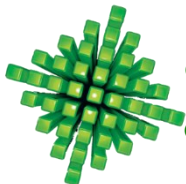


Tolleranze, Accoppiamenti, Finitura Superficiale

Ampiezza di tolleranza

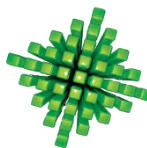
- Il sistema ISO prevede 20 diverse qualità di tolleranza IT0, IT01, IT1, IT2, ..., IT18, con precisione decrescente
- L'ampiezza di tolleranza dipende inoltre dalla dimensione nominale (cresce al crescere di quest'ultima)



Gradi di tolleranza normalizzati

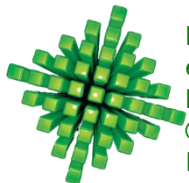
Dimensione nominale mm		Gradi di tolleranza normalizzati																	
		IT1 ²⁾	IT2 ²⁾	IT3 ²⁾	IT4 ²⁾	IT5 ²⁾	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14 ³⁾	IT15 ³⁾	IT16 ³⁾	IT17 ³⁾	IT18 ³⁾
oltre	fino a	Tolleranze																	
		µm										mm							
–	3 ³⁾	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,60	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
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630 ²⁾	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 ²⁾	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1000 ²⁾	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 ²⁾	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 ²⁾	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 ²⁾	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500 ²⁾	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500	3150 ²⁾	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

- 1) I valori dei gradi di tolleranza normalizzati IT01 e IT0 relativi alle dimensioni nominali ≤ 500 mm sono riportati nell'appendice A, prospetto V.
 2) Per le dimensioni nominali > 500 mm, i valori dei gradi di tolleranza normalizzati da IT1 a IT5 sono dati a titolo sperimentale.
 3) I gradi di tolleranza normalizzati da IT14 a IT18 non devono essere utilizzati per dimensioni nominali ≤ 1 mm.



Grado di tolleranza – lavorazioni – applicazioni tipiche

Grado di tolleranza normalizzato	Classe di tolleranza		Lavorazioni meccaniche corrispondenti		Applicazioni	
	Alberi	Fori	Alberi	Fori	Alberi	Fori
IT1 - IT4			Lavorazione con macchine speciali	Lavorazione con macchine speciali	Lavorazioni di precisione di strumenti di misura, calibri, blocchetti di riscontro	
IT5	extra preciso		rettifica	rettifica speciale	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT6	preciso	extra preciso	rettifica	rettifica	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT7	preciso - medio	preciso	tornitura	rettifica alesatura tornitura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT8	medio	medio	tornitura	alesatura tornitura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT9	medio - grossolano	medio - grossolano	tornitura trafilatura	alesatura tornitura trapanatura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT10	medio - grossolano	medio - grossolano	tornitura trafilatura	alesatura tornitura trapanatura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT11	grossolano	grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT12	molto grossolano	molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT13	molto grossolano	molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT14 - IT18	molto grossolano	molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	



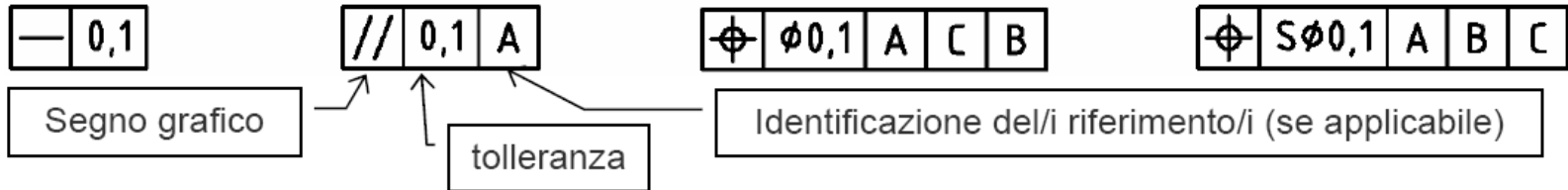
Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

Kalpakjian • Schmid

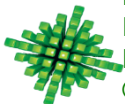
© 2008, Pearson Education

ISBN No. 0-13-227271-7

Simbologia per le tolleranze



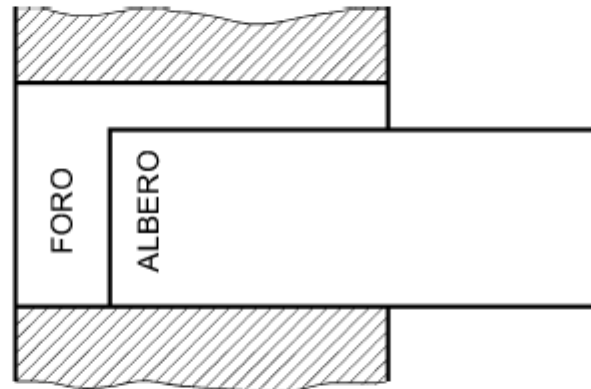
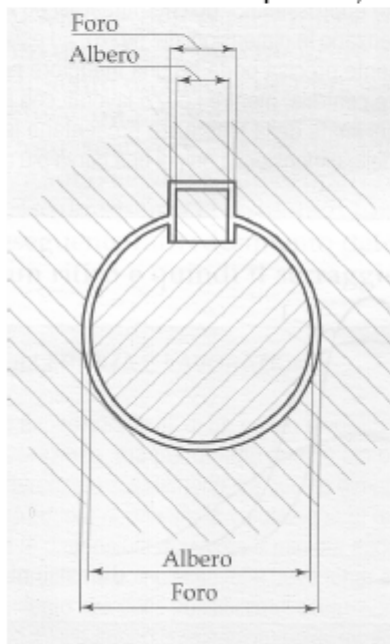
TOLLERANZE		CARATTERISTICA OGGETTO DI TOLLERANZA	SEGNO GRAFICO
Su elementi singoli	Tolleranze di forma	Rettilinearità	—
		Planarità	▭
		Circolarità	○
		Cilindricità	⊘
		Forma di una linea qualunque	⌒
Su elementi singoli od associati	Tolleranze di forma	Forma di una superficie qualunque	⌒
		Parallelismo	//
Su elementi associati	Tolleranze di orientamento	Perpendicolarità	⊥
		Inclinazione	∕
		Localizzazione	⊕
	Tolleranze di posizione	Concentricità e coassialità	⊙
		Simmetria	≡
		Tolleranze di oscillazione	Oscillazione circolare
	Oscillazione totale		↗↘



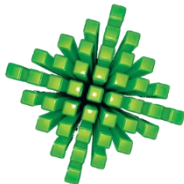
Accoppiamenti

Foro: "termine usato convenzionalmente per designare tutti gli elementi interni di un pezzo, anche non cilindrici."

Albero: "termine usato convenzionalmente per designare tutti gli elementi esterni di un pezzo, anche non cilindrici."

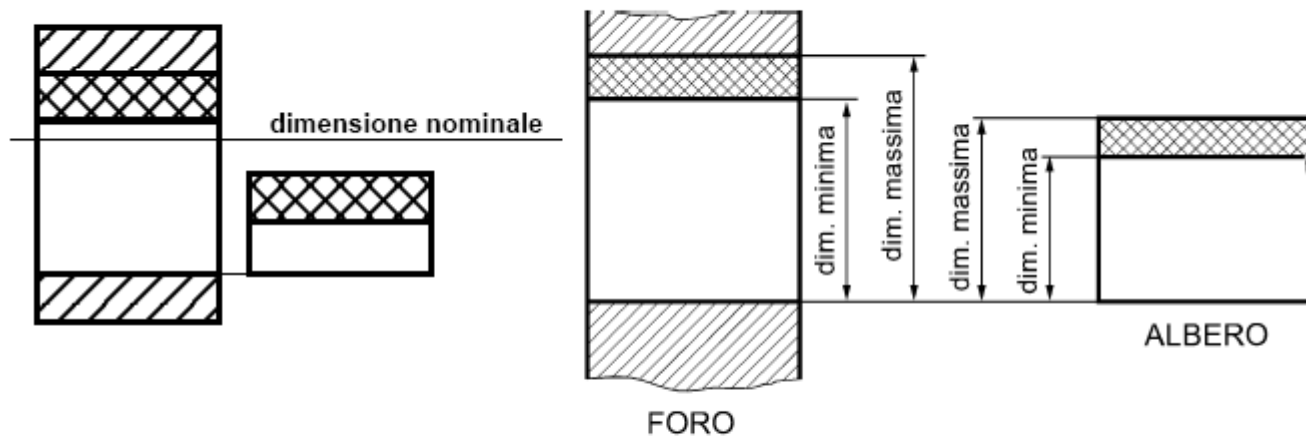


"Foro" e "albero" designano anche lo spazio, rispettivamente contenente e contenuto, compreso entro due facce (o piani tangenti) paralleli di un pezzo qualunque.



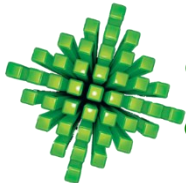
Accoppiamenti

Dimensione nominale: dimensione assegnata dal progettista e riferita a superfici geometriche ideali.



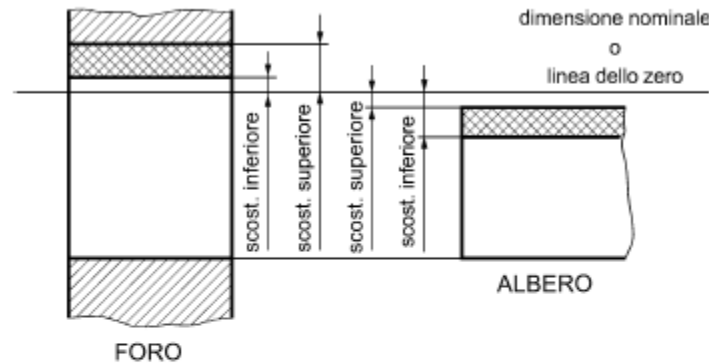
Dimensione effettiva: dimensione reale del pezzo (misurata).

