



Unione europea
Fondo sociale europeo



Regione Emilia-Romagna



**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)

Tipologie di quotatura

Quotatura

=

insieme di norme che permette l'indicazione **esplicita** delle dimensioni dell'oggetto rappresentato.

La quotatura completa di un oggetto è **limitata al disegno costruttivo**.

I disegni di assieme riportano poche quote (ingombri complessivi e/o quote d'interfaccia).

La quotatura di un disegno si realizza indicando un **insieme di quote necessario e sufficiente** al completo dimensionamento dell'oggetto rappresentato.

Quote ridondanti **possono** essere indicate per facilitare la lettura (quote ausiliarie): vengono contraddistinte da appositi segni grafici.

Tipologie di quotatura

Nella pratica industriale, non è sufficiente che la quotatura di un oggetto sia corretta da un punto di vista geometrico.

Esistono diversi approcci, geometricamente corretti, alla quotatura: solo alcuni sono validi dal punto di vista tecnico.

La validità tecnica è funzione dell'ambito di utilizzo del disegno.

Si distinguono, in particolare, due tipologie: quotatura funzionale e quotatura tecnologica.

Quotatura funzionale

Le quote vengono attribuite sulla base del **corretto funzionamento** dell'oggetto.

Le quote si dividono in:

- **funzionali**
- **non funzionali**
- **ausiliarie**

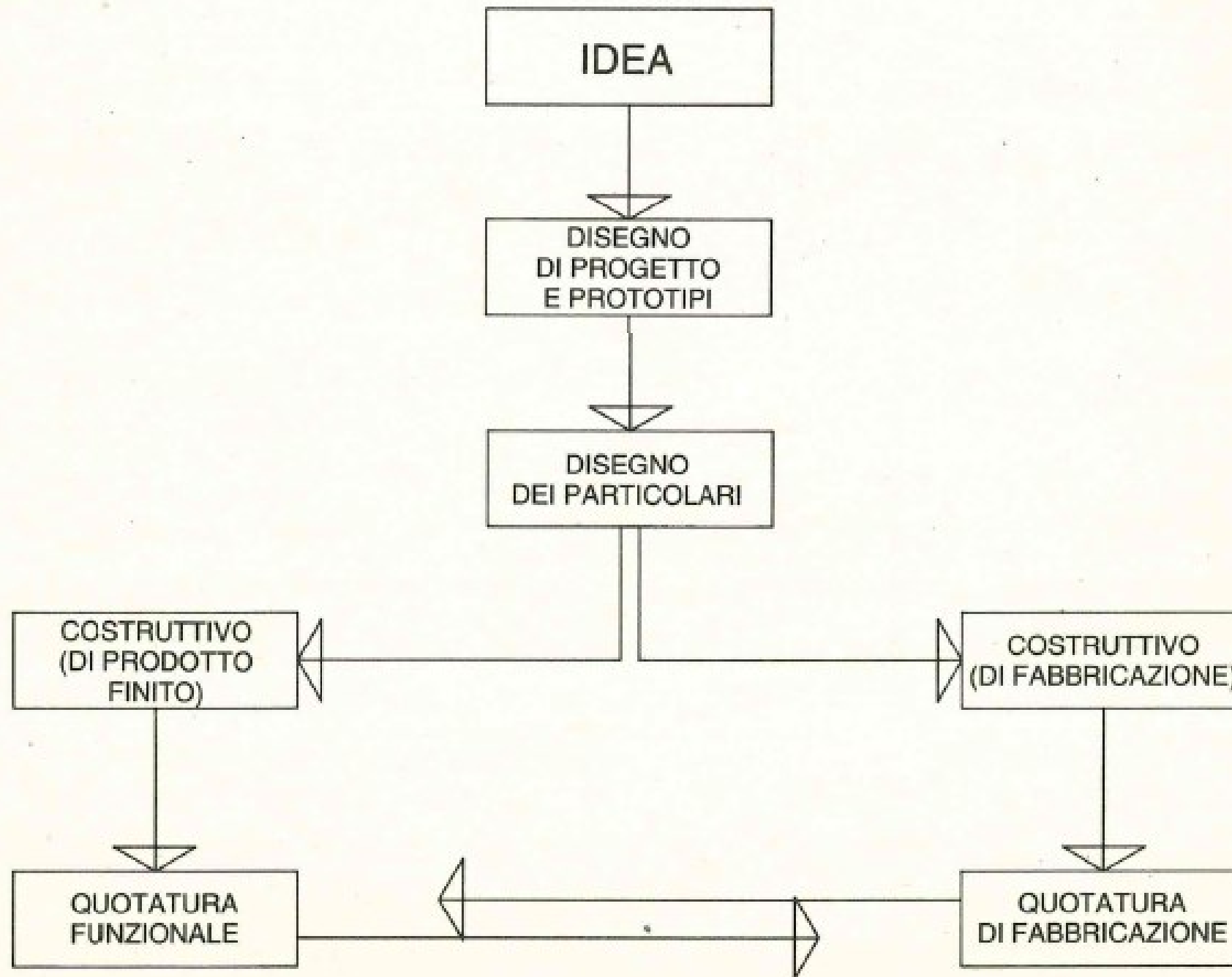
Quotatura tecnologica (o di fabbricazione)

Le quote vengono attribuite sulla base del particolare **ciclo di lavorazione utilizzato** per produrre il componente.

Tipologie di quotatura

DALL'IDEAZIONE AI DIFFERENTI TIPI DI DISEGNO

TAVOLA
3.4



Quotatura Funzionale

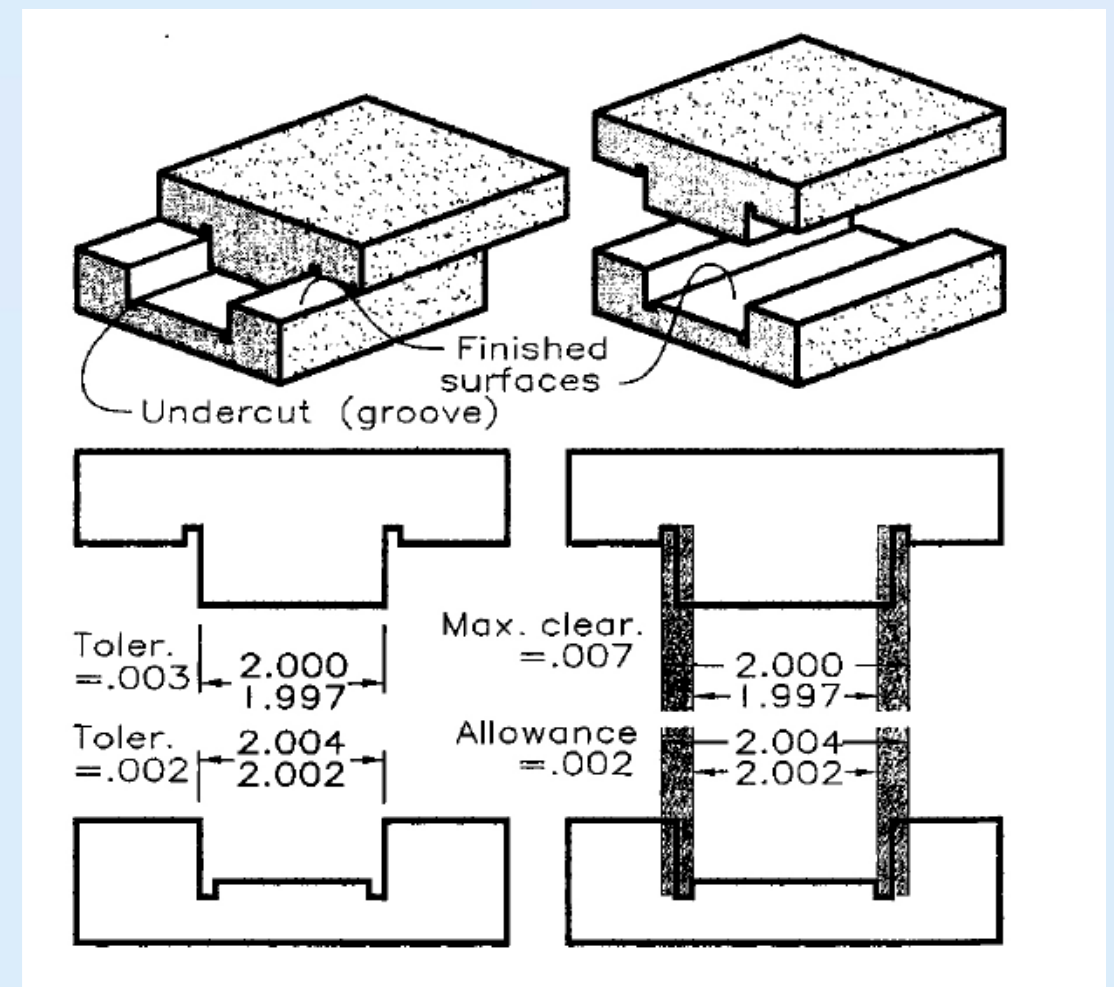
Le quote **funzionali** ricoprono un ruolo fondamentale per il funzionamento del componente.

Le quote **non funzionali** sono quote che non ricoprono un ruolo essenziale per il funzionamento del componente.

Le quote **ausiliarie** sono quote deducibili, per somma o differenza, da quote dei primi due tipi. Devono essere indicate tra parentesi.

Esempio (1):

le quote relative alla **larghezza della scanalatura** del componente inferiore ed alla **larghezza del risalto** nel componente superiore sono **quote funzionali**.



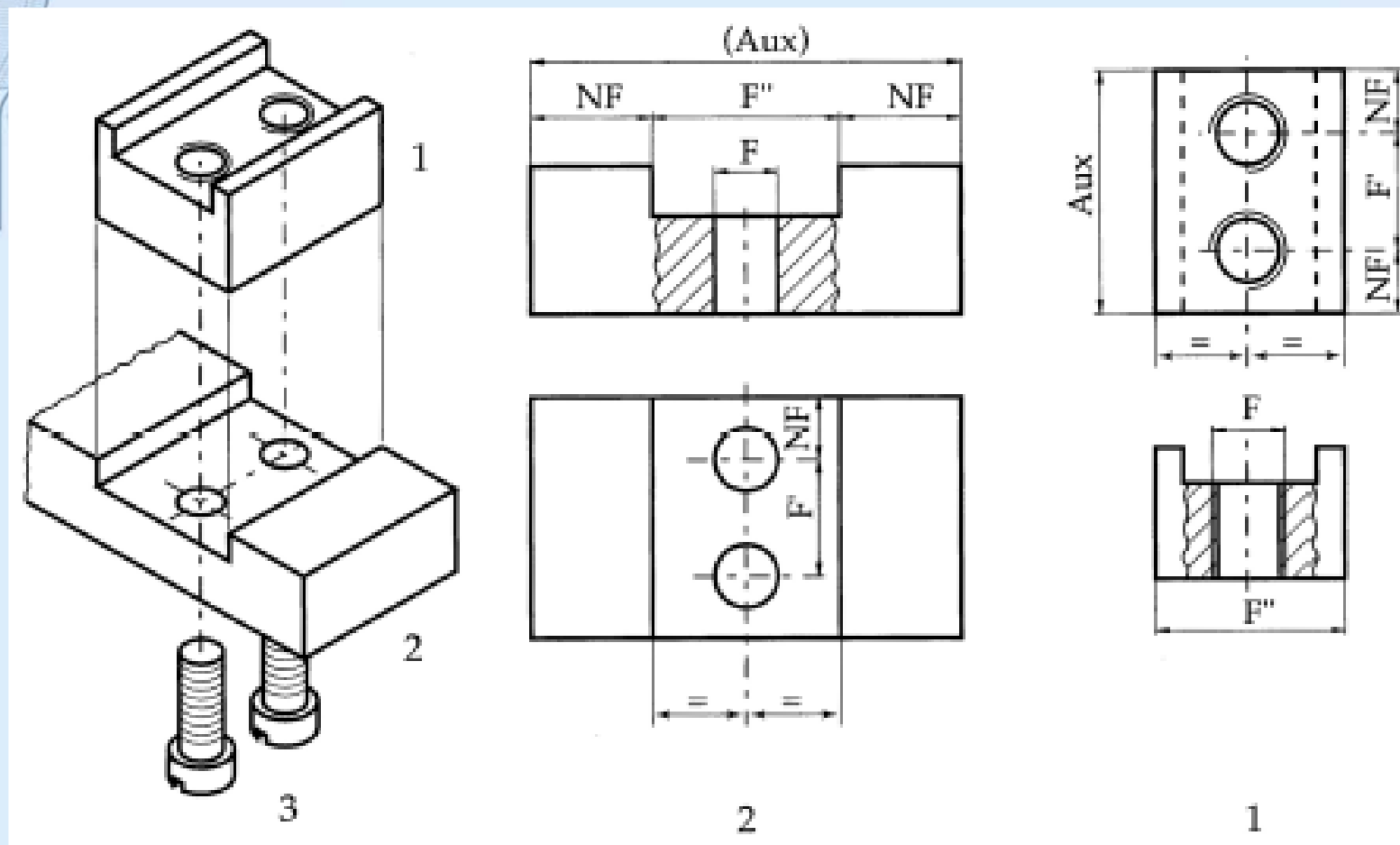
Quotatura Funzionale

Esempio (2):

Il blocco (1) deve accoppiarsi al profilo (2) mediante le due viti (3).

Le quote funzionali sono:

- F perché i fori devono permettere il passaggio delle viti, con un certo gioco
- F' perché l'interasse viti deve essere uguale in (1) e (2)
- F'' perché la larghezza del profilo (2) deve essere 'uguale' a quella del blocco (1)



Quotatura Funzionale

Esempio (3):

Complessivo composto da: **perno filettato (1)**, **biella (2)** e **corpo (3)**.

Requisito funzionale = **la biella deve poter ruotare attorno al perno**.

Consideriamo per semplicità soltanto le quote assiali (sulle radiali si applicano ragionamenti analoghi).

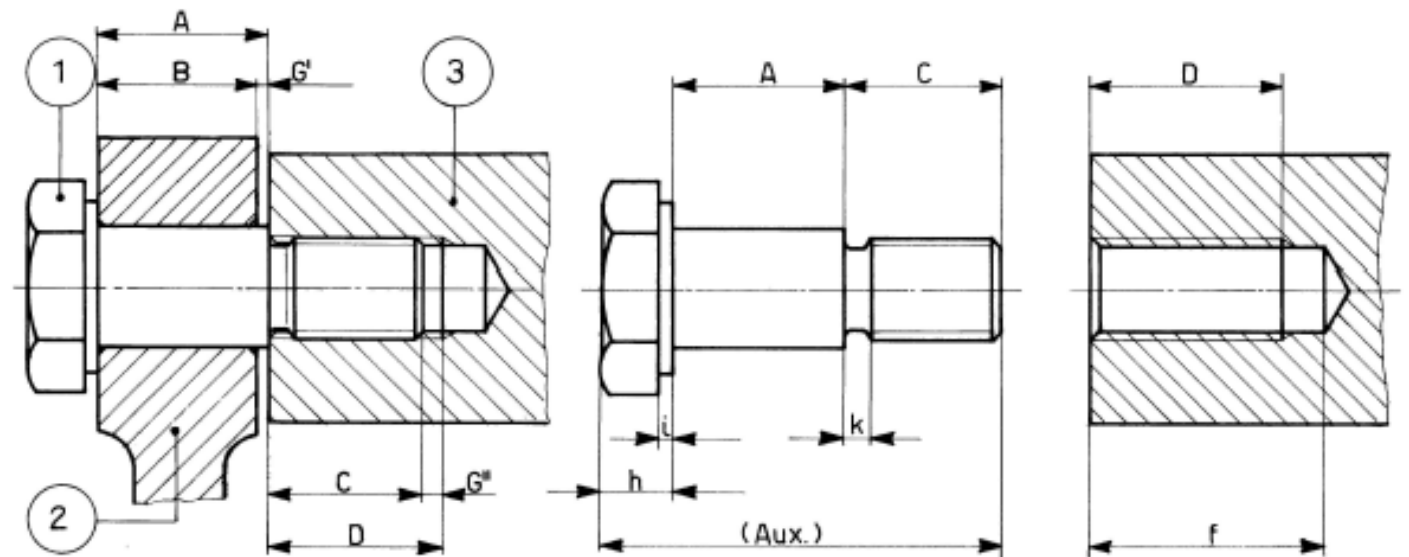
Per il corretto funzionamento si deve avere:

1. $G' = A - B > 0$

(le quote A e B sono funzionali)

2. $G'' = D - C > 0$

(le quote C e D sono funzionali)



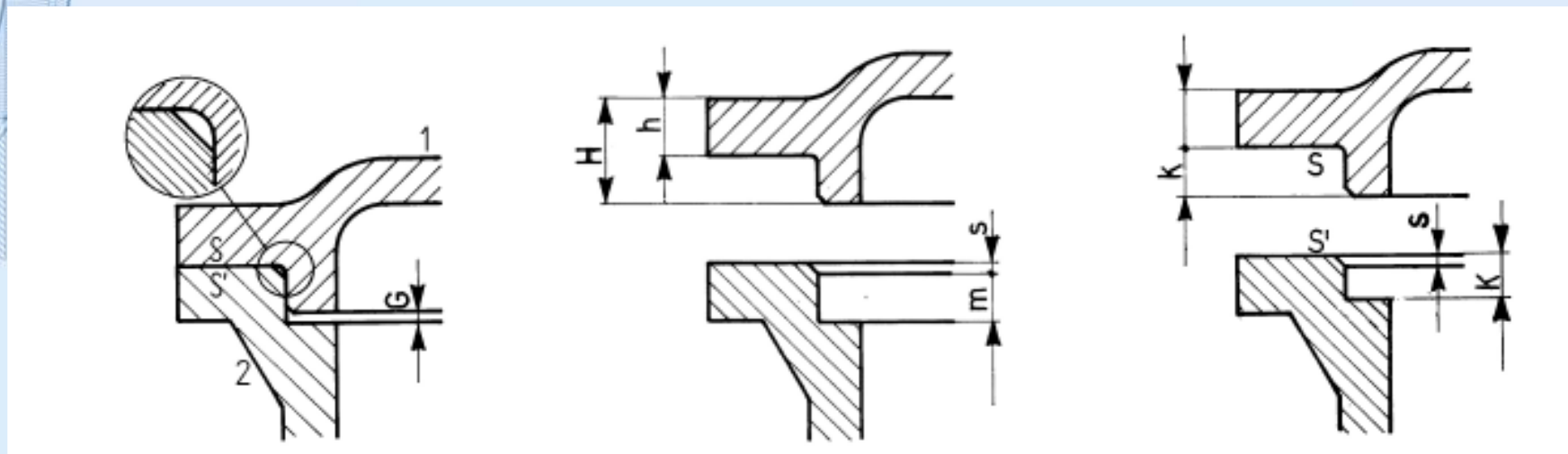
Quotatura Funzionale

Esempio (4):

Complessivo composto da: **coperchio (1)** e **recipiente (2)**.

Requisito funzionale = **il coperchio deve potersi accoppiare con il recipiente.**

Consideriamo per semplicità soltanto le quote assiali (sulle radiali si applicano ragionamenti analoghi).



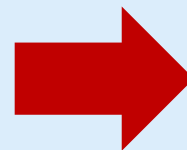
(a)

(b)

Per il corretto funzionamento si deve avere:

1. $G = K - k > 0$

(le quote K e k sono funzionali)



La quotatura (b) è preferibile, perché permette di confrontare direttamente k con K

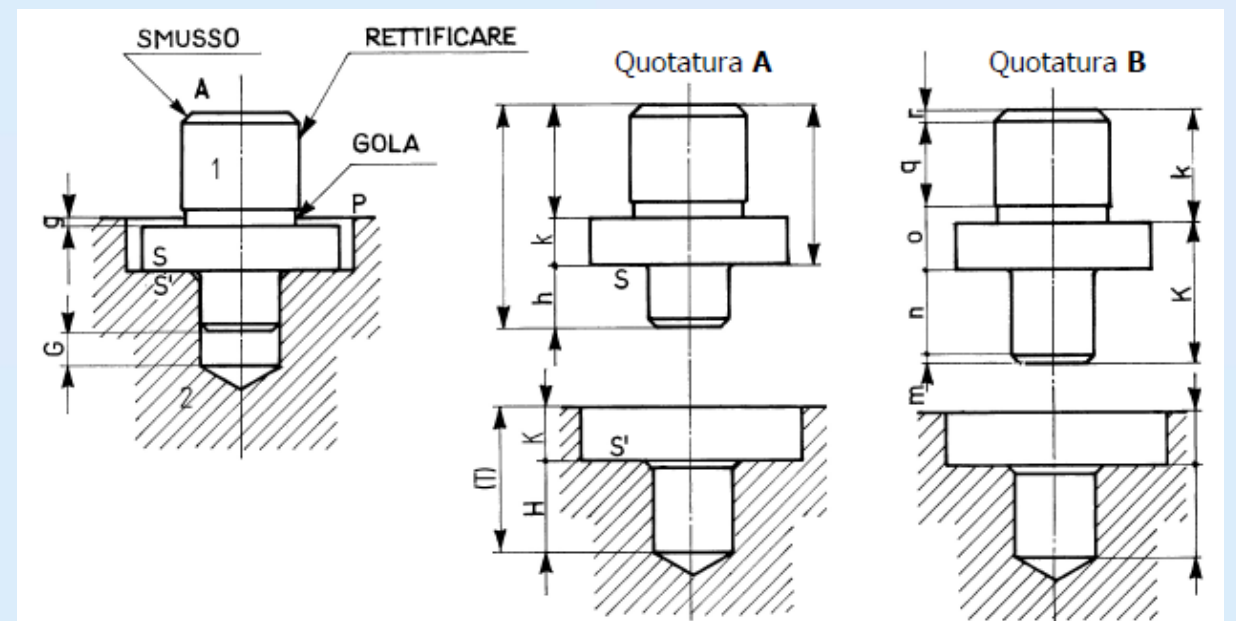
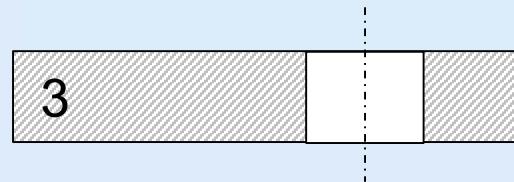
Quotatura Funzionale

Esempio (5):

Complessivo composto da: **puntalino (1)**, **piano (2)** e **piastra (3)**

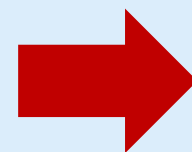
Requisito funzionale = **il puntalino deve riferire la piastra al piano.**

Consideriamo per semplicità soltanto le quote assiali (sulle radiali si applicano ragionamenti analoghi).



