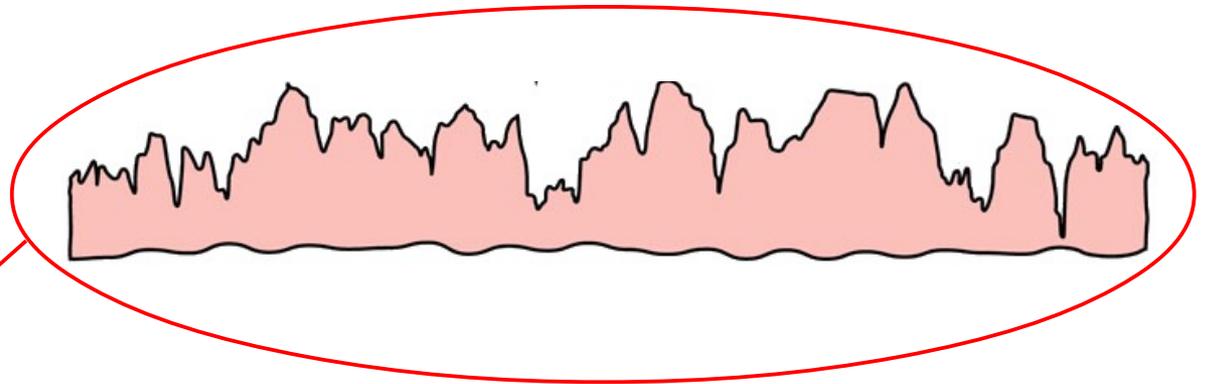
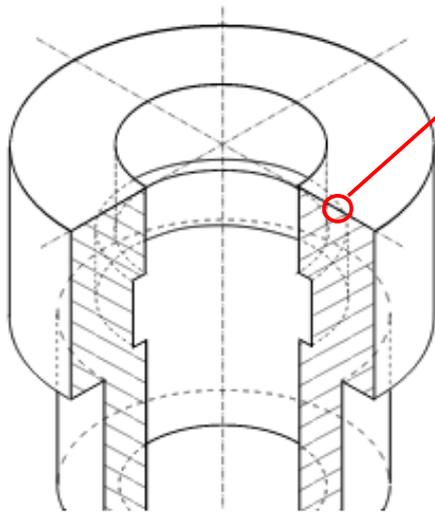


LO STATO DELLE SUPERFICI

- La rugosità superficiale
 - Il rugosimetro

Il concetto di Rugosità

→ Lo stato della superficie di un oggetto dipende dal tipo di lavorazione che ha subito e viene indicato con il termine di rugosità



→ La rugosità si indica sui disegni con un numero espresso in micron [μm] che dipende dalla profondità dei solchi

Gli errori geometrici delle superfici

- Il funzionamento corretto di un prodotto meccanico dipende non solo dalla precisione dimensionale dei suoi elementi, ma anche dagli errori geometrici presenti sulle superfici funzionali
- I processi di fabbricazione non consentono di ottenere le dimensioni nominali indicate sui disegni, così come non consentono di ottenere le *superfici ideali* in essi indicati

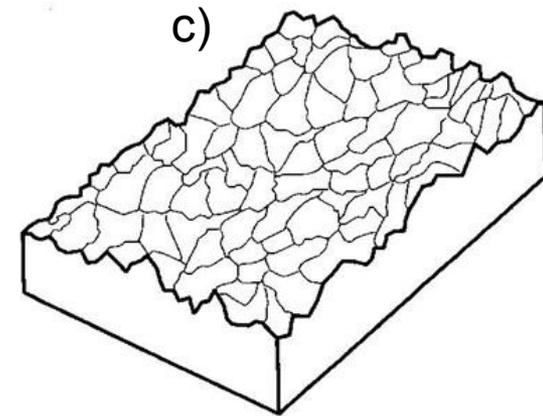
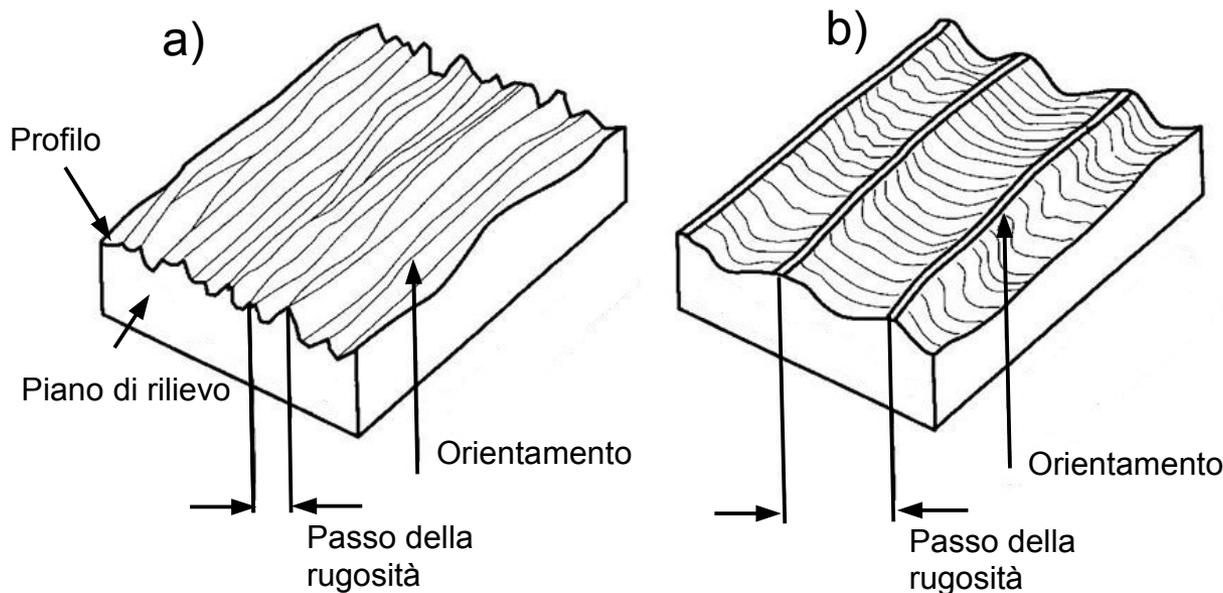
Definizioni di Superfici

- ❑ **Superficie ideale o nominale:** idealmente definisce il pezzo, è quella rappresentata sul disegno
- ❑ **Superficie reale:** effettivamente ottenuta con la lavorazione.
- ❑ **Superficie rilevata/misurata:** descritta dagli strumenti di misura (in pratica coincidente con quella reale)
- ❑ **Superficie di riferimento:** utilizzata per la misura degli errori geometrici (quella seguita da un pattino di rilevazione)
- ❑ **Superficie media:** nella quale la somma dei quadrati delle distanze dalla superficie reale è minima