Dimensioni limiti: valori massimo e minimo entro i quali è ammessa la variazione della dimensione effettiva.

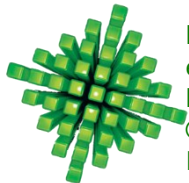
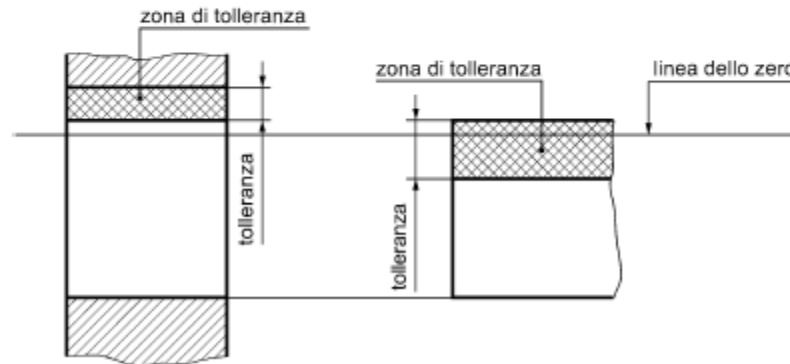


Accoppiamenti

Scostamento = dimensione effettiva - dimensione nominale

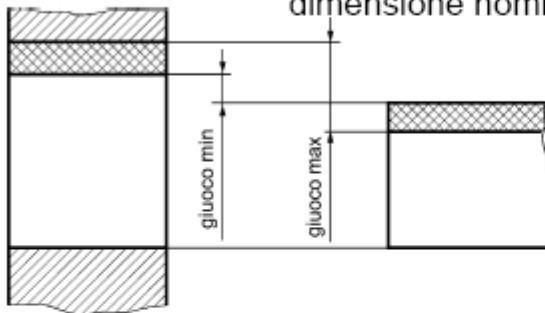


Tolleranza: differenza tra le due dimensioni limiti (ampiezza dell'intervallo di variazione ammissibile)

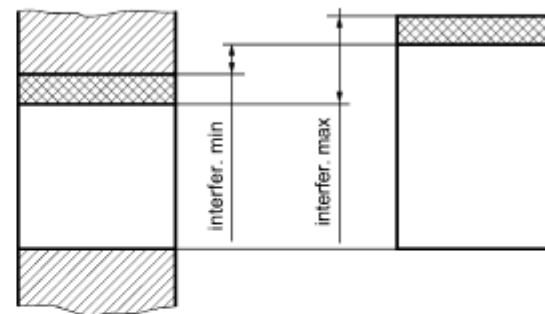


Accoppiamenti

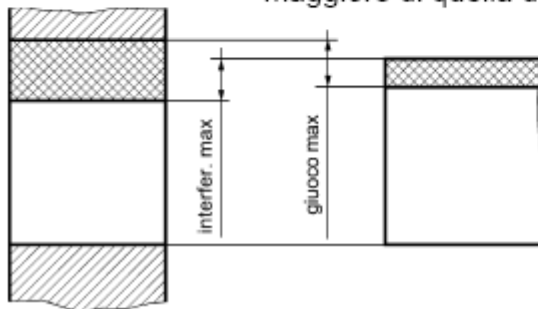
Accoppiamento: relazione risultante dalla differenza, prima del montaggio, tra le dimensioni di due contorni (foro e albero) destinati ad essere accoppiati. I due elementi dell'accoppiamento hanno la stessa dimensione nominale



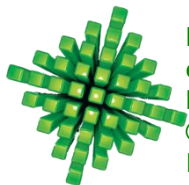
a) con **giuoco**: dimensione del foro sempre maggiore di quella dell'albero



b) con **interferenza**: dimensione dell'albero sempre maggiore di quella del foro



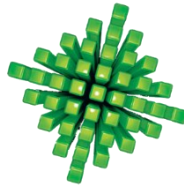
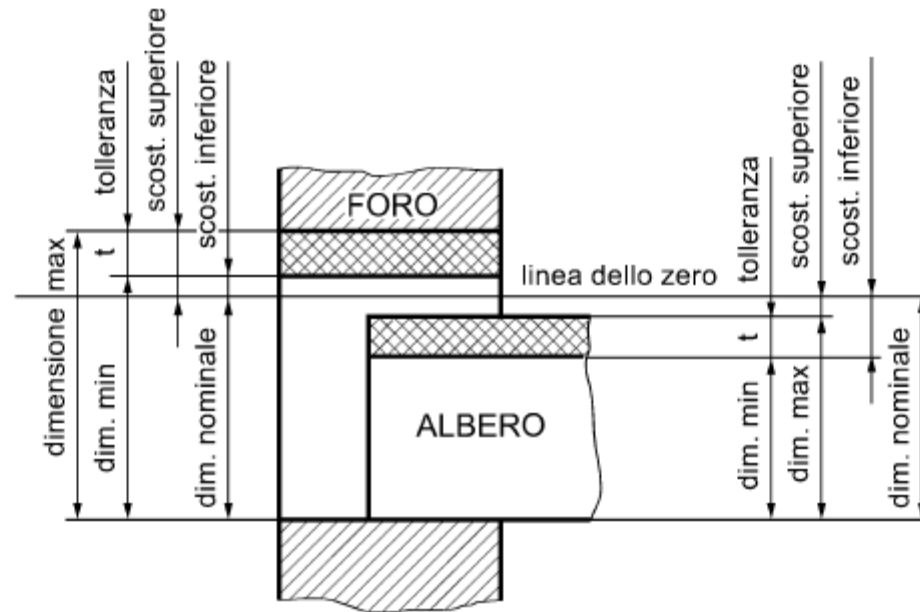
c) **incerto**: si possono avere contemporaneamente entrambi i casi



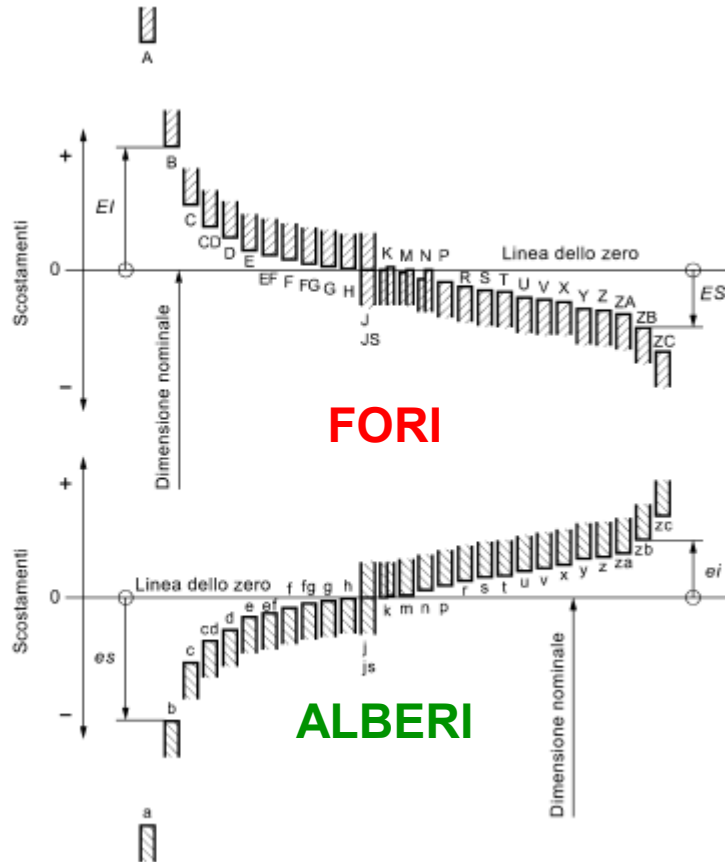
Accoppiamenti

La zona di tolleranza ammissibile per un dato diametro è individuata in base a:

- **posizione del campo di tolleranza** rispetto la linea dello zero, designato mediante una o più lettere (maiuscole per i fori e minuscole per gli alberi)
- **grado (o qualità) di tolleranza normalizzato**, designato mediante la sigla IT seguita da un numero.



Accoppiamenti

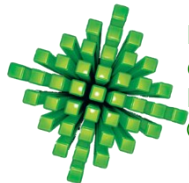


La posizione è designata da una lettera **maiuscola** per i **fori** e **minuscola** per gli **alberi**.

Le posizioni di tolleranza sono sempre riferite alla dimensione nominale (**linea dello zero**).

Le posizioni contraddistinte con la stessa lettera (**maiuscola** per i **fori** e **minuscolo** per gli **alberi**) sono, di massima, disposte simmetricamente rispetto alla dimensione nominale (nelle lavorazioni si procede infatti allargando il foro o diminuendo l'albero).

La posizione di **tolleranza base**, contraddistinta dalla lettera **h** per gli **alberi** e **H** per i **fori**, è quella con **scostamento fondamentale nullo**.



