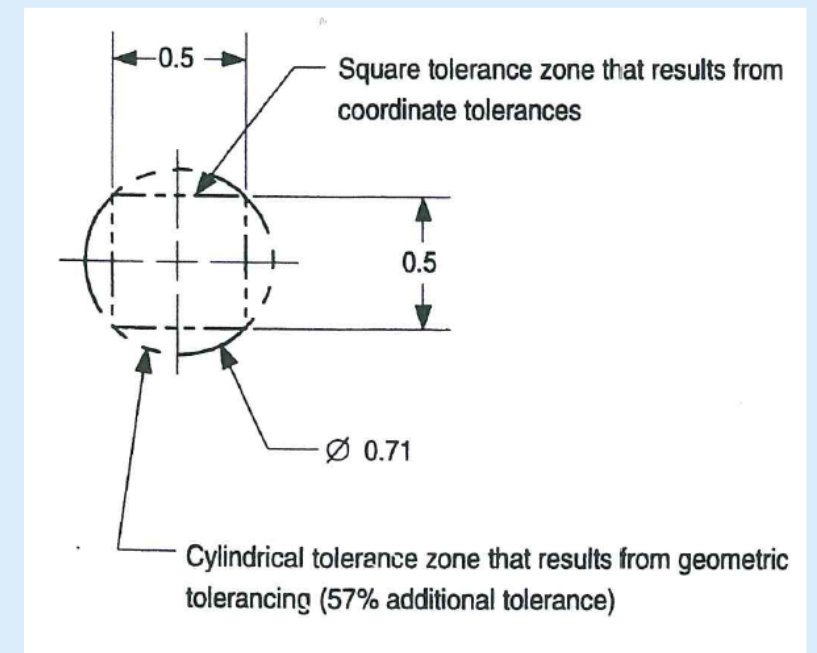
Tolleranze geometriche

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)



Vantaggi:

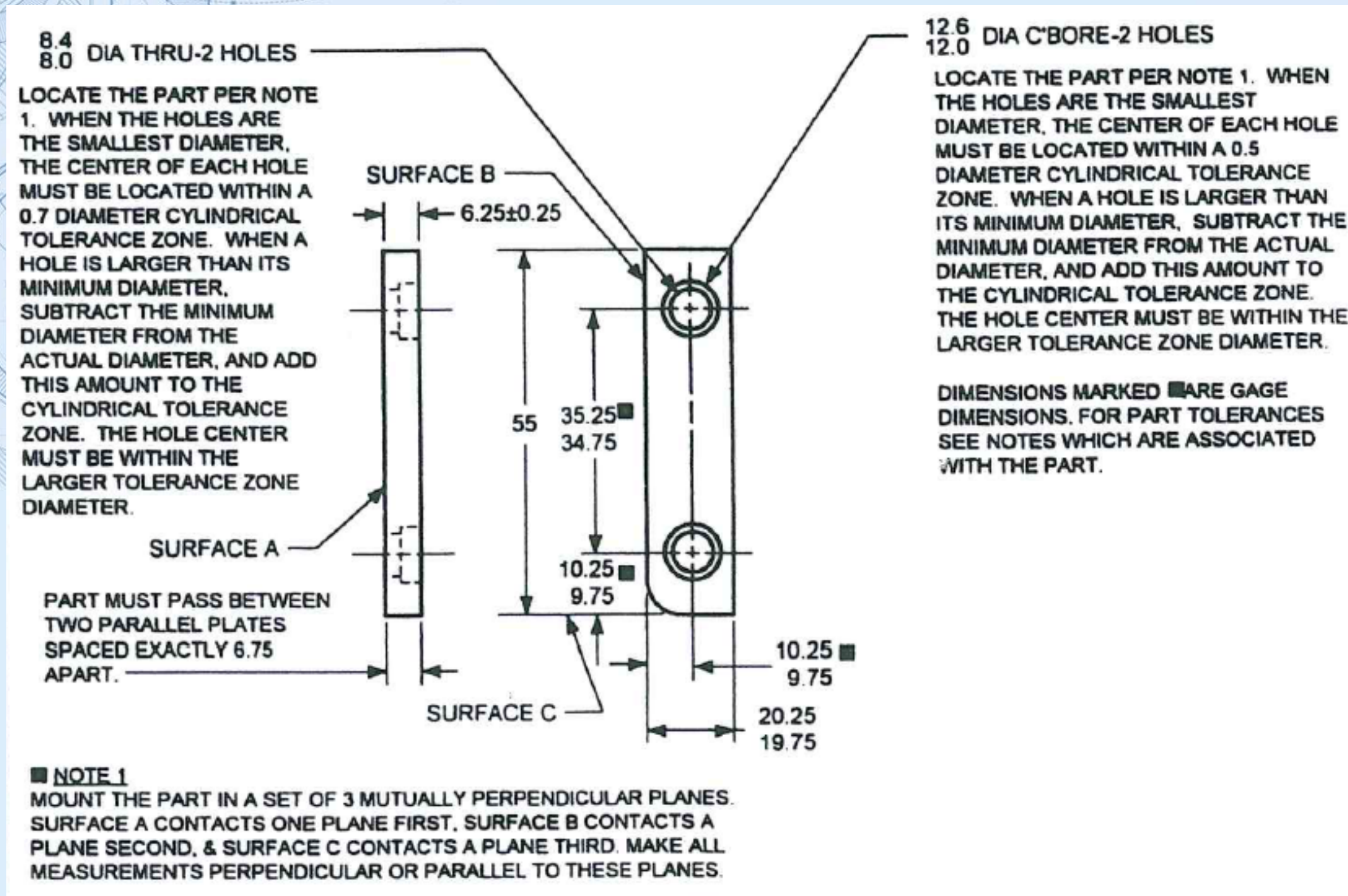
- A. Zona di tolleranza cilindrica, di maggiori dimensioni
- B. Condizione di massimo materiale (M), opzionale, permette di rendere 'elastiche' le tolleranze
- C. Datum identificati chiaramente...
- D. ...in ordine gerarchico....
- E. ...permettono di eliminare le ambiguità in fase di controllo



Tolleranze geometriche

Come sarebbe il disegno se...

....volessimo rendere il metodo di tolleranza dimensionale meno ambiguo?



Tolleranze geometriche

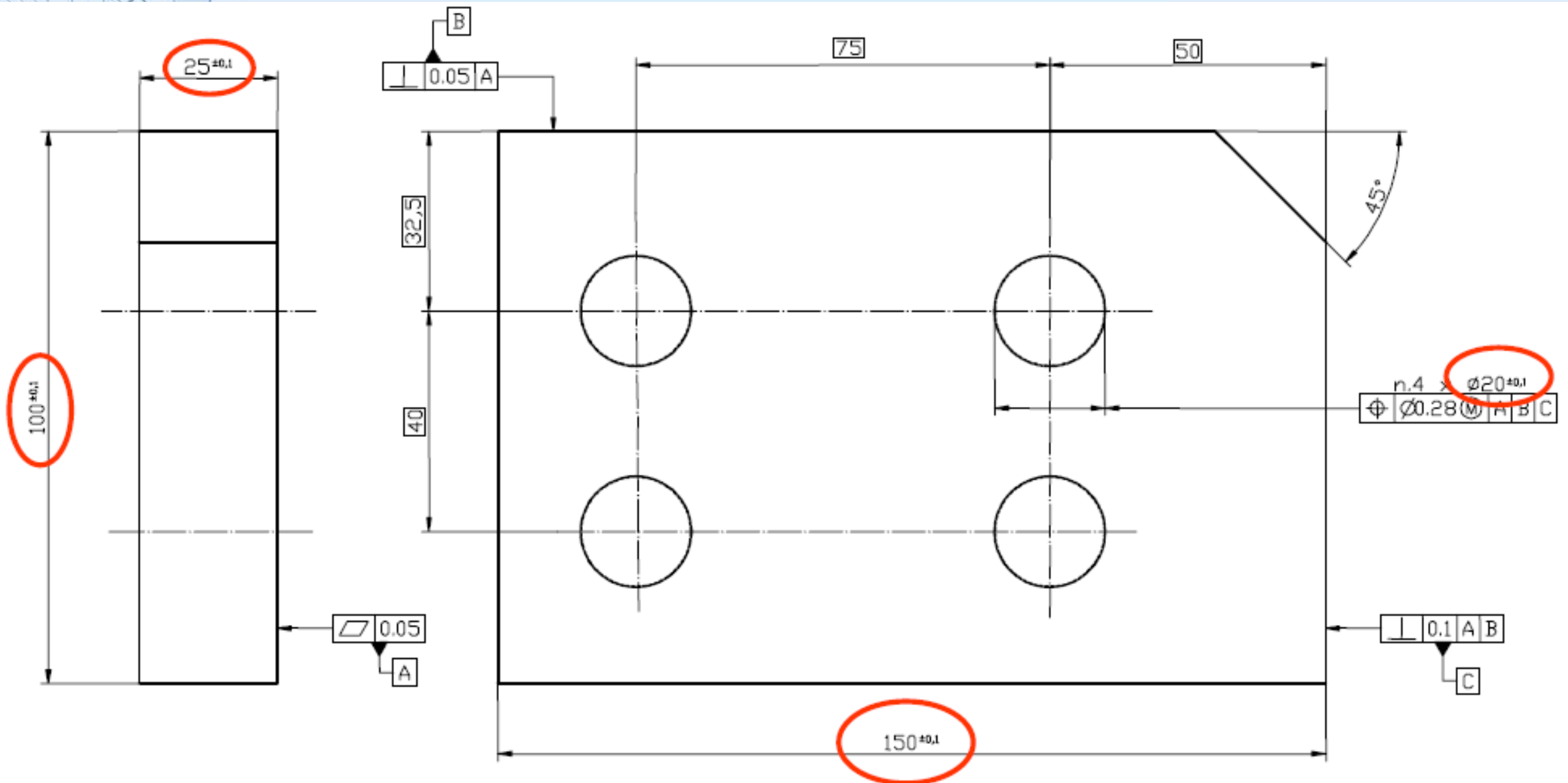
Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Aggiungiamo un vantaggio relativo all'uso di tolleranze GEOMETRICHE

- A. Zona di tolleranza cilindrica, di maggiori dimensioni
- B. Condizione di massimo materiale (M), opzionale, permette di rendere 'elastiche' le tolleranze
- C. Datum identificati chiaramente...
- D. ...in ordine gerarchico....
- E. ...permettono di eliminare le ambiguità in fase di controllo
- F. **A parità di completezza, disegno molto più semplice e leggibile rispetto a tolleranza dimensionale**