Modelli di rugosità

→ *Piano di rilievo*: piano ortogonale alla superficie media

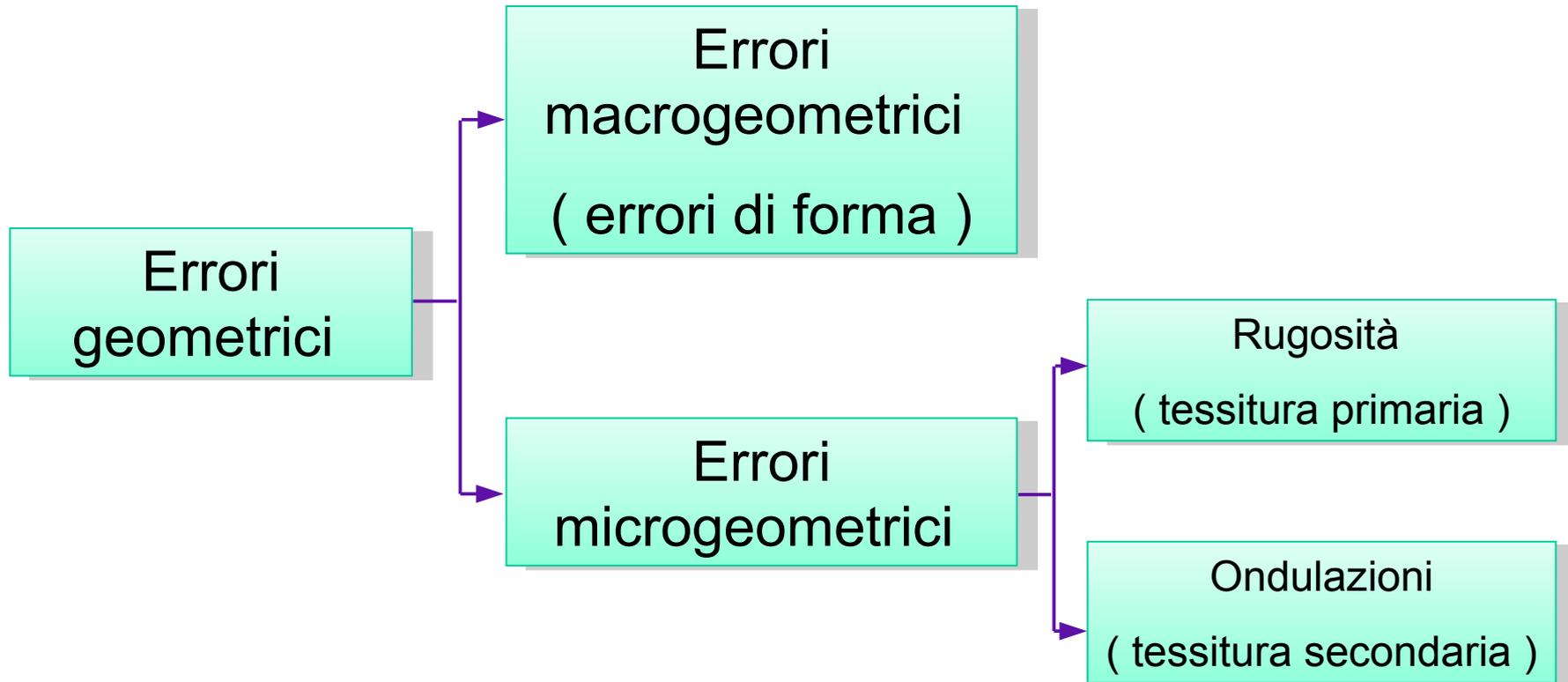
→ Sul piano di rilievo si definiscono: *profilo ideale*, *profilo reale*, *profilo misurato*, *profilo di riferimento*, *profilo medio*



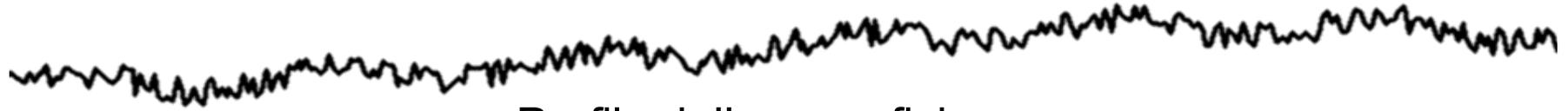
a) e b) Modelli con direzione predominante dei solchi

c) Modello completamente privo di orientamento

Classificazione degli errori



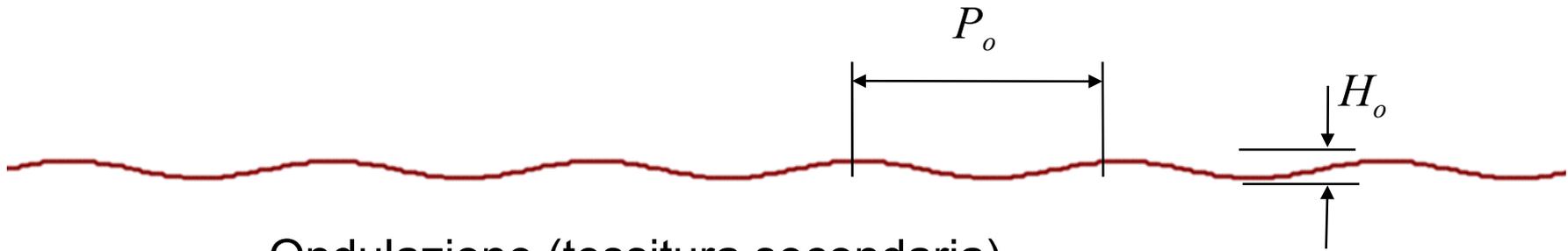
Esempio di superfici



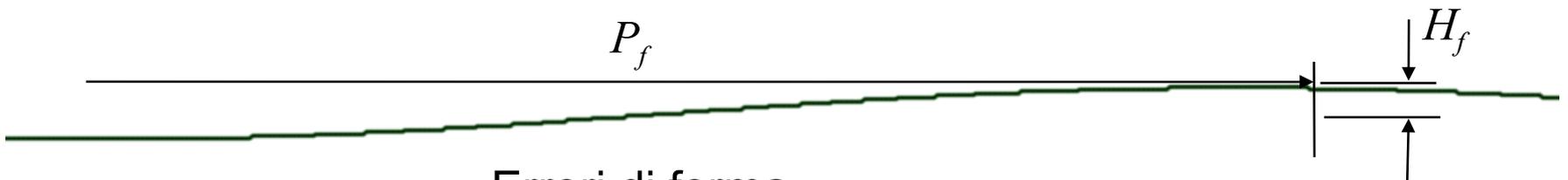
Profilo della superficie



Rugosità



Ondulazione (tessitura secondaria)

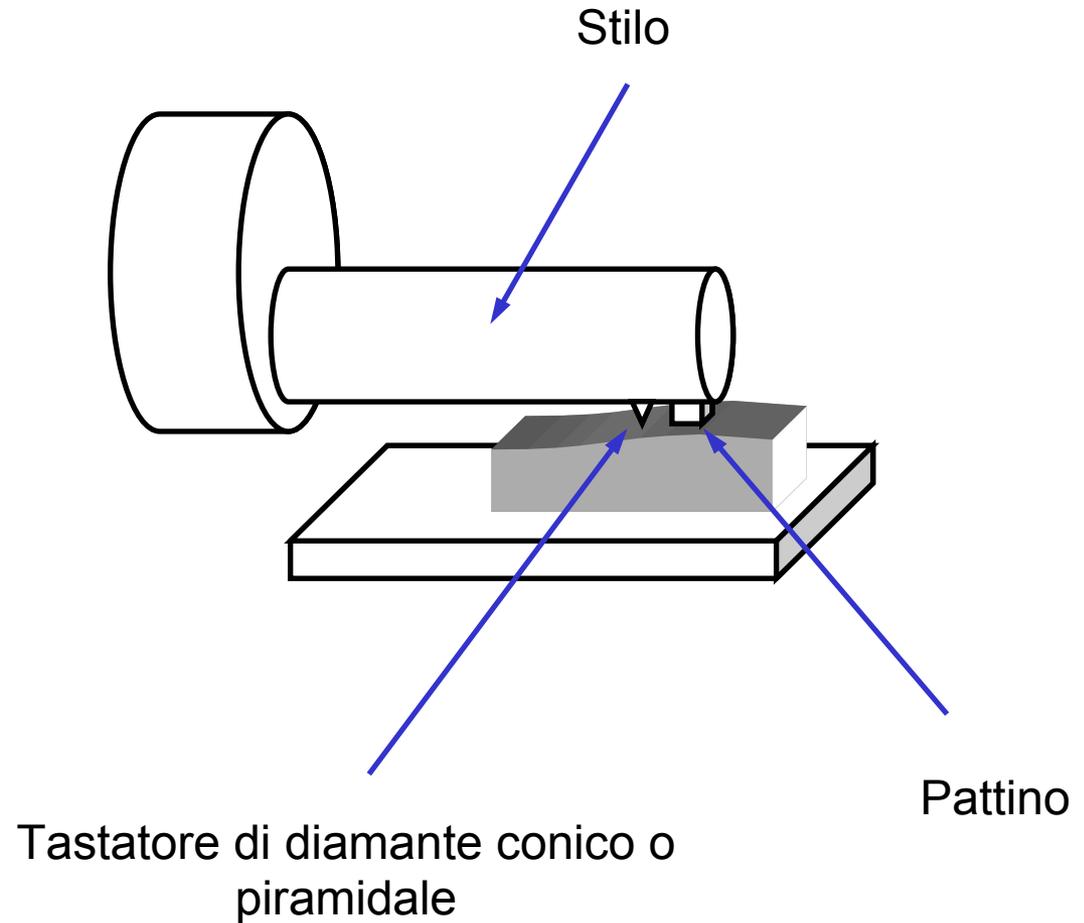


Errori di forma

Rapporti passo/ampiezza

Tipo	Denominazione	Rapporto Passo/Ampiezza
Micro	Rugosità o tessitura primaria	$0 < P_r/H_r < 50$
Micro	Ondulazione o tessitura secondaria	$50 < P_o/H_o < 1000$
Macro	Errori di forma	$P_f/H_f > 1000$