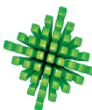
Qualità di lavorazione consigliate per le diverse posizioni di tolleranza

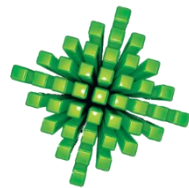
Albero

Qualità	Posizione																			
	a	b	c	d	e	f	g	h	j	j _s	k	m	n	p	r	s	t	u	z	
5							•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	*			
6						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	*	•		
7					•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	*	•	•	
8				•	•	•		•												
9	•	•		•	•			•												
10				•				•												
11	*	*	*					•												

Foro

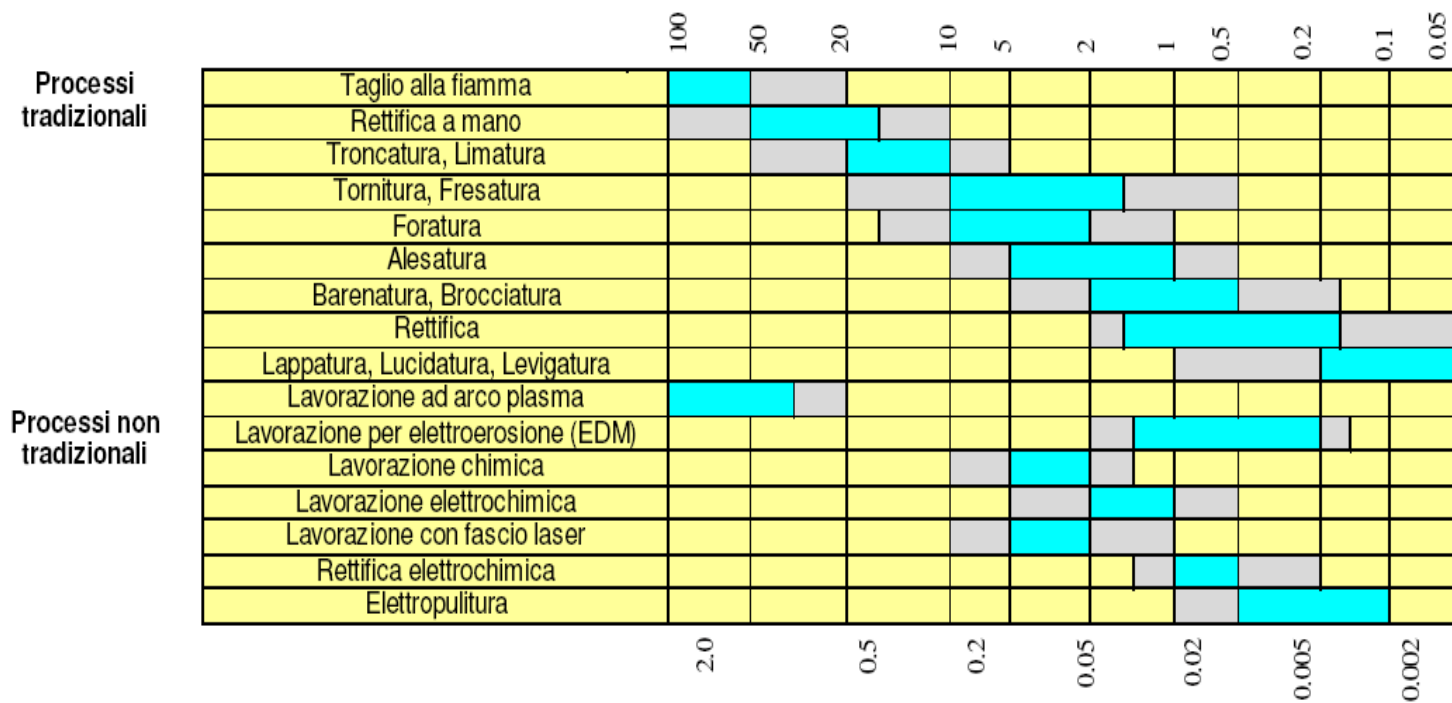
Qualità	Posizione																				
	A	B	C	CD	D	E	F	G	H	J	J _s	K	M	N	P	R	S	T	Z	ZB	ZC
6							•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	*			
7							•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	*			
8					•	•			•	•	•	•	•	•	•				•		
9				▲	•	•	•		•	•	•									•	•
10				▲	•	•		•													
11	*	*	•	▲	•				•												
12																					
13		▲																			





Tolleranze e tecnologie

Tolleranza, ± 0.001 in.

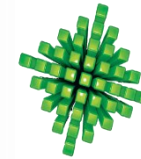
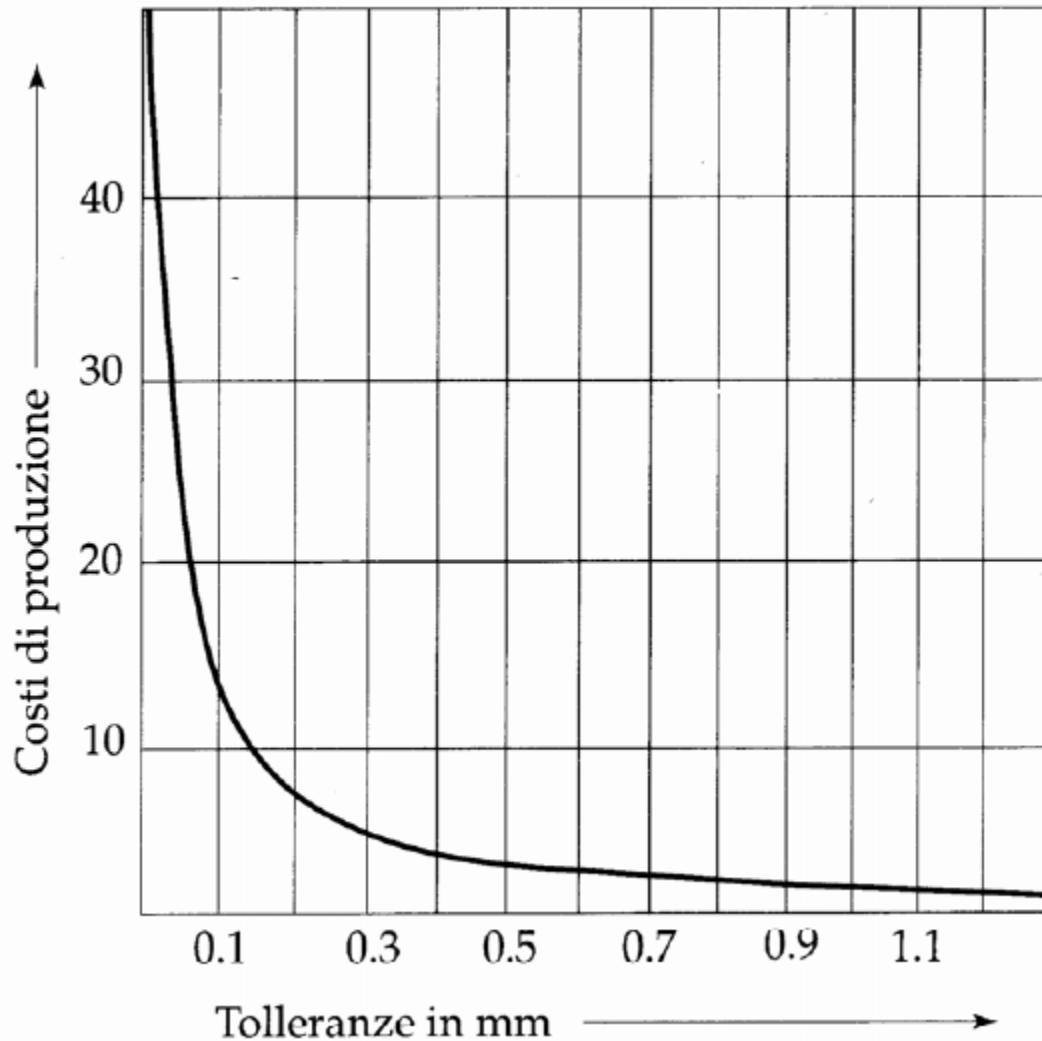


Tolleranza, \pm mm

 tipica

 possibile

Il costo delle tolleranze

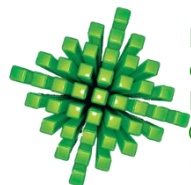


Manufacturing Processes for
Engineering Materials, 5th ed.
Kalpakjian • Schmid
© 2008, Pearson Education
ISBN No. 0-13-227271-7

Processi e materiali

Type of part	Material													
	Iron	Carbon steel	Alloy steel	Stainless steel	Tool steel	Aluminum alloys	Copper alloys	Magnesium alloys	Nickel alloys	Zinc alloys	Tin alloys	Lead	Titanium	Precious metals
Extrusions	—	○	○	○	—	●	●	●	○	○	○	○	○	—
Metal stampings	—	●	●	○	—	●	●	○	○	○	—	—	—	●
Metal spinings	—	●	○	●	—	●	●	○	●	○	○	○	—	—
Cold-headed parts	—	●	○	○	—	●	●	—	○	—	—	○	—	—
Impact extrusions	—	●	○	—	—	●	●	●	○	●	●	●	—	—
Swaged and bent tubing	—	●	●	●	—	●	●	○	●	○	○	—	○	—
Roll-formed sections	—	●	●	●	—	●	●	—	—	●	—	—	—	—
Powder-metal parts	●	○	○	○	○	○	●	—	○	—	—	—	○	—
Forgings	—	●	●	●	○	●	●	●	○	—	—	—	○	—
Screw-machine parts	○	●	○	○	—	●	●	○	○	○	—	—	○	—
Electrical-discharge-machined parts	—	○	○	○	●	○	○	—	○	—	—	—	○	—
Electrochemically machined parts	—	○	●	○	●	—	○	—	●	—	—	—	●	—
Chemically machined parts	—	●	○	●	○	●	●	●	○	—	—	—	○	—
Sand-mold castings	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○	○	○	—	—
Permanent-mold castings	●	○	—	—	—	●	●	●	○	○	○	○	—	—
Ceramic-mold castings	●	●	●	●	●	○	●	○	●	○	—	—	—	—
Plaster-mold castings	—	—	—	—	—	●	●	○	—	●	○	○	—	—
Centrifugal castings	●	●	●	—	—	●	●	—	●	—	—	—	—	—
Investment castings	—	●	●	●	●	●	●	○	●	—	—	—	—	○
Die castings	—	—	○	○	○	●	○	○	—	●	○	○	—	—

Note: ●, frequently processed with this method; ○, sometimes processed with this method; —, seldom or never processed with this method.