Per il corretto funzionamento si deve avere:

1. $G = H - h > 0$
(le quote H e h sono funzionali)
2. $g = K - k > 0$
(le quote K e k sono funzionali)



La **quotatura (a)** è **preferibile**, perché permette di confrontare direttamente le quote funzionali

Quotatura Tecnologica

La quotatura tecnologica attribuisce le **quote sulla base del procedimento di produzione prescelto.**

È pensata in modo che l'operatore trovi direttamente a disegno le quote necessarie per le lavorazioni, senza doverle ricavare con calcoli.

La quotatura funzionale e la quotatura di fabbricazione possono coincidere o meno.

SE QUOTATURA TECNOLOGICA E FUNZIONALE NON COINCIDONO

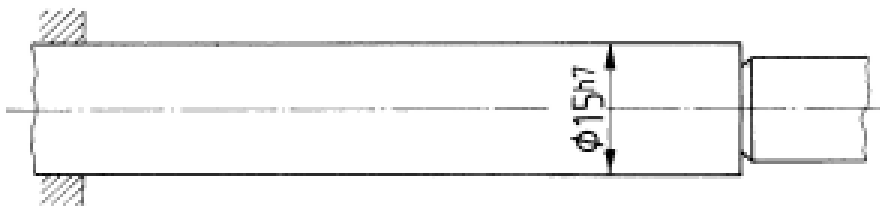
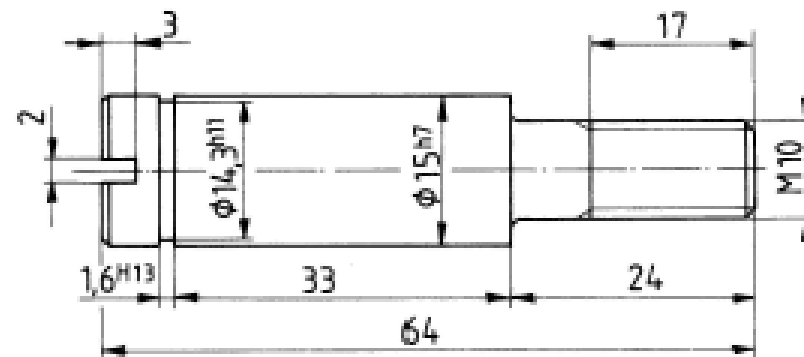
- Occorre ricavare le quote di fabbricazione dalle quote funzionali (**trasferimento di quote**).

Le quote funzionali originarie devono essere **sostituite da nuove quote con tolleranze proprie.**

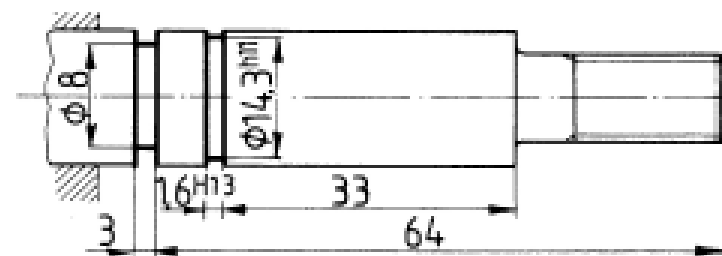
Il trasferimento non è sempre possibile: in alcuni casi è necessario modificare le quote funzionali o le loro tolleranze.

Quotatura Tecnologica

Esempio (6) Quotatura tecnologica di un perno filettato.



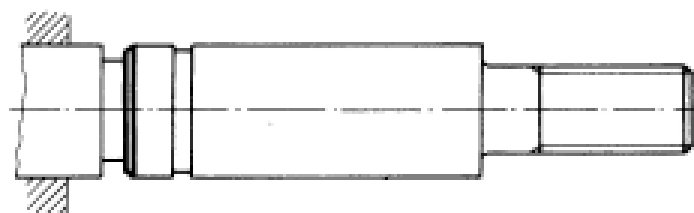
Operazione 1: tornitura cilindrica



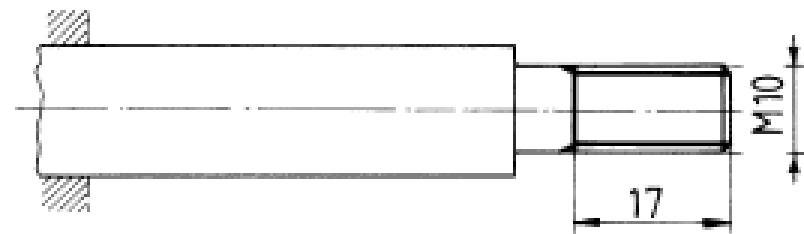
Operazione 4: esecuzione sede per anello e pretaglio



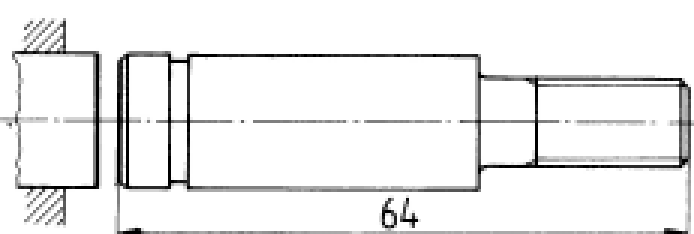
Operazione 2: tornitura cilindrica



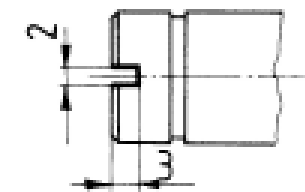
Operazione 5: esecuzione smusso



Operazione 3: esecuzione filettatura



Operazione 6: taglio a lunghezza



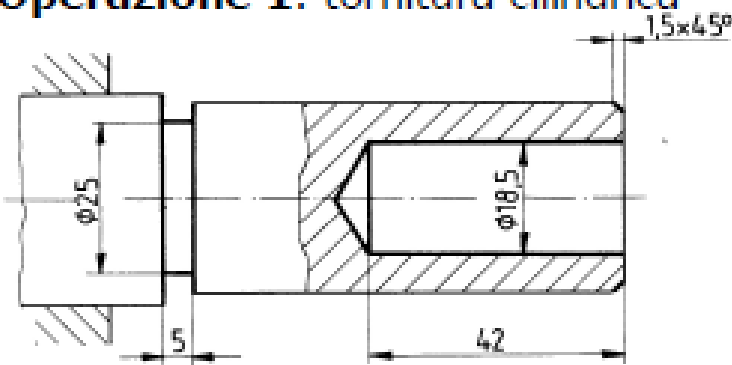
Operazione 7: fresatura testa

Quotatura Tecnologica

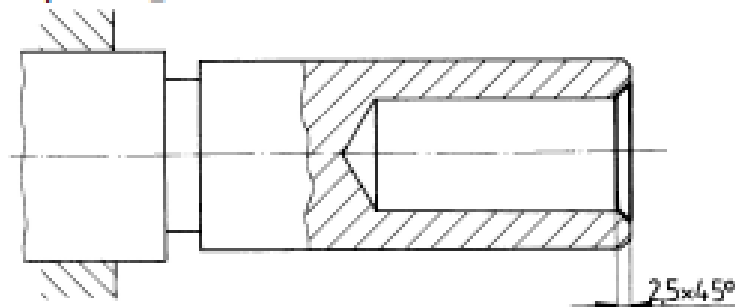
Esempio (7) Quotatura tecnologica di un perno.



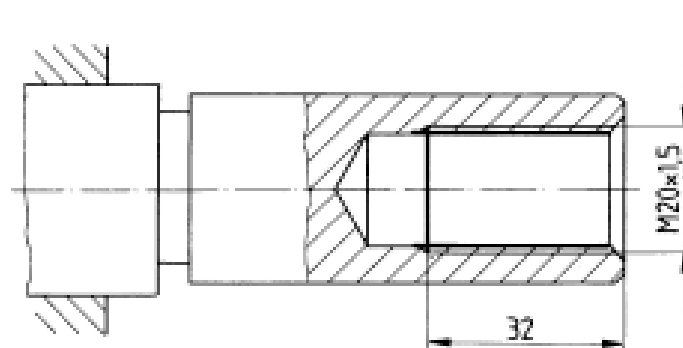
Operazione 1: tornitura cilindrica



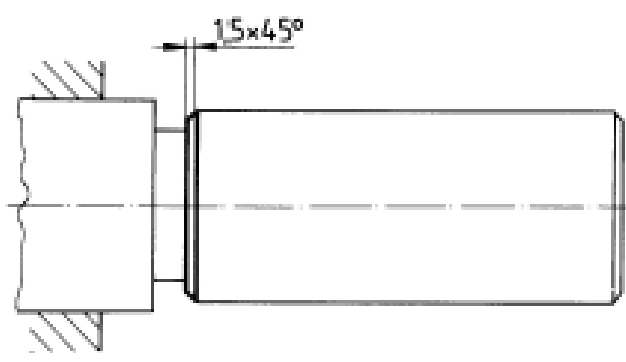
Operazione 2: esecuzione foro, smusso e pretaglio



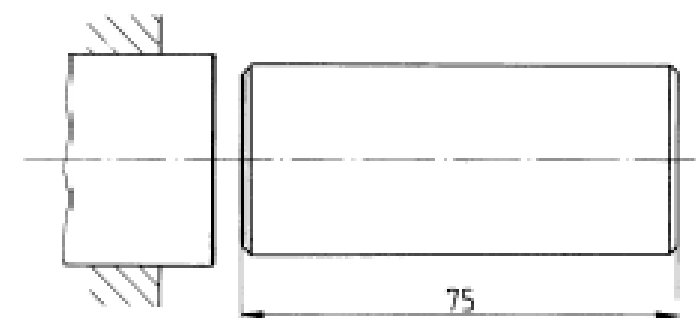
Operazione 3: esecuzione smusso



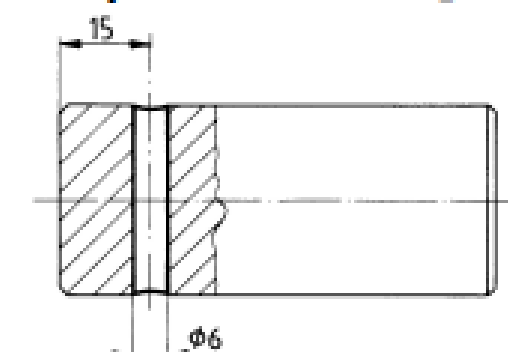
Operazione 4: esecuzione filettatura



Operazione 5: esecuzione smusso



Operazione 7: taglio a lunghezza

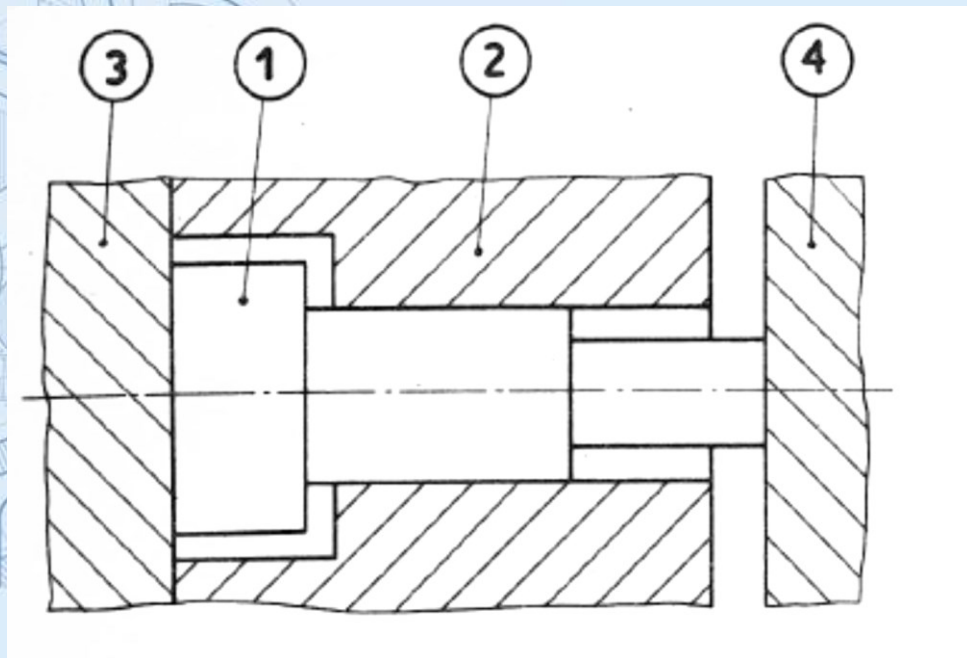


Operazione 8: esecuzione foro

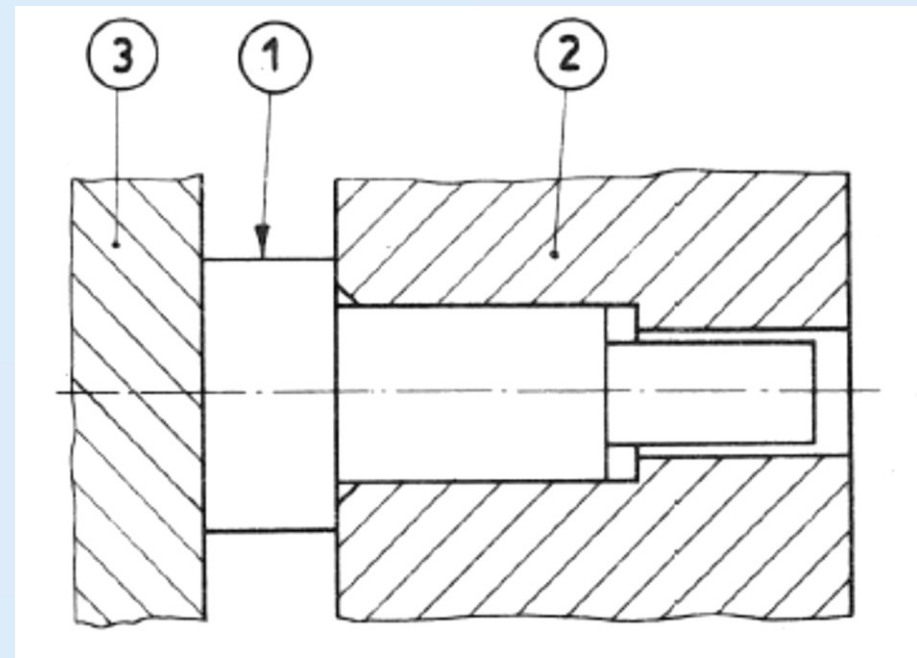
Esercizio

Esercizio (1): quotatura funzionale

Sviluppare la quotatura funzionale del perno (1), per ognuna delle due condizioni d'impiego (a) e (b).



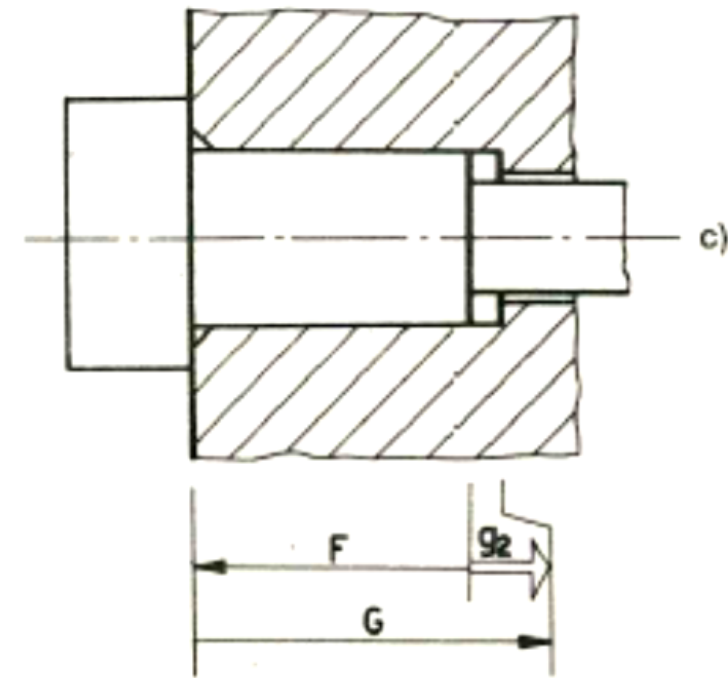
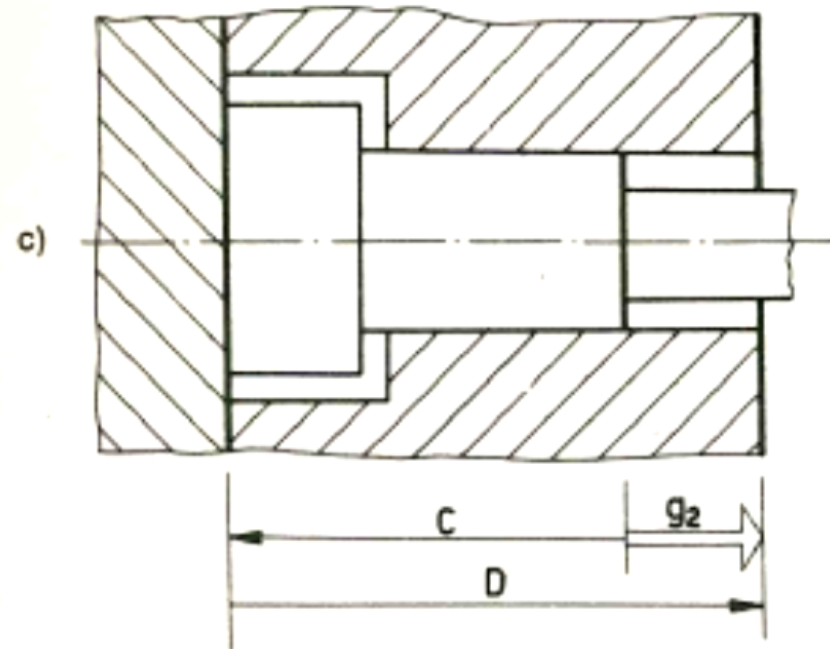
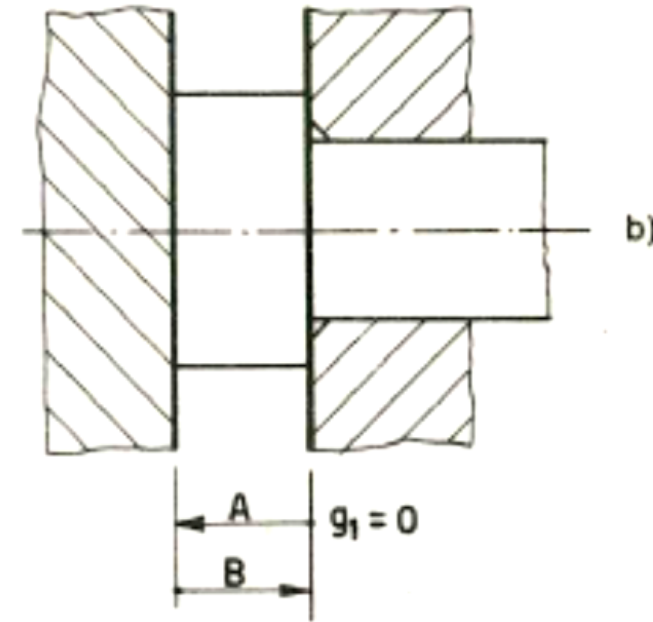
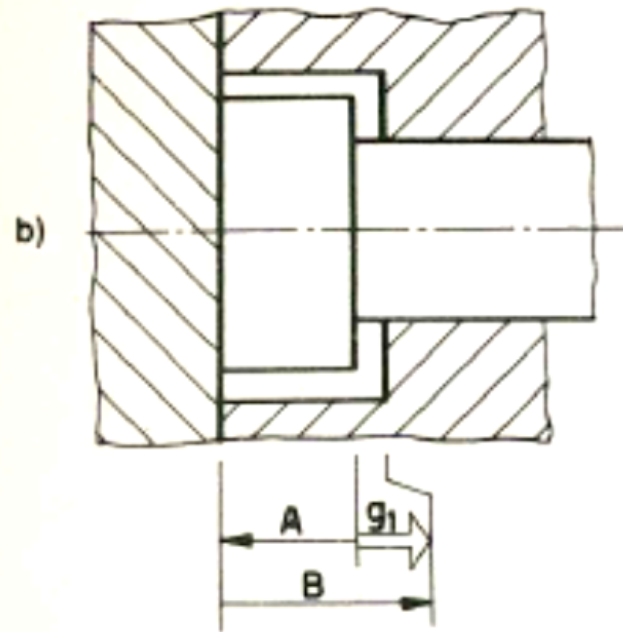
(a)



(b)

Esercizio

Soluzione (1): quotatura funzionale



Esercizio

Soluzione (1): quotatura funzionale

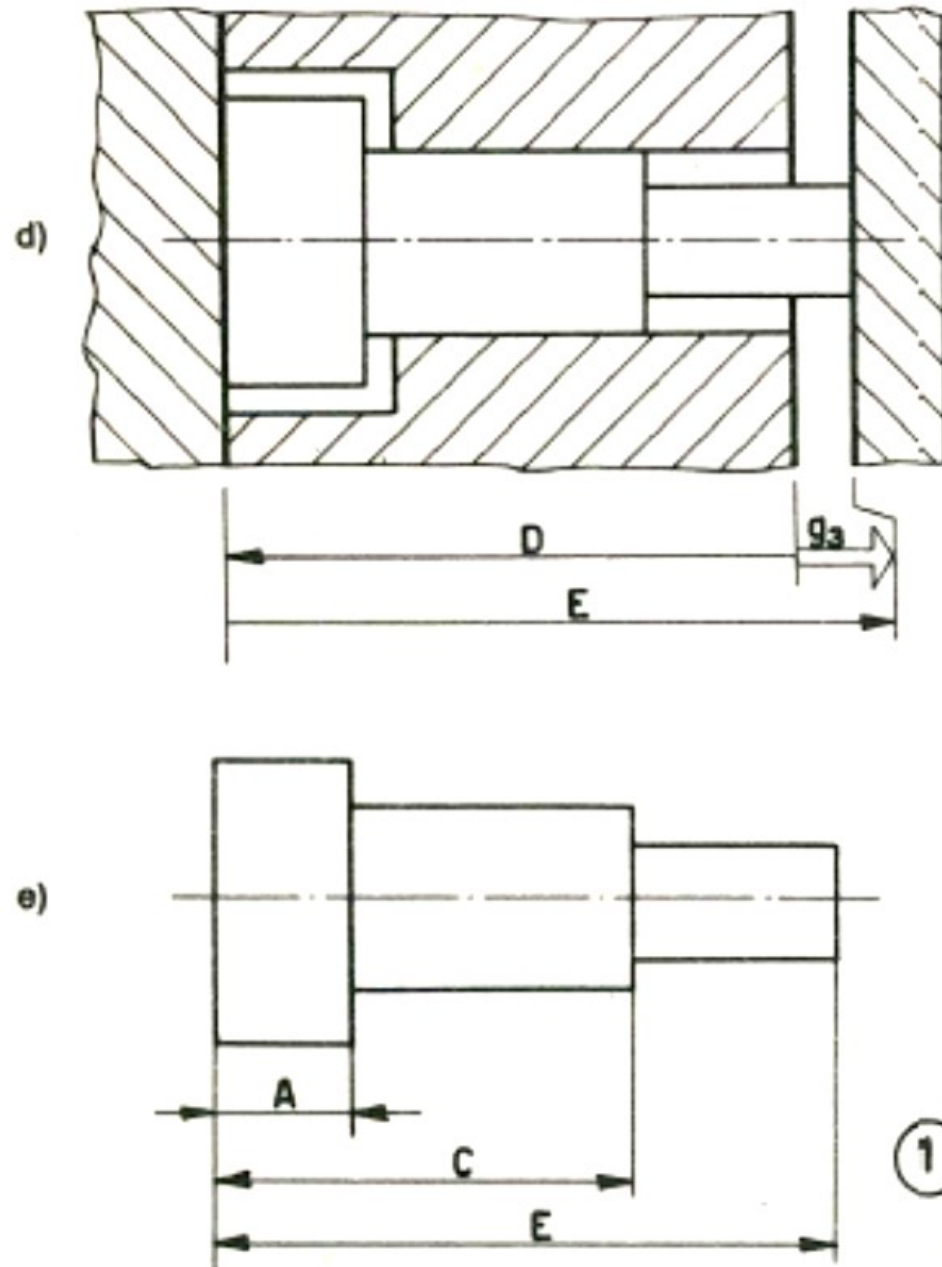


Fig. 1.50 - Primo esempio di applicazione del perno ①.
Le tre condizioni relative sono espresse graficamente dai vettori-condizione g_1 , g_2 e g_3 . Stabilendo per ogni condizione la catena minima di quote si ottengono le catene rappresentate dalle quali si ricava infine la quotatura funzionale del perno.