Misura degli errori microgeometrici: Il Rugosimetro



Componenti di un rugosimetro

TASTATORE



TRASDUTTORE



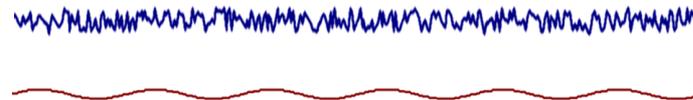
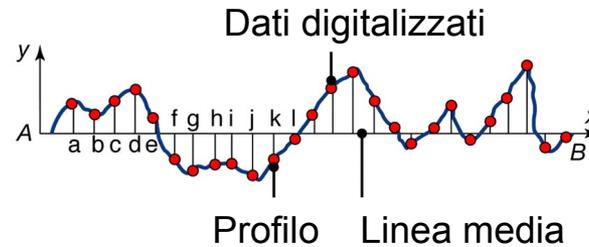
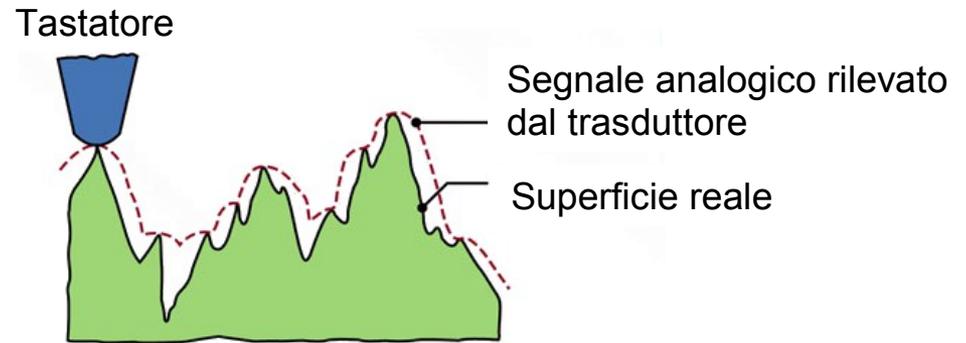
AMPLIFICATORE