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

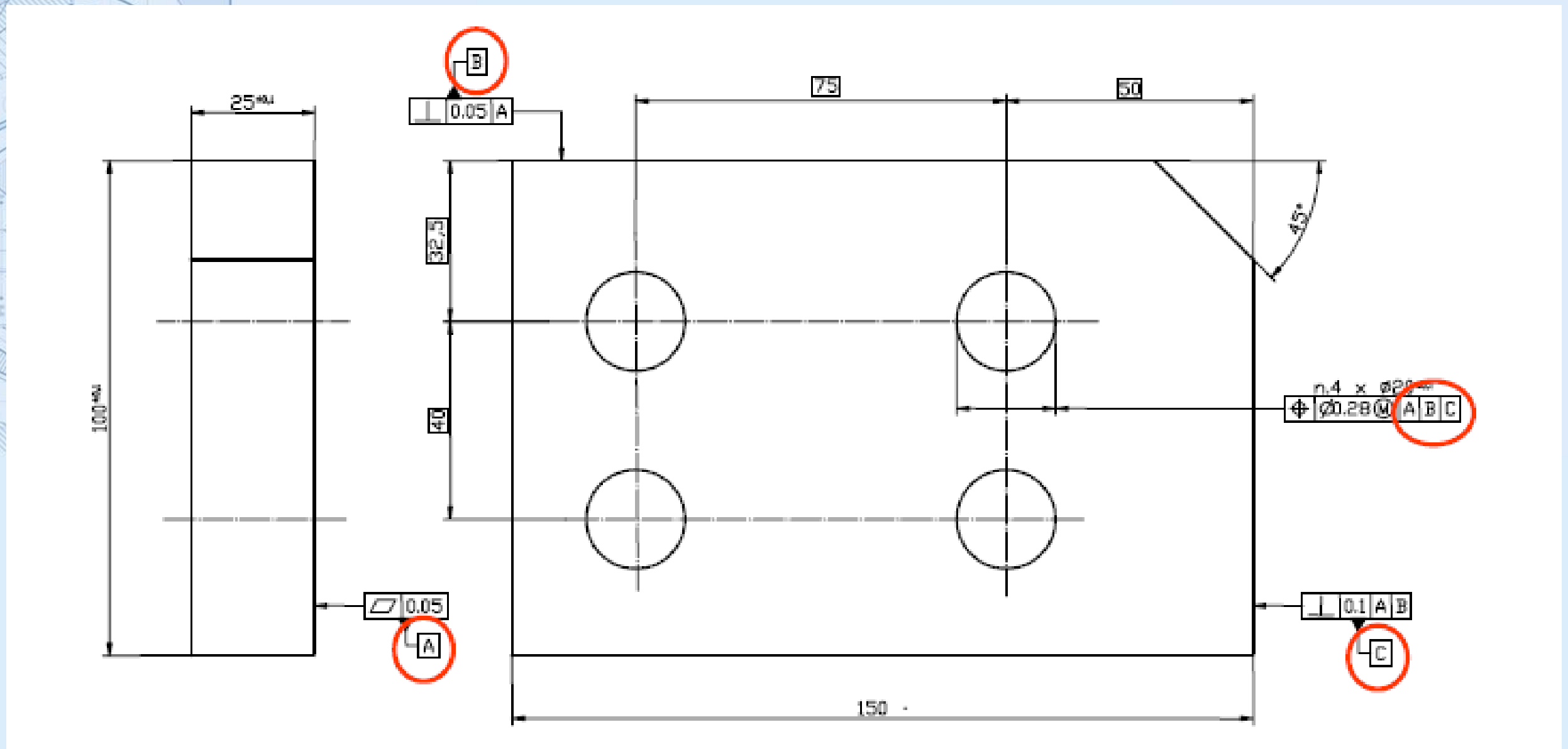
Regole di base: (1) tolleranza dimensionale usata **solo** per definire le dimensioni delle feature e gli ingombri del pezzo



Tolleranze geometriche

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

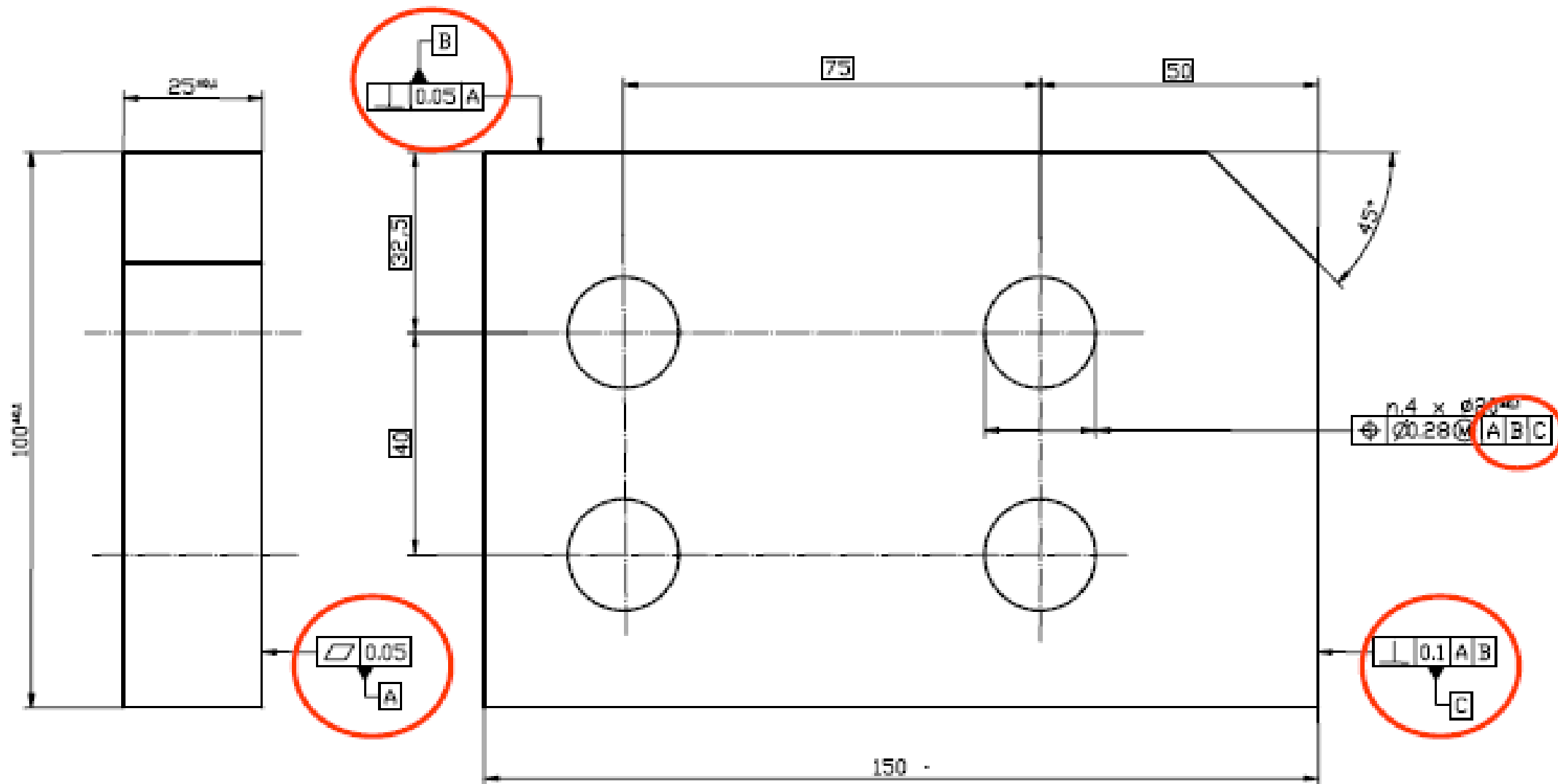
Regole di base: (2) definire un sistema di riferimento univoco (Datum), rispetto al quale esprimere le GTol di posizionamento



Tolleranze geometriche

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Regole di base: (3) definire una gerarchia degli elementi di riferimento (Datum), A, B, C



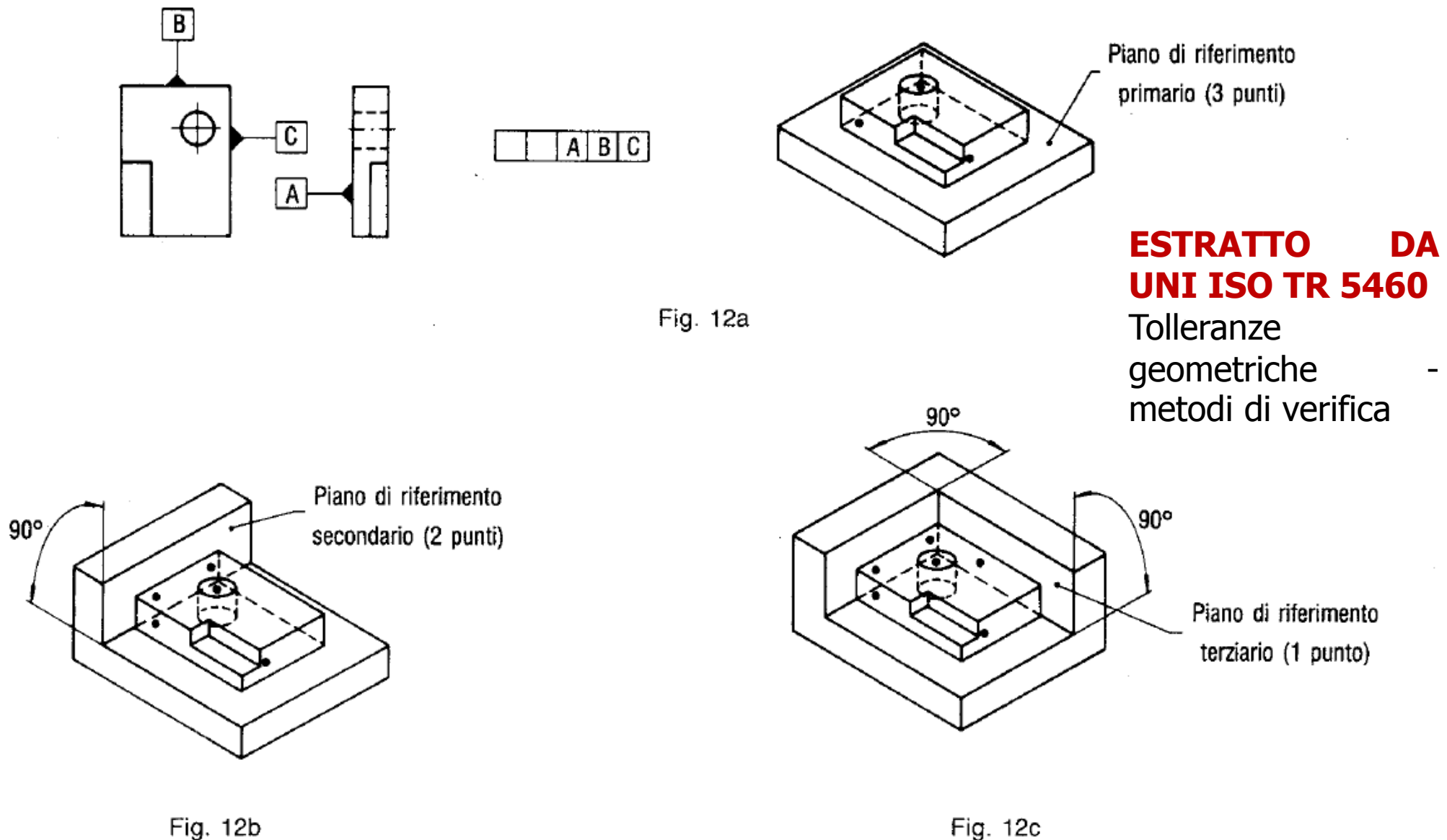
Tolleranze geometriche

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Regole di base: (3) definire una gerarchia degli elementi di riferimento (Datum), A, B, C

Quando il riferimento è costituito da tre elementi occorre tenere presente che l'elemento di riferimento primario (A) può essere disposto come illustrato dalla fig. 12a.