Ciclo di lavorazione

- Si dice **CICLO DI LAVORAZIONE** tutto l'insieme di operazioni necessarie a fabbricare un singolo elemento attraverso una successione di processi tecnologici (fusione, stampaggio, lavorazioni per asportazione di truciolo, trattamenti termici o superficiali, etc.)
- Cosa si intende per **PIANIFICAZIONE** del ciclo di lavorazione? Funzione che stabilisce un insieme ordinato di operazioni che permettono a un pezzo greggio o semi-lavorato di raggiungere, attraverso passi successivi, la forma finale.

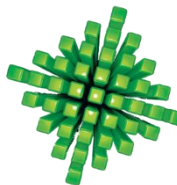


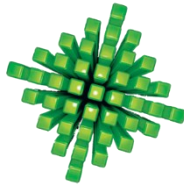
Procedura di stesura del ciclo

1. **Analisi critica** del disegno di progetto.
2. Scelta dei processi di lavorazione e della sequenza di **fasi**.
3. Raggruppamento delle operazioni in **sottofasi**.
4. Scelta della sequenza delle **operazioni**.
5. Scelta degli **utensili**
6. Scelta dei **parametri di taglio**.
7. Scelta o progettazione delle **attrezzature**.
8. Scelta degli **strumenti e procedure di controllo**
9. Calcolo **dei tempi e dei costi** di fabbricazione
10. Stesura dei **fogli di lavorazione** e del part program per
M.U. CNC

Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th
ed.

Kalpakjian • Schmid
© 2008, Pearson Education
ISBN No. 0-13-227271-7





Dimensioni del pezzo.

- Dimensioni delle macchine utensili e delle attrezzature da impiegare.

Tolleranze dimensionali e geometriche.

- Influenzano la scelta delle macchine, dei processi tecnologici da utilizzare, degli utensili e il posizionamento del pezzo.

Qualità superficiale

- Scelta del processo di taglio e di tutti i parametri associati.

Trattamenti termici

- E' richiesto che essi occupino una opportuna posizione tra le varie fasi di lavorazione.

Materiale.

- Il valore degli angoli caratteristici, il materiale dell'utensile, i parametri di taglio, i dispositivi di bloccaggio.

Tipo di greggio.

- Operazioni preliminari, superfici iniziali di riferimento e bloccaggio, quantità di sovrametallo da asportare.

Quantità di pezzi da produrre.

- Pochi esemplari o quantità rilevanti.

Regime di produzione

- Il regime di produzione è legato agli obiettivi aziendali. Si parla di regime economico quando l'obiettivo è il minimo costo di produzione, di regime produttivo quando l'obiettivo è il minimo tempo di produzione, eventuali altri regimi sono legati a funzioni obiettivo differenti (esempio tasso di profitto).

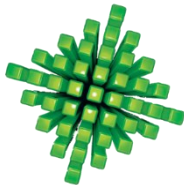
Disponibilità di mezzi e di macchine.

- La pianificazione del ciclo deve sfruttare al meglio la disponibilità delle risorse (es: possibilità di ulteriori acquisti).

Ubicazione del macchinario, professionalità del personale e automazione del parco macchine.

Lo studio delle tolleranze nella fabbricazione

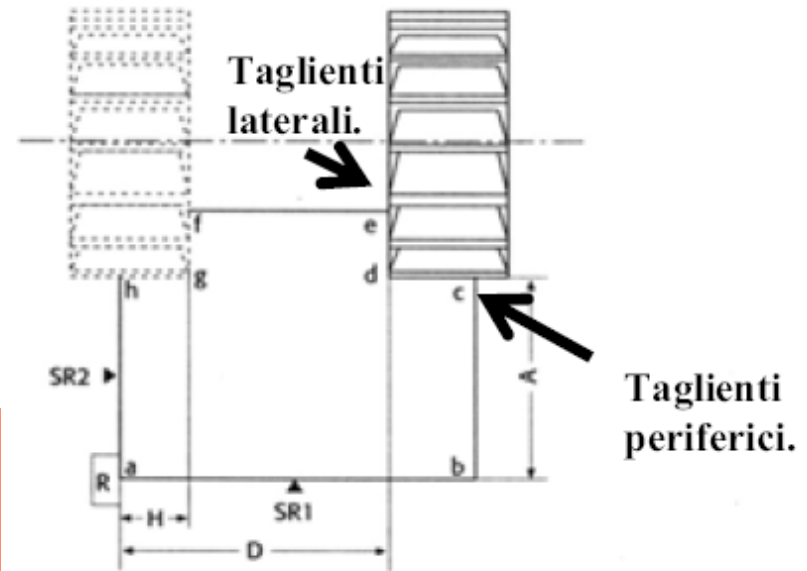
- Le quote con tolleranze devono essere indipendenti
- La quota di fabbricazione è definita dalla posizione del tagliente
- Si devono verificare gli stessi riferimenti di lavorazione
- Coincidenza della quotatura di definizione, fabbricazione e controllo



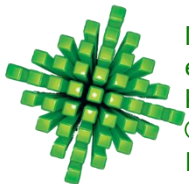
Quota di Fabbricazione

- La quota di fabbricazione di una superficie lavorata è definita dalla posizione del tagliente dell'utensile rispetto alla relativa superficie di riferimento

Si deve cercare di assicurare, nei limiti del possibile, la coincidenza della quotatura di definizione con quella di fabbricazione



Fresatura con fresa a disco

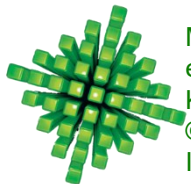
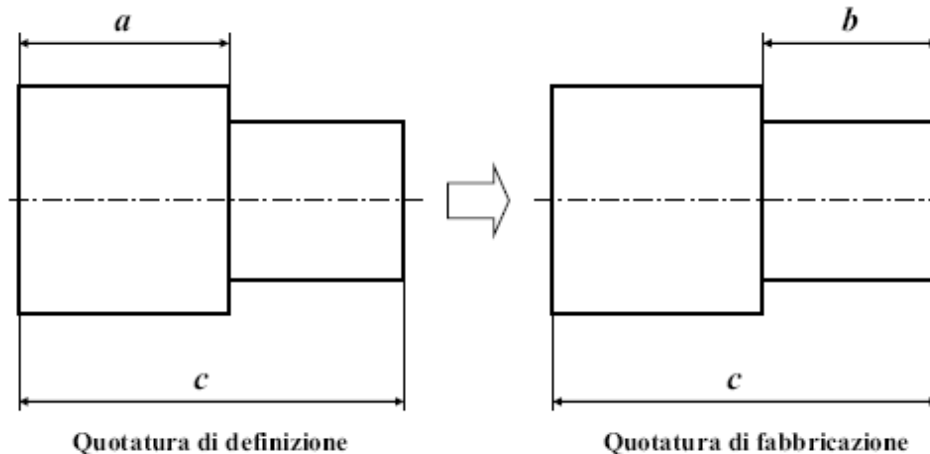


Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

Kalpakjian • Schmid
© 2008, Pearson Education
ISBN No. 0-13-227271-7

Trasferimento Quote

- Il trasferimento di quota genera una tolleranza più stretta



Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

Kalpakjian • Schmid

© 2008, Pearson Education

ISBN No. 0-13-227271-7

Trasferimento Quote

Condizioni limite sulla quota a :

$$a_{\max} = c_{\max} - b_{\min}$$

$$a_{\min} = c_{\min} - b_{\max}$$

poichè:

$$t_a = t_c + t_b$$

si ha:

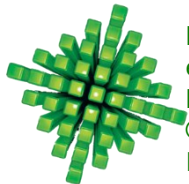
$$t_b = t_a - t_c$$

Quindi se

$t_a > t_c$: trasferimento quota possibile, ma con incremento dei costi di produzione

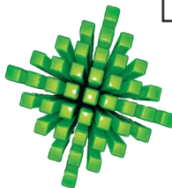
$t_a = t_c$: trasferimento quota al limite della possibilità (tolleranza su b nulla)

$t_a < t_c$: trasferimento quota impossibile (tolleranza su b negativa)



Finitura superficiale

	Indicazioni nella documentazione dei prodotti – Codifica	Definizione delle tolleranze - Definizione teorica e valori	Definizione degli elementi geometrici reali (effettivi) – Caratteristiche o parametri	Stima delle deviazioni del pezzo - Confronto con i limiti di tolleranza	Requisiti degli strumenti per misurazione	Requisiti di taratura
Numero dell'anello della catena	1	2	3	4	5	6
Profilo di rugosità	ISO 1302:2002	ISO 4287:1997 ISO 13565-1:1996 ISO 13565-2:1996 ISO 13565-3:1996 ISO 11562:1996	ISO 4288:1996 ISO 13565-1:1996 ISO 11562:1996	ISO 4288:1996	ISO 3274:1996	ISO 5436-1:2000 ISO 5436-2:2000 ISO 12179:2000
Profilo di ondulazione	ISO 1302:2002	ISO 4287:1997 ISO 11562:1996	ISO 11562:1996		ISO 3274:1996	ISO 5436-1:2000 ISO 5436-2:2000 ISO 12179:2000
Profilo primario	ISO 1302:2002	ISO 4287:1997 ISO 13565-3:1996 ISO 11562:1996	ISO 4288:1996	ISO 4288:1996	ISO 3274:1996	ISO 5436-1:2000 ISO 5436-2:2000 ISO 12179:2000
Imperfezioni superficiali	ISO 8785:1998	ISO 8785:1998				



Stato della superficie

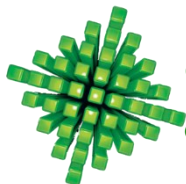
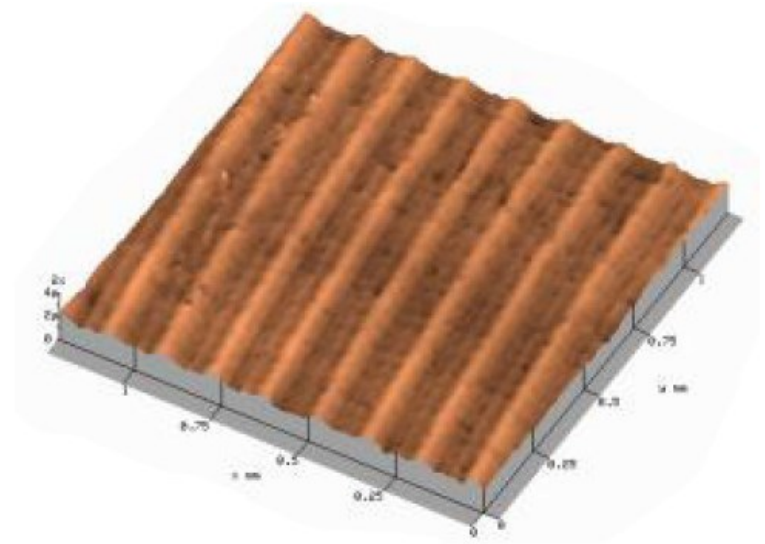
Gli errori micro-geometrici costituiscono lo stato della superficie:

- **Rugosità**, e
- **Ondulazione**.