CONVERTITORE A/D

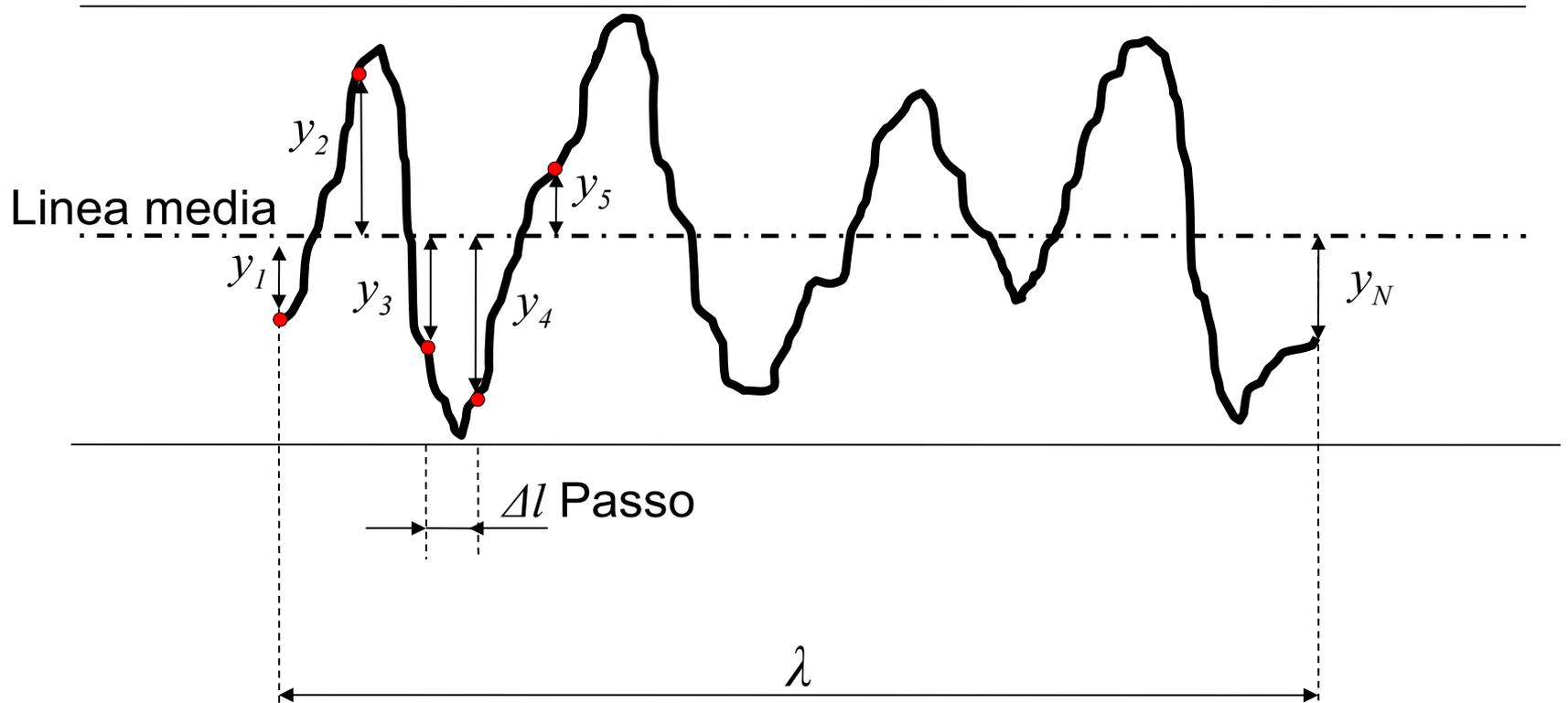


FILTRO



Separazione di rugosità e ondulazione

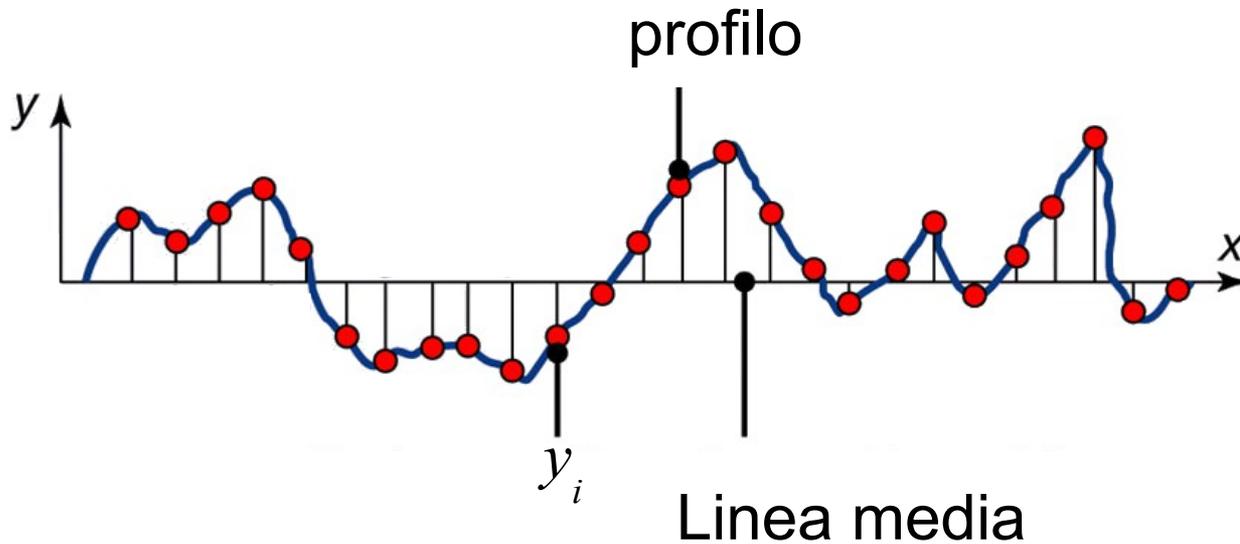
Profilo rilevato



$$\sum_{i=1}^N y_i = 0$$

La linea media è quella che minimizza le distanze (con segno) dal profilo

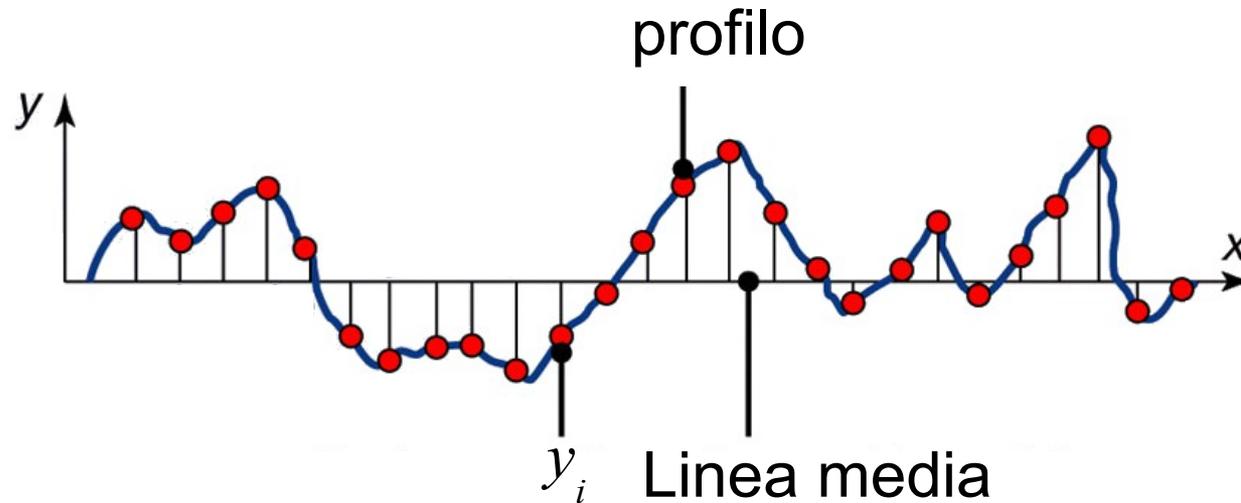
Rugosità Media Aritmetica R_a [μm]



$$R_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i|$$

Grado di rugosità R_a [μm]	Lunghezza minima di campionatura λ [mm]
0 ÷ 0.3	0.25
> 0.3 ÷ 3	0.8
>3	2.5

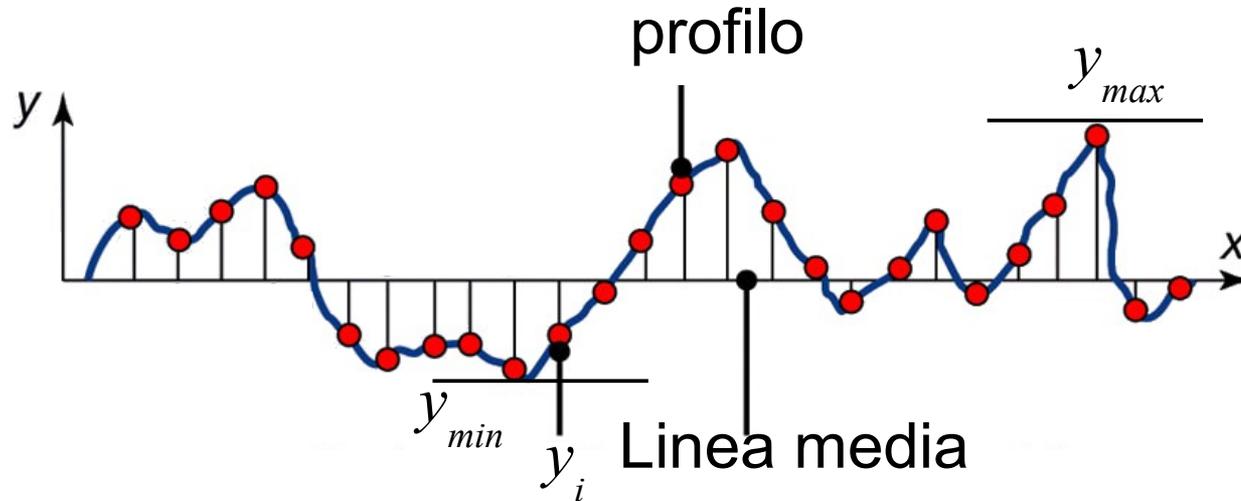
Rugosità Media Quadratica R_q



$$R_q = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i^2}$$

→ Si considera una relazione media per cui $R_a/R_q = 0.9$

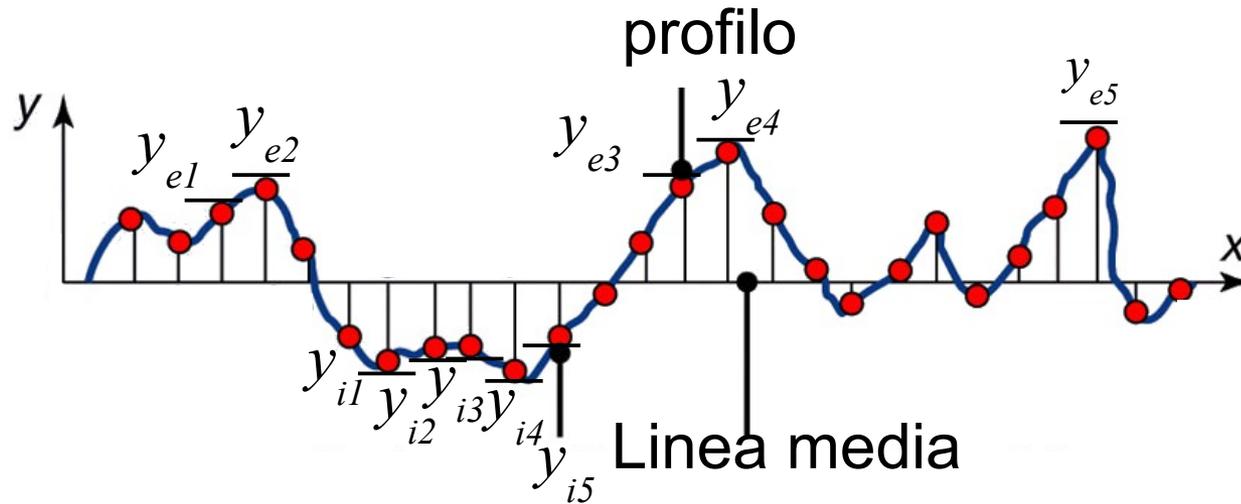
Rugosità Totale R_t



$$R_t = R_p - R_v = y_{max} - y_{min}$$

→ poco indicativo essendo influenzato da singole asperità accidentali

Rugosità R_z secondo ISO

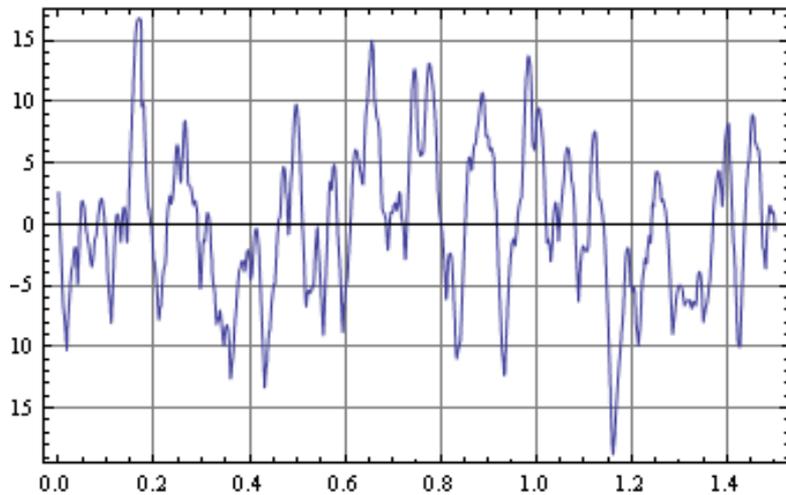


$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 y_{e_i} + \sum_{i=1}^5 |y_{i_i}|}{5}$$

→ Media aritmetica delle altezze dei cinque picchi e delle cinque valli più profonde presenti nel tratto in misurazione