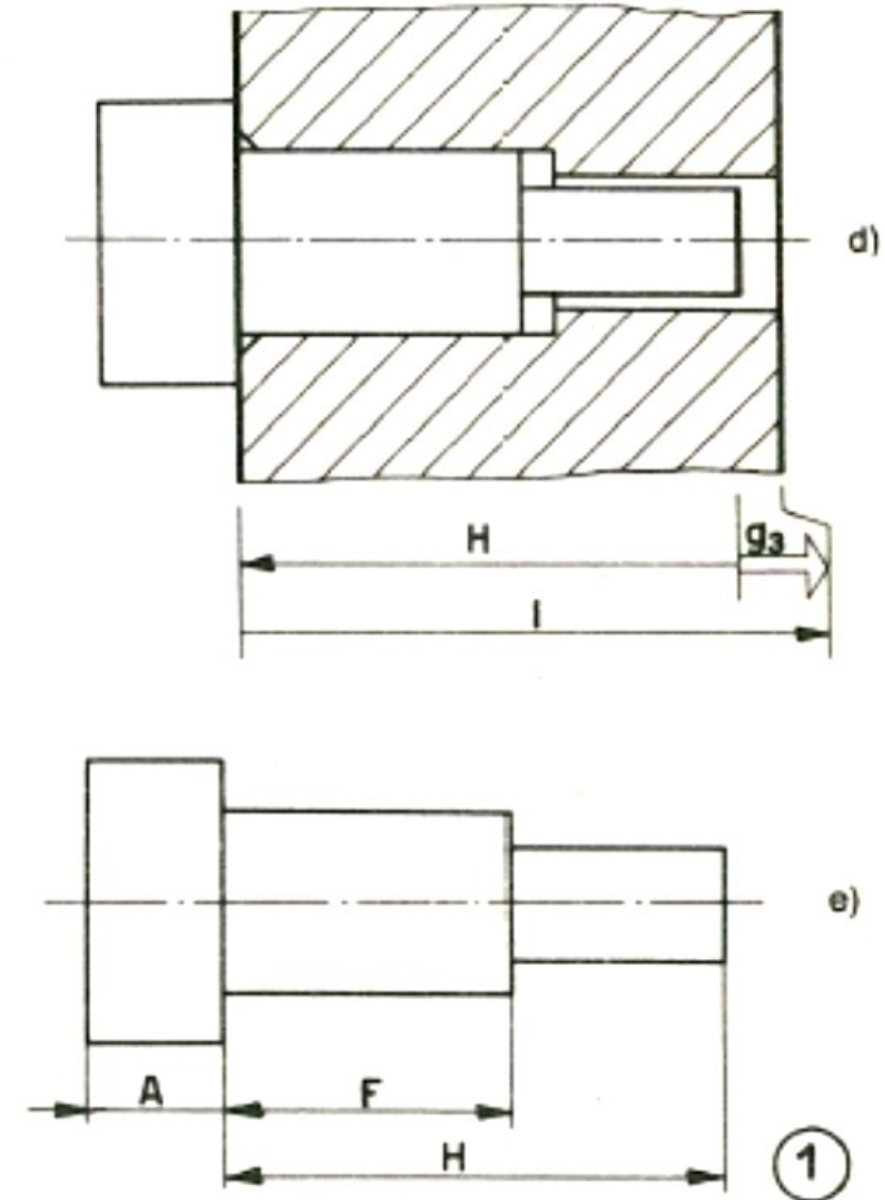
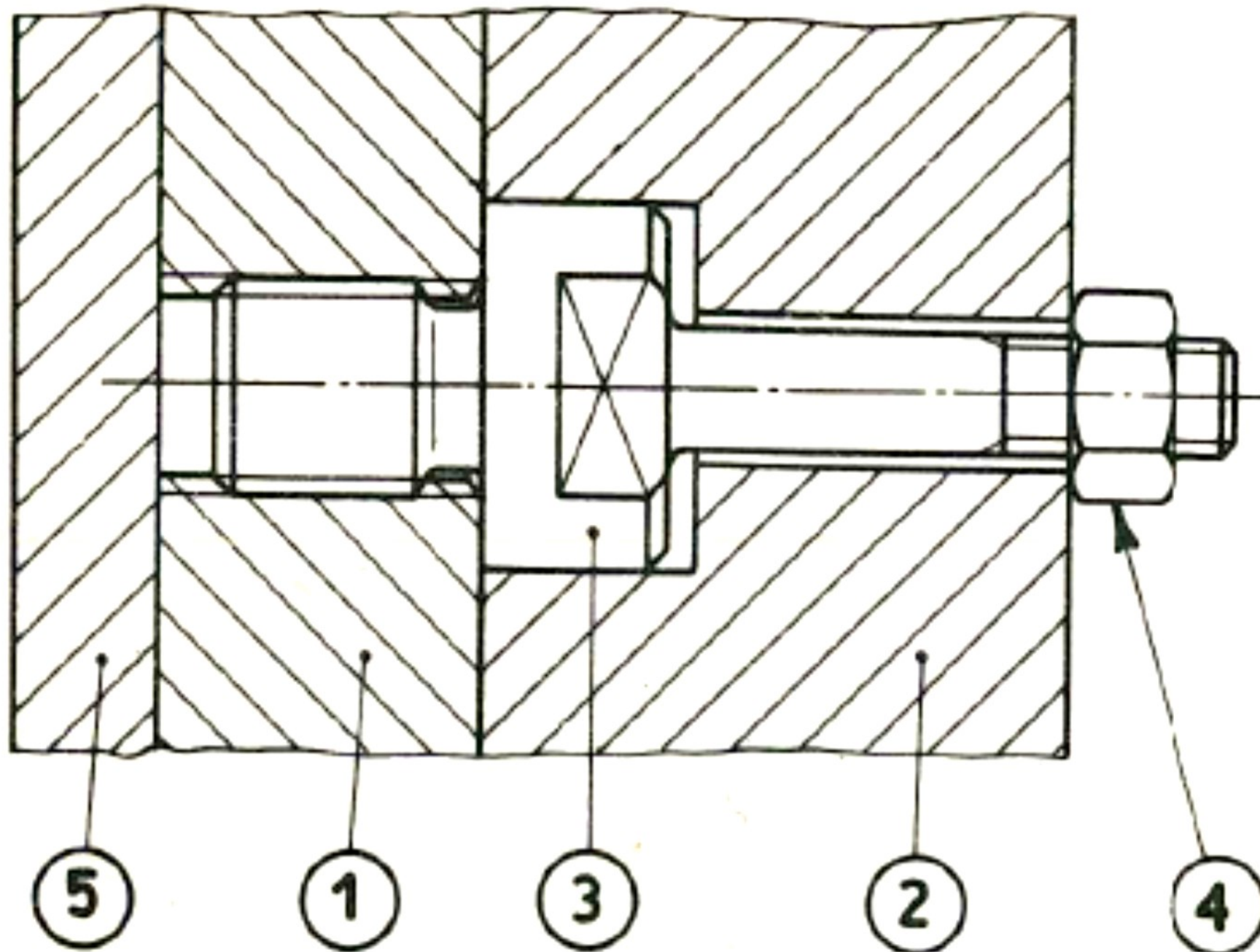


Fig. 1.51 - Secondo esempio di applicazione del perno ①.
Il confronto fra le due quotature funzionali mostra con sufficiente evidenza come le condizioni d'impiego influenzino la quotatura.

Esercizio

Esercizio (2): quotatura funzionale

Sviluppare la quotatura funzionale del pezzo (3).



Esercizio

Soluzione (2): quotatura funzionale

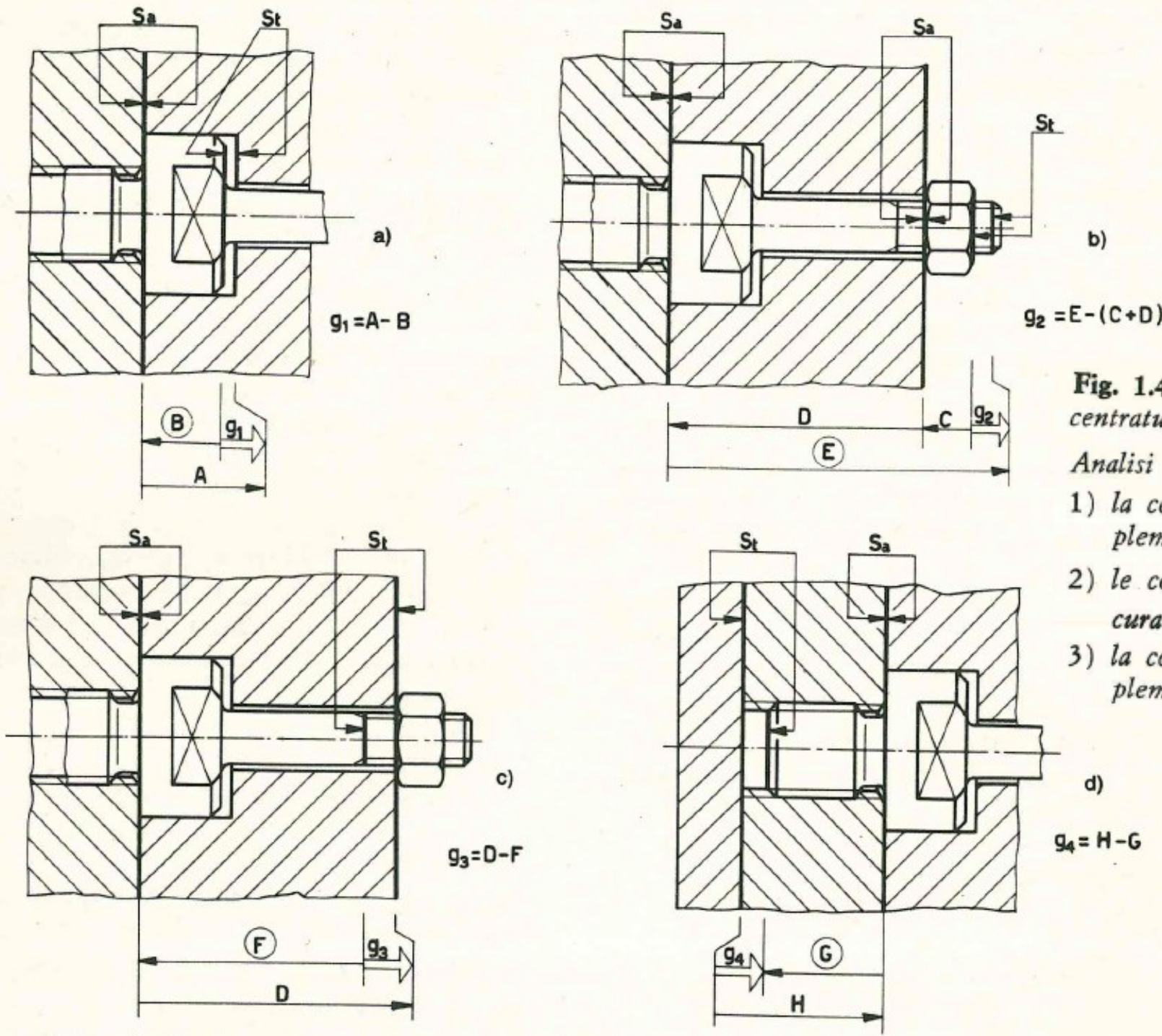


Fig. 1.47 - Disegno d'insieme di applicazione di un perno di centratura.

Analisi funzionale:

- 1) la condizione g_1 deve eliminare il pericolo di vincolo supplementare tra i pezzi ② e ③;
- 2) le condizioni g_2 e g_3 sono quelle che garantiscono una sicura immobilizzazione, con vite a dado, del pezzo ②;
- 3) la condizione g_4 deve eliminare il pericolo di vincolo supplementare tra i pezzi ③ e ⑤.

Esercizio

Soluzione (2): quotatura funzionale

Fig. 1.48 - Le condizioni funzionali sono quelle che risultano dall'analisi esposta in fig. 1.47 e sono indicate dai vettori-condizione g_1, g_2, g_3, g_4 , che hanno per convenzione sempre verso positivo. La prima quota della catena ha l'origine coincidente con l'origine di ogni vettore-condizione, parte cioè dalla superficie terminale St che sta più a sinistra (o più in basso se le quote sono disposte verticalmente). Essa indica la dimensione esistente tra detta superficie terminale e la prima superficie di appoggio Sa . Le altre quote vanno poi segnate di seguito, sempre rappresentandole con vettori che vanno da una superficie di contatto all'altra, finché l'ultima chiude la catena sulla seconda superficie terminale St .

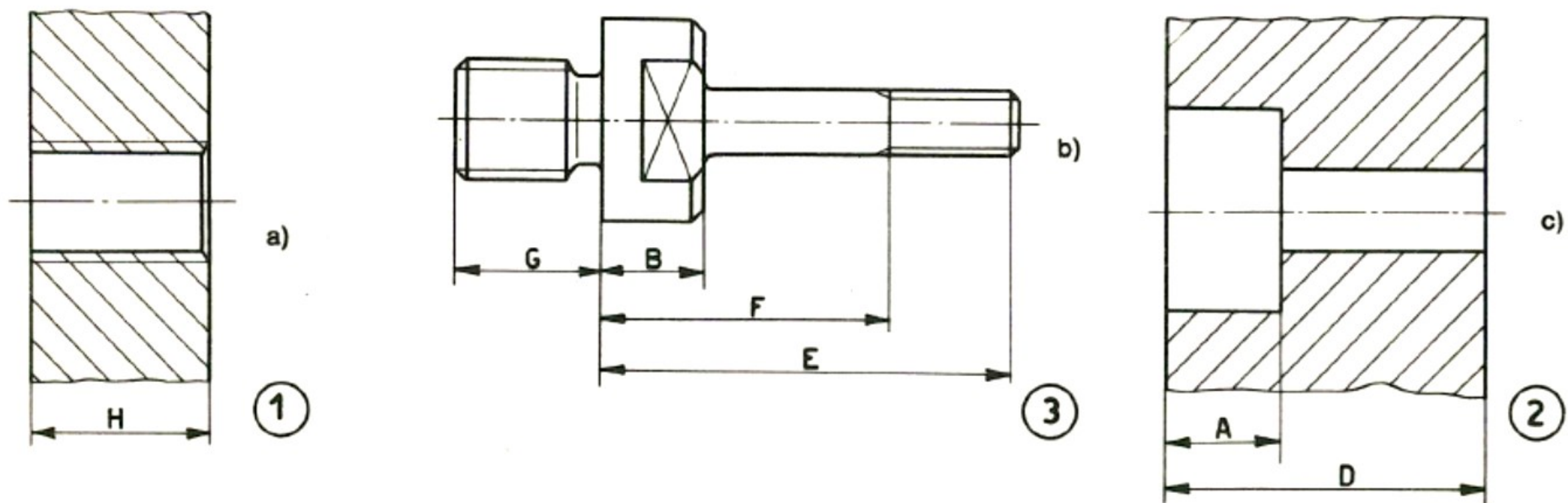
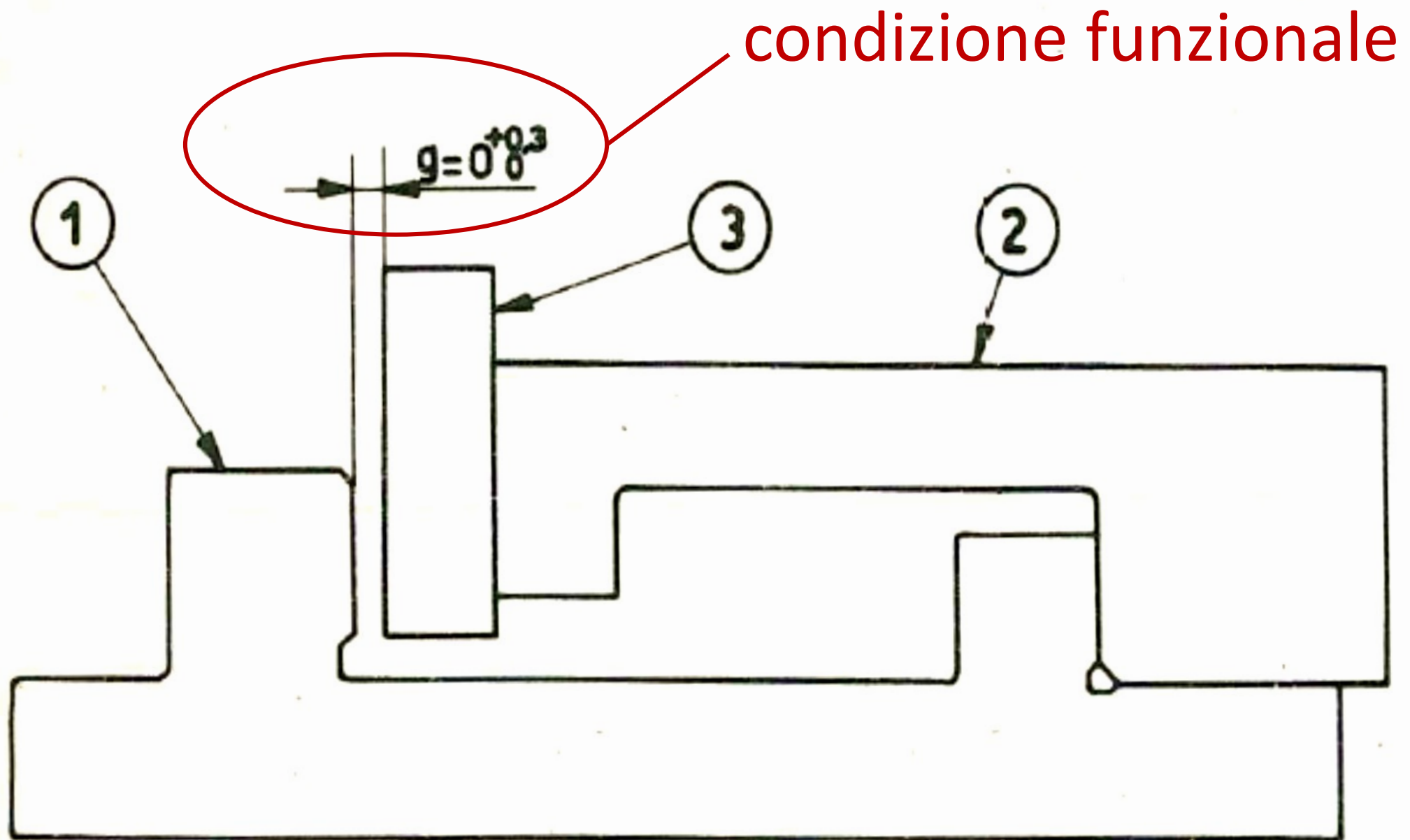


Fig. 1.49 - Quotatura funzionale dei tre pezzi ①, ③, ②. Nelle figure 1.48 a), b), c) e d), le quote del pezzo ③ sono racchiuse in cerchietti.

Esercizio

Esercizio (3): quotatura funzionale

Sviluppare la quotatura funzionale dei pezzi (1), (2) e (3).



Esercizio

Soluzione (3)

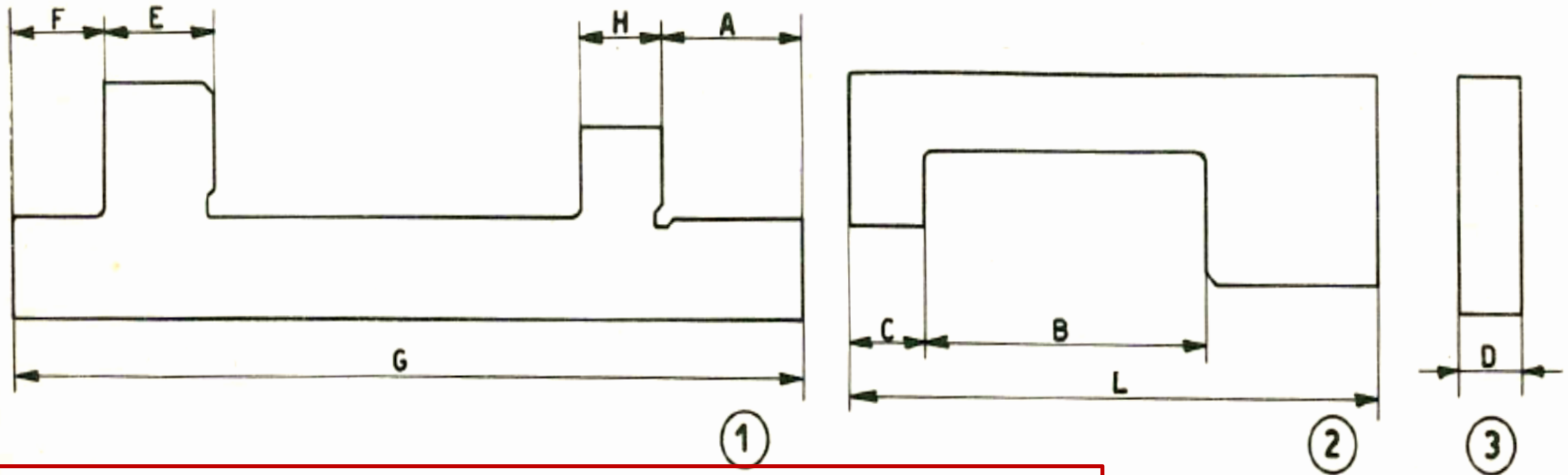


Fig. 1.53 - Questa quotatura ignora completamente l'attitudine all'impiego dei pezzi.