Entrambe hanno notevole influenza su:

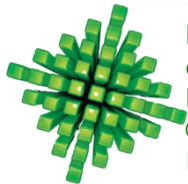
- **Durata**,
- **Resistenza a fatica**,
- **Resistenza a corrosione**,
- **Lubrificazione**,
- **Ecc.**

e dipendono dalle lavorazioni effettuate.



Rugosità Ra massima compatibile con la Tolleranza

Tolleranza fondamentale ISO	SUPERFICIE CILINDRICHE CON DIAMETRO IN mm					Superficie plane
	fino a 3	oltre 3 fino a 18	oltre 18 fino a 80	oltre 80 fino a 250	oltre 250	
	Rugosità Ra max. μm					
IT 6	0,2	0,32	0,5	0,8	1,25	1,25
IT 7	0,32	0,5	0,8	1,25	2	2
IT 8	0,5	0,8	1,25	2	3,2	3,2
IT 9	0,8	1,25	2	3,2	5	5
IT 10	1,25	2	3,2	5	8	8
IT 11	2	3,2	5	8	12,5	12,5
IT 12	3,2	5	8	12,5	20	20
IT 13	5	8	12,5	20	32	32
IT 14	8	12,5	20	32	50	50



Parametri di Rugosità/Ondulazione <=> Applicazioni

	Cuscinetti	Usura	Atrito	Guide	Adesione	Formatura	Contatti elettrici e termici	Resistenza giunti	Sforzo e frattura	Monitorare processo	Anelli	Verniciatura e placcatura	Riflessività	Scorticatura per usura	Rottura per fatica	Igiene	Industria lamiera	Superfici altamente stressate	Processi ad operazioni multiple
Ra	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
RΔq	⊙	●	●	⊙	⊙	⊙	●	○	⊙		●	⊙	●	●	○	⊙			
RSm	⊙	●	●	●	○	●	●	○			⊙	●	⊙	○			●		
Rku	⊙	●	●	●	⊙	⊙	○	⊙	○		⊙	○	○	⊙	⊙	⊙			
Rsk	⊙	●	●	●	⊙	⊙	○	⊙	○		⊙	○	○	⊙	○	⊙			
Rz		●	○	⊙	⊙	○	○	○	⊙	⊙									
Rmr(c)	○	⊙								●								●	
Rq										●									
Rδc																			●
Rv	○																		
Rc	○																		
Rt										○									
Rp	○																		
Rmr																			

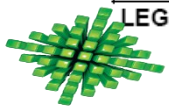
LEGENDA: ● = LEGAME FORTE ○ = LEGAME MEDIO ○ = LEGAME DEBOLE

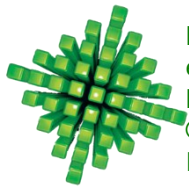
Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

Kalpakjian • Schmid

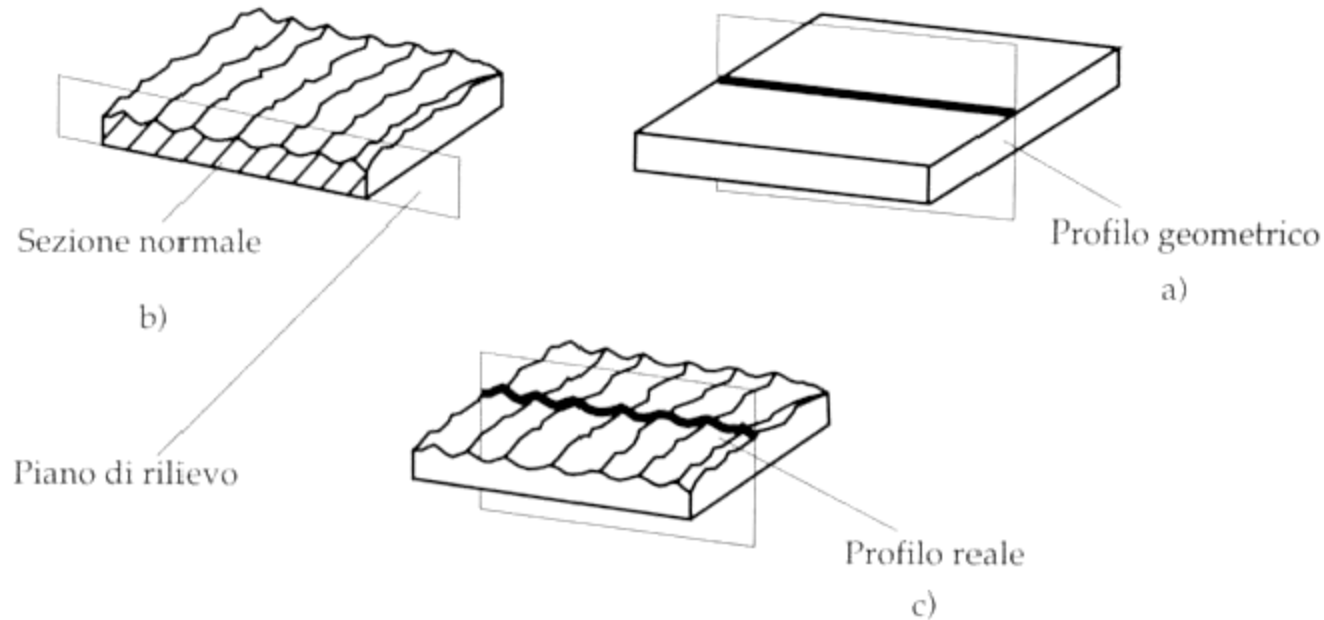
© 2008, Pearson Education

ISBN No. 0-13-227271-7

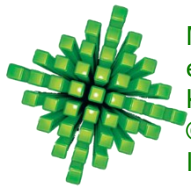




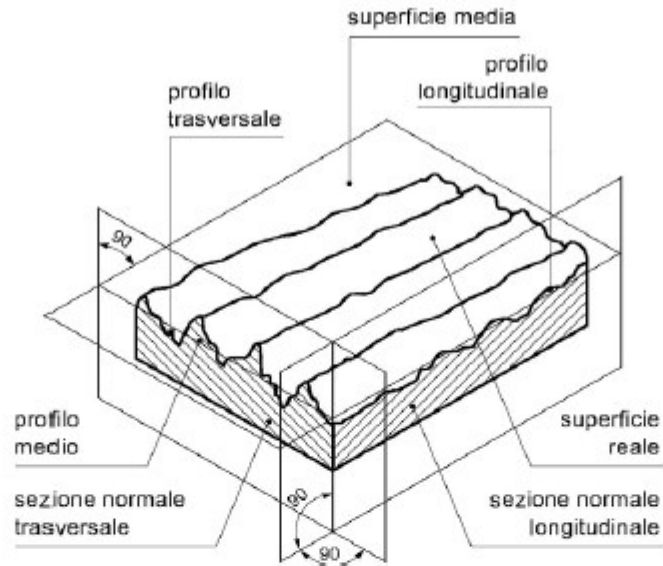
Definizioni



- **superficie reale**: superficie che delimita il corpo e lo separa dall'ambiente circostante.
- **superficie nominale**: superficie ideale la cui forma è definita dal disegno.
- **piano di rilievo**: piano ortogonale alla superficie nominale con il quale si seziona idealmente la superficie stessa.



Definizioni

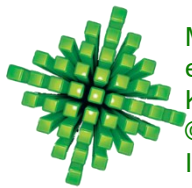


☞ ***direzione delle irregolarità***: direzione prevalente dell'andamento delle irregolarità.

☞ ***profilo reale***: curva risultante dall'intersezione della superficie reale con il piano di rilievo.

☞ ***profilo nominale***: curva risultante dall'intersezione della superficie nominale con il piano di rilievo.