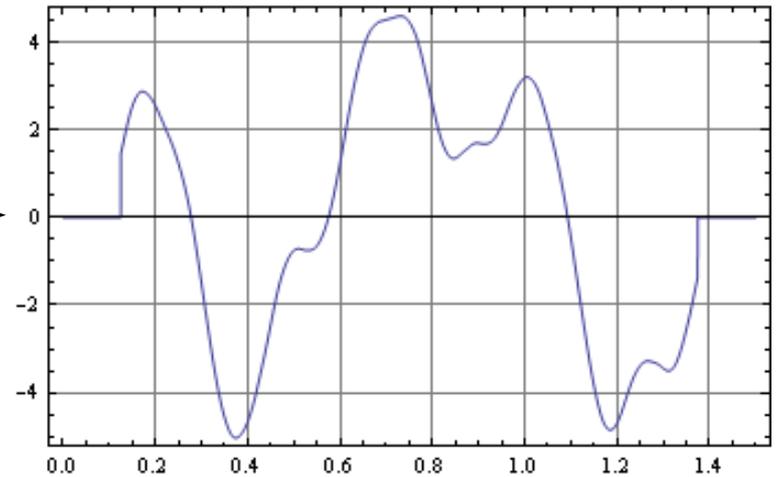
Filtraggio del profilo misurato

→ Si effettua un'analisi in frequenza e si separano le componenti W e R tramite un filtro

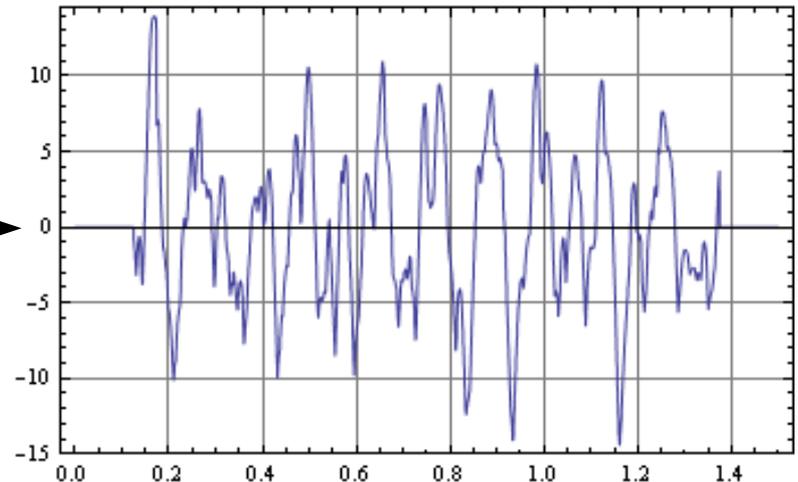


Profilo rilevato (P profile)

$$Y(x) = Y_W(x) + Y_R(x)$$



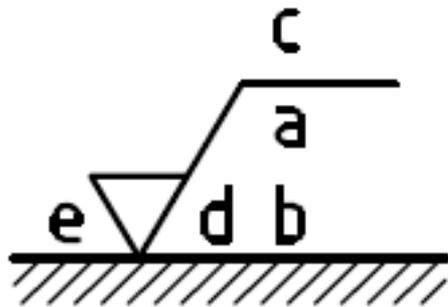
Ondulazione (W profile)



Rugosità (R profile)

Indicazione della rugosità sui disegni

L'indicazione è normata dalla ISO 1302:2002



a: valore rugosità in micrometri.

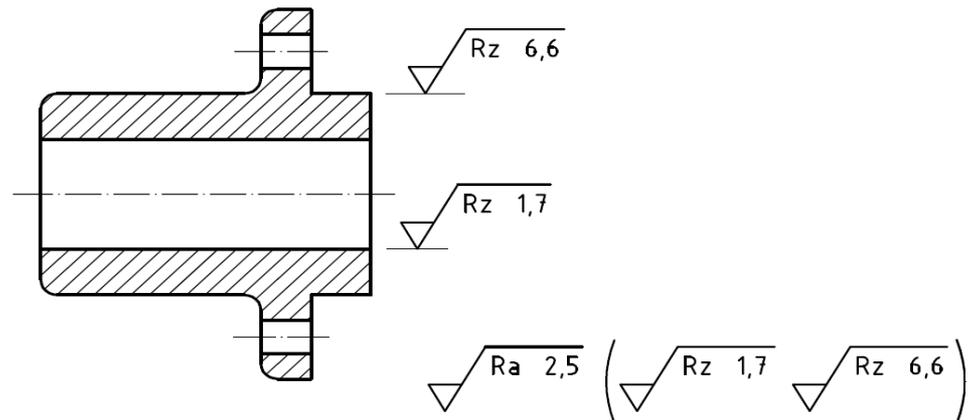
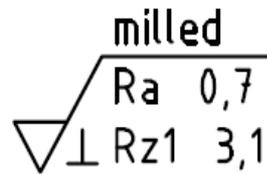
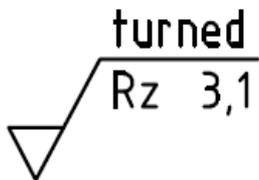
b: eventuale secondo parametro di rugosità

c: metodo di fabbricazione

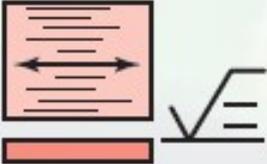
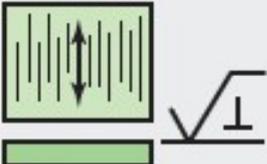
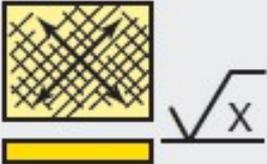
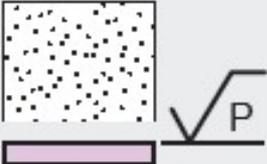
d: simbolo di direzione dei solchi

e: sovrametallo di lavorazione.

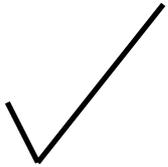
Esempi:



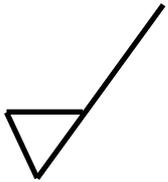
Simbolo di direzione dei solchi

Simbolo	Interpretazione	esempi
	I solchi sono paralleli alla traccia della superficie a cui è applicato il simbolo	
	I solchi sono normali alla traccia della superficie a cui è applicato il simbolo	
	I solchi sono orientati secondo due direzioni che si incrociano	
	Solchi o finitura ad andamento casuale, che non presentano una direzione preferenziale	