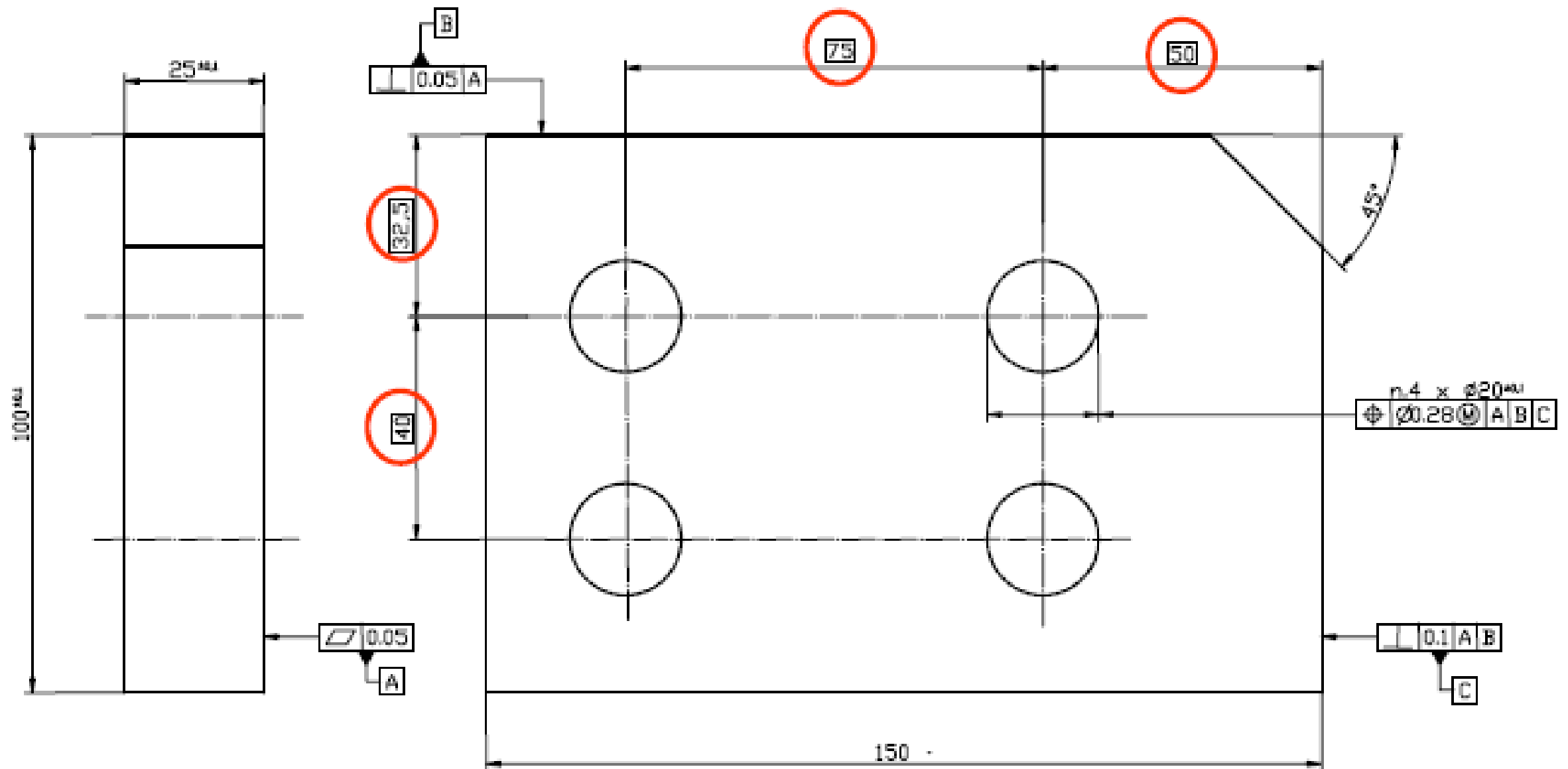
L'elemento di riferimento secondario deve essere posizionato in base a due punti (fig. 12b) e l'elemento di riferimento terziario in base ad un punto (fig. 12c).



Tolleranze geometriche

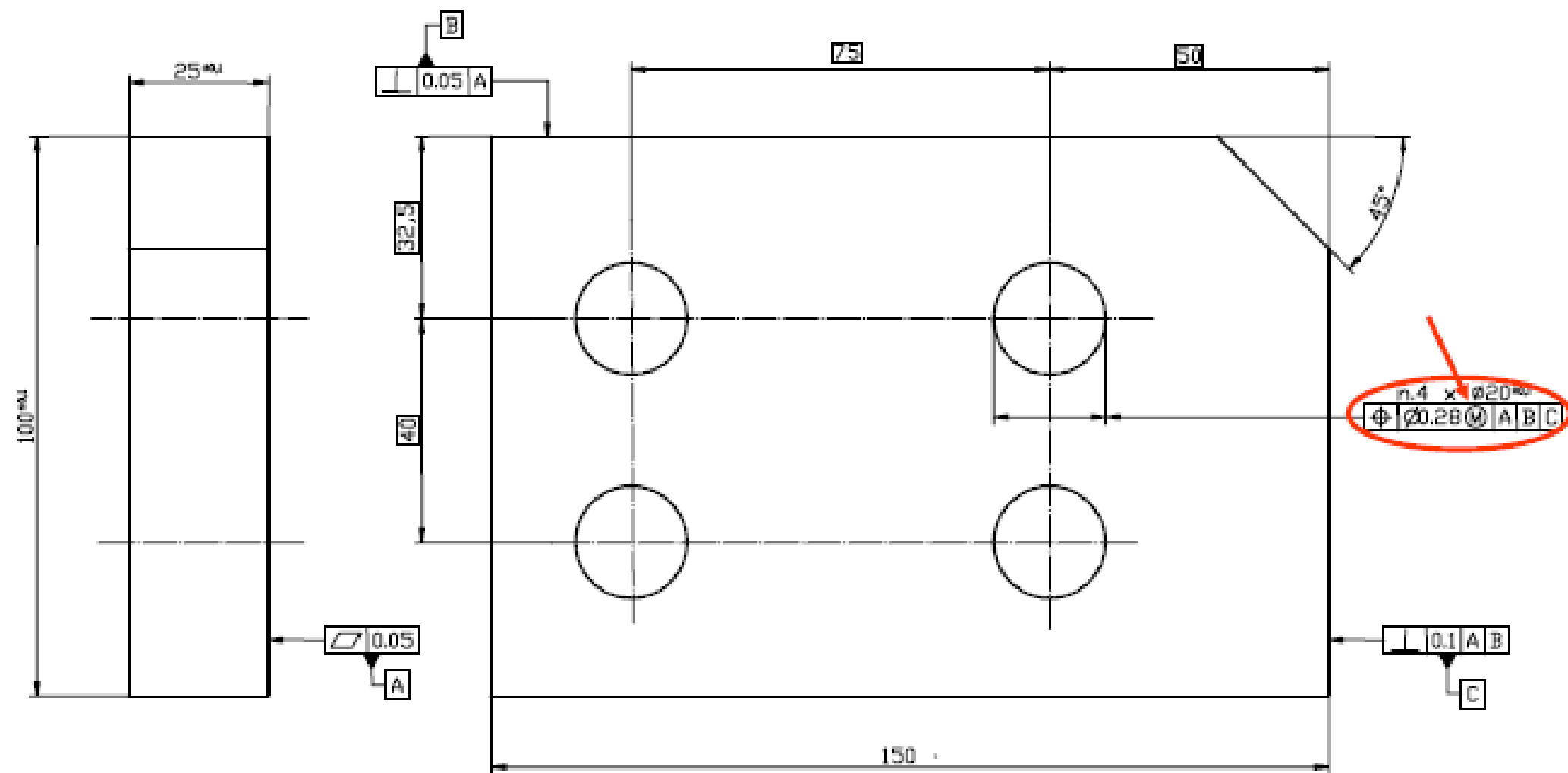
Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Regole di base: (4) la posizione teorica delle feature rispetto ai Datum è definita mediante quote teoricamente esatte



Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Regole di base: (5) le zone di tolleranza degli assi dei fori sono stabilite dalla tolleranza geometrica (di forma cilindrica)



Principio del massimo materiale

4.16 - PRINCIPIO DEL MASSIMO MATERIALE

(sec. UNI 7226/2ª)

Questo principio viene enunciato nella UNI 7226 parte 2ª.

Si parte dalla considerazione che le caratteristiche di accoppiamento di due elementi dipendono dall'effetto congiunto delle dimensioni effettive e degli errori di forma e posizione degli elementi stessi. Infatti il *giuoco minimo* di un accoppiamento corrisponde al caso in cui *gli elementi accoppiati si trovino entrambi all'estremo della zona di tolleranza corrispondente al massimo materiale* [cioè alla dimensione massima dell'elemento pieno (albero, vite, ecc.) ed a quella minima dell'elemento cavo (foro, madrevite, ecc.)] e *quando gli errori di forma e di posizione presentano i massimi valori consentiti*. Al contrario, il giuoco cresce se le dimensioni effettive degli elementi da accoppiare si scostano dalle condizioni di massimo materiale e se gli errori di forma e di posizione sono minori dei massimi ammessi. Da queste considerazioni consegue che, se le dimensioni effettive degli elementi da accoppiare non raggiungono i valori corrispondenti alla condizione di massimo materiale, le tolleranze di forma o posizione possono venire superate senza che tale superamento comprometta la possibilità di accoppiamento.

L'aumento delle tolleranze, secondo il principio enunciato, aumento che può avvenire sia per le tolleranze dimensionali, sia per quelle di forma, è ovviamente vantaggioso agli effetti della produzione, ma può non essere ammissibile per motivi funzionali. Infatti, se l'aumento delle tolleranze di posizione può essere in generale accettato (p. es. per le distanze di assi di fori per bulloni, spine, ecc.), può risultare inammissibile per alcuni montaggi meccanici (es. assi di ingranaggi).

È il progettista che deve decidere se può o no essere accettato il principio del materiale; in caso affermativo si deve riportare il simbolo **(M)** nel disegno, accanto all'indicazione della tolleranza. *Detto simbolo significa che, essendo stata la tolleranza (cui il simbolo si riferisce), fissata in base al principio del massimo materiale, le tolleranze di forma o posizione possono essere aumentate della differenza tra la dimensione di massimo materiale e la dimensione effettiva*. Ovviamente ciò può essere effettuato solo quando la dimensione effettiva non raggiunge il valore corrispondente alla condizione di massimo materiale; e *in nessun caso l'incremento di tolleranza può superare l'ammontare della tolleranza dimensionale*.

Si tenga presente che l'aumento di tolleranza di cui sopra può essere applicato anche ad una sola delle parti da accoppiare. Se la tolleranza di forma o posizione viene prescritta per un elemento dotato di un riferimento per il quale sia stata prescritta una tolleranza dimensionale, si può adottare il principio del massimo materiale tanto per il pezzo in tolleranza, quanto per l'elemento di riferimento; in questo caso il principio è *utilizzato completamente* (figura 1 c).

Quando ci si trova in quest'ultima condizione, il simbolo **(M)** deve essere riportato anche di seguito alla lettera che indica l'elemento di riferimento.

I casi possibili di apposizione del simbolo **(M)** sono illustrati nelle figure 1, a, b, c.