Esercizio

Soluzione (3)

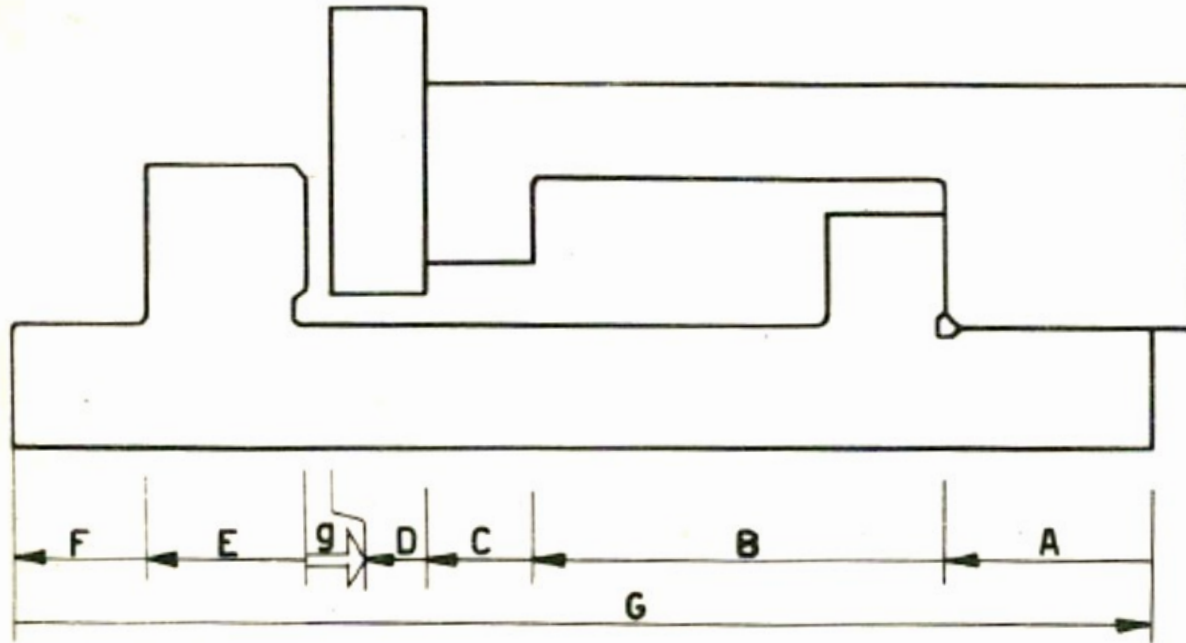


Fig. 1.54 - La quotatura stabilita in precedenza istituisce il gioco funzionale tramite sette quote:

$t_g = t_A + t_B + t_C + t_D + t_E + t_F + t_G = 0,30 \text{ mm}$
La catena di quote non è quella minima. La tolleranza stabilita $g = 0 + {}^0_{0,30}$ va ripartita quindi su sette quote e quindi si raggiungeranno valori così piccoli da rendere antieconomica la successiva fabbricazione.

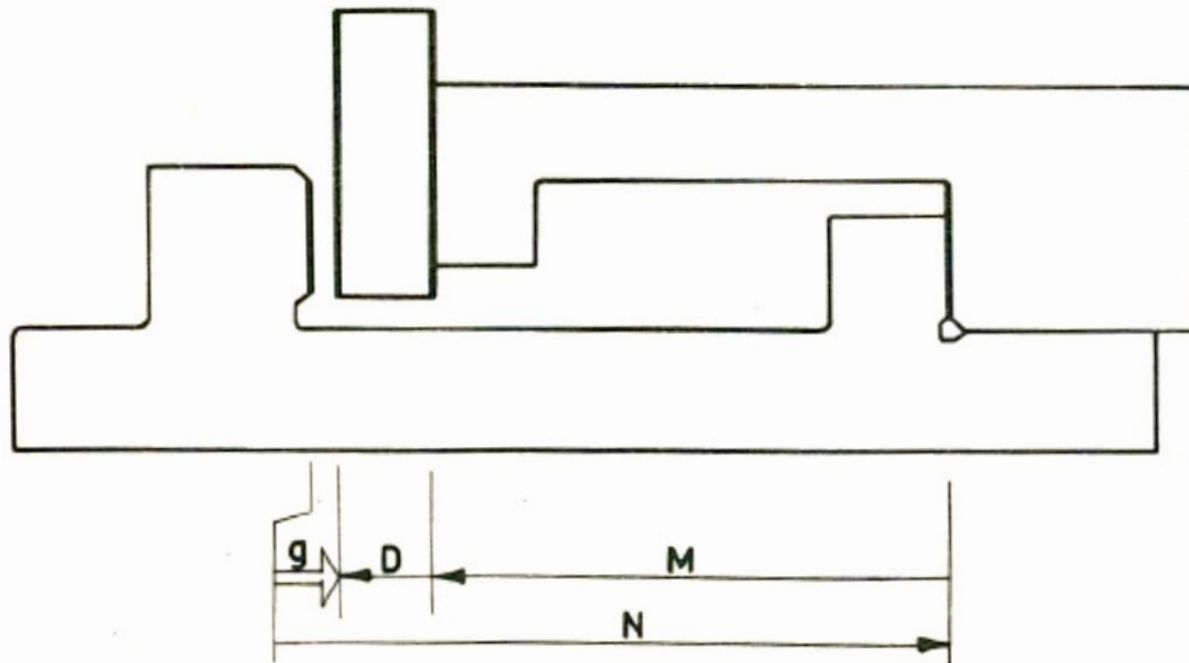


Fig. 1.55 - Con l'indicazione della catena minima di quote che istituisce il gioco funzionale, questa comporta una sola quota funzionale per ogni pezzo. La stessa tolleranza di gioco viene suddivisa fra tre quote.

$$t_g = t_M + t_N + t_D = 0,30 \text{ mm}$$

La soluzione, per l'insieme dato, è razionale ed economicamente possibile.

Infatti il pezzo al quale può essere assegnata la tolleranza più piccola, perché più facilmente realizzabile, è quella avente la quota D. Una volta assegnati a D i limiti max. e min. sarà facile determinare i limiti delle quote M ed N col metodo illustrato nella tavola successiva.

Esercizio

Esercizio (4): determinazione delle tolleranze dimensionali

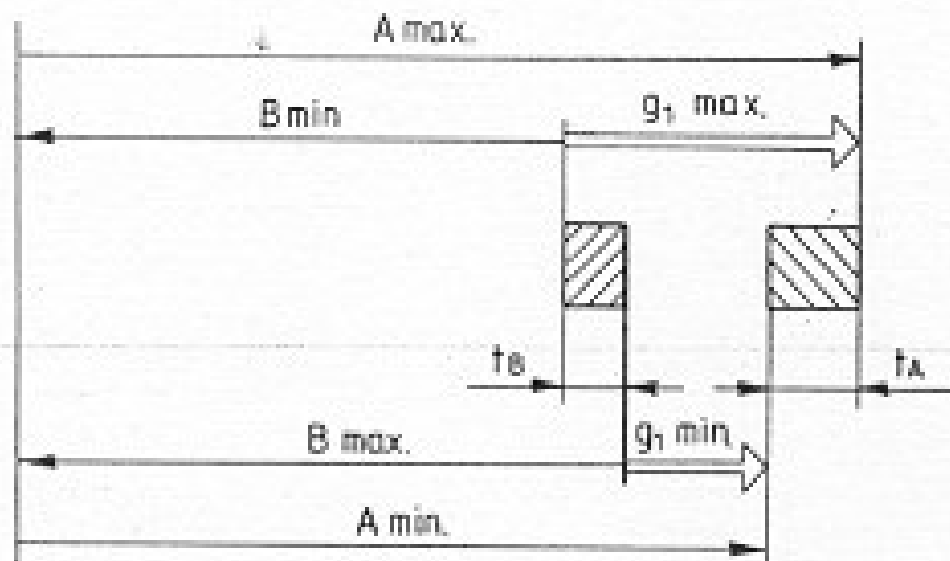
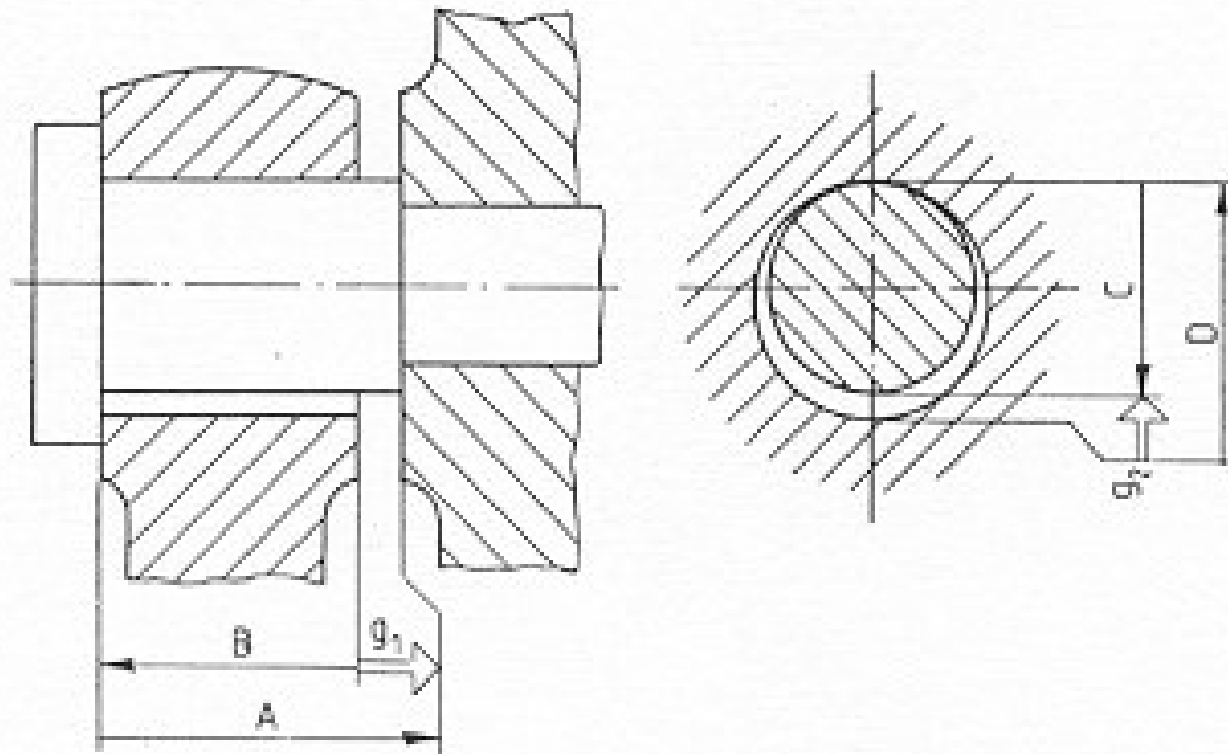


Fig. 1.56 b) - Assegnando alle quote e ai giochi le opportune tolleranze si otterranno due catene: una per $g_{1 \max}$ e una per $g_{1 \min}$.

Si ricavano allora due equazioni:

$$g_{1 \max} = A_{\max} - B_{\min}$$

$$g_{1 \min} = A_{\min} - B_{\max}$$

Sottraendo membro a membro risulta:

$$g_{1 \max} - g_{1 \min} = A_{\max} - A_{\min} + B_{\max} - B_{\min}$$

$$\text{cioè } tg_1 = t_A + t_B$$

Esercizio

Esercizio (4): determinazione delle tolleranze dimensionali

1° problema tipico:

determinare i limiti di g_2 noti che siano i valori limite delle quote componenti C e D.

Si supponga che l'articolazione cilindrica sia realizzata con un accoppiamento H8/f7. Si determinino i limiti del gioco g_2 . Esempio:

$$C = 28^{f7} \begin{pmatrix} -0,020 \\ -0,041 \end{pmatrix} \quad D = 28^{H8} \begin{pmatrix} +0,033 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Si avrà allora:

$$g_2 \text{ max} = D \text{ max} - C \text{ min} = 28,033 - 27,959 = 0,074 \text{ mm}$$

$$g_2 \text{ min} = D \text{ min} - C \text{ max} = 28 - 27,980 = 0,020 \text{ mm}$$

$$t_{g_2} = t_C + t_D = 0,021 + 0,033 = 0,054 \text{ mm}$$

La quota g_2 può essere espressa così:

$$g_2 = 0 \begin{matrix} +0,074 \\ +0,020 \end{matrix}$$

2° problema tipico:

determinare i limiti della quota B conoscendo g_1 e A.

Esempio:

$$g_1 = 0 \begin{matrix} +0,30 \\ +0,10 \end{matrix} \quad A = 28 \begin{matrix} +0,15 \\ 0 \end{matrix}$$

La quota B si calcola nel modo seguente:

$$B \text{ min} = A \text{ max} - g_1 \text{ max} = 28,15 - 0,30 = 27,85 \text{ mm}$$

$$B \text{ max} = A \text{ min} - g_1 \text{ min} = 28 - 0,10 = 27,90 \text{ mm}$$

$$t_B = t_{g_1} - t_A = 0,20 - 0,15 = 0,05 \text{ mm}$$

La quota B si può scrivere così:

$$B = 28 \begin{matrix} -0,10 \\ -0,15 \end{matrix}$$

Esempio

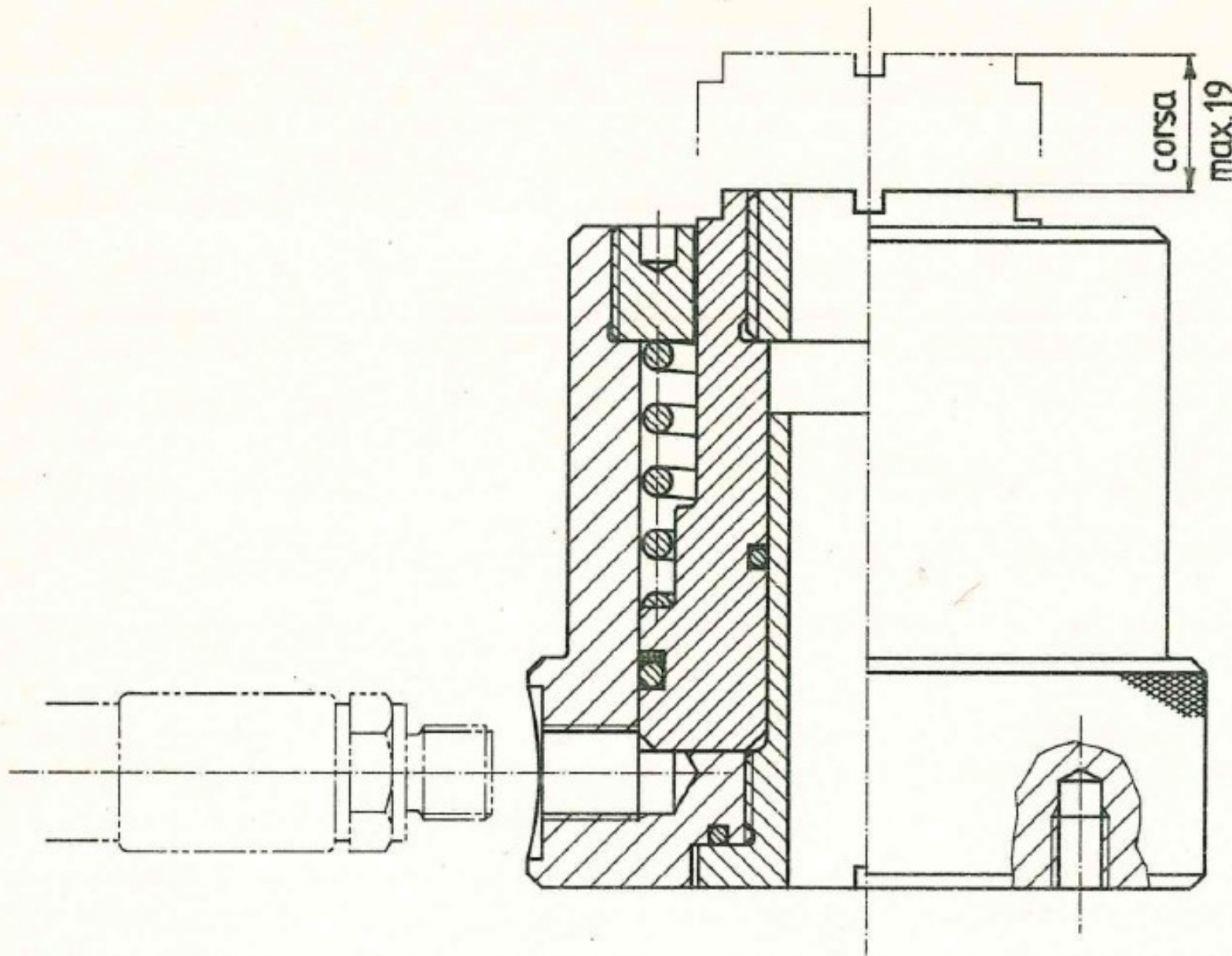


Fig. 3.5

DISEGNO DI PROGETTO

Sviluppando lo schema di fig. 3.5 si esegue il disegno di progetto (che in questo caso coincide con il disegno d'insieme) che dovrà rispondere alle necessità espresse nell'IDEA originaria.

Ciò significa che il risultato è stato ottenuto prendendo in considerazione

- funzionamento;*
- la riduzione di spazio e, quindi, di peso;*
- la scelta dei materiali in rapporto alle sollecitazioni meccaniche;*
- la soluzione dei problemi di tenuta del fluido adoperato;*
- il tutto impiegando il più possibile componenti normalizzati.*

Ad ogni componente dovrebbe corrispondere un numero progressivo e il disegno dovrebbe essere completato con una tabella con l'indicazione dell'esatta denominazione, del materiale, delle quantità di particolari e di ogni altra informazione atta a facilitare l'esecuzione dei disegni dei singoli particolari.

Esempio

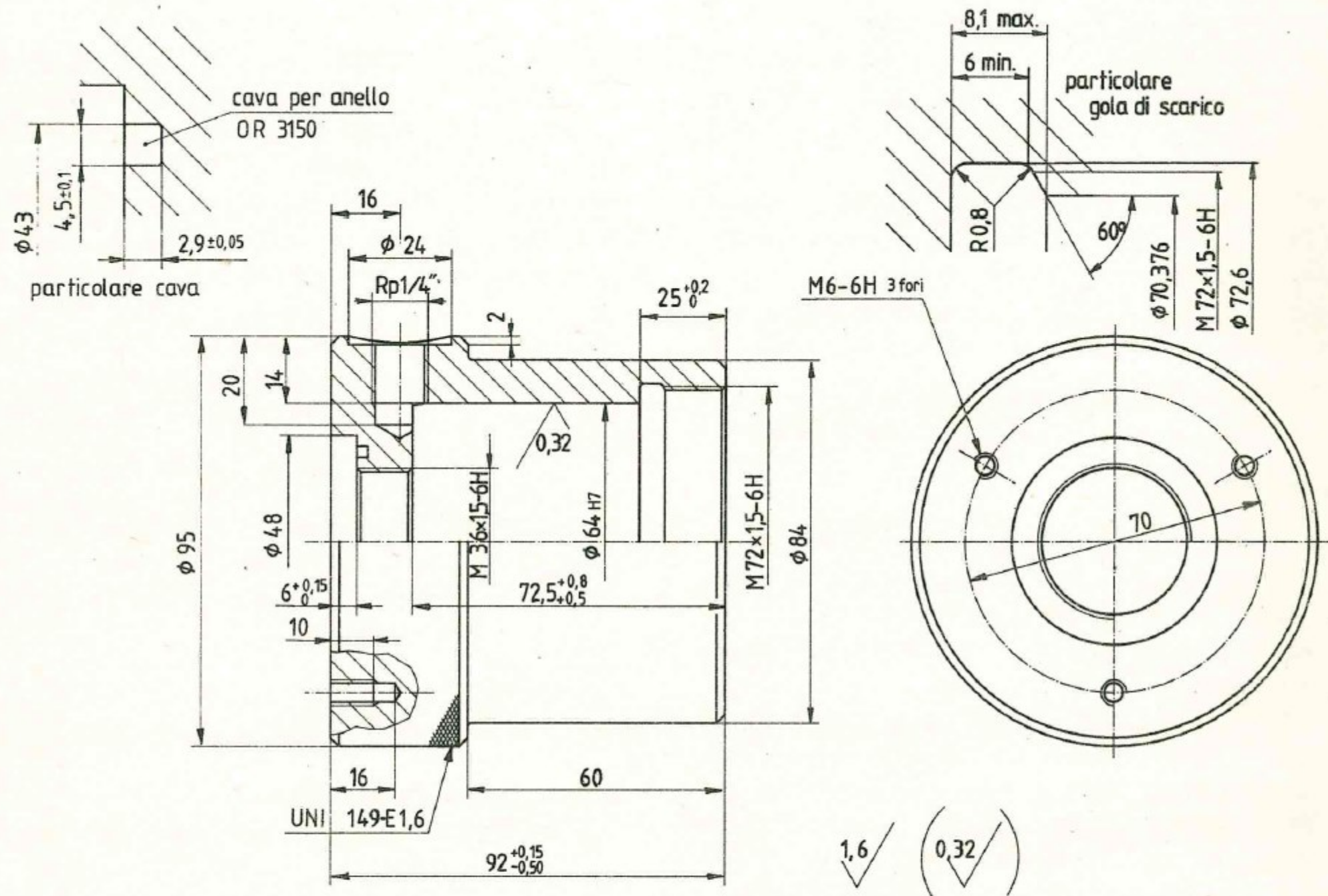


Fig. 3.6

DISEGNO COSTRUTTIVO (DI PRODOTTO FINITO)

Dopo aver verificato le condizioni funzionali e determinato la relativa quotatura, è risultato che la quotatura funzionale corrispondeva alle esigenze della fabbricazione. Pertanto il disegno che rappresenta il corpo del cilindro è da considerare sia disegno di prodotto finito sia disegno di fabbricazione. Il collaudo dovrà quindi essere eseguito sulle quote munite di tolleranza.