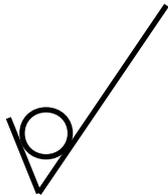
Simbologia lavorazione



Tipologia di lavorazione non specificata



Superficie realizzata con asportazione di truciolo

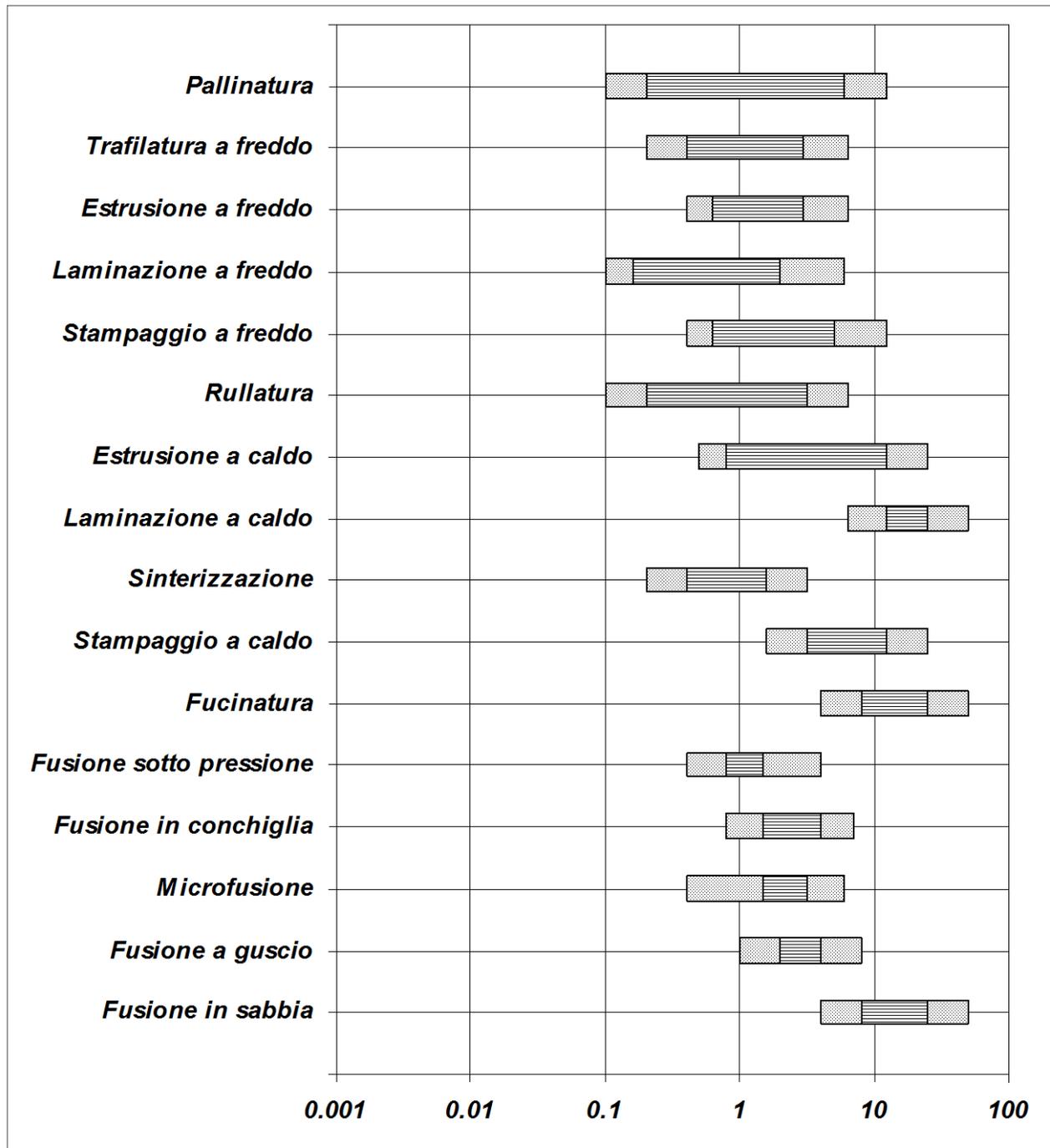


Superficie senza asportazione di truciolo

Indicazione della rugosità (obsoleta)

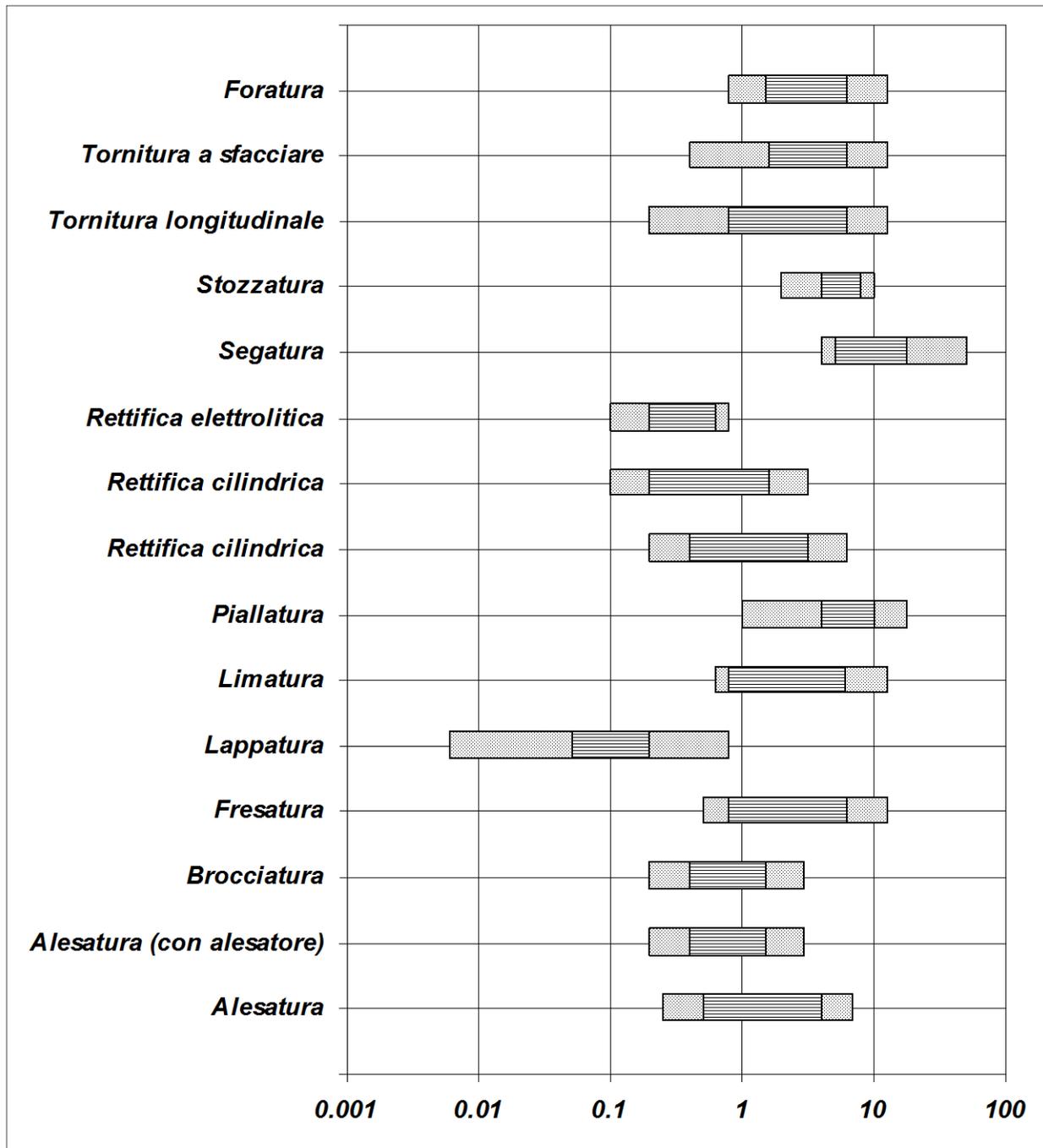
Indicazione della natura della superficie mediante i segni della UNIM 36*		Indicazione dello stato delle superficie mediante la rugosità R_a e i segni della UNI 4600	
Segno grafico	Significato	Segno grafico	Significato
	**		<p>Superficie lavorata con asportazione di truciolo avente una rugosità massima R_a 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:</p> <p style="text-align: center;"></p>
	Superficie rettificata		
	Superficie lisciata ottenuta mediante lavorazione d'utensile a macchina od a mano		
	Superficie sgrossata, ottenuta mediante lavorazione d'utensile a macchina od a mano		
<p>* Nella UNIM 36 era prevista anche l'indicazione convenzionale con il significato di "superficie grezza liscia da realizzare con accuratezza (pezzi di fusione, di forgiatura, stampatura, laminazione, ecc.)". Detta indicazione è sostituita dal simbolo secondo UNI 4600.</p> <p>** I quattro triangoli non erano definiti nella UNIM 36, ma ne erano una estrapolazione entrata nell'uso comune.</p>			

Rugosità e lavorazioni



Rugosità e lavorazioni

Lavorazioni per asportazione di truciolo



Lavorazione e qualità della superficie lavorata

□ Macchina utensile

- Rigidezza
- Qualità organi e azionamenti
- Installazione
- Manutenzione

□ Pezzo da lavorare

- Design for manufacturing
- Materiale (composizione, struttura metallurgica, qualità fisiche)
- Formato e qualità del grezzo di partenza (processo fusorio, laminazione, forgiatura, stampaggio)