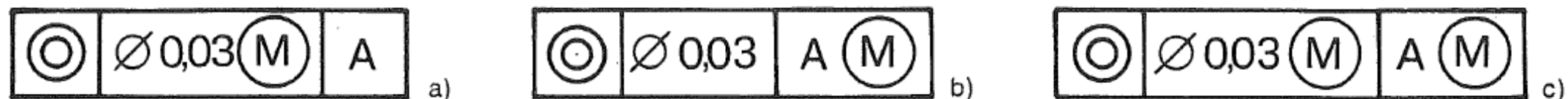
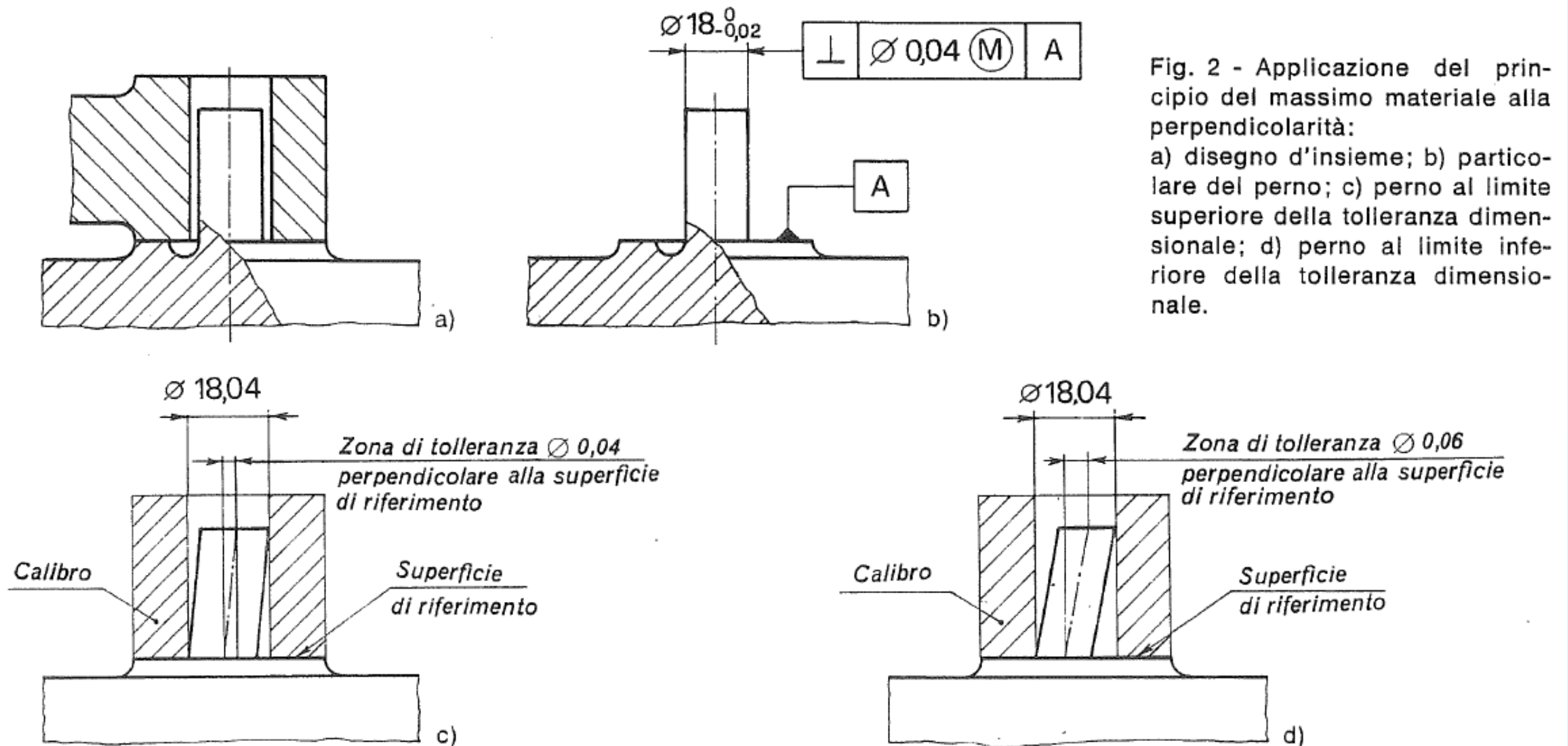


Fig. 1 - Il principio del massimo materiale è applicato: a) al valore della tolleranza; b) all'elemento di riferimento; c) ad ambedue.

Principio del massimo materiale

È ovvio che, se il principio del massimo materiale non viene applicato alle tolleranze di forma o di posizione, queste tolleranze devono essere rispettate, *indipendentemente* dalle dimensioni effettive delle parti da accoppiare. A titolo di esempio di applicazione del principio del massimo materiale, si considerano i casi della perpendicolarità (nelle figure 2, a, b, c, d) e della coassialità (nelle figure 3, a, b, c, d) e rispettive didascalie.



Principio del massimo materiale

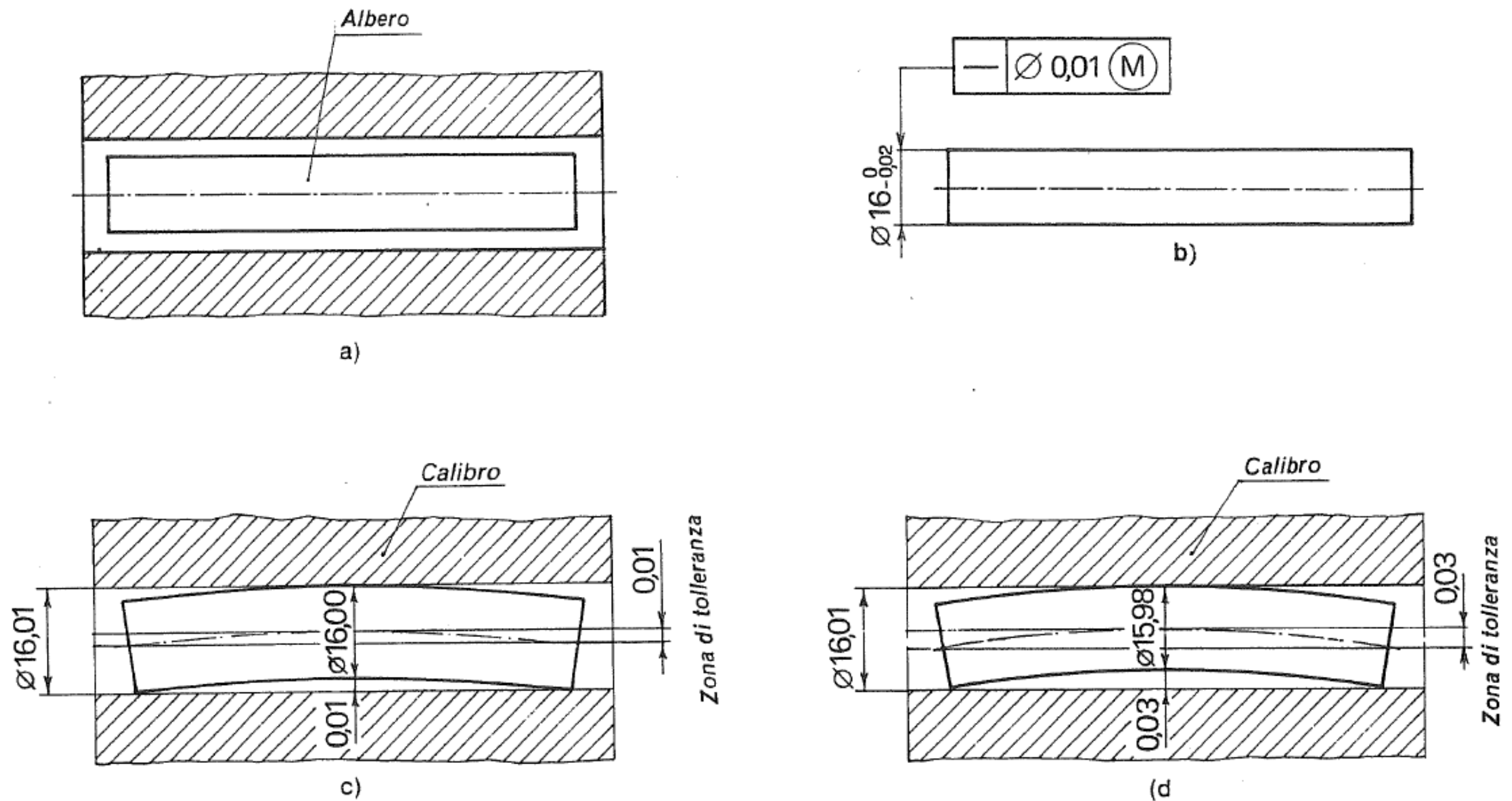


Fig. 3 - Applicazione del principio del massimo materiale alla coassialità:
a) disegno d'insieme; b) particolare dell'albero; c) albero al limite superiore della tolleranza dimensionale; d) albero al limite inferiore della tolleranza dimensionale.

Principio del massimo materiale

Si conclude facendo presente che, se gli errori di forma e posizione devono essere contenuti nei limiti della dimensione di massimo materiale, l'indicazione deve essere uguale o analoga a quella riportata nella fig. 4.

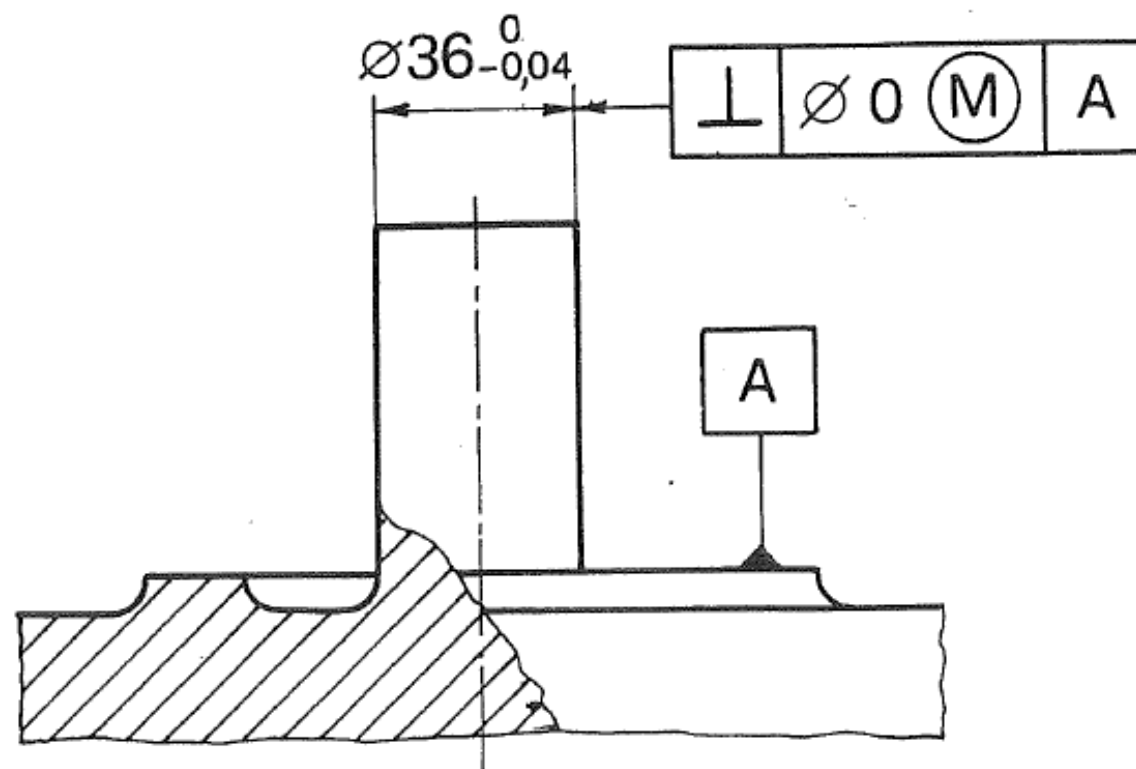


Fig. 4 - Questa indicazione significa che, se l'elemento ha ovunque dimensione effettiva uguale a quella di massimo materiale, la sua forma deve essere perfetta; se la dimensione effettiva è minore, l'errore di forma o posizione è limitato alla differenza tra dimensione del massimo materiale e dimensione effettiva.