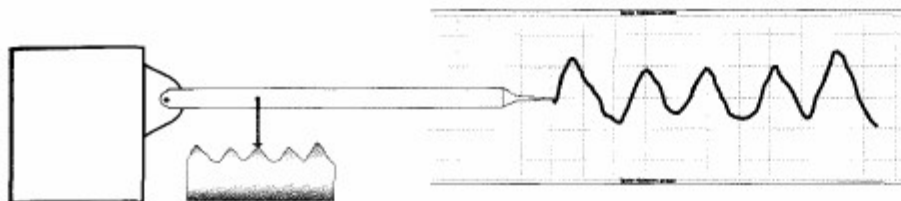
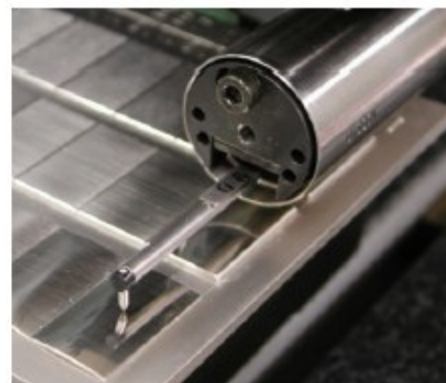
☞ ***profilo misurato***: approssimazione del profilo reale rilevato con opportuni strumenti di misura



Profilometro / Rugosimetro

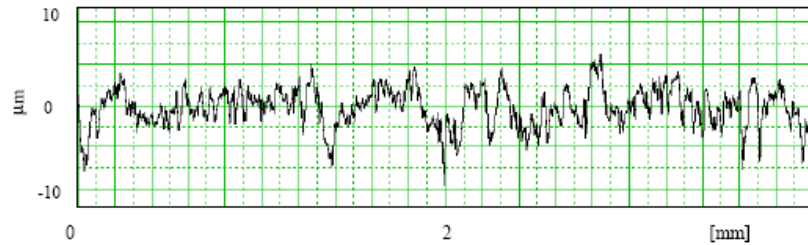


Profilometro/rugosimetro:
TSK SURFCOM 1800



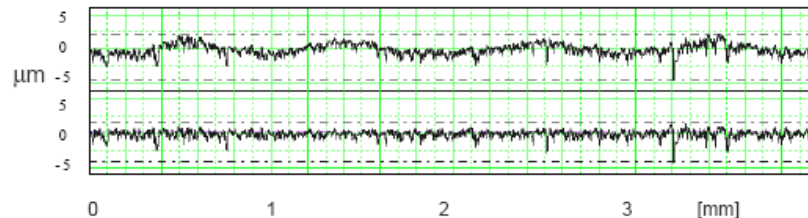
Profili rilevati

Rettifica di sgrossatura

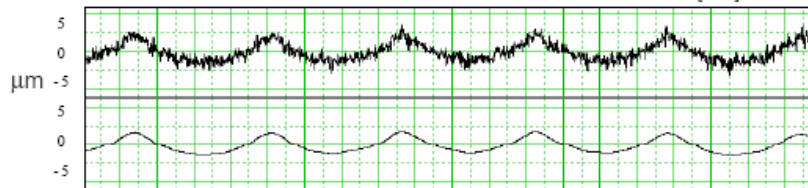


profilo primario

Rettifica di finitura

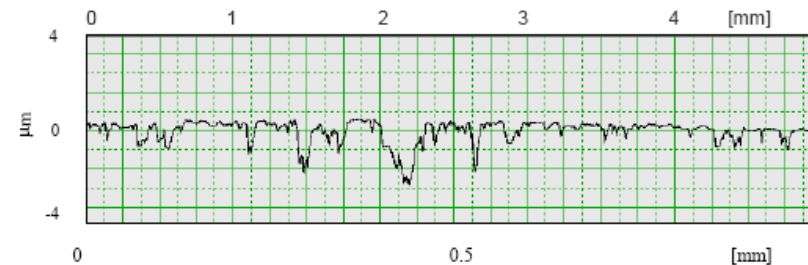


profilo primario
profilo di rugosità



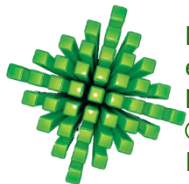
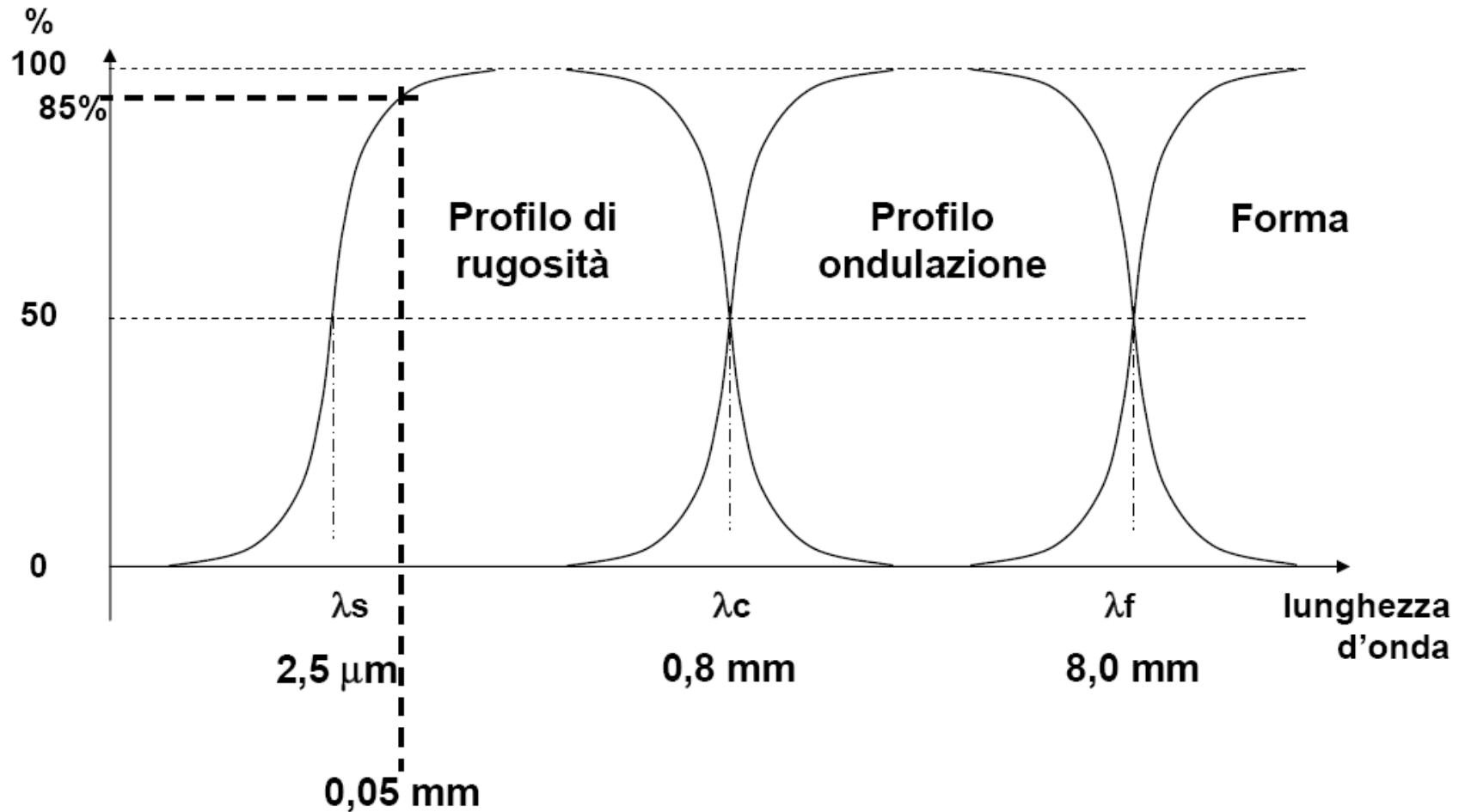
profilo primario
ondulazione

Lucidatura

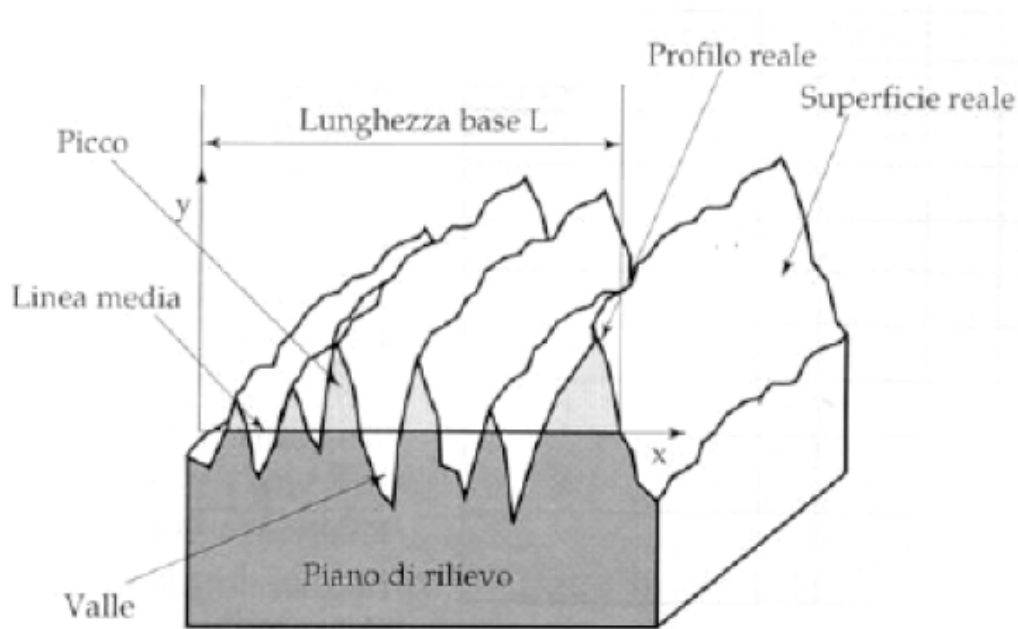


profilo primario

Filtri (Cut-off)