Tolleranze Dimensionali

Qualunque processo produttivo risulta più o meno preciso, la dimensione nominale indicata nella quota non può essere rispettata in maniera rigorosa. Si ammette pertanto che la dimensione effettiva stia dentro ad un intervallo definito dalla dimensione limite superiore ed inferiore, la differenza tra queste due dimensioni è definita come tolleranza dimensionale della quota e l'entità di questa tolleranza è definita come grado di tolleranza.

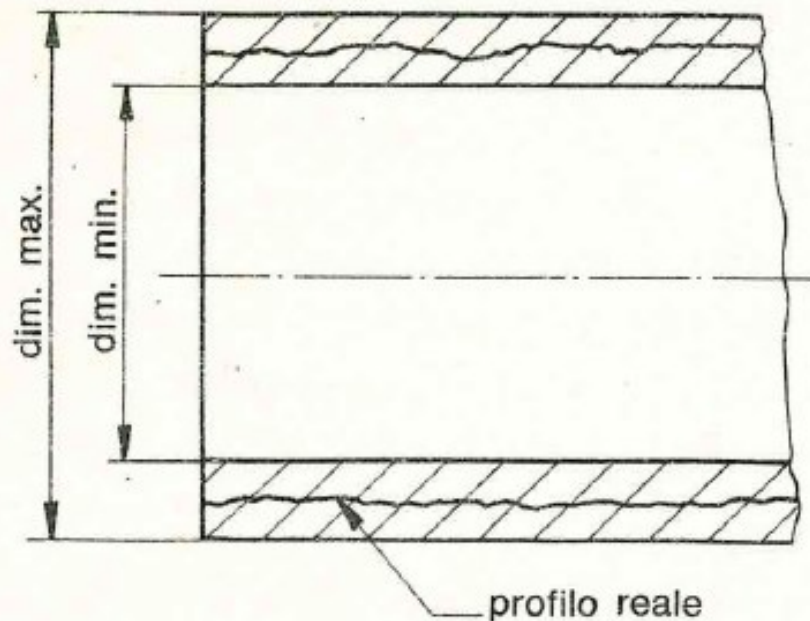
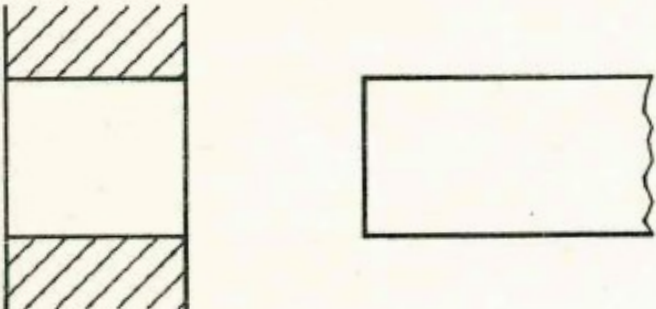
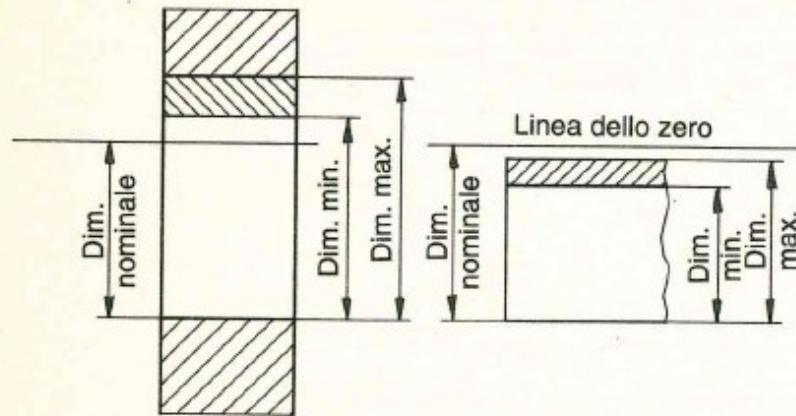


Fig. 3.8 - Le dimensioni limite ammissibili delimitano, nel caso in esame, due cilindri ideali tra i quali deve trovarsi qualunque punto del pezzo affinché esso sia accettabile e risponda alle esigenze stabilite dall'impiego. Ciò significa che, oltre le imprecisioni dimensionali, sono tollerati anche gli errori di forma purché contenuti nei limiti fissati.

Tolleranze Dimensionali

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA	TERMINI E DEFINIZIONI
	<p>Sistema di tolleranze: insieme organizzato e normalizzato di tolleranze e scostamenti</p>
	<p>Dimensione: numero che esprime, nell'unità prescelta, il valore numerico di una dimensione lineare. La dimensione lineare è chiamata quota quando è riportata sul disegno. La temperatura di riferimento delle dimensioni del sistema di tolleranze ISO è di 20° C (UNI 314).</p>
 <p>The diagram shows two technical drawings. On the left is a shaft with a central hole, represented by a rectangle with diagonal hatching on the top and bottom sections. On the right is a hole, represented by a rectangle with a wavy right edge.</p>	<p>Albero: termine usato convenzionalmente per designare gli elementi esterni di un pezzo, anche non cilindrici.</p> <p>Foro: termine usato convenzionalmente per designare tutti gli elementi interni di un pezzo, anche non cilindrici.</p>

Tolleranze Dimensionali



Dimensione nominale: dimensione da cui sono derivate le dimensioni limite applicando gli scostamenti superiore e inferiore. Può essere espressa da un numero intero o decimale.

Dimensione effettiva: dimensione di un elemento determinata mediante misurazione.

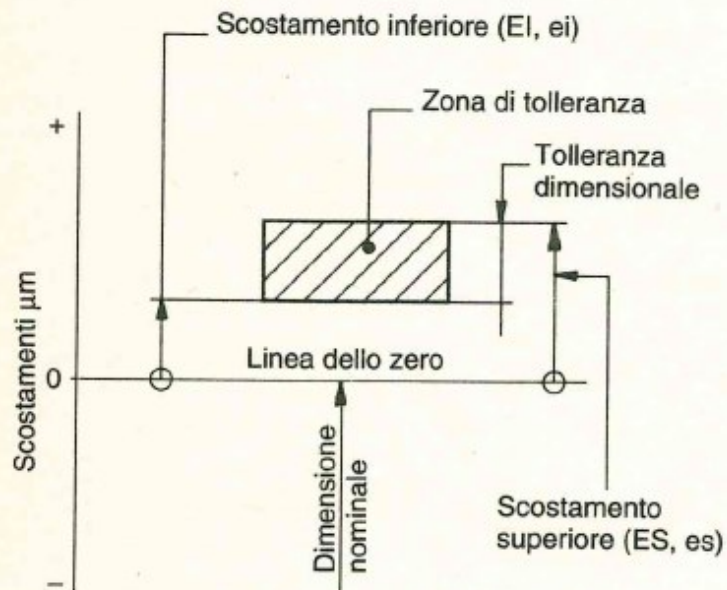
Dimensione limite: le due dimensioni estreme ammesse di un elemento entro le quali si trova la dimensione effettiva.

Dimensione limite max.: la più grande dimensione ammessa di un elemento.

Dimensione limite min.: la più piccola dimensione ammessa di un elemento.

Linea dello zero: linea retta rappresentante la dimensione nominale alla quale vengono riferiti gli scostamenti e le tolleranze nella rappresentazione grafica.

Per convenzione la linea dello zero è tracciata orizzontalmente, per cui gli scostamenti positivi sono al di sopra e quelli negativi al di sotto di essa.



Simboli ISO:

ES: scostamento superiore del foro
EI: scostamento inferiore del foro
es: scostamento superiore dell'albero
ei: scostamento inferiore dell'albero

Scostamento: differenza algebrica tra una dimensione (effettiva, massima ecc.) e la dimensione nominale corrispondente.

Scostamento superiore (ES, es): differenza algebrica tra la dimensione massima e la dimensione nominale corrispondente.

Scostamento inferiore (EI, ei): differenza algebrica tra la dimensione minima e la dimensione nominale corrispondente.

Scostamento fondamentale: nel sistema ISO di tolleranze e accoppiamenti è lo scostamento che definisce la posizione della zona di tolleranza rispetto alla linea dello zero.

Tolleranza dimensionale: differenza tra la dimensione massima e la dimensione minima (cioè differenza tra lo scostamento superiore e quello inferiore).

Tolleranza fondamentale (IT): esprime una qualsiasi tolleranza del sistema di tolleranze e accoppiamenti ISO. Il simbolo IT significa "Tolleranza Internazionale".

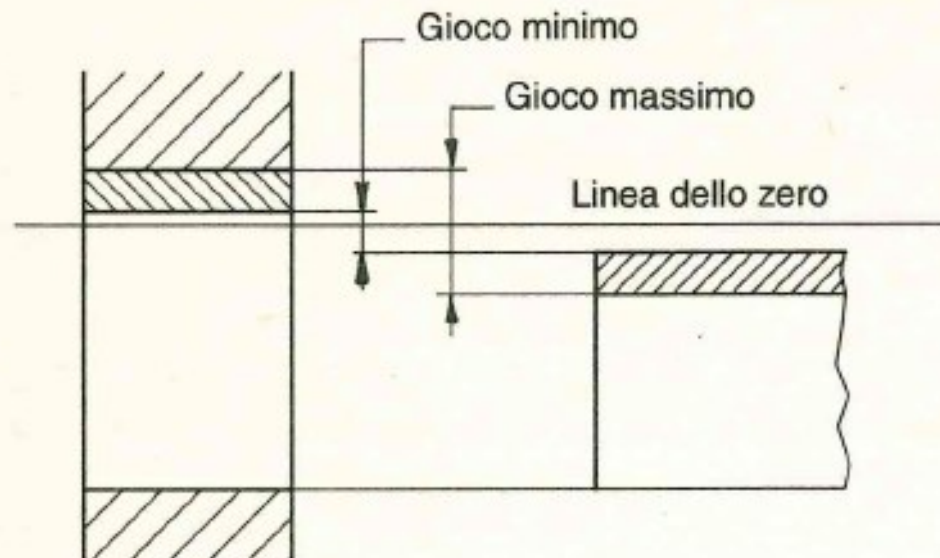
Zona di tolleranza: in una rappresentazione grafica è la zona compresa tra due linee indicanti la dimensione limite massima e la dimensione limite minima, definita dall'ampiezza della tolleranza e dalla sua posizione rispetto alla linea dello zero.

Grado di tolleranza normalizzato: vedere tabella 6

Classe di tolleranza: vedere tabella 6

Tolleranze Dimensionali

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA



TERMINI E DEFINIZIONI

Gioco: differenza tra le dimensioni del foro e dell'albero prima del montaggio quando tale differenza è positiva, cioè quando il diametro del foro è maggiore del diametro dell'albero.

Accoppiamento con gioco: accoppiamento che assicura sempre gioco tra il foro e l'albero dopo il montaggio, cioè accoppiamento in cui la dimensione minima del foro è maggiore o uguale alla dimensione massima dell'albero.

Esempio: dimensione nominale dell'accoppiamento: 50 mm

dimens. limite dell'albero $d_{\min} = 49,970$ mm

$d_{\max} = 49,991$ mm

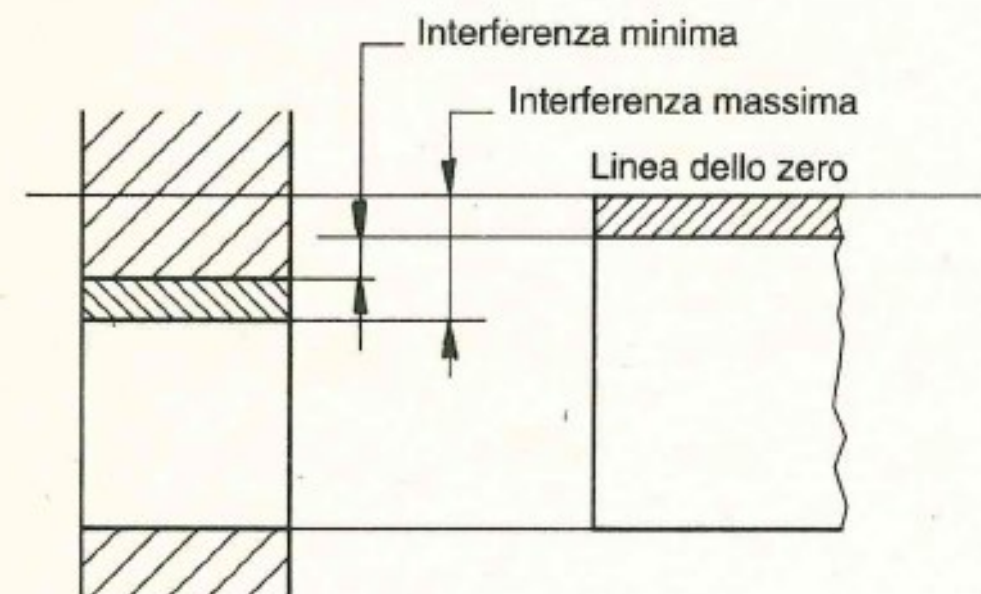
dimens. limite del foro

$D_{\min} = 50,010$ mm

$D_{\max} = 50,023$ mm

$$g_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 50,010 - 49,991 = 0,019 \text{ mm}$$

$$g_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 50,023 - 49,970 = 0,053 \text{ mm}$$



Interferenza: valore assoluto della differenza tra la dimensione del foro e dell'albero, prima del montaggio, quando tale differenza è negativa, cioè quando il diametro dell'albero è maggiore del diametro del foro.

Accoppiamento con interferenza: accoppiamento che assicura sempre interferenza tra il foro e l'albero dopo il montaggio, cioè accoppiamento in cui la dimensione massima del foro è minore o uguale alla dimensione minima dell'albero.

Esempio: dimensione nominale dell'accoppiamento: 30 mm

dimens. limite dell'albero $d_{\min} = 29,979$ mm

$d_{\max} = 30$ mm

dimens. limite del foro

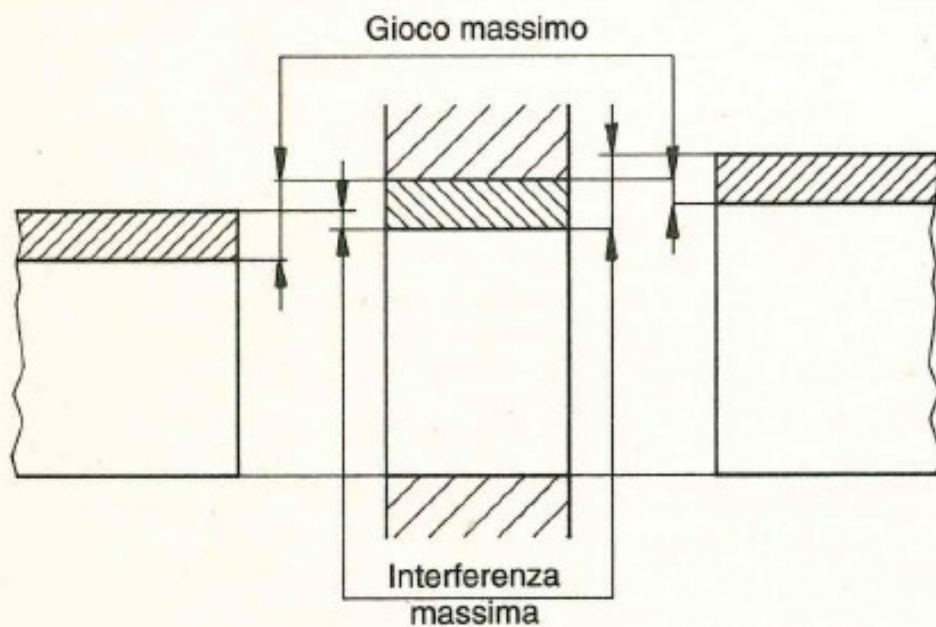
$D_{\min} = 29,954$ mm

$D_{\max} = 29,978$ mm

$$i_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = 29,978 - 29,979 = 0,001 \text{ mm}$$

$$i_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = 29,945 - 30 = 0,055 \text{ mm}$$

Tolleranze Dimensionali



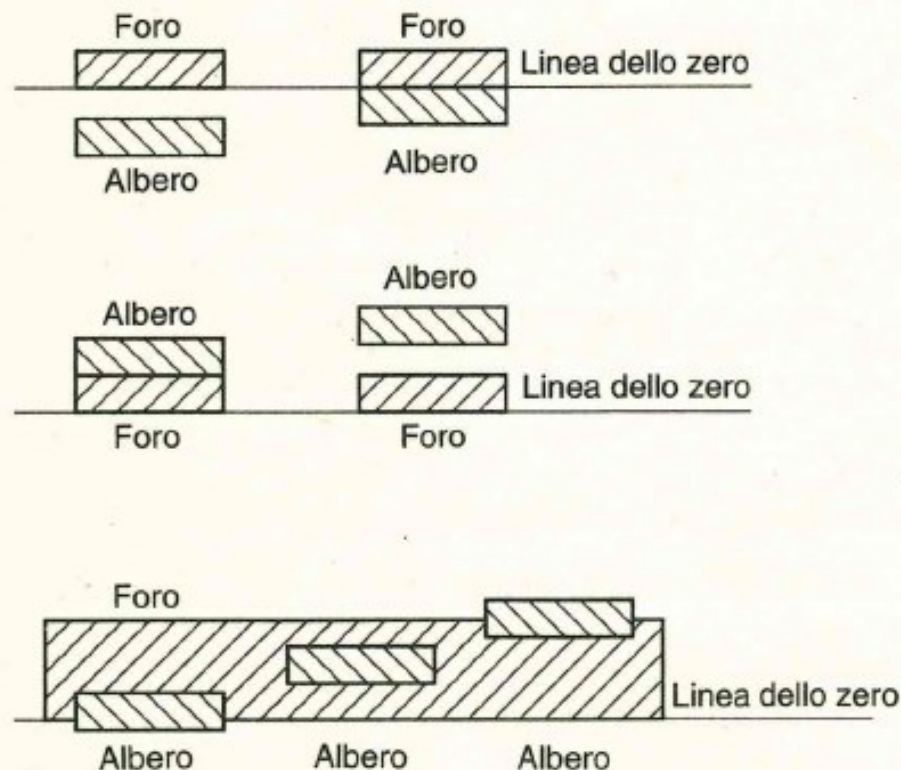
Accoppiamento incerto: accoppiamento in cui si ha gioco o interferenza dopo il montaggio, secondo la dimensione effettiva del foro e dell'albero, cioè quando le zone di tolleranza del foro e dell'albero si sovrappongono completamente o in parte.

Esempio: dimensione nominale dell'accoppiamento: 40 mm
 dimens. limite dell'albero $d_{\min} = 39,981$ mm
 $d_{\max} = 40,019$ mm
 dimens. limite del foro $D_{\min} = 40$ mm
 $D_{\max} = 40,039$ mm

$$g_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 40,039 - 39,981 = 0,053 \text{ mm}$$

$$i_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = 40 - 40,019 = 0,019 \text{ mm}$$

Rappresentazione schematica dei differenti tipi di accoppiamento

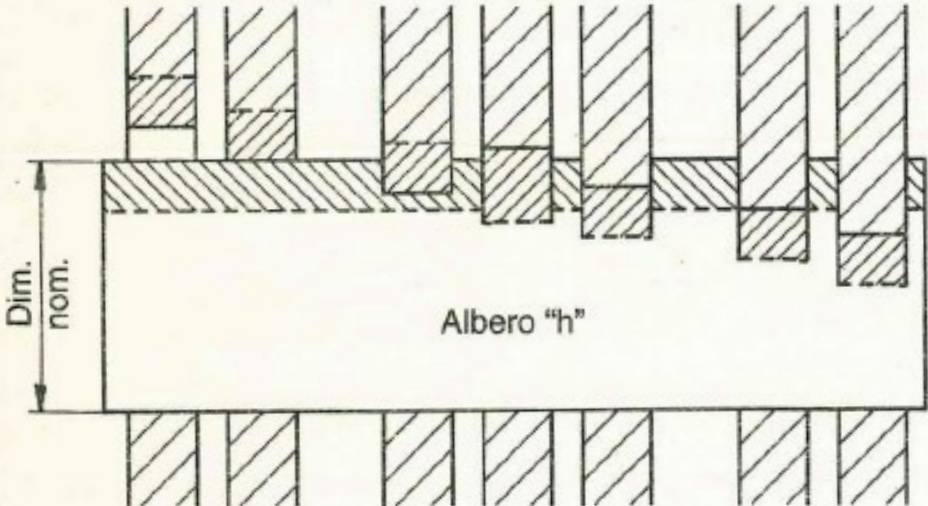
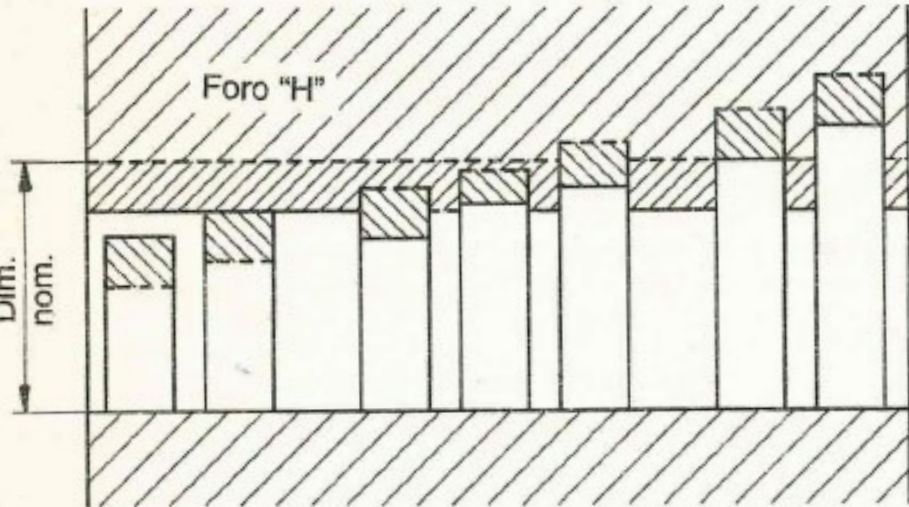


Accoppiamento con gioco

Accoppiamento con interferenza

Accoppiamento incerto

Tolleranze Dimensionali

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA	TERMINI E DEFINIZIONI
 <p>Dim. nom.</p> <p>Albero "h"</p>	<p>Albero base: nel sistema ISO di tolleranze è un albero in cui lo scostamento superiore è nullo.</p> <p>Sistema di accoppiamenti albero base: insieme organizzato di accoppiamenti in cui i diversi giochi o interferenze sono ottenuti accoppiando dei fori aventi diverse classi di tolleranze con alberi aventi una sola classe di tolleranza.</p> <p>Nel sistema ISO è l'insieme organizzato in cui la dimensione massima dell'albero è uguale alla dimensione nominale, cioè lo scostamento superiore è nullo.</p> <ul style="list-style-type: none">- Nella rappresentazione grafica le linee orizzontali continue rappresentano gli scostamenti fondamentali dei fori e degli alberi;- le linee a tratti rappresentano gli altri limiti ed indicano le possibili combinazioni di fori ed alberi secondo il loro grado di tolleranza (es.: G7/h4, H6/h4, M5/h4).
 <p>Dim. nom.</p> <p>Foro "H"</p>	<p>Foro base: nel sistema ISO di tolleranze è un foro in cui lo spostamento inferiore è nullo.</p> <p>Sistema di accoppiamenti foro base: sistema di accoppiamenti in cui i vari giochi o interferenze desiderati sono ottenuti accoppiando alberi aventi diverse classi di tolleranze con fori aventi una sola classe di tolleranza.</p> <ul style="list-style-type: none">- Nella rappresentazione grafica le linee orizzontali continue rappresentano gli scostamenti fondamentali dei fori o degli alberi;- le linee a tratti rappresentano gli altri limiti e indicano le possibili combinazioni di fori e alberi secondo il grado di tolleranza (es.: H6/h6, H6/js5, H6/p4).