Tolleranze geometriche

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Tolleranze di forma, orientamento, localizzazione ed oscillazione

UNI EN ISO 1101 - 2004, *Indicazione delle tolleranze geometriche: Tolleranze di forma, orientamento, localizzazione e oscillazione*

NORMA EUROPEA	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) Indicazione delle tolleranze geometriche Tolleranze di forma, orientamento, localizzazione e oscillazione	UNI EN ISO 1101
		MAGGIO 2006
	Geometrical Product Specifications (GPS) Geometrical tolerancing Tolerances of form, orientation, location and run-out	
	La norma contiene le informazioni di base e fornisce i requisiti per l'indicazione delle tolleranze geometriche dei pezzi. Essa rappresenta la base iniziale e definisce i principi fondamentali per l'indicazione delle tolleranze geometriche.	

Tolleranze geometriche

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Tolleranze di localizzazione - vedere anche

UNI EN ISO 5458 - 2001, *Indicazione delle tolleranze di localizzazione*

NORMA ITALIANA	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) Indicazione delle tolleranze geometriche Indicazione delle tolleranze di localizzazione	UNI EN ISO 5458
	Geometrical product specifications (GPS) Geometrical tolerancing Positional tolerancing	APRILE 2001

TOLLERANZE GEOMETRICHE

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Tolleranze di localizzazione - vedere anche

UNI ISO TR 5460 - 2011, *Tolleranze geometriche ... - Principi e metodi di verifica*

Norma Italiana

Settembre 1988

**COM
DT**

Disegni tecnici
Tolleranze geometriche — Tolleranze di forma,
orientamento, posizione ed oscillazione
Principi e metodi di verifica — Guida

UNI
ISO/TR 5460

Technical drawings — Geometrical tolerancing — Tolerancing of form, orientation, location and run-out — Verification principles and methods — Guidelines

Il rapporto tecnico ISO/TR 5460 (edizione giugno 1985) è stato adottato senza varianti nella presente norma italiana.

Premessa nazionale alla norma UNI ISO/TR 5460

Il rapporto tecnico ISO/TR 5460 è stato elaborato dal Comitato Tecnico ISO/TC 10 "Disegni tecnici". Esso ha raggiunto la maggioranza per essere accettato dal Consiglio dell'ISO come rapporto tecnico internazionale.

In base a quanto sopra la Commissione "Disegni tecnici" dell'UNI ha giudicato il rapporto tecnico internazionale rispondente alle esigenze nazionali ed ha deciso la pubblicazione della presente norma. Nella versione italiana sono indicati tra parentesi i riferimenti delle norme UNI, ove esistenti, corrispondenti alle norme ISO citate.

Tolleranze geometriche

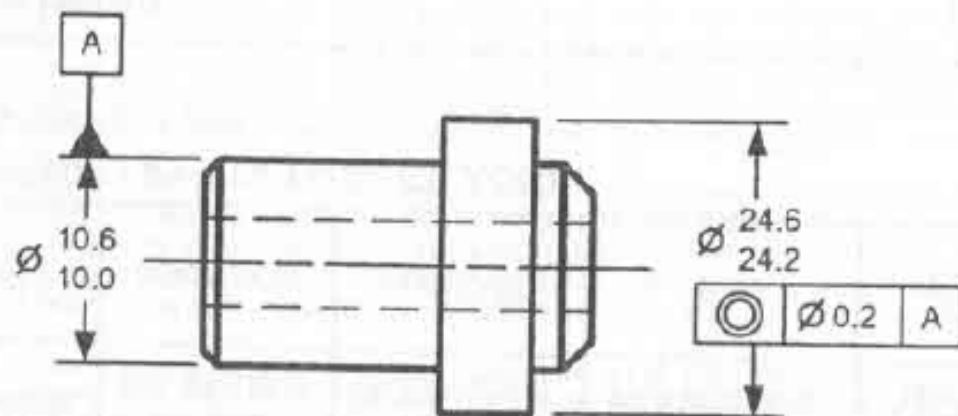
Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Altri metodi di verifica - ex. ASME Y 14.5

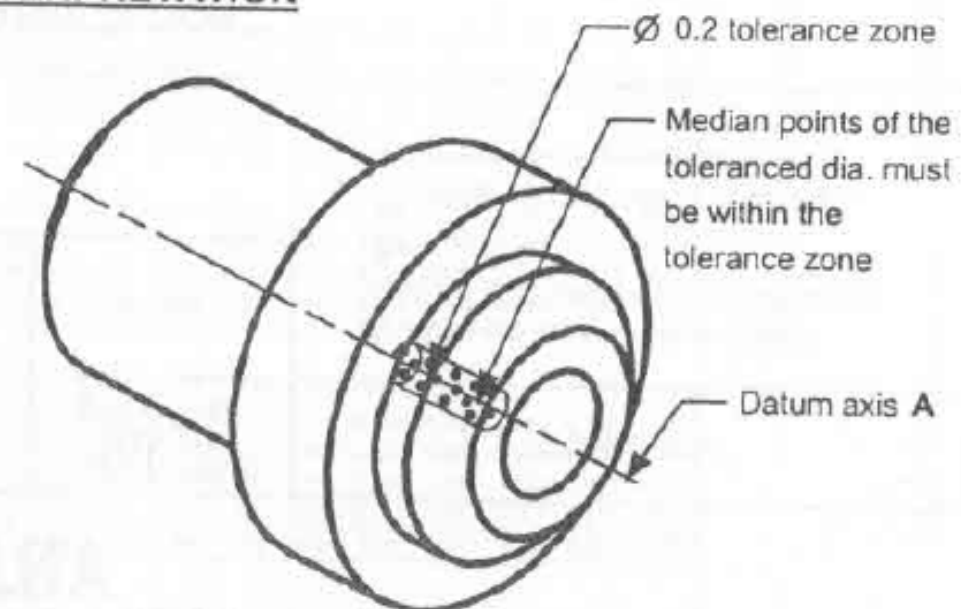
CONCENTRICITY

SYMBOL	TYPE OF TOLERANCE	DATUM REFERENCE	BONUS PERMISSIBLE	ALLOWABLE TOLERANCE MODIFIERS	ALLOWABLE DATUM MODIFIERS	COMMENTS
	LOCATION	REQUIRED	NO	∅ (F) (ST)	NONE	1. Median points of the tolerated feature must be within the tolerance zone 2. Consider using position or runout before specifying concentricity
CONCENTRICITY TOLERANCE ZONE: Cylinder						

DRAWING



INTERPRETATION



Tolleranze geometriche

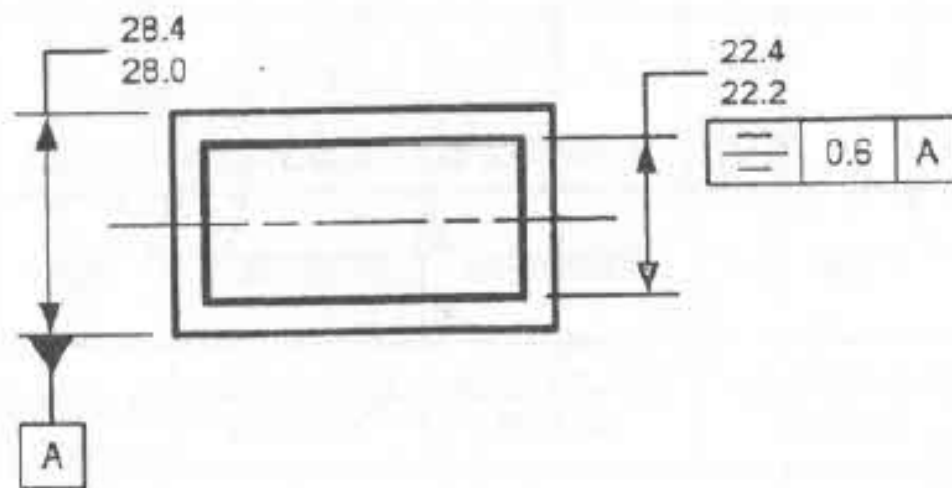
Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Altri metodi di verifica - ex. ASME Y 14.5

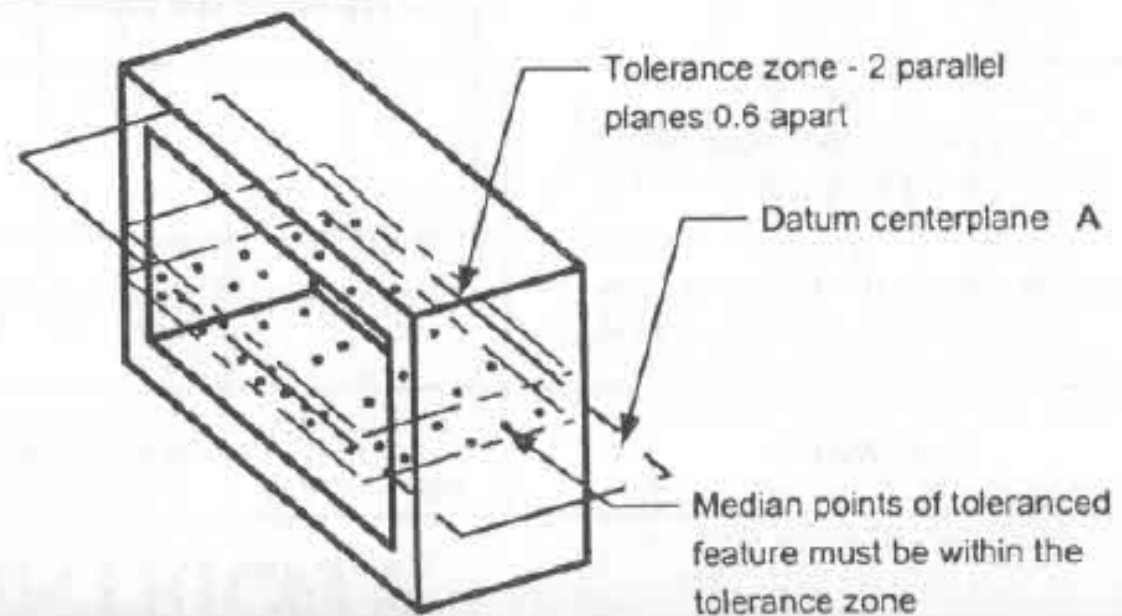
SYMMETRY

SYMBOL	TYPE OF TOLERANCE	DATUM REFERENCE	BONUS PERMISSIBLE	ALLOWABLE TOLERANCE MODIFIERS	ALLOWABLE DATUM MODIFIERS	COMMENTS
	LOCATION	REQUIRED	NO	 	NONE	1. Median points of the tolerated feature must be within the tolerance zone 2. Consider using position or profile before specifying symmetry
SYMMETRY TOLERANCE ZONE: Two parallel planes						