□ Utensili

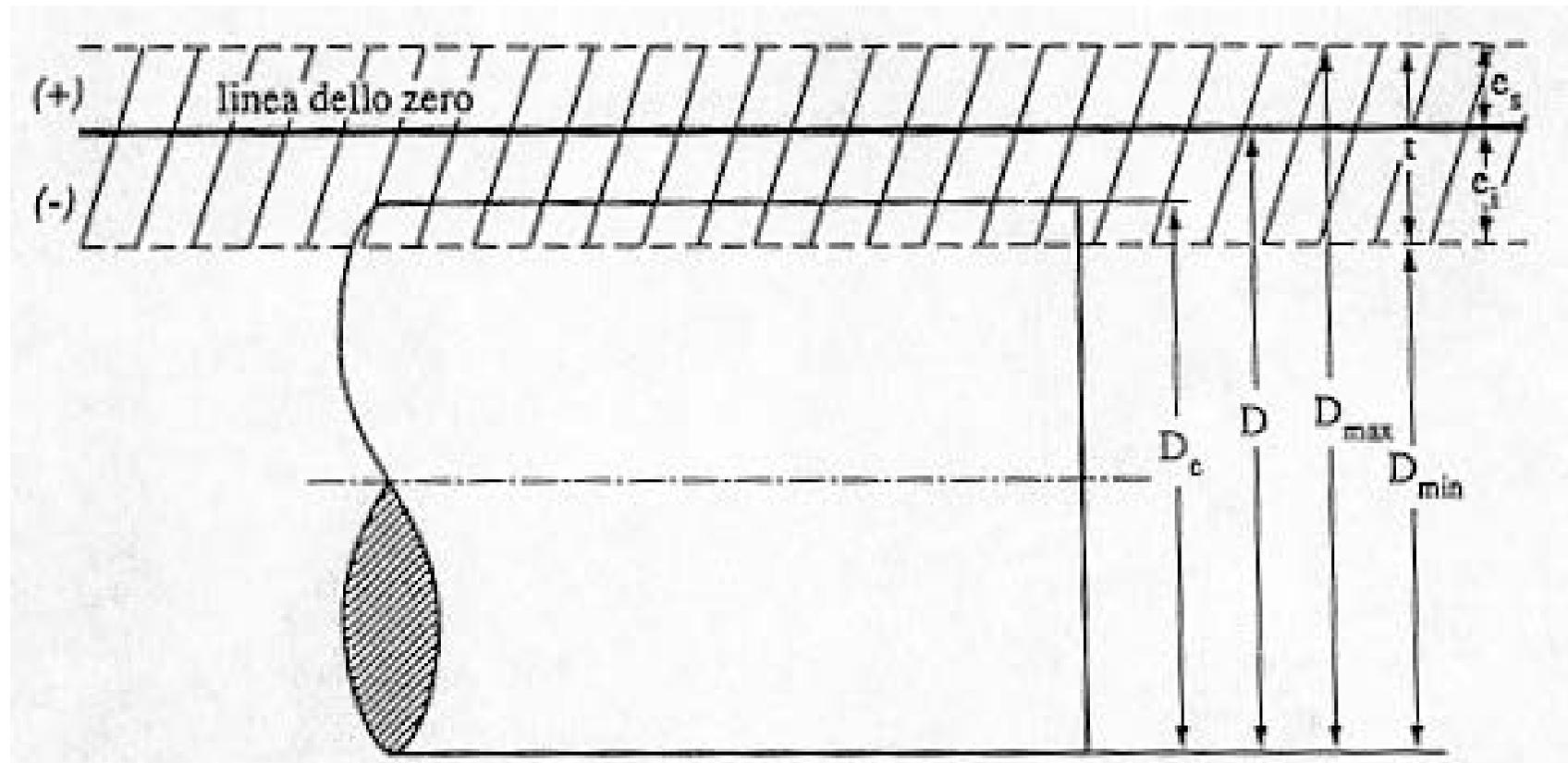
- Materiale degli utensili
- Geometria
- Condizioni di taglio – parametri tecnologici

Rugosità e lavorazioni meccaniche

- Tipo di materiale da lavorare e sue condizioni
- Tipo di materiale degli utensili
- Fluido da taglio
- Usura del tagliente
- Restituzione elastica del materiale
- Temperature nelle zone di taglio
- Vibrazioni del sistema macchina/utensile/pezzo

PRECISIONE

Tolleranze Dimensionali



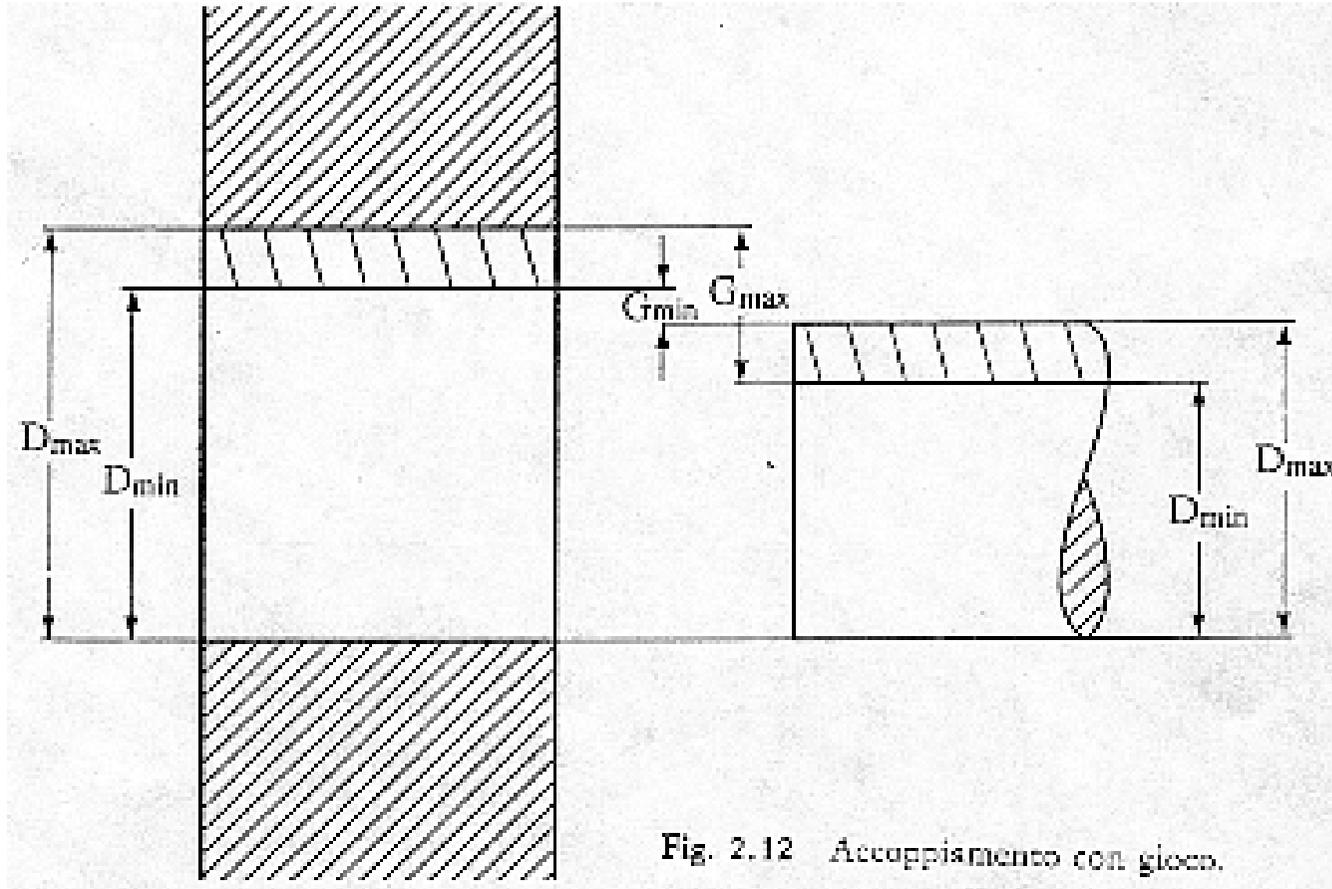
- Scostamento superiore
- Scostamento inferiore
- Campo di tolleranza