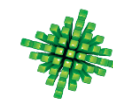


Lunghezza di base e Lunghezza di valutazione

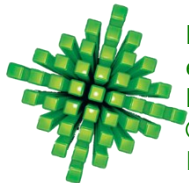
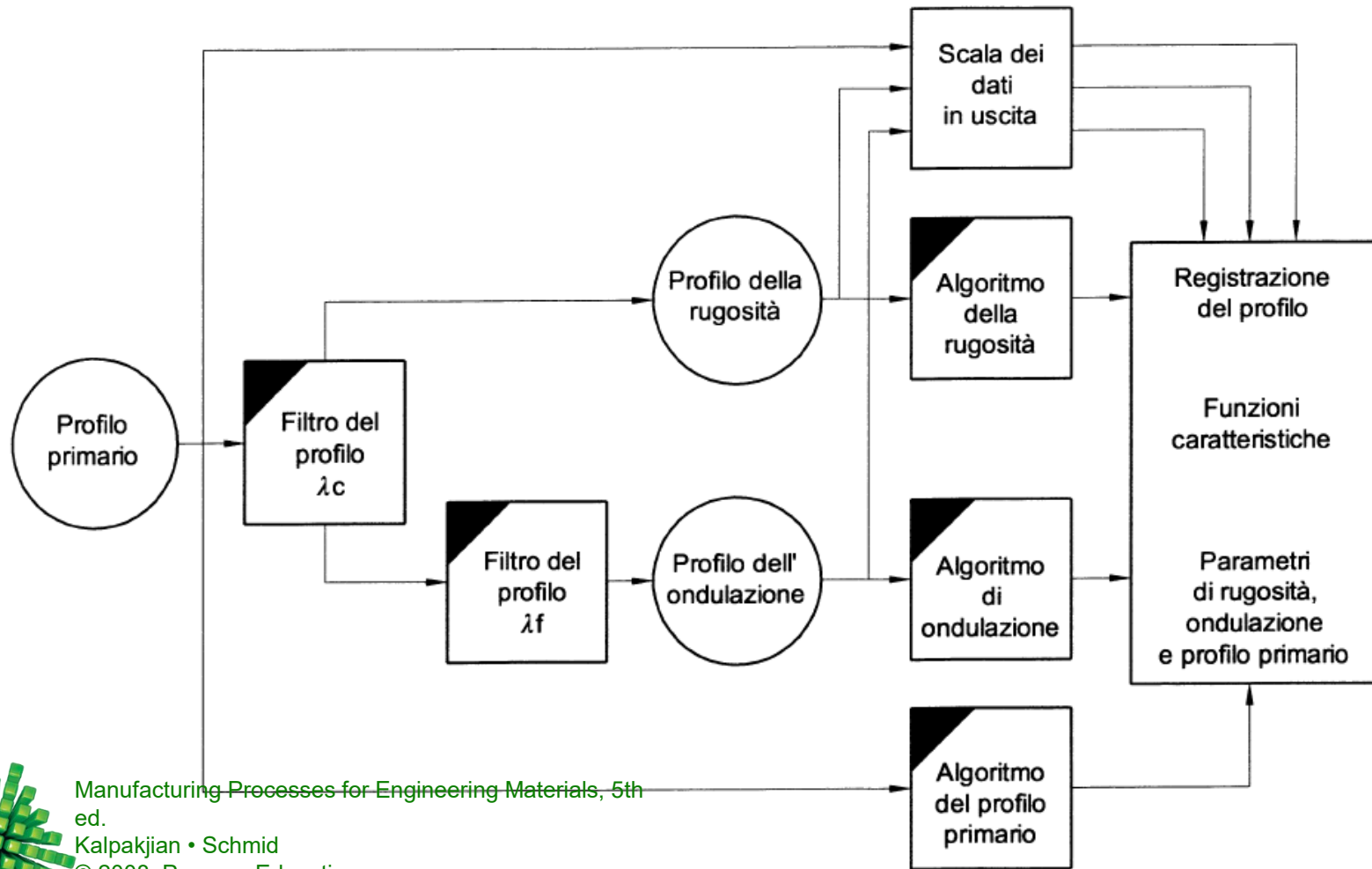


≠ **linea centrale**: linea avente la forma del profilo nominale, tale da rendere uguali la somma delle aree delle valli e quelle dei picchi. È praticamente corrispondente alla linea media.

Lunghezza di valutazione, l_n : lunghezza utilizzata per valutare il profilo esaminato
Lunghezza di base, l_p, l_r, l_w : lunghezza utilizzata per identificare le irregolarità che caratterizzano il profilo da valutare ($l_r = \lambda c, l_w = \lambda f, l_p = l_n$)



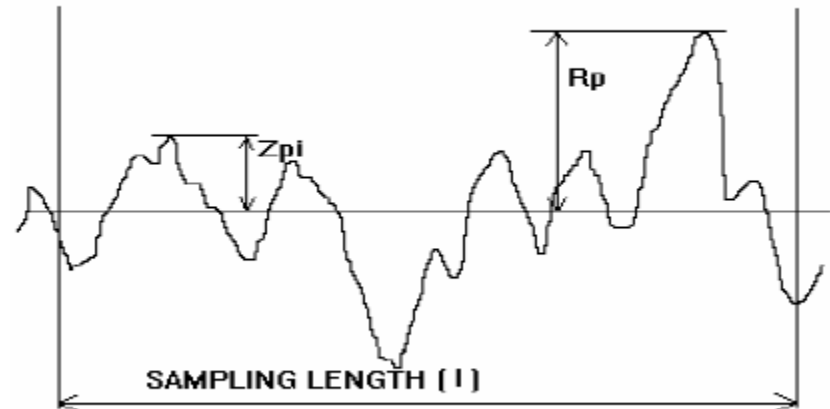
Funzionamento dello strumento



Rp e Rv

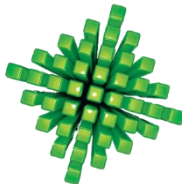
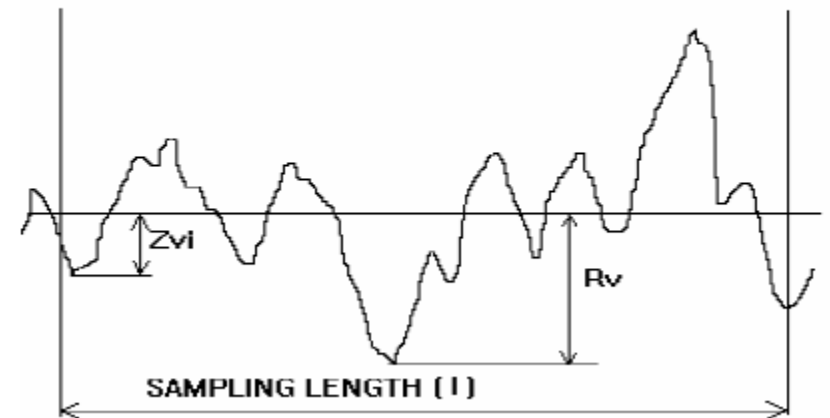
Massima altezza di picco del profilo

$$R_p = \max(Z_{pi})$$



Massima profondità di picco del profilo

$$R_v = \max(Z_{vi})$$



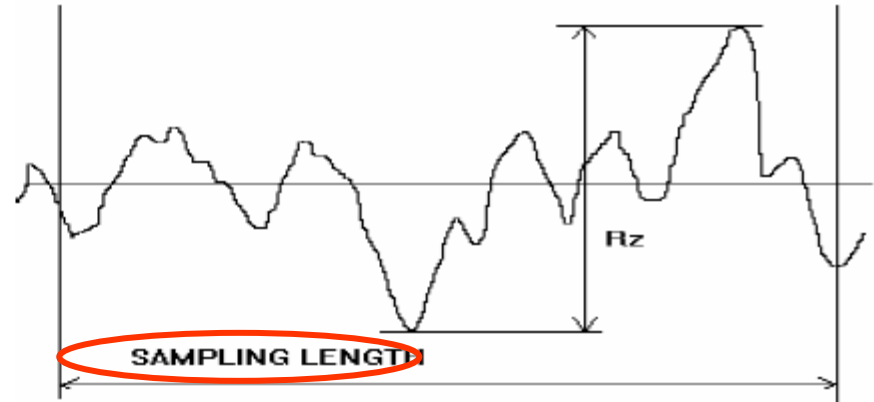
Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

Kalpakjian • Schmid
© 2008, Pearson Education
ISBN No. 0-13-227271-7

Rz e Rt

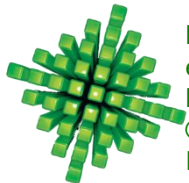
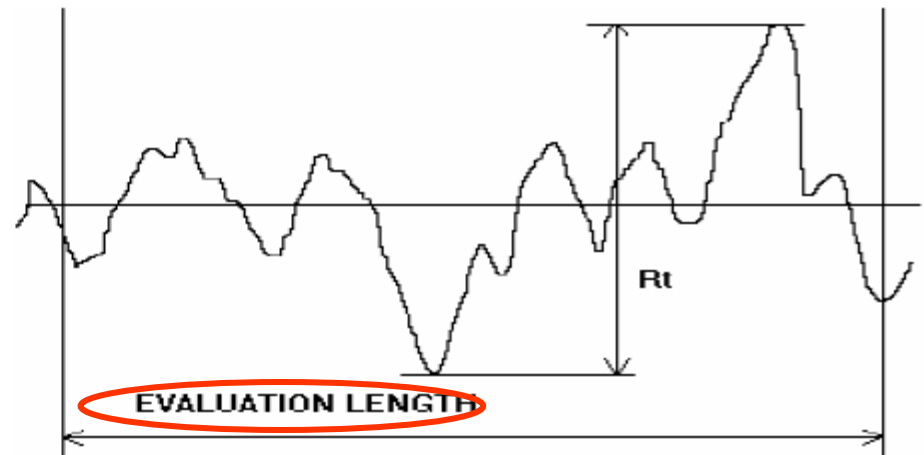
Altezza massima del profilo