DRAWING



INTERPRETATION

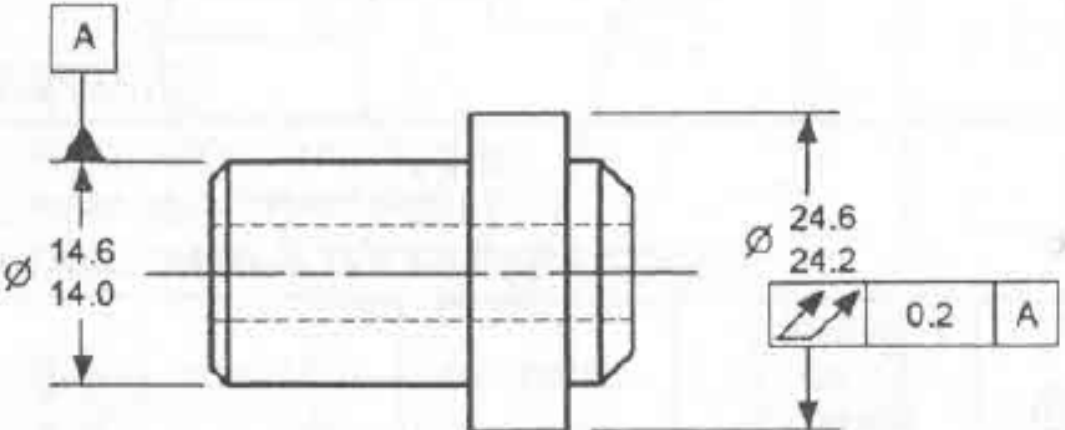
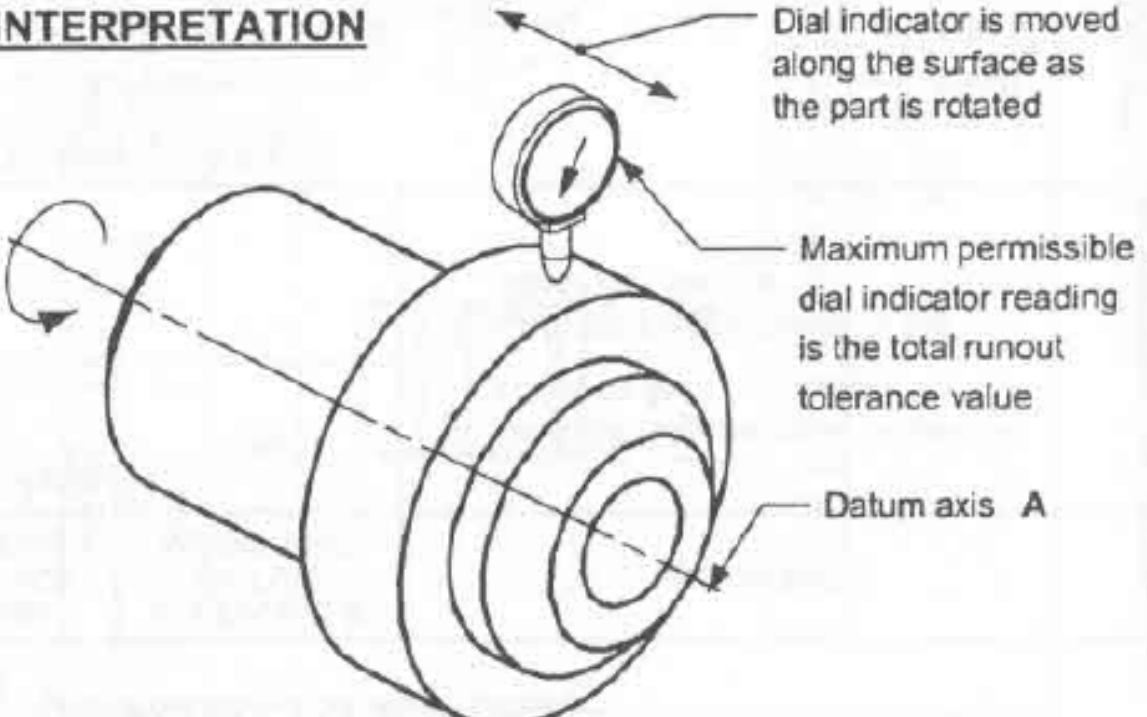


Tolleranze geometriche

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Altri metodi di verifica - ex. ASME Y 14.5

TOTAL RUNOUT

SYMBOL	TYPE OF TOLERANCE	DATUM REFERENCE	BONUS PERMISSIBLE	ALLOWABLE TOLERANCE MODIFIERS	ALLOWABLE DATUM MODIFIERS	COMMENTS
	RUNOUT	REQUIRED	NO	(F) (ST)	NONE	1. Applies to entire surface simultaneously 2. Controls straightness, roundness, taper and axis offset 3. Cannot use (M) or (L) modifiers
TOTAL RUNOUT TOLERANCE ZONE: Two coaxial cylinders (when applied to a diameter) Two parallel planes (when applied to a surface perpendicular to a datum axis)						
DRAWING 				INTERPRETATION 		

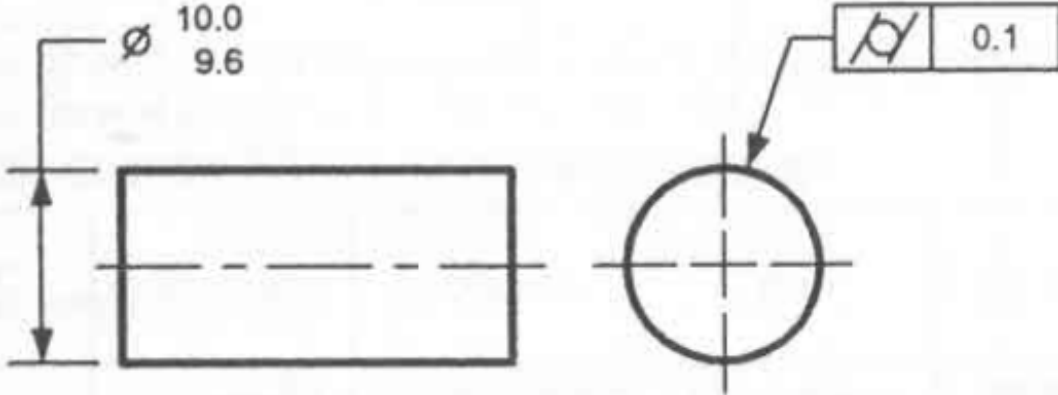
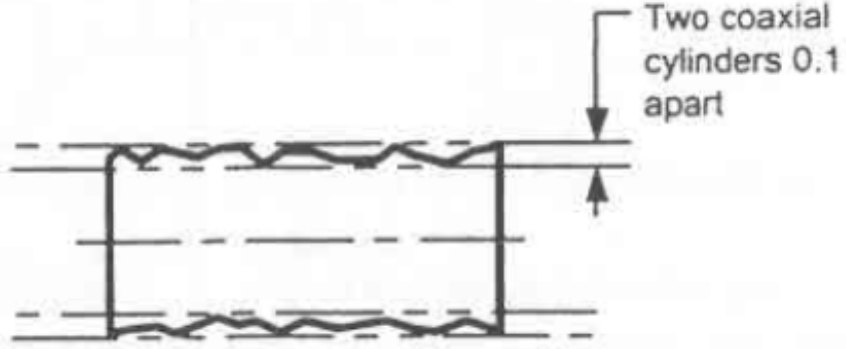
Tolleranze geometriche

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Altri metodi di verifica - ex. ASME Y 14.5

CYLINDRICITY

SYMBOL	TYPE OF TOLERANCE	DATUM REFERENCE	BONUS PERMISSIBLE	ALLOWABLE TOLERANCE MODIFIERS	ALLOWABLE DATUM MODIFIERS	COMMENTS
	FORM	NONE	NO	(F) (ST)	NONE	1. Tolerance value must be less than the size tolerance 2. Part must also be within the size limits 3. Rule #1 applies to the feature of size dimension
CYLINDRICITY TOLERANCE ZONE: Two coaxial cylinders						

<u>DRAWING</u> 	<u>INTERPRETATION</u> 
--	--

Tolleranze geometriche

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Altri metodi di verifica - ex. ASME Y 14.5

PERPENDICULARITY (APPLIED TO A FEATURE OF SIZE)

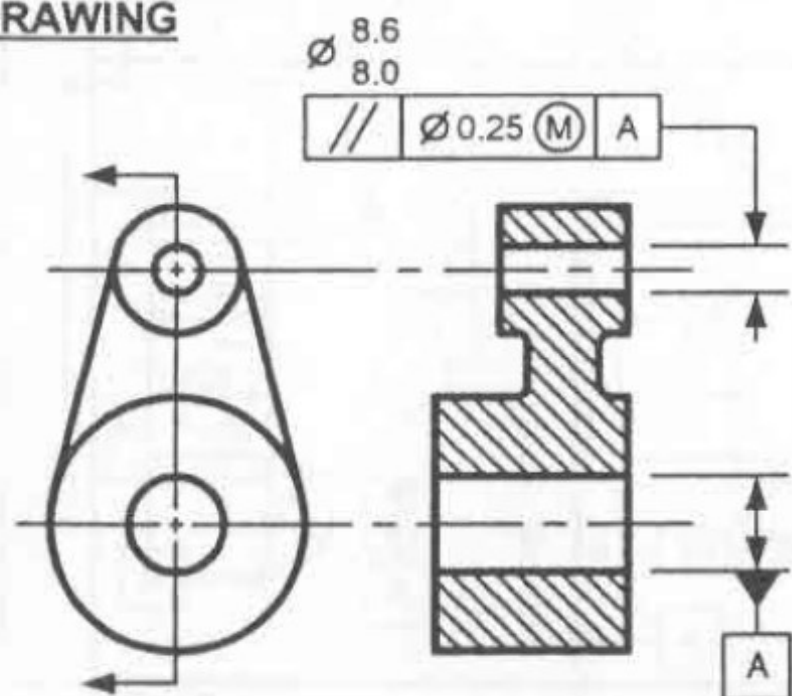
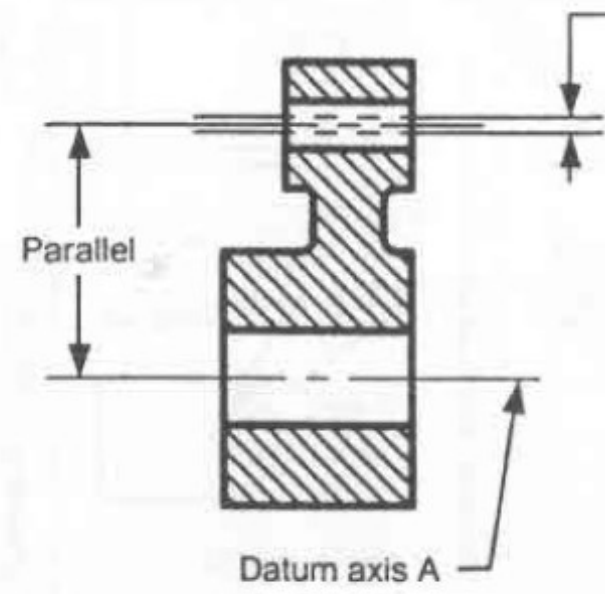
SYMBOL	TYPE OF TOLERANCE	DATUM REFERENCE	BONUS PERMISSIBLE	ALLOWABLE TOLERANCE MODIFIERS	ALLOWABLE DATUM MODIFIERS	COMMENTS
	ORIENTATION	REQUIRED	YES WHEN $\textcircled{M}$ OR $\textcircled{L}$ IS USED	$\textcircled{M}$ $\textcircled{L}$ $\textcircled{P}$ $\textcircled{F}$ $\emptyset$ $\textcircled{ST}$	$\textcircled{M}$ $\textcircled{L}$	1. Toleranced feature of size must also be within its size limits 2. Virtual condition is affected when $\textcircled{M}$ or $\textcircled{L}$ is used 3. Multiple datum references may be used
PERPENDICULARITY TOLERANCE ZONE: Two parallel planes (Default) A cylinder (when $\emptyset$ is used)						
DRAWING 			DRAWING 			
INTERPRETATION 			INTERPRETATION 			