$$e_s = D_{max} - D$$

$$e_i = D - D_{min}$$

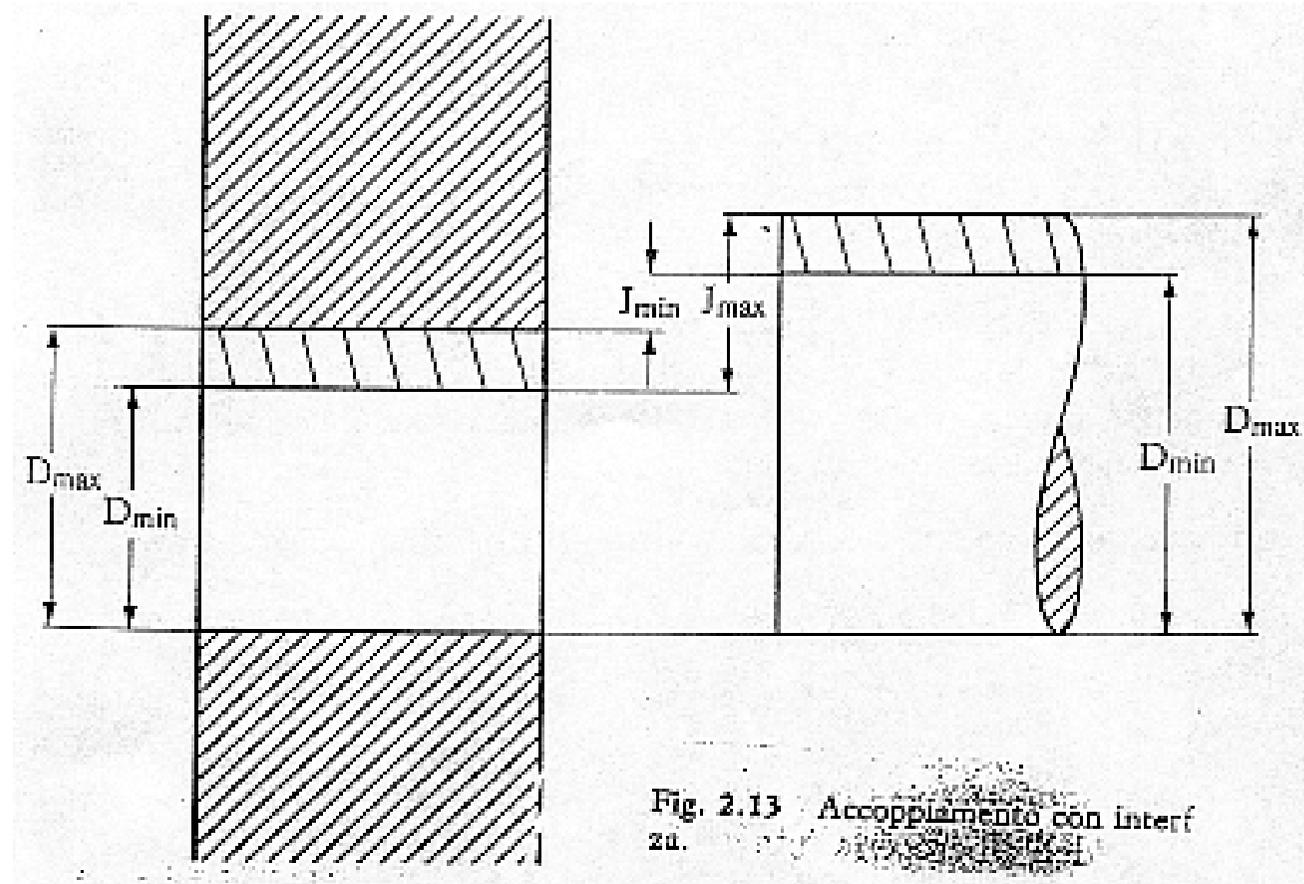
$$t = D_{max} - D_{min}$$

Accoppiamento con gioco



- Gioco massimo $G_{\max} = D_{\min} - d_{\max}$
- Gioco minimo $G_{\min} = D_{\max} - d_{\min}$

Accoppiamento con interferenza



- ❑ Interferenza massima
- ❑ Interferenza minima

$$J_{max} = d_{max} - D_{min}$$

$$J_{min} = d_{min} - D_{max}$$

Qualità di tolleranza nel sistema ISO

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	18	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

Posizione del campo di tolleranza

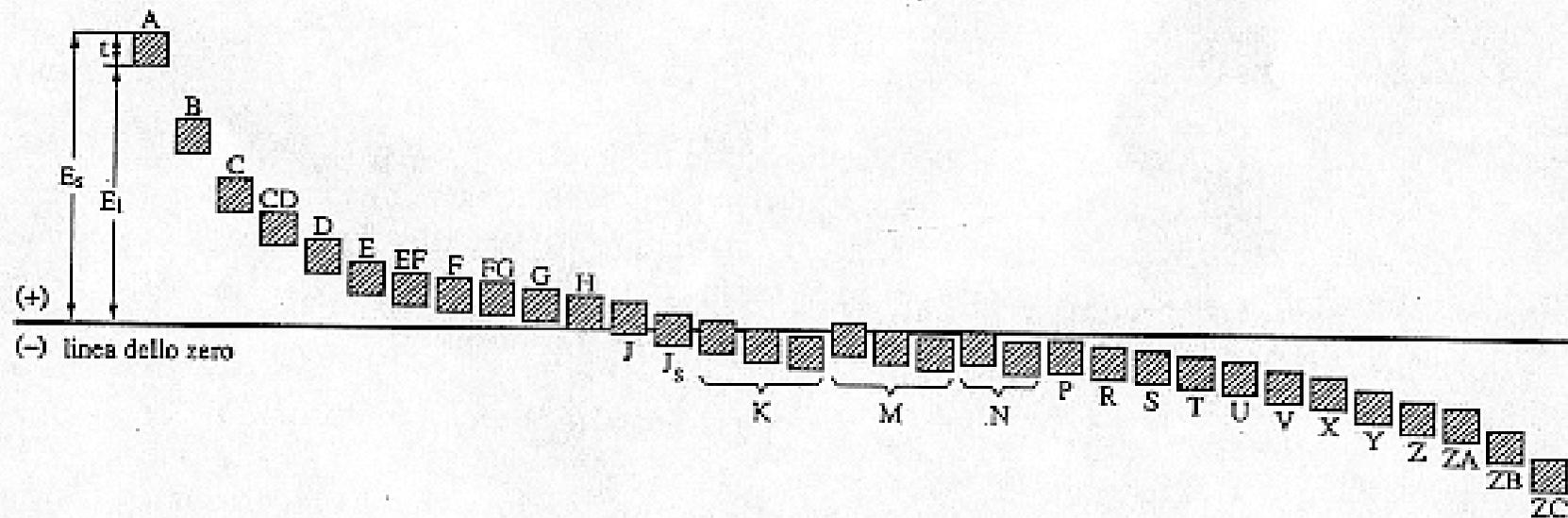


Fig. 2.16 Le diverse posizioni del campo di tolleranza rispetto alla linea dello zero per fori, secondo le norme ISO.

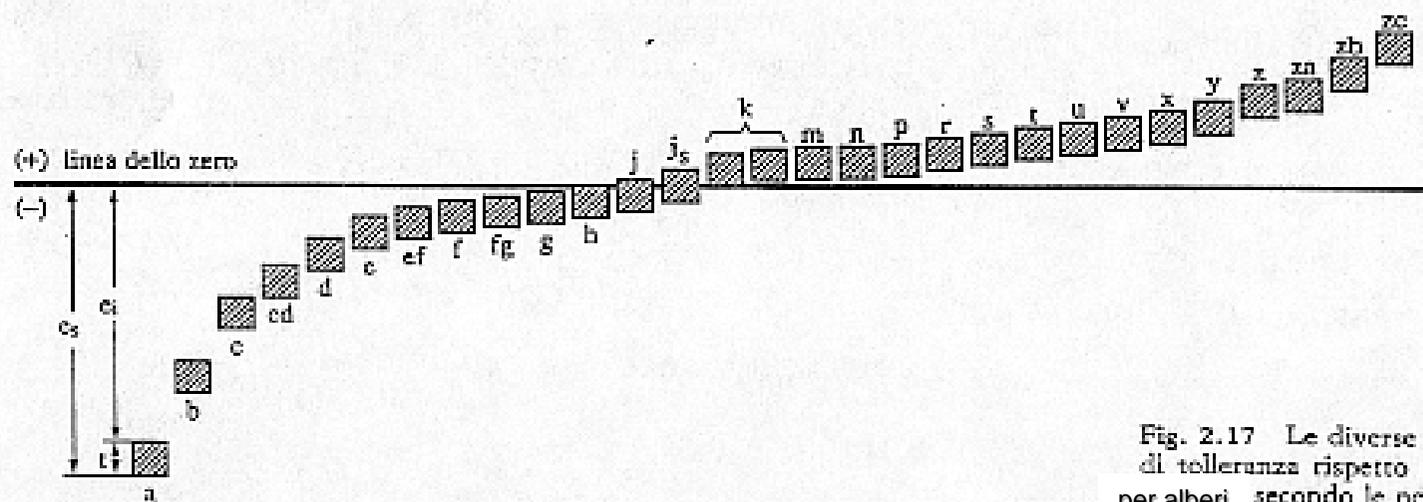


Fig. 2.17 Le diverse posizioni del campo di tolleranza rispetto alla linea dello zero per alberi secondo le norme ISO.

Qualità ISO e lavorazioni

Tolleranza ISO	Corrispondenza UNI			Lavorazioni Meccaniche corrispondenti				
	Fori	Alberi		Fori	Alberi			
IT 1				Lavorazioni con macchine speciali	Lavorazioni con macchine speciali			
IT 2								
IT 3								
IT 4								
IT 5		Extra preciso		Rettifica molto accurata	Rettifica molto accurata			
IT 6	Extra preciso			rettifica				
IT 7	Preciso	preciso	medio	Tornitura			tornitura	Limatura trafileatura
IT 8	medio			Alesatura brocciatura				
IT 9								
IT 10								
IT 11	grossolano			Sgrossatura alle machine, lavorazioni grossolane di stampaggio, laminazione, fusione ecc...				
IT 12								
IT 13								
IT 14								