Tolleranze Dimensionali

esempi: h7, g6 H8, D13

Gradi di tolleranza normalizzati: sono l'insieme di tolleranze considerate corrispondenti allo stesso livello di precisione per tutte le dimensioni nominali. Vengono designati con le lettere IT seguite da un numero, per es. IT7. Il termine **grado**, impiegato dalla UNI ISO 286/1, è sinonimo del termine **qualità** utilizzato dalla precedente normativa.

Classe di tolleranza: termine che identifica l'insieme di uno scostamento fondamentale e di un grado di tolleranza. Quando il grado di tolleranza viene accoppiato a lettere che rappresentano uno scostamento fondamentale allo scopo di indicare una **classe di tolleranza**, le lettere IT vengono soppresse: per es. h7, g6; H8, D13.

gradi di tolleranze previsti per dim. nom. da 0 a 500 mm:
(IT01, IT0), IT1, IT2, IT18

gradi di tolleranze previsti per dim. nom. da 500 a 3 150 mm:
IT1, IT2, IT18

Il sistema ISO di tolleranze e di accoppiamenti prevede, nella gamma di dimensioni nominali da 0 a 500 mm, **20** gradi di tolleranze normalizzate di cui **18** (da IT1 a IT18) di uso generale, e **18** gradi di tolleranze nella gamma di dimensioni nominali da 500 a 3 150 mm (da IT1 a IT18). I valori delle tolleranze fondamentali dei gradi IT01 e IT0 non sono inclusi nelle norme perché non utilizzate nella pratica.

Nel sistema ISO la posizione della zona di tolleranza rispetto alla linea dello zero, funzione della dimensione nominale, viene designata con una o più lettere maiuscole per i fori (**A.....ZC**) e minuscole per gli alberi (**a.....zc**).

esempi:

32 H7
80 js 15
100 g6
100 $\begin{matrix} -0,012 \\ -0,034 \end{matrix}$

Dimensioni con tolleranze: una dimensione con tolleranze deve essere designata con le dimensioni nominali seguita dal simbolo della classe di tolleranza richiesta o dagli scostamenti espressamente indicati.

(segue)

Tolleranze Dimensionali

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA	TERMINI E DEFINIZIONI
<p>esempi:</p> <p>52H7/g6 oppure 52 $\frac{H7}{g6}$</p>	<p>Accoppiamenti: la designazione di un accoppiamento tra due elementi va fatta indicando:</p> <ul style="list-style-type: none">a) la dimensione della classe di tolleranza del foro;b) il simbolo della classe di tolleranza del foro;c) il simbolo della classe di tolleranza dell'albero.
<p>$D = \sqrt{D_1 \cdot D_2}$</p>	<p>Le tolleranze fondamentali e gli scostamenti fondamentali si calcolano per gruppi di dimensioni nominali. Gli scalamenti si presentano in gruppi principali e gruppi intermedi (vedere prospetti 1 e 2 della tabella 8). I valori delle tolleranze fondamentali e degli scostamenti fondamentali di ogni gruppo di dimensioni nominali si calcolano dalla media geometrica (D) delle dimensioni estreme (D_1 e D_2) del gruppo stesso.</p>

Tolleranze Dimensionali

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001 D$$

$$I = 0,004 D + 2,1$$

Unità di tolleranza: fattore espresso solamente in funzione della dimensione nominale che serve di base per la determinazione delle tolleranze fondamentali del sistema (*i* oppure *I*).

- il fattore di tolleranza *i* si applica alle dimensioni nominali uguali o minori di 500 mm;
- il fattore di tolleranza *I* si applica alle dimensioni nominali maggiori di 500 mm.

Ogni tolleranza fondamentale è uguale al prodotto dell'unità di tolleranza corrispondente alla dimensione nominale considerata, per un coefficiente proprio per ogni qualità.

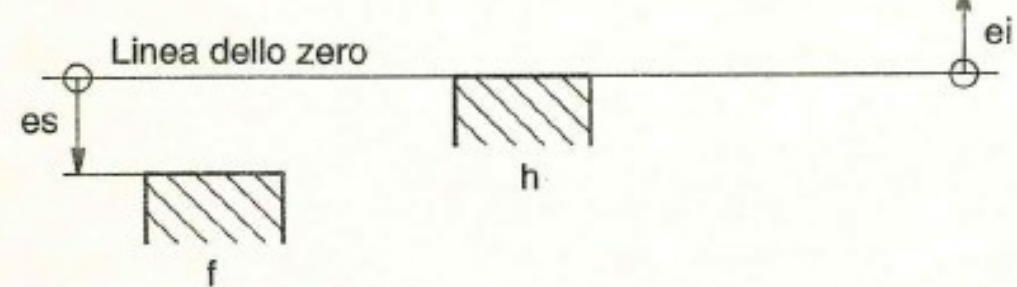
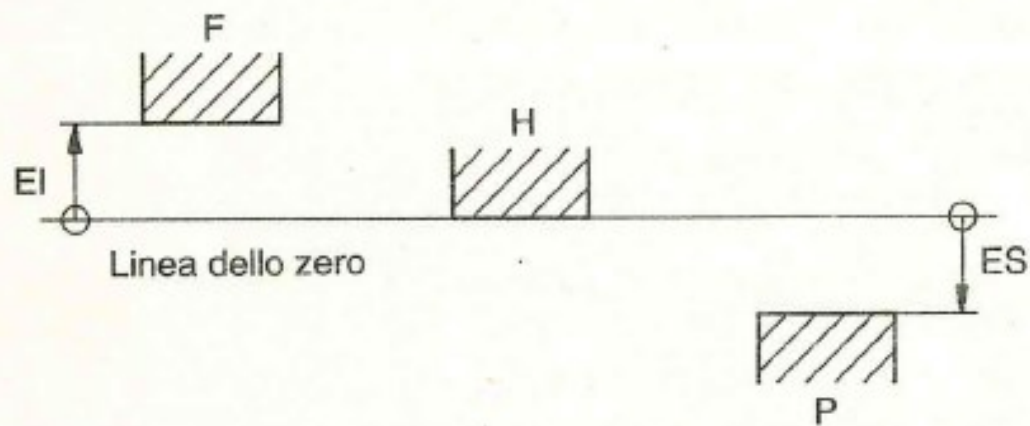
Gradi di tolleranza normalizzati da IT5 a IT18:

- per dimensioni nominali inferiori o uguali a 500 mm l'unità di tolleranza *i*, in micrometri, viene calcolata con la formula indicata a fianco, essendo *D* la media geometrica delle dimensioni nominali estreme dello scalametro.

Gradi di tolleranza normalizzati da IT1 a IT18:

- per dimensioni nominali maggiori di 500 mm e minori a 3 150 mm l'unità di tolleranza *I*, in micrometri, viene calcolata mediante la formula indicata a fianco, essendo *D* la media geometrica delle dimensioni nominali estreme dello scalametro.

Tolleranze Dimensionali



Scostamento fondamentale: (per la definizione vedere tabella 4).
Per calcolare lo scostamento limite diverso da quello fondamentale si usano le seguenti formule:

$$\left. \begin{array}{l} ei = es - IT \\ es = ei + IT \end{array} \right\} \text{alberi}$$

$$\left. \begin{array}{l} EI = ES - IT \\ ES = EI + IT \end{array} \right\} \text{fori}$$

(per i vari casi si veda la tabella 9)

Tolleranze Dimensionali

PROSPETTO 4

Valori numerici dei gradi di tolleranza normalizzati IT per le dimensioni nominali minori a 3150 mm

Dimensione nominale (mm)		Gradi di tolleranza normalizzati																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
oltre	fino a	Tolleranze																	
		μm										mm							
-	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
3	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
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	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
18	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
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120	180	3,5	5	8	12	19	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	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
250	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
315	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
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	156	250	400	0,63	0,87	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000	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
1250	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
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1000	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

Tolleranze Dimensionali

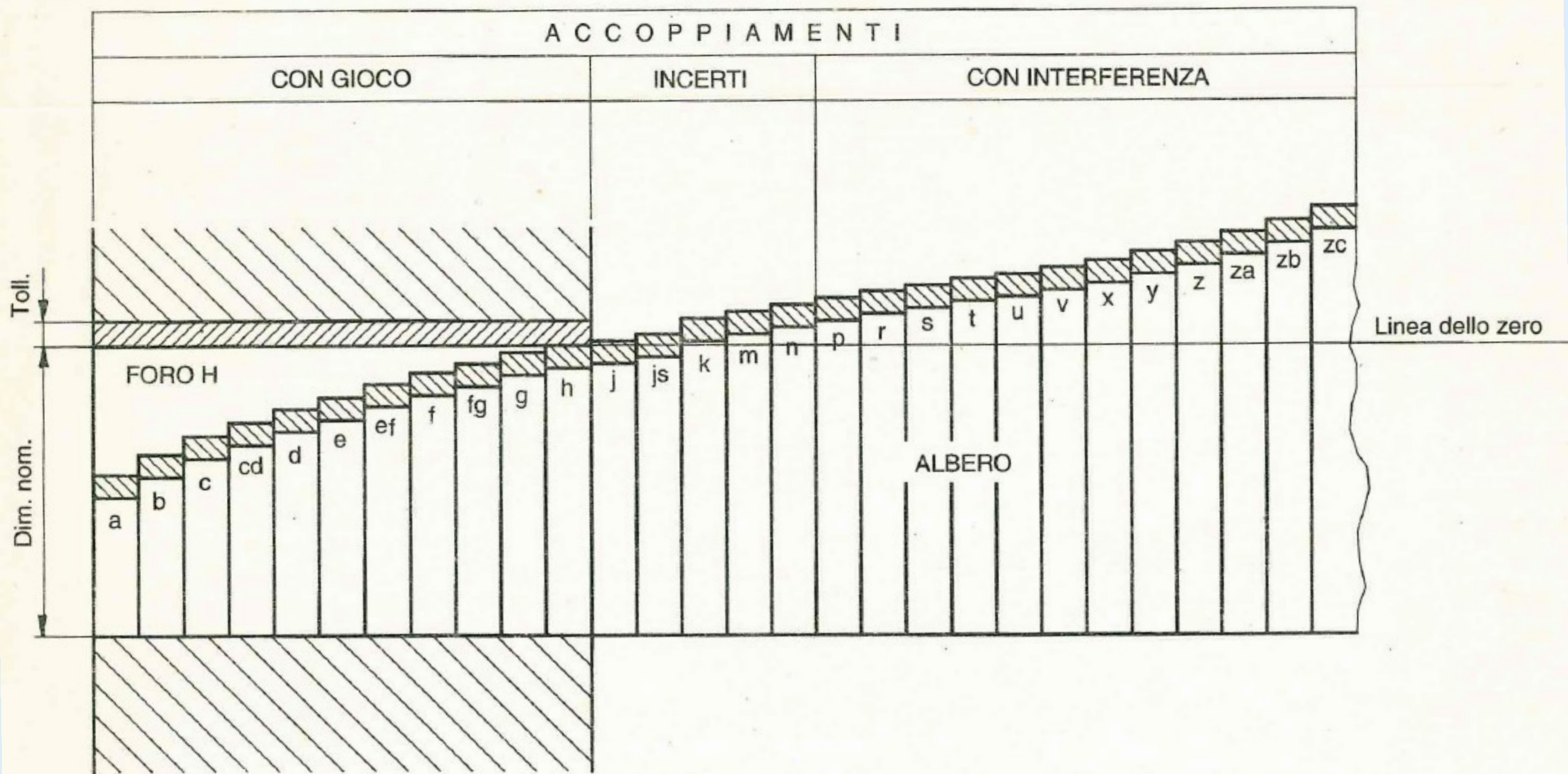


Fig. 3.12 - Il sistema di accoppiamenti foro base è un insieme sistematico di accoppiamenti nel quale i diversi giochi e le diverse interferenze sono ottenuti combinando alberi aventi differenti zone di tolleranza con un foro base.

Tolleranze Dimensionali

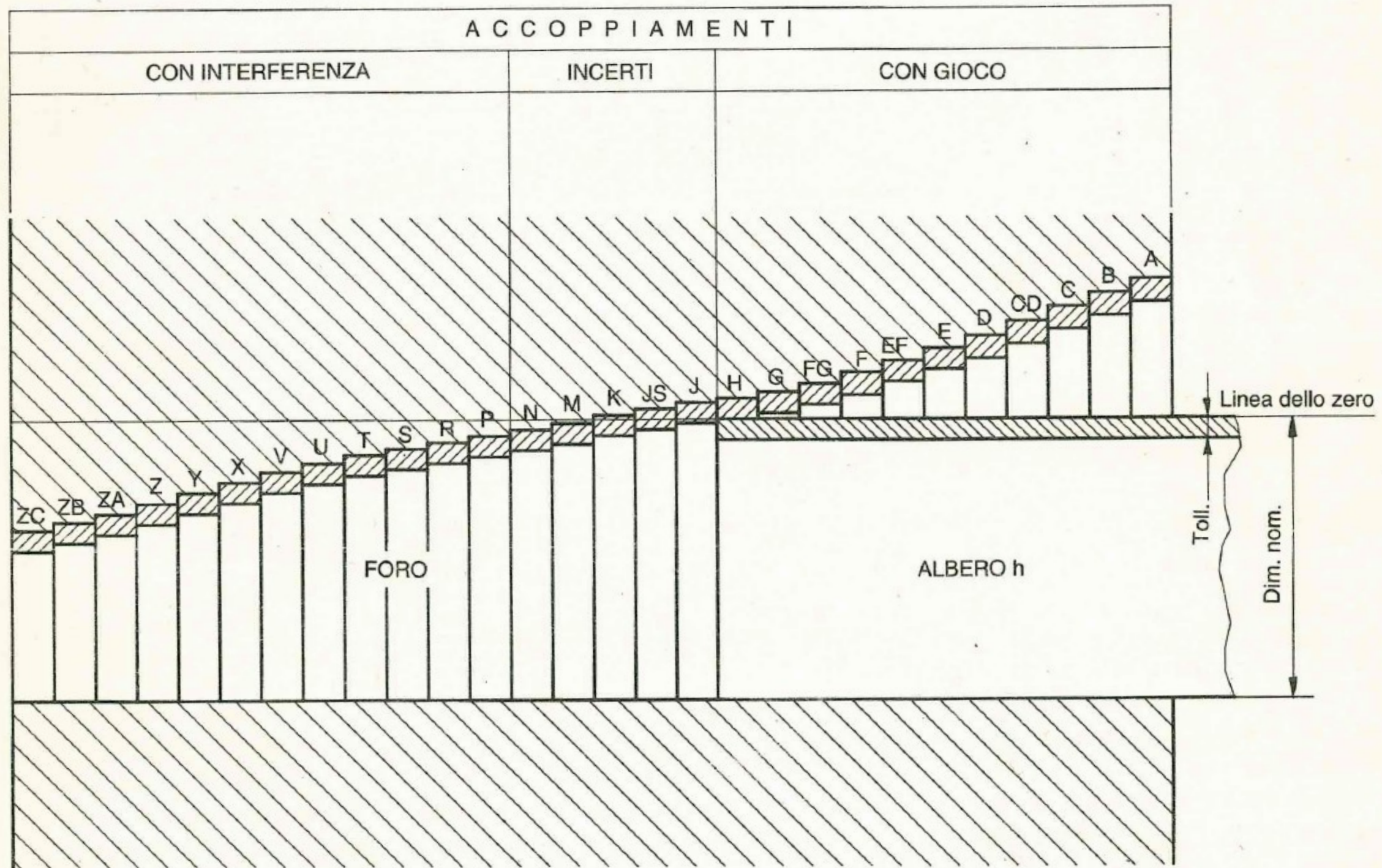


Fig. 3.13 - Il sistema di accoppiamenti **albero base** è un insieme sistematico di accoppiamenti nel quale i diversi giochi e le diverse interferenze sono ottenuti combinando fori aventi differenti zone di tolleranza con un albero base.

Tolleranze Dimensionali

Scostamenti per alberi

Valori degli scostamenti fondamentali in μm

Dimensione nominale mm		Scostamento superiore e_s												Valori degli scostamenti fondamentali													Scostamenti inferiori e_i											
		Gradi di tolleranza												IT5 e IT6	IT7	IT8	IT4 a IT7	fino a IT3 e sopra a IT7	Gradi di tolleranza																			
		a ¹⁾	b ¹⁾	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js ²⁾						j	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc				
–	3 ¹⁾	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	–	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	–	+16	–	+20	–	+26	+32	+40	+60						
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	–	-2	-4	–	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	–	+23	–	+28	–	+35	+42	+50	+80						
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	–	-2	-5	–	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	–	+26	–	+34	–	+42	+52	+67	+97						
10	14	-290	-150	-95	–	-50	-32	–	-16	–	-6	0	–	-3	-6	–	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	–	+33	–	+40	–	+50	+64	+90	+130						
14	18	-290	-150	-95	–	-50	-32	–	-16	–	-6	0	–	-3	-6	–	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	–	+33	+39	+45	–	+60	+77	+108	+150						
18	24	-300	-160	-110	–	-65	-40	–	-20	–	-7	0	–	-4	-8	–	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	–	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188						
24	30	-300	-160	-110	–	-65	-40	–	-20	–	-7	0	–	-4	-8	–	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	–	+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218					
30	40	-310	-170	-120	–	-80	-50	–	-25	–	-9	0	–	-5	-10	–	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	–	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274					
40	50	-320	-180	-130	–	-80	-50	–	-25	–	-9	0	–	-5	-10	–	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	–	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274					
50	65	-340	-190	-140	–	-100	-60	–	-30	–	-10	0	–	-7	-12	–	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405						
65	80	-360	-200	-150	–	-100	-60	–	-30	–	-10	0	–	-7	-12	–	+2	0	+11	+20	+32	+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480						
80	100	-380	-220	-170	–	-120	-72	–	-36	–	-12	0	–	-9	-15	–	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585						
100	120	-410	-240	-180	–	-120	-72	–	-36	–	-12	0	–	-9	-15	–	+3	0	+13	+23	+37	+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690						
120	140	-460	-260	-200	–	-145	-85	–	-43	–	-14	0	–	-11	-18	–	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800						
140	160	-520	-280	-210	–	-145	-85	–	-43	–	-14	0	–	-11	-18	–	+3	0	+15	+27	+43	+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900						
160	180	-580	-310	-230	–	-145	-85	–	-43	–	-14	0	–	-11	-18	–	+3	0	+15	+27	+43	+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000						
180	200	-660	-340	-240	–	-170	-100	–	-50	–	-15	0	–	-13	-21	–	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+294	+350	+425	+520	+670	+880	+1150						
200	225	-740	-380	-260	–	-170	-100	–	-50	–	-15	0	–	-13	-21	–	+4	0	+17	+31	+50	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250						
225	250	-820	-420	-280	–	-170	-100	–	-50	–	-15	0	–	-13	-21	–	+4	0	+17	+31	+50	+84	+140	+198	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350						
250	280	-920	-480	-300	–	-190	-110	–	-56	–	-17	0	–	-16	-26	–	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550						
280	315	-1050	-540	-330	–	-190	-110	–	-56	–	-17	0	–	-16	-26	–	+4	0	+20	+34	+56	+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700						
315	355	-1200	-600	-360	–	-210	-125	–	-62	–	-18	0	–	-18	-28	–	+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900						
355	400	-1350	-680	-400	–	-210	-125	–	-62	–	-18	0	–	-18	-28	–	+4	0	+21	+37	+62	+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100						
400	450	-1500	-760	-440	–	-230	-135	–	-68	–	-20	0	–	-20	-32	–	+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400						
450	500	-1650	-840	-480	–	-230	-135	–	-68	–	-20	0	–	-20	-32	–	+5	0	+23	+40	+68	+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600						
500	560	–	–	–	–	-260	-145	–	-76	–	-22	0	–	–	–	–	0	0	+26	+44	+76	+150	+280	+400	+600	–	–	–	–	–	–	–						
560	630	–	–	–	–	-260	-145	–	-76	–	-22	0	–	–	–	–	0	0	+26	+44	+76	+155	+310	+450	+660	–	–	–	–	–	–	–						
630	710	–	–	–	–	-290	-160	–	-80	–	-24	0	–	–	–	–	0	0	+30	+50	+88	+175	+340	+500	+740	–	–	–	–	–	–	–						
710	800	–	–	–	–	-290	-160	–	-80	–	-24	0	–	–	–	–	0	0	+30	+50	+88	+185	+380	+560	+840	–	–	–	–	–	–	–						
800	900	–	–	–	–	-320	-170	–	-86	–	-26	0	–	–	–	–	0	0	+34	+56	+100	+210	+430	+620	+940	–	–	–	–	–	–	–						
900	1000	–	–	–	–	-320	-170	–	-86	–	-26	0	–	–	–	–	0	0	+34	+56	+100	+220	+470	+680	+1050	–	–	–	–	–	–	–						
1000	1120	–	–	–	–	-350	-195	–	-98	–	-28	0	–	–	–	–	0	0	+40	+66	+120	+250	+520	+780	+1150	–	–	–	–	–	–	–						
1120	1250	–	–	–	–	-350	-195	–	-98	–	-28	0	–	–	–	–	0	0	+40	+66	+120	+260	+580	+840	+1300	–	–	–	–	–	–	–						
1250	1400	–	–	–	–	-390	-220	–	-110	–	-30	0	–	–	–	–	0	0	+48	+78	+140	+300	+640	+960	+1450	–	–	–	–	–	–	–						
1400	1600	–	–	–	–	-390	-220	–	-110	–	-30	0	–	–	–	–	0	0	+48	+78	+140	+330	+720	+1050	+1600	–	–	–	–	–	–	–						
1600	1800	–	–	–	–	-430	-240	–	-120	–	-32	0	–	–	–	–	0	0	+58	+92	+170	+370	+820	+1200	+1850	–	–	–	–	–	–	–						
1800	2000	–	–	–	–	-430	-240	–	-120	–	-32	0	–	–	–	–	0	0	+58	+92	+170	+400	+920	+1350	+2000	–	–	–	–	–	–	–						
2000	2240	–	–	–	–	-480	-260	–	-130	–	-34	0	–	–	–	–	0	0	+68	+110	+195	+440	+1000	+1500	+2300	–	–	–	–	–	–	–						
2240	2500	–	–	–	–	-480	-260	–	-130	–	-34	0	–	–	–	–	0	0	+68	+110	+195	+460	+1100	+1650	+2500	–	–	–	–	–	–	–						
2500	2800	–	–	–	–	-520	-290	–	-145	–	-38	0	–	–	–	–	0	0	+76	+135	+240	+550	+1250	+1900	+2900	–	–	–	–	–	–	–						
2800	3150	–	–	–	–	-520	-290	–	-145	–	-38	0	–	–	–	–	0	0	+76	+135	+240	+580	+1400	+2100	+3200	–	–	–	–	–	–	–						

1) Gli scostamenti fondamentali a e b non devono essere utilizzati per dimensioni nominali ≤ 1 mm.