Tolleranze geometriche

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Altri metodi di verifica - ex. ASME Y 14.5

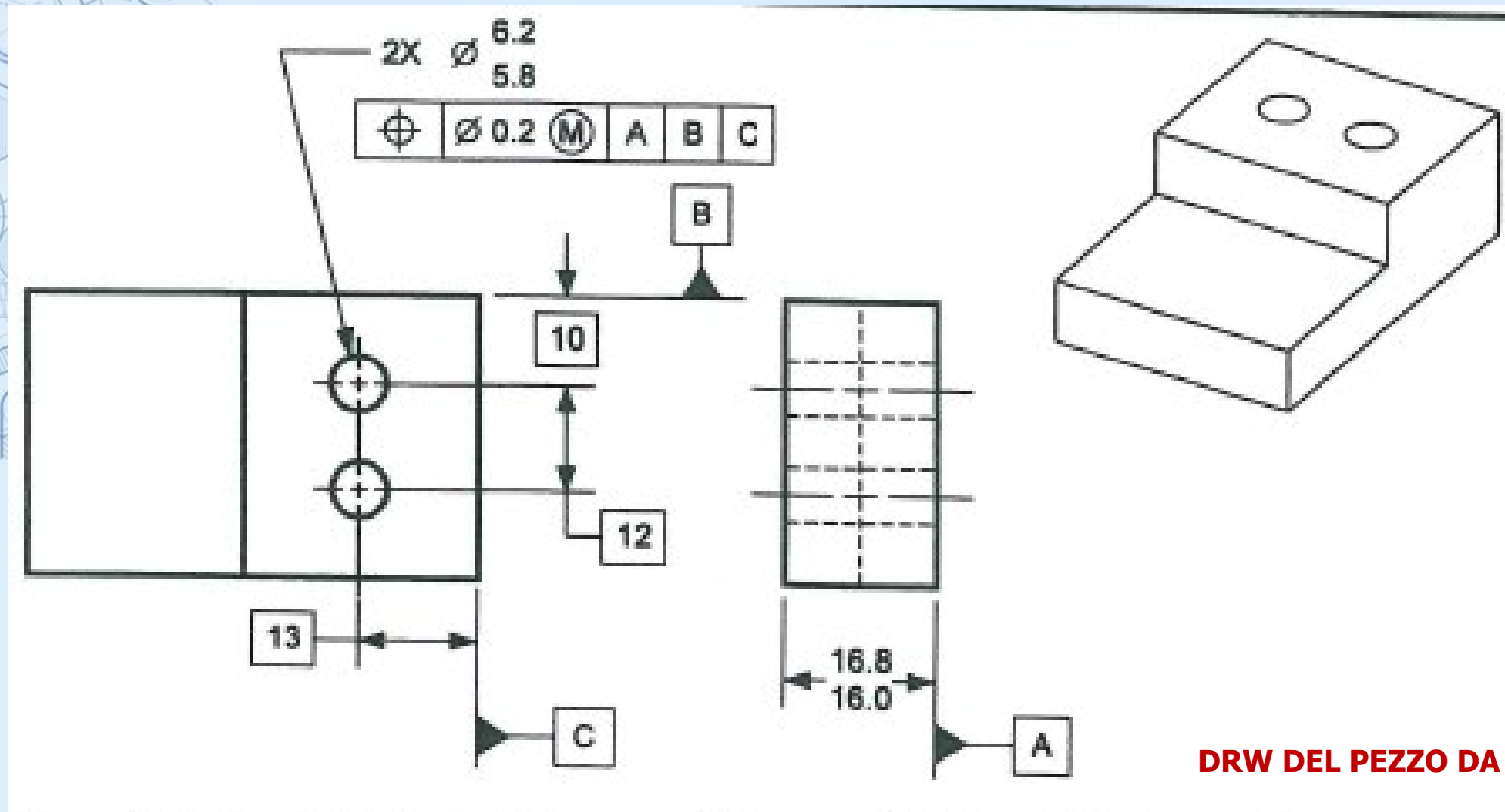
PARALLELISM (APPLIED TO AN AXIS)

SYMBOL	TYPE OF TOLERANCE	DATUM REFERENCE	BONUS PERMISSIBLE	ALLOWABLE TOLERANCE MODIFIERS	ALLOWABLE DATUM MODIFIERS	COMMENTS																				
//	ORIENTATION	REQUIRED	YES WHEN (M) OR (L) IS SHOWN	Ø (M) (L) (F) (P) (ST)	(M) (L)	1. Hole must be within its size limits 2. Hole must be within its location tol. 3. Ø symbol is normally used when parallelism is applied to a cylindrical feature 4. Multiple datum references may be used																				
PARALLELISM TOLERANCE ZONE: Two parallel planes (Default) A cylinder (when Ø is shown)																										
DRAWING 				INTERPRETATION 																						
				<table><tr><th>HOLE Ø</th><th>// TOL.</th><th>BONUS TOL.</th><th>TOTAL // TOL.</th></tr><tr><td>8.0</td><td>0.25</td><td>0</td><td>0.25</td></tr><tr><td>8.2</td><td>0.25</td><td>0.2</td><td>0.45</td></tr><tr><td>8.4</td><td>0.25</td><td>0.4</td><td>0.65</td></tr><tr><td>8.6</td><td>0.25</td><td>0.6</td><td>0.85</td></tr></table>			HOLE Ø	// TOL.	BONUS TOL.	TOTAL // TOL.	8.0	0.25	0	0.25	8.2	0.25	0.2	0.45	8.4	0.25	0.4	0.65	8.6	0.25	0.6	0.85
HOLE Ø	// TOL.	BONUS TOL.	TOTAL // TOL.																							
8.0	0.25	0	0.25																							
8.2	0.25	0.2	0.45																							
8.4	0.25	0.4	0.65																							
8.6	0.25	0.6	0.85																							

TOLLERANZE GEOMETRICHE

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

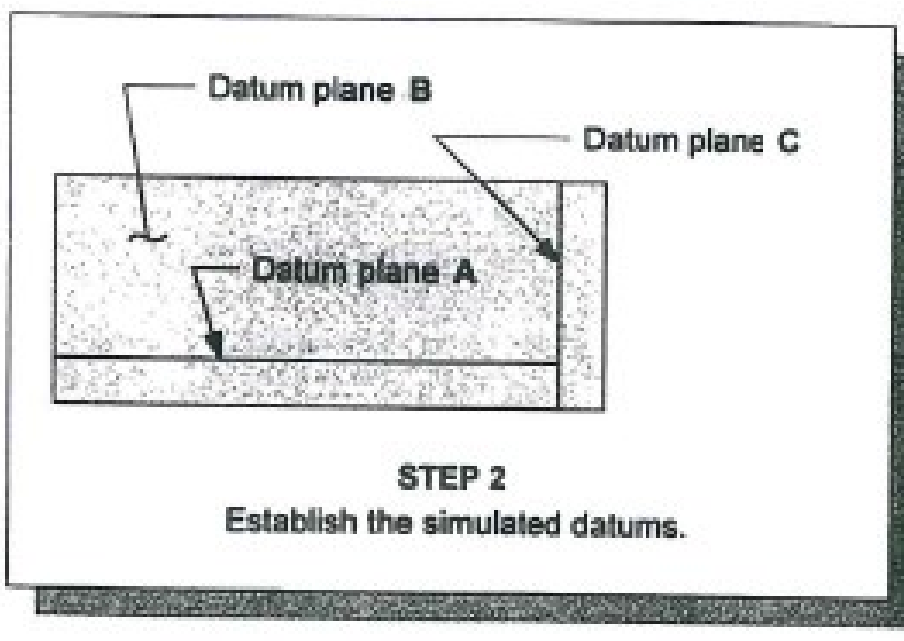
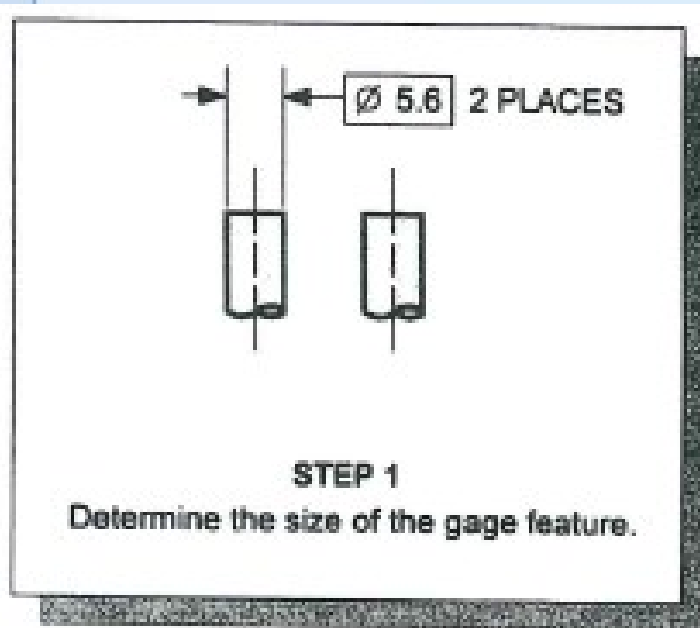
Metodo di costruzione di una fixture di prova - ex. ASME Y 14.5



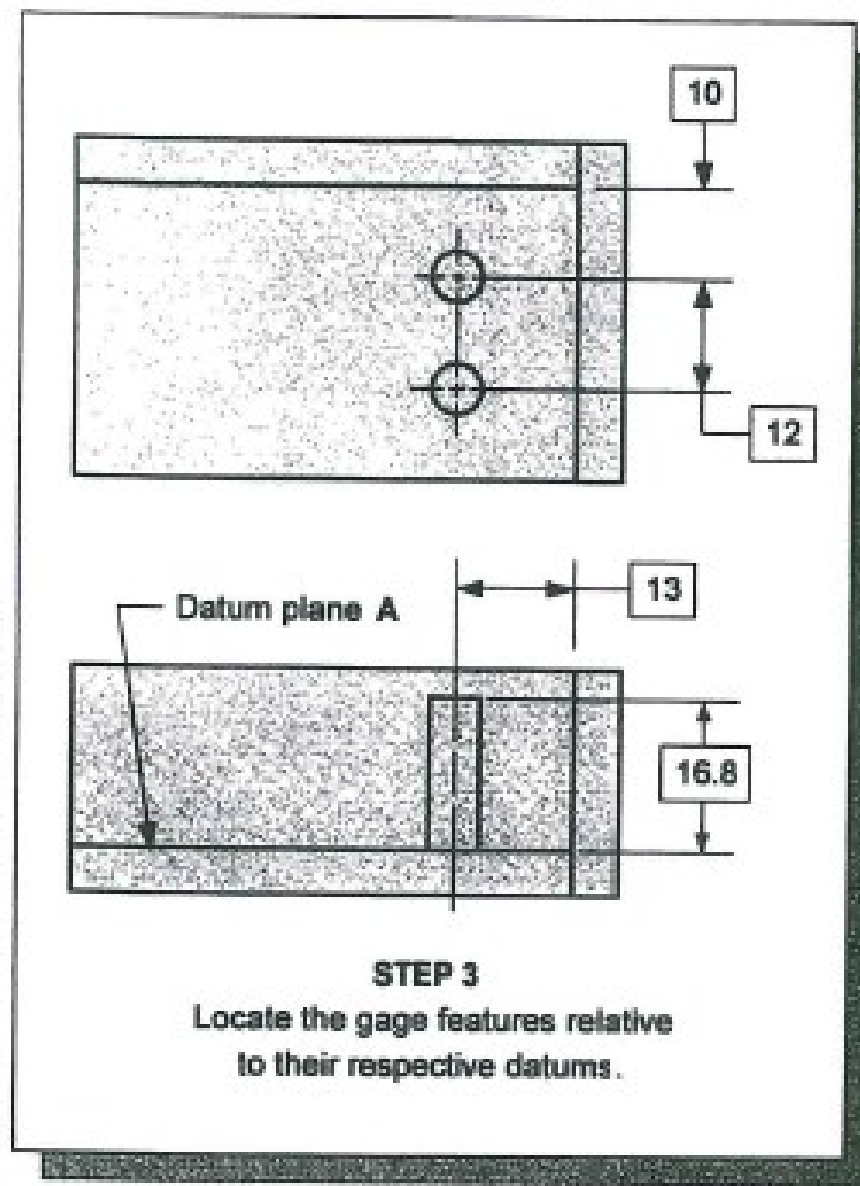
Tolleranze geometriche

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Metodo di costruzione di una fixture di prova - ex. ASME Y 14.5



DEFINIZIONE DELLA FIXTURE DI PROVA



Tolleranze geometriche

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Metodo di costruzione di una fixture per verifica parallelismo - ex. ASME Y 14.5

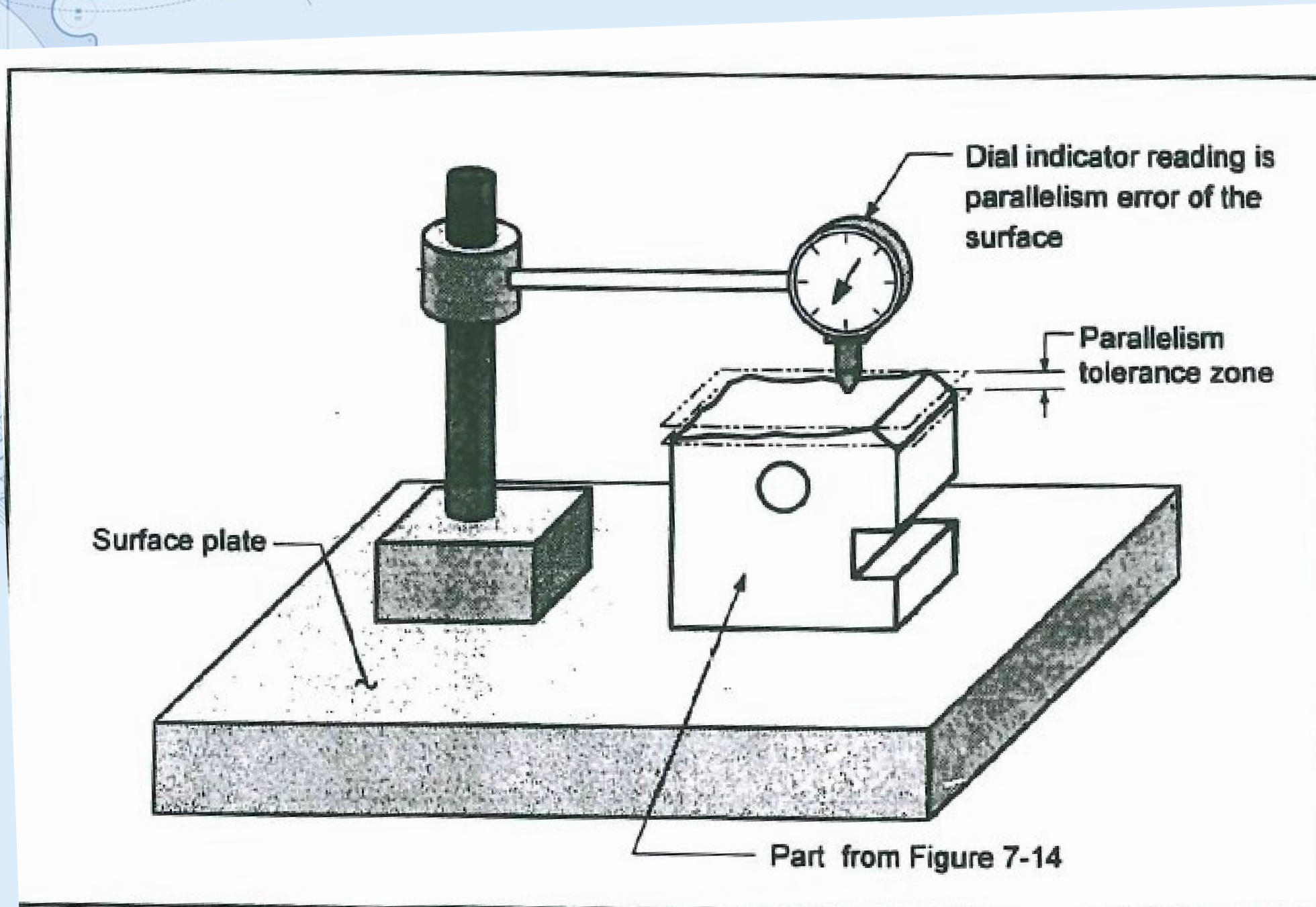
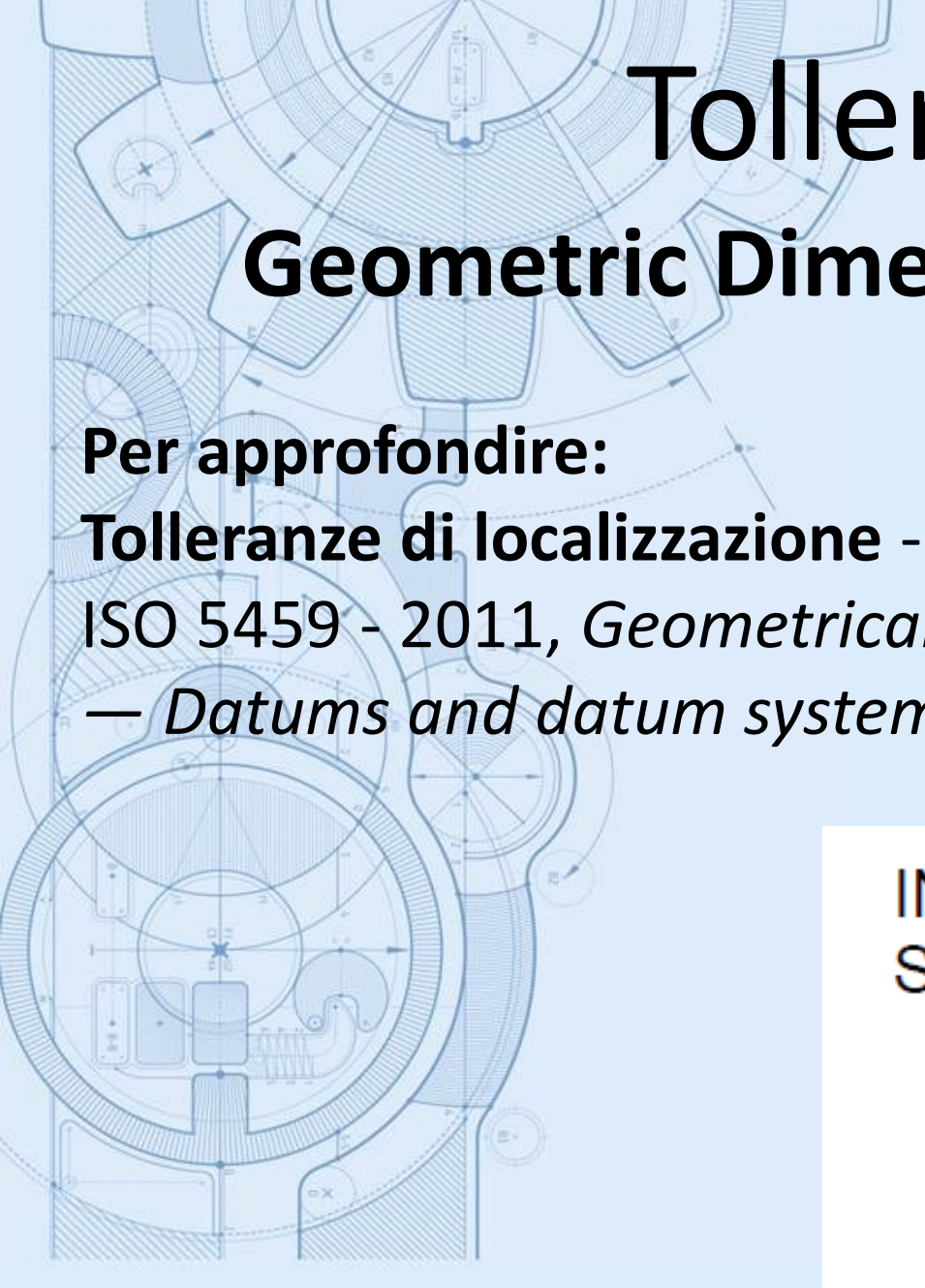


FIGURE 7-18 Verifying Parallelism



Tolleranze geometriche

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

Per approfondire:

Tolleranze di localizzazione - vedere anche

ISO 5459 - 2011, *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Datums and datum systems*

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
5459

Second edition
2011-08-15

**Geometrical product specifications
(GPS) — Geometrical tolerancing —
Datums and datum systems**

*Spécification géométrique des produits (GPS) — Tolérancement
géométrique — Références spécifiées et systèmes de références
spécifiées*



Bibliografia essenziale

- **A. Krulikowski** *Fundamentals of Geometric Dimensioning and Tolerancing*, 2nd ed. (Metric) 1997, Effective Training Inc. Wayne (MI)
- **G. Concheri**, Appunti del corso di Disegno Tecnico Industriale, Università di Padova, 2008
- **G. Manfè, R. Pozza, G. Scarato**, disegno meccanico volume 1-2-3 Ed. Principato, 1973
- **UNI EN ISO 1101 - 2004**, *Indicazione delle tolleranze geometriche: Tolleranze di forma, orientamento, localizzazione e oscillazione*
- **UNI EN ISO 5458 - 2001**, *Indicazione delle tolleranze di localizzazione*
- **UNI ISO TR 5460 - 2011**, *Tolleranze geometriche ... - Principi e metodi di verifica*