Rz



Altezza totale del profilo

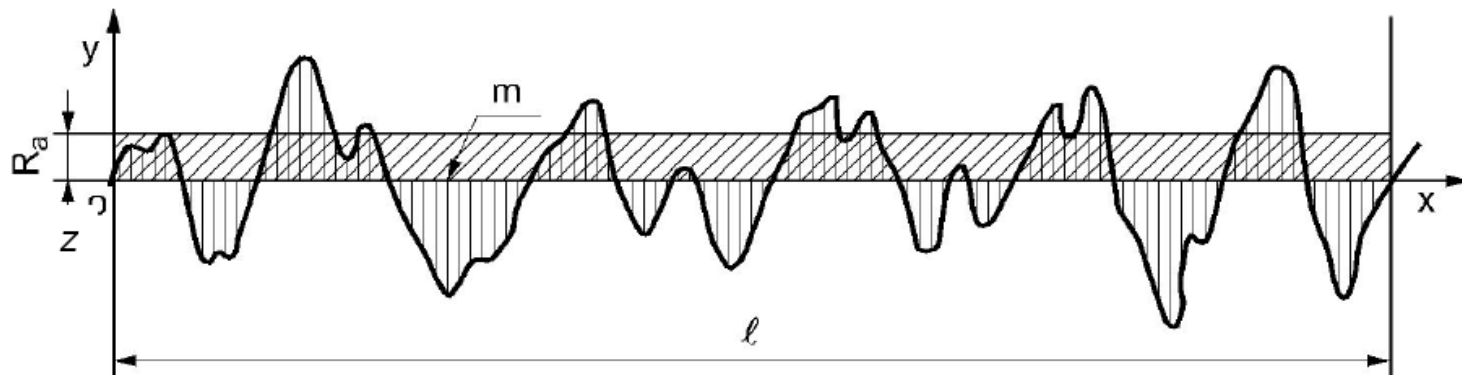
Rt



Ra e Rq

Scostamento medio aritmetico
del profilo valutato

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx$$



Scostamento medio quadratico
del profilo valutato

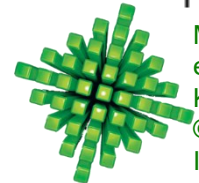
$$Rq = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx}$$

Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th
ed.

Kalpakjian • Schmid

© 2008, Pearson Education

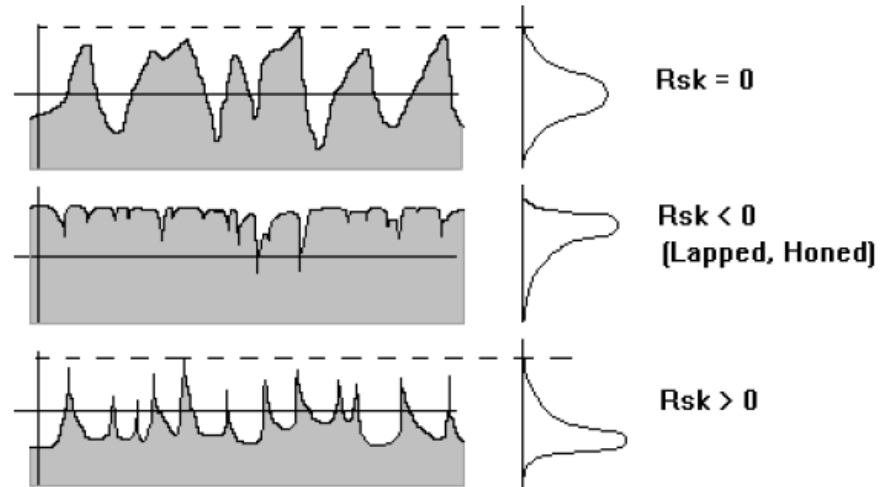
ISBN No. 0-13-227271-7



Rsk e Rku

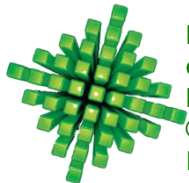
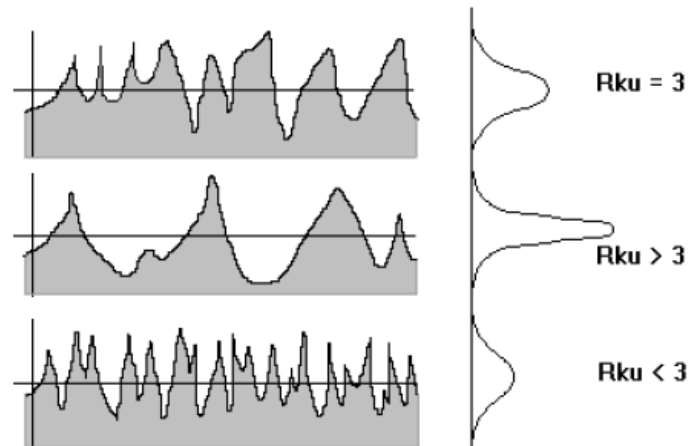
Asimmetria del profilo valutato

$$Rsk = \frac{1}{Rq^3} \frac{1}{l} \int_0^l Z(x)^3 dx$$



Fattori di appiattimento del profilo valutato (kurtosi)

$$Rku = \frac{1}{Rq^4} \frac{1}{l} \int_0^l Z(x)^4 dx$$



Parametri Rilevabili

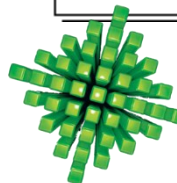
FAMIGLIA	NOME	SIMBOLO		
		PRIMARIO	ONDULAZIONE	RUGOSITA'
AMPIEZZA (picchi e valli)	Massima altezza di picco del profilo	Pp	Wp	Rp
	Massima profondità di valle del profilo	Pv	Wv	Rv
	Massima altezza del profilo	Pz	Wz	Rz
	Altezza media degli elementi del profilo	Pc	Wc	Rc
	Altezza totale del profilo	Pt	Wt	Rt
AMPIEZZA (media ordinate)	Scostamento medio aritmetico del profilo	Pa	Wa	Ra
	Scostamento quadratico medio del profilo	Pq	Wq	Rq
	Assimetria (Skewness)	Psk	Wsk	Rsk
	Appiattimento (Kurtosis)	Pku	Wku	Rku
LUNGHEZZA D'ONDA	Larghezza media degli elementi del profilo	PSm	WSm	RSm
IBRIDI	Pendenza quadratica media del profilo	PΔq	WΔq	RΔq
RELATIVI A CURVE	Percentuale della lunghezza portante	Pmr(c)	Wmr(c)	Rmr(c)
	Differenza di altezza della sezione	Pδc	Wδc	Rδc
	Percentuale della lunghezza portante relativa	Pmr	Wmr	Rmr

Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

Kalpakjian • Schmid

© 2008, Pearson Education

ISBN No. 0-13-227271-7

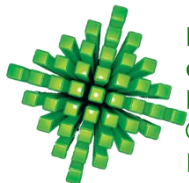


Confronto Norme

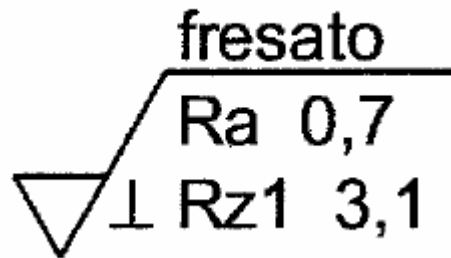
Punto della edizione 1997	Parametro dell'edizione 1997	Edizione 1984	Edizione 1997	Determinata su	
				Lunghezza di valutazione <i>ln</i>	Lunghezza di base ¹⁾
4.1.1	Altezza massima del picco del profilo	R_p	$Rp^{2)}$		X
4.1.2	Profondità massima della valle del profilo	R_m	$Rv^{2)}$		X
4.1.3	Altezza massima del profilo	R_y	$Rz^{2)}$		X
4.1.4	Altezza media degli elementi del profilo	R_c	$Hc^{2)}$		X
4.1.5	Altezza totale del profilo	-	$Rt^{2)}$	X	
4.2.1	Scostamento medio aritmetico del profilo valutato	R_a	$Ra^{2)}$		X
4.2.2	Scostamento medio quadratico del profilo valutato	R_q	$Rq^{2)}$		X
4.2.3	Asimmetria del profilo valutato	S_k	$Rsk^{2)}$		X
4.2.4	Fattori di appiattimento del profilo valutato, Kurtosi del profilo	-	$Rku^{2)}$		X
4.3.1	Larghezza media degli elementi del profilo	S_m	$RSm^{2)}$		X
4.4.1	Pendenza quadratica media del profilo valutato	Δ_q	$R\Delta q^{2)}$		X
4.5.1	Percentuale della lunghezza portante		$Rmr(c)^{2)}$	X	
4.5.3	Differenza di altezza della sezione del profilo	-	$R\delta c^{2)}$	X	
4.5.4	Percentuale della lunghezza portante relativa	L_p	$Rmr^{2)}$	X	
-	Altezza sui 10 punti (soppresso come parametro ISO)	R_z	-		

1) La lunghezza di base è *ln*; *ln* e *lp* rispettivamente per i parametri *R*, *W* e *R*; *lp* è uguale a *ln*.

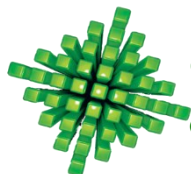
2) I parametri che sono definiti per i tre profili: profilo primario, profilo di ondulazione e profilo di rugosità. Nel prospetto sono indicati solo i parametri per la rugosità. A titolo di esempio, i tre parametri sono simboleggiati rispettivamente *Ra* (profilo primario), *Wa* (profilo di ondulazione) e *Ra* (profilo di rugosità).



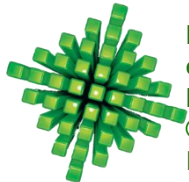