2) Per le classi di tolleranza da js7 a js11, se il valore n di IT è un numero dispari, l'arrotondamento si effettua al numero pari immediatamente inferiore in modo che lo scostamento risultante, cioè $\pm \frac{ITn}{2}$, possa essere espresso in un numero intero di micrometri.

Tolleranze Dimensionali

Scostamenti per fori

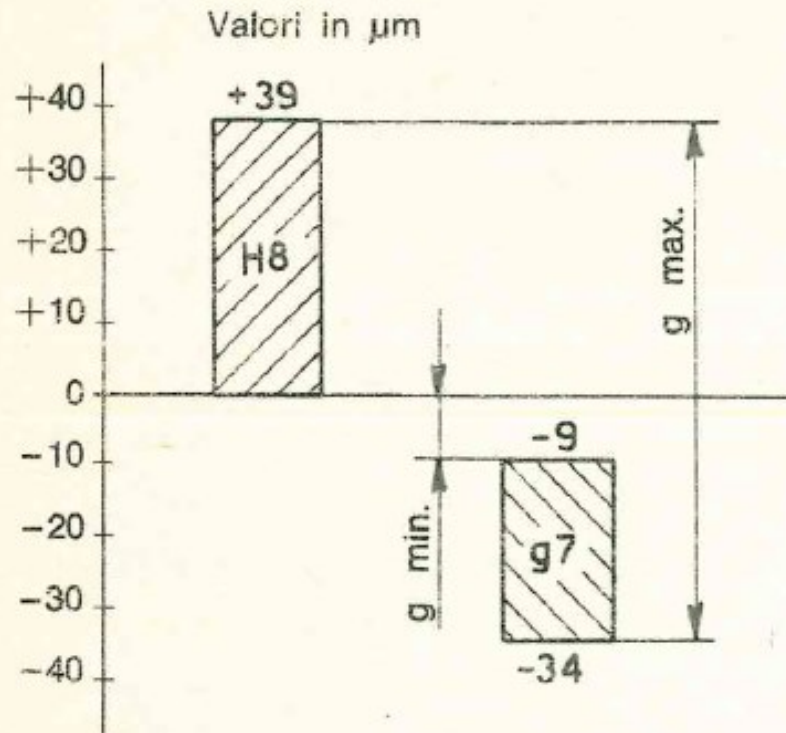
Valori degli scostamenti fondamentali in μm

Dimensione nominale mm		Scostamenti inferiori E_i											Valori degli scostamenti fondamentali															Scostamento superiore E_s											Valori di Δ					
oltre	fino a	Gradi di tolleranza																										Gradi di tolleranza superiore a IT7											Gradi di tolleranza					
		A ¹⁾	B ¹⁾	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS ²⁾	IT6	IT7	IT8	fino a IT8	oltre IT8	fino a IT8	oltre IT8	fino a IT8	oltre IT8	Pa ZC ³⁾	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8			
-	3 ^{1) 5)}	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	+2	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4	-4	-6	-10	-14	-18	-20	-20	-20	-26	-32	-40	-60	0	0	0	0	0	0					
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	+5	+6	+10	-1+ Δ		-4+ Δ	-4	-8+ Δ	0		-12	-15	-19	-23	-28	-28	-28	-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6					
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0	+5	+8	+12	-1+ Δ		-8+ Δ	-6	-10+ Δ	0		-15	-19	-23	-28	-34	-34	-34	-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7					
10	14	+290	+150	+95		+50	+32		+16		+6	0	+6	+10	+15	-1+ Δ		-7+ Δ	-7	-12+ Δ	0		-18	-23	-28		-33	-40	-40	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9					
14	18																																											
18	24	+300	+160	+110		+65	+40		+20		+7	0	+8	+12	+20	-2+ Δ		-8+ Δ	-8	-15+ Δ	0		-22	-28	-35		-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1,5	2	3	4	8	12				
24	30																																											
30	40	+310	+170	+120		+80	+50		+25		+9	0	+10	+14	+24	-2+ Δ		-9+ Δ	-9	-17+ Δ	0		-26	-34	-43		-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1,5	3	4	5	9	14			
40	50	+320	+180	+130																																								
50	65	+340	+190	+140		+100	+60		+30		+10	0	+13	+18	+28	-2+ Δ		-11+ Δ	-11	-20+ Δ	0		-32	-41	-53		-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16			
65	80	+360	+200	+150																																								
80	100	+380	+220	+170		+120	+72		+36		+12	0	+16	+22	+34	-3+ Δ		-13+ Δ	-13	-23+ Δ	0		-37	-51	-71		-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19			
100	120	+410	+240	+180																																								
120	140	+460	+260	+200																																								
140	160	+520	+280	+210		+145	+85		+43		+14	0	+18	+26	+41	-3+ Δ		-15+ Δ	-15	-27+ Δ	0		-43	-63	-92		-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23			
160	180	+580	+310	+230																																								
180	200	+660	+340	+240																																								
200	225	+740	+380	+260		+170	+100		+50		+15	0	+22	+30	+47	-4+ Δ		-17+ Δ	-17	-31+ Δ	0		-50	-80	-130		-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	-1650	3	4	6	9	17	26		
225	250	+820	+420	+280																																								
250	280	+920	+480	+300		+190	+110		+58		+17	0	+25	+36	+55	-4+ Δ		-20+ Δ	-20	-34+ Δ	0		-56	-94	-156		-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	4	4	7	9	20	29			
280	315	+1050	+540	+330																																								
315	355	+1200	+600	+360		+210	+125		+62		+18	0	+29	+39	+60	-4+ Δ		-21+ Δ	-21	-37+ Δ	0		-62	-108	-190		-288	-390	-475	-580	-730	-900	-1150	-1500	-1900	4	5	7	11	21	32			
355	400	+1350	+680	+400																																								
400	450	+1500	+760	+440		+230	+135		+68		+20	0	+33	+43	+66	-5+ Δ		-23+ Δ	-23	-40+ Δ	0		-68	-114	-208		-294	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100	5	5	7	13	23	34			
450	500	+1650	+840	+480																																								
500	560					+260	+145		+76		+22	0										-78	-150	-280		-400	-600																	
560	630																																											
630	710					+290	+160		+80		+24	0										-88	-175	-340		-500	-740																	
710	800																																											
800	900					+320	+170		+86		+26	0										-100	-185	-380		-560	-840																	
900	1000																																											
1000	1120					+350	+195		+98		+28	0										-120	-210	-430		-620	-940																	
1120	1250																																											
1250	1400					+390	+220		+110		+30	0										-140	-250	-520		-780	-1150																	
1400	1600																																											
1600	1800					+430	+240		+120		+32	0										-170	-260	-580		-840	-1300																	
1800	2000																																											
2000	2240					+480	+260		+130		+34	0										-195	-370	-820		-1200	-1850																	
2240	2500																																											
2500	2800					+520	+290		+145		+38	0										-240	-440	-1000		-1500	-2300																	
2800	3150																																											

- 1) Gli scostamenti fondamentali A e B non devono essere utilizzati per dimensioni nominali ≤ 1 mm.
- 2) Per le classi di tolleranza da JS7 a JS11, se il valore n di IT è un numero dispari, l'arrotondamento si effettua al numero pari immediatamente inferiore in modo che lo scostamento risultante, cioè $\pm \frac{ITn}{2}$, possa essere espresso in un numero intero di micrometri.
- 3) Per determinare i valori K, M e N dei gradi di tolleranza normalizzati fino a IT8 e gli scostamenti P a ZC dei gradi di tolleranza normalizzati fino a IT7, assumere i valori di Δ nella colonna di destra.

Esempio:
 K7 nella fascia da 18 a 30 mm: $\Delta = 8 \mu\text{m}$, di conseguenza $E_s = -2 + 8 = +6 \mu\text{m}$.
 S6 nella fascia da 18 a 30 mm: $\Delta = 4 \mu\text{m}$, di conseguenza $E_s = -35 + 4 = -31 \mu\text{m}$.
- 4) Nel caso speciale della classe di tolleranza M6 nella fascia da 250 a 315 mm, $E_s = -9 \mu\text{m}$ invece di $-11 \mu\text{m}$.
- 5) Lo scostamento fondamentale N non deve essere utilizzato per la dimensione nominale ≤ 1 nei gradi di tolleranza normalizzati superiori a IT8.

Esempi



Accoppiamento: 45 H 8 / g 7

Dimensione nominale: 45 mm

Tolleranza fondamentale foro IT 8 = 39 μm = 0,039 mm

Scostamento fondamentale foro H: $E_i = 0$

Scostamento superiore foro: $E_s = E_i + IT 8 = 0 + 39 = 39 \mu\text{m} = 0,039 \text{ mm}$

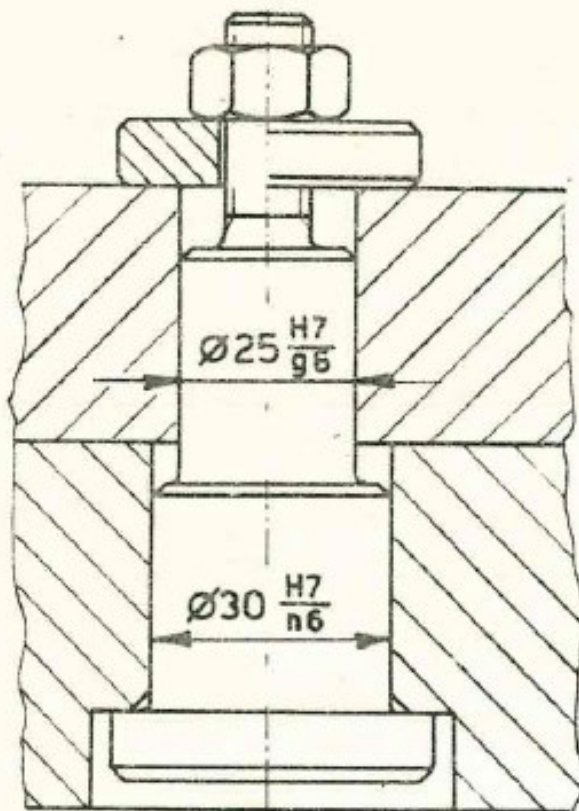
Tolleranza fondamentale albero IT 7: 25 μm = 0,025 mm

Scostamento fondamentale albero g: $e_s = -9 \mu\text{m} = -0,009 \text{ mm}$

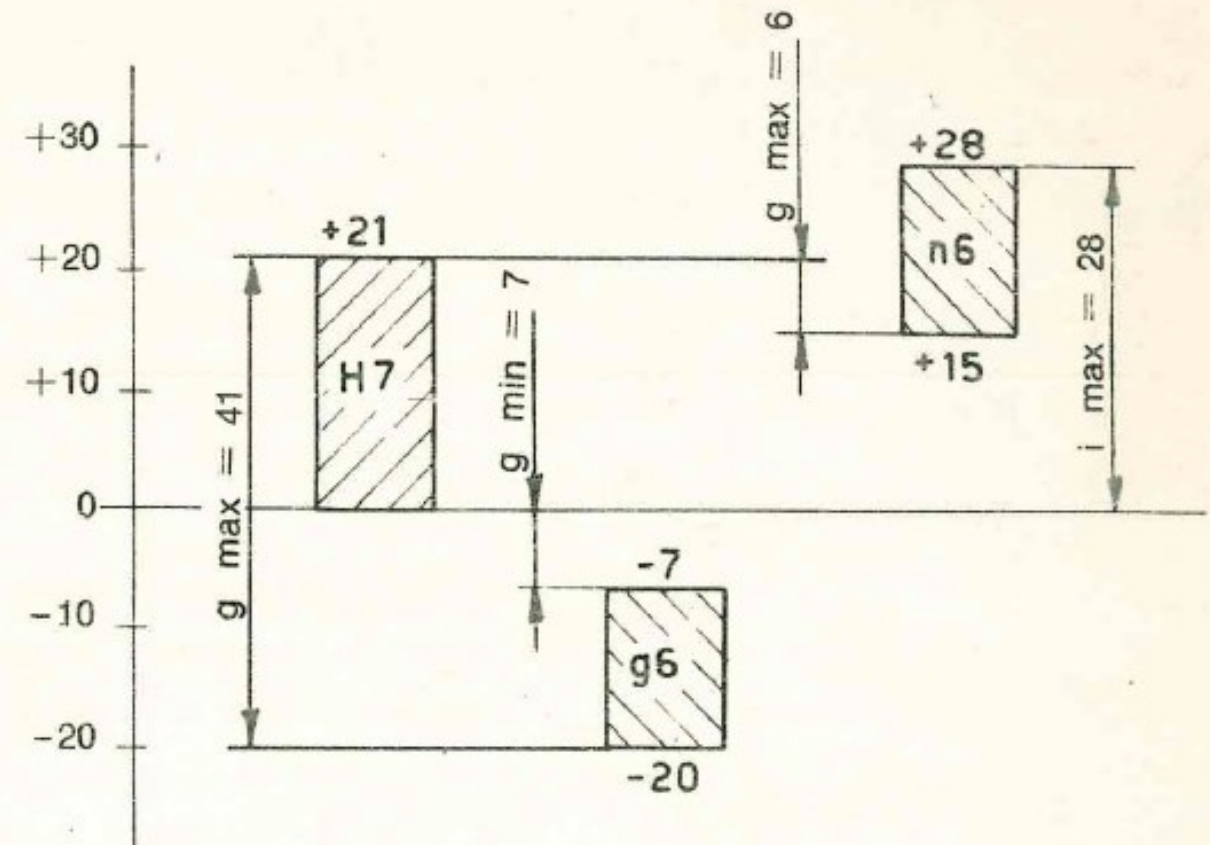
Scostamento inf. albero: $e_i = e_s - IT = -9 - (+25) = -34 \mu\text{m} = -0,034 \text{ mm}$

Gioco minimo: $g \text{ min} = 9 \mu\text{m} = 0,009 \text{ mm}$

Gioco massimo: $g \text{ max} = 73 \mu\text{m} = 0,073 \text{ mm}$

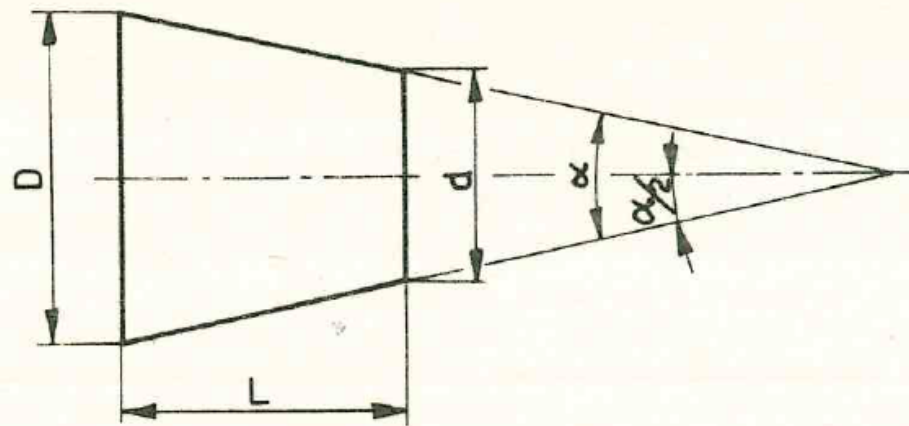


Perno di centratura



Quotatura e metodi di quotatura

Indicazione di conicità



Angolo di cono α : angolo, delimitato dalle generatrici, misurato in una sezione assiale.

Conicità **C**:

$$C = \frac{D-d}{L} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 1 : \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$$

Esempio: l'indicazione $C = 1 : 20$ indica che per una distanza assiale $L = 20$ mm fra le sezioni di diametro D e d si ha una differenza di diametro di 1 mm.

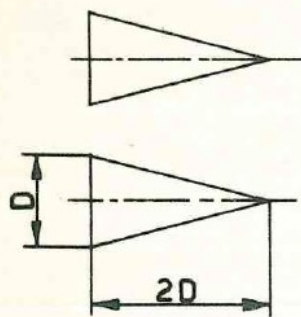


Fig. 5.4 - Simbolo da impiegare per l'indicazione della conicità sui disegni tecnici (va tracciato con linea fine), opportunamente orientato per indicare il senso della conicità. Per il proporzionamento del simbolo si tenga presente che il diametro del cono deve essere non minore dell'altezza delle quote, e la lunghezza si fa pari a 2 volte il diametro.

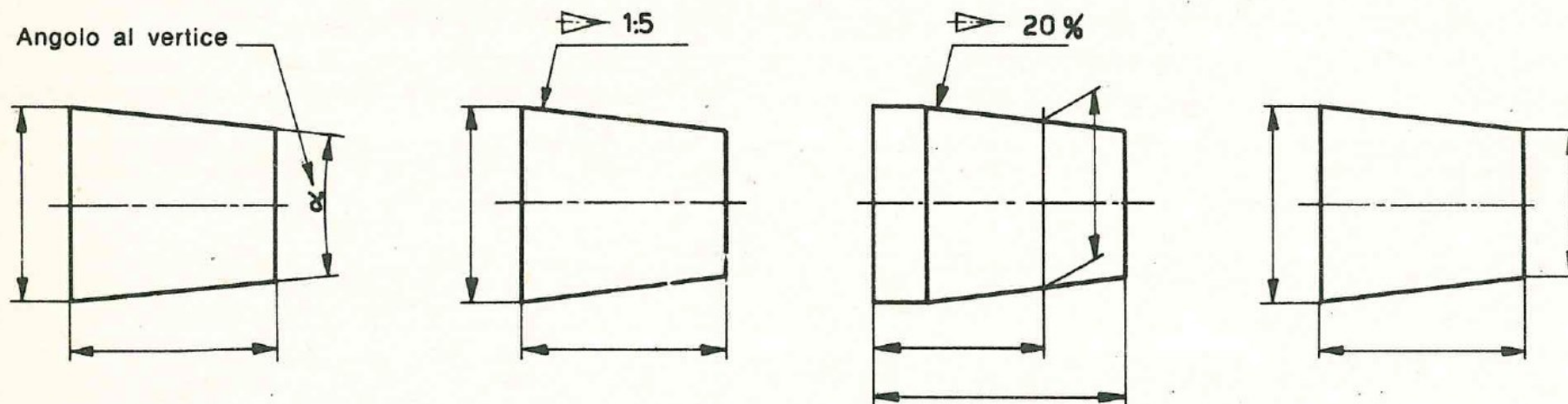
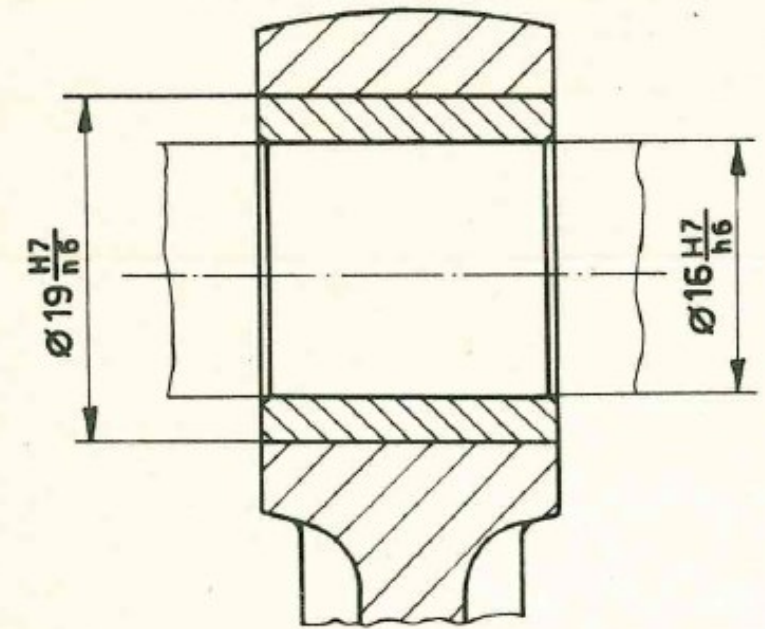


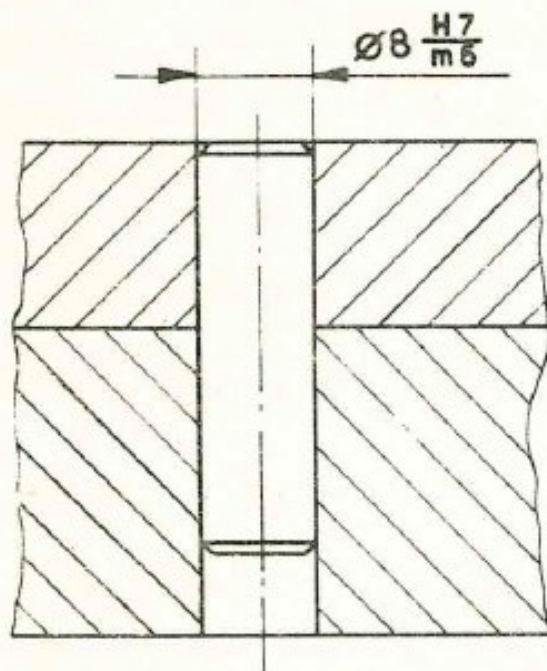
Fig. 5.5 Possibili combinazioni delle grandezze sufficienti per la quotatura di elementi conici.

Esercizi

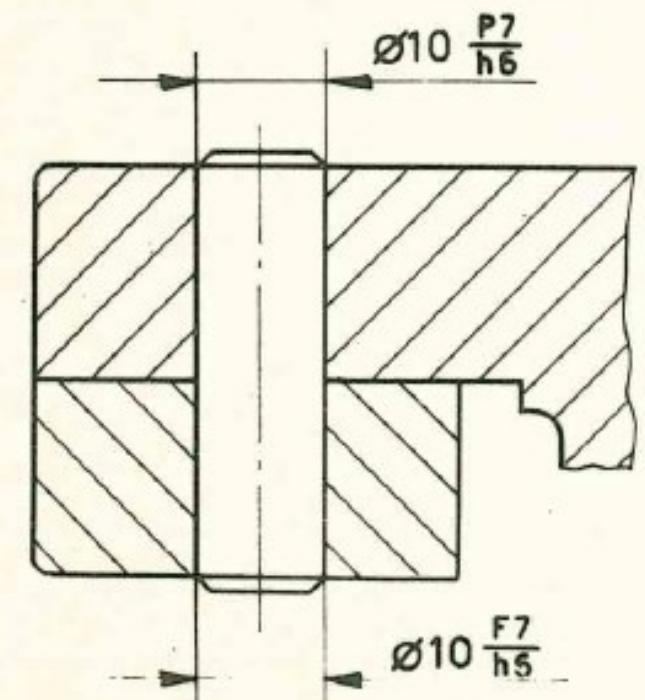
Eseguire il calcolo grafico/analitico dei campi di tolleranza per i seguenti casi:



Accoppiamento Biella - Bronzina



Riferimento con spina cilindrica



Cerniere per coperchio

Quotatura e metodi di quotatura

Indicazione di conicità

Prospetto I - Angoli di cono e conicità per applicazioni generali

Valori nominali		Valori calcolati			Esempi di applicazione
Serie 1	Serie 2	Conicità C	Angolo di cono α		
120°		1 : 0,288 675	—	—	Svasature, smussi di filettature
90°		1 : 0,500 000	—	—	Teste viti, estremità viti
	75°	1 : 0,651 613	—	—	Teste di chiodi
60°		1 : 0,866 025	—	—	Fori da centro
45°		1 : 1,207 107	—	—	Svasature
1 : 3		—	18°55'28,7''	18,924 644°	Coni ritegno molle valvole
	1 : 4	—	14°15' 0,1''	14,250 033°	Parti di macchine utensili
1 : 5		—	11°25'16,3''	11,421 186°	Coni di calettamento facilmente smontabili, innesti a frizione
	1 : 6	—	9°31'38,2''	9,527 283°	Rubinetti per tubazioni
1 : 10		—	5°43'29,3''	5,724 810°	Estremità d'albero, calettamenti meccanici in genere
	1 : 12	—	4°46'18,8''	4,771 888°	Bussole di trazione, cuscinetti
1 : 20		—	2°51'51,1''	2,864 192°	Coni metrici
	1 : 30	—	1°54'34,9''	1,909 682°	Coni fissaggio utensili
1 : 50		—	1° 8'45,2''	1,145 877°	Spine coniche, attacchi calibri

Quotatura e metodi di quotatura

Indicazione di conicità

Valori nominali	Valori calcolati			Applicazioni	
	Conicità C	Angolo di cono α		Denominazione	Riferimento a norma
7 : 24	1 : 3,428 571	16°35'39,4''	16,594 290°	Mandrini per macchine utensili, attacchi per utensili ed attrezzi	UNI 3088, UNI 3089
1 : 9	—	6°21'34,8''	6,359 660°	Morsetti per batterie	UNEL 71124 a UNEL 71126, UNEL 71130, UNEL 71131 e UNEL 71132
1 : 12,262	—	4°40'11,6''	4,669 884°	Cono Jacobs 2	UNI 5885
1 : 12,972	—	4°24'53,1''	4,414 746°	Cono Jacobs 1	UNI 5885
1 : 15,748	—	3°38'13,4''	3,637 060°	Cono Jacobs 33	UNI 5885
1 : 16,666	—	3°26'12,2''	3,436 716°	Raccordi conici d'uso medico	UNI 6136
1 : 18,779	—	3° 3' 1,0''	3,050 280°	Cono Jacobs 3	UNI 5885
1 : 19,002	—	3° 0' 52,4''	3,014 543°	Cono Morse 5	UNI 521 (2ª Ed.)
1 : 19,180	—	2°59'11,7''	2,986 582°	Cono Morse 6	UNI 521 (2ª Ed.)
1 : 19,212	—	2°58'53,8''	2,981 618°	Cono Morse 0	UNI 521 (2ª Ed.)
1 : 19,254	—	2°58'30,6''	2,975 179°	Cono Morse 4	UNI 521 (2ª Ed.)
1 : 19,264	—	2°58'24,8''	2,973 556°	Cono Jacobs 6	UNI 5885
1 : 19,922	—	2°52'31,5''	2,875 406°	Cono Morse 3	UNI 521 (2ª Ed.)
1 : 20,020	—	2°51'41,0''	2,861 377°	Cono Morse 2	UNI 521 (2ª Ed.)
1 : 20,047	—	2°51'26,7''	2,857 417°	Cono Morse 1	UNI 521 (2ª Ed.)
1 : 20,288	—	2°49'24,7''	2,823 537°	Cono Jacobs 0	UNI 5885

Quotatura e metodi di quotatura

Indicazione di conicità

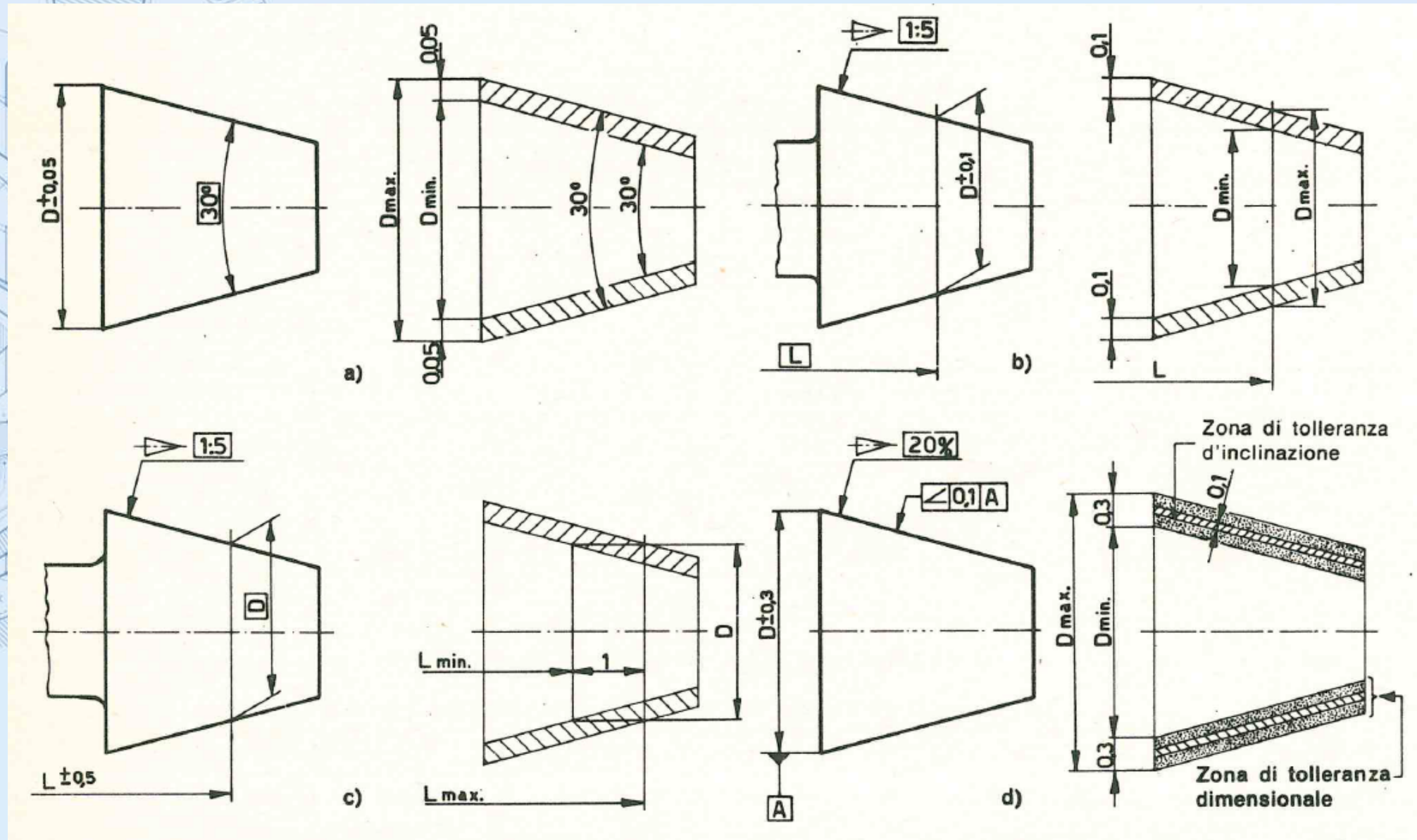
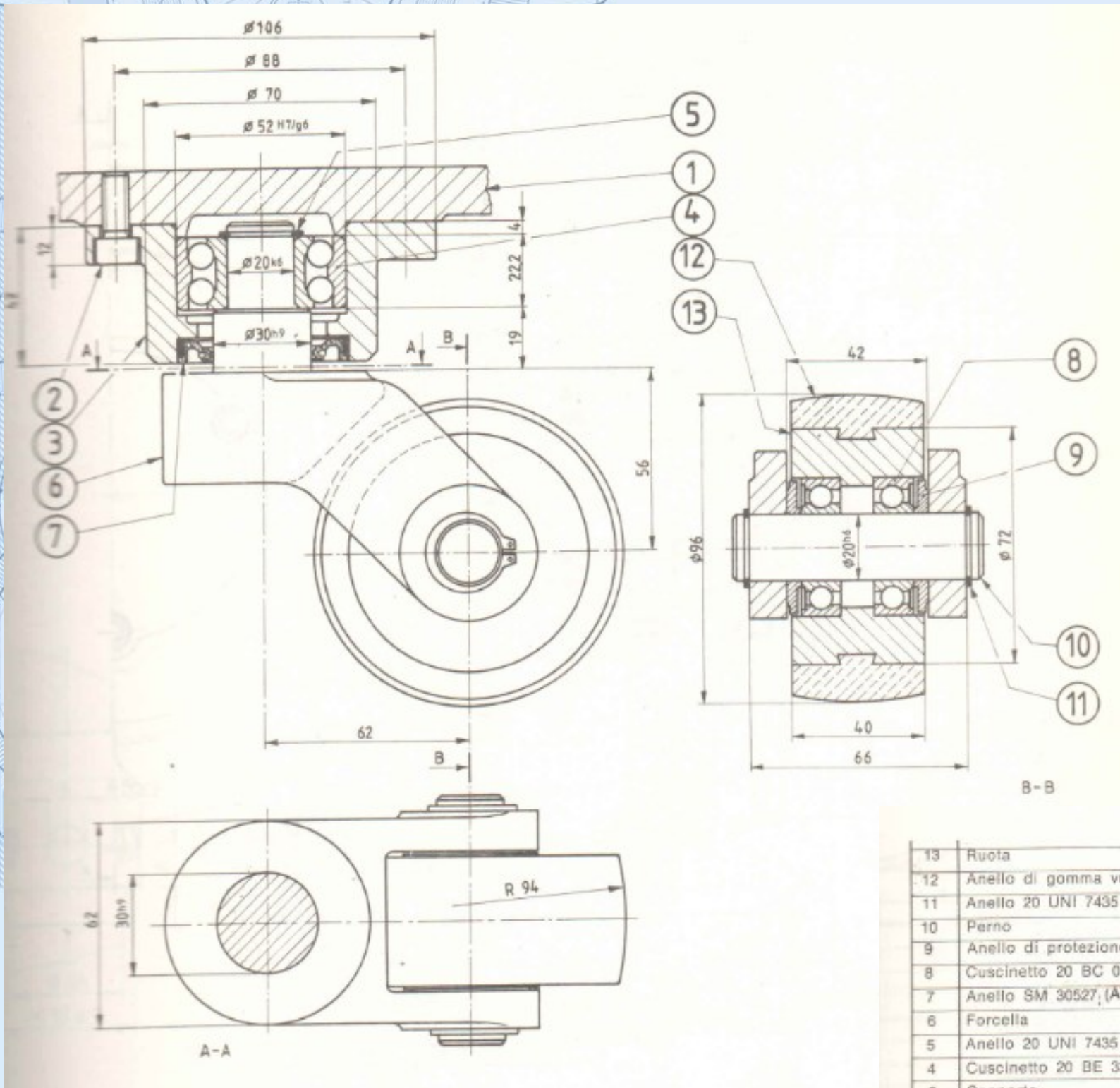


Fig. 5.6 - Metodo A: indicazione delle tolleranze su quote lineari (per ogni caso la fig. a sinistra mostra l'indicazione sul disegno e la fig. a destra l'interpretazione del disegno):

- a) è indicata con tolleranza la quota relativa ad un diametro d'estremità;
- b) è indicata con tolleranza la quota relativa al diametro di una sezione;
- c) è indicata con tolleranza la quota relativa alla posizione di una sezione il cui diametro è una quota di riferimento;
- d) caso in cui è prevista una condizione restrittiva che limita la variazione ammissibile di conicità all'interno della zona di tolleranza; la zona di tolleranza d'inclinazione si può trovare in una qualsiasi posizione all'interno della zona di tolleranza dimensionale.

Assiemi

Rappresentazioni degli assiemi



13	Ruota	1	Fe 430 B UNI 7070	
12	Anello di gomma vulcanizzata	1	---	
11	Anello 20 UNI 7435	2	---	
10	Perno	1	C 30 UNI 7845	bonificato
9	Anello di protezione	2	C 15 UNI 7846	cementato-temprato
8	Cuscinetto 20 BC 02 JG UNI 4206	2	---	(20 × 47 × 14)
7	Anello SM 30527, (Angst-Pfister)	1	---	
6	Forcella	1	G 20 UNI 5007	
5	Anello 20 UNI 7435	1	---	
4	Cuscinetto 20 BE 33 × P UNI 4212	1	---	(20 × 52 × 22,2)
3	Sopporlo	1	Fe 430 B UNI 7070	
2	Vite M 8 × 20 UNI 5931-8.8	4	---	
1	Piastra d'applicazione	1	Fe 430 B UNI 7070	
N°	Denominazione	Q.tà	Materiale	Note
Titolo				DIS. N°
RUOTA SNODATA PER CARRELLO				Scale
				Allievo
Data		Giudizio		Classe
ISTITUTO				

Messa in tavola

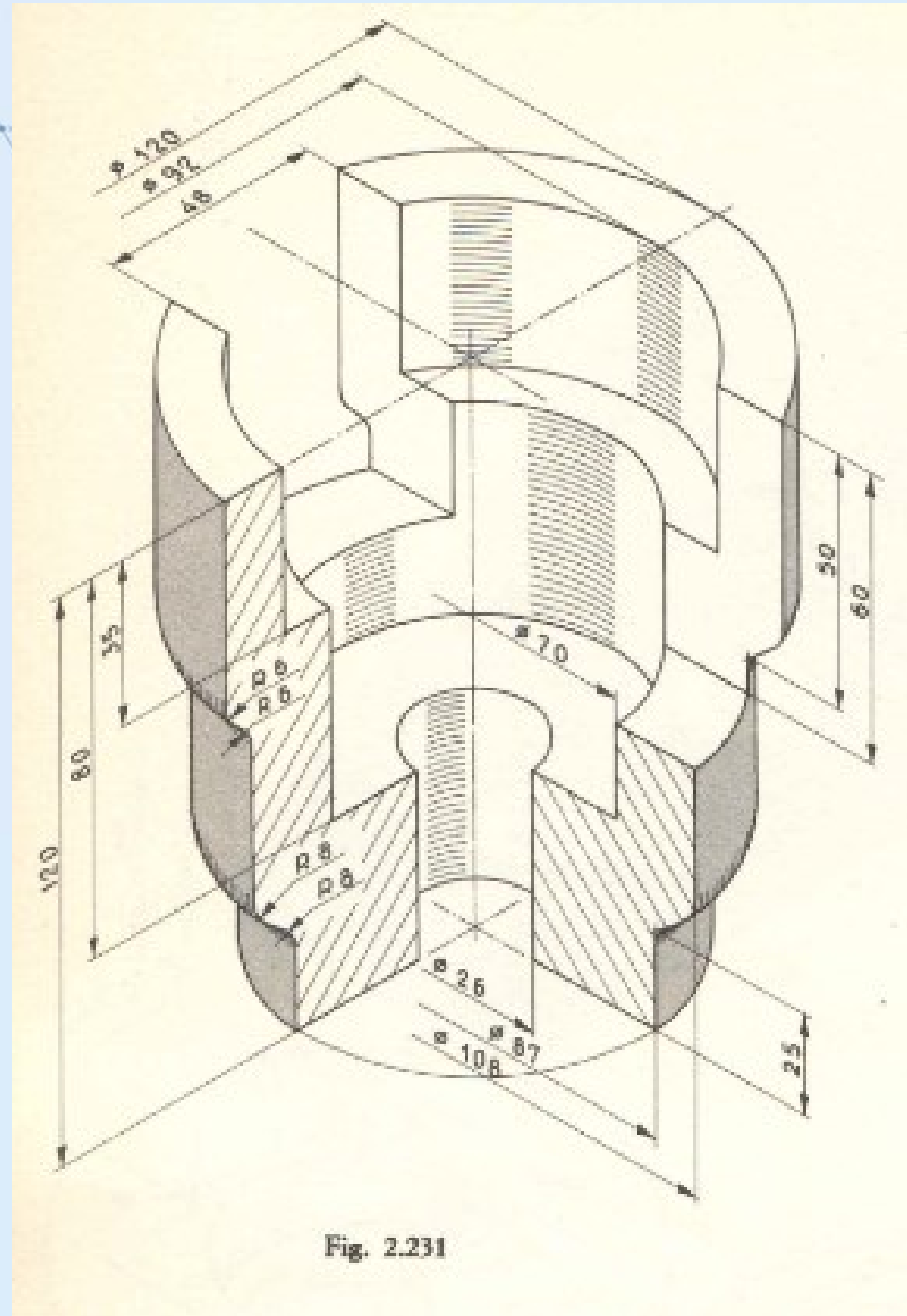
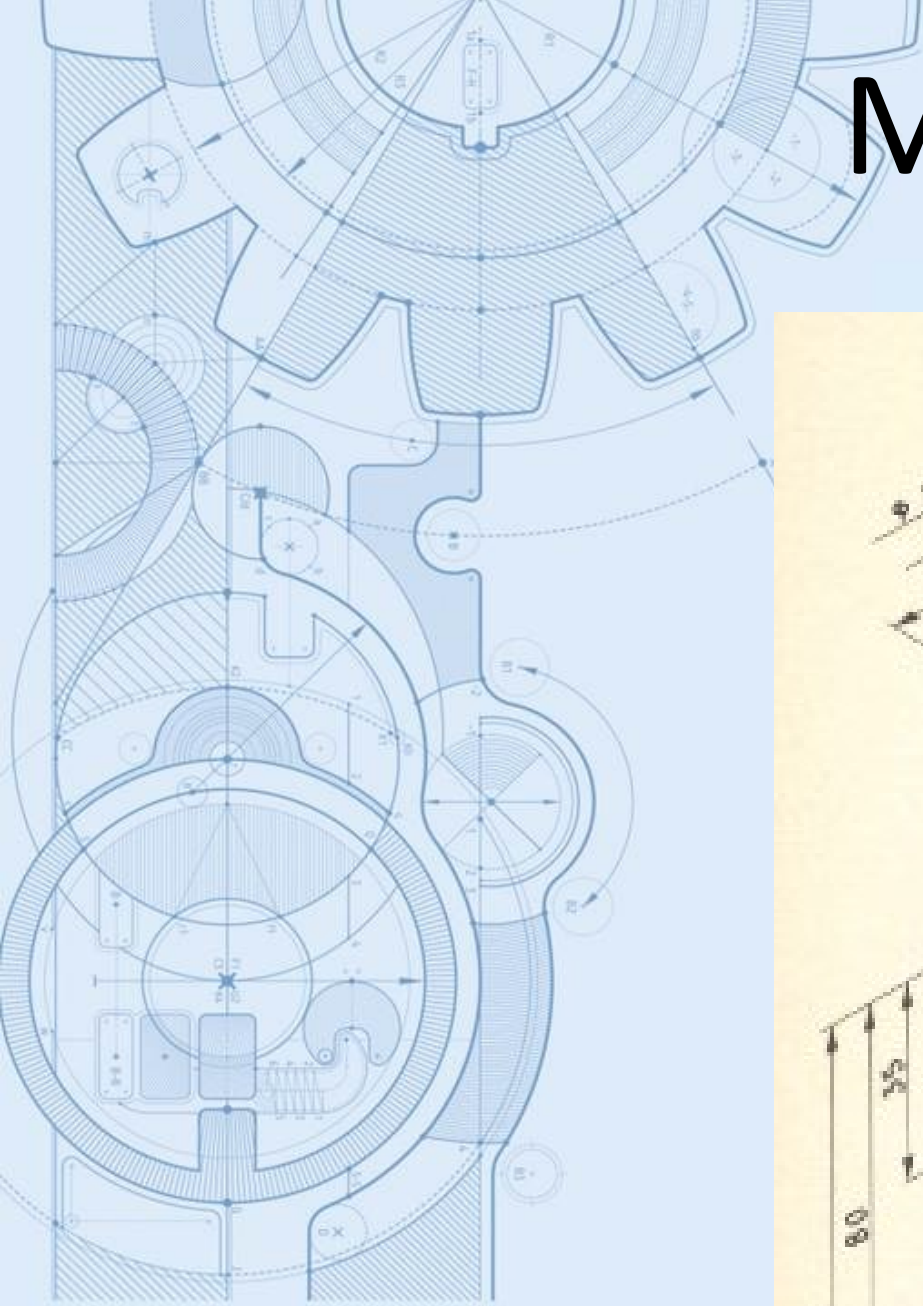


Fig. 2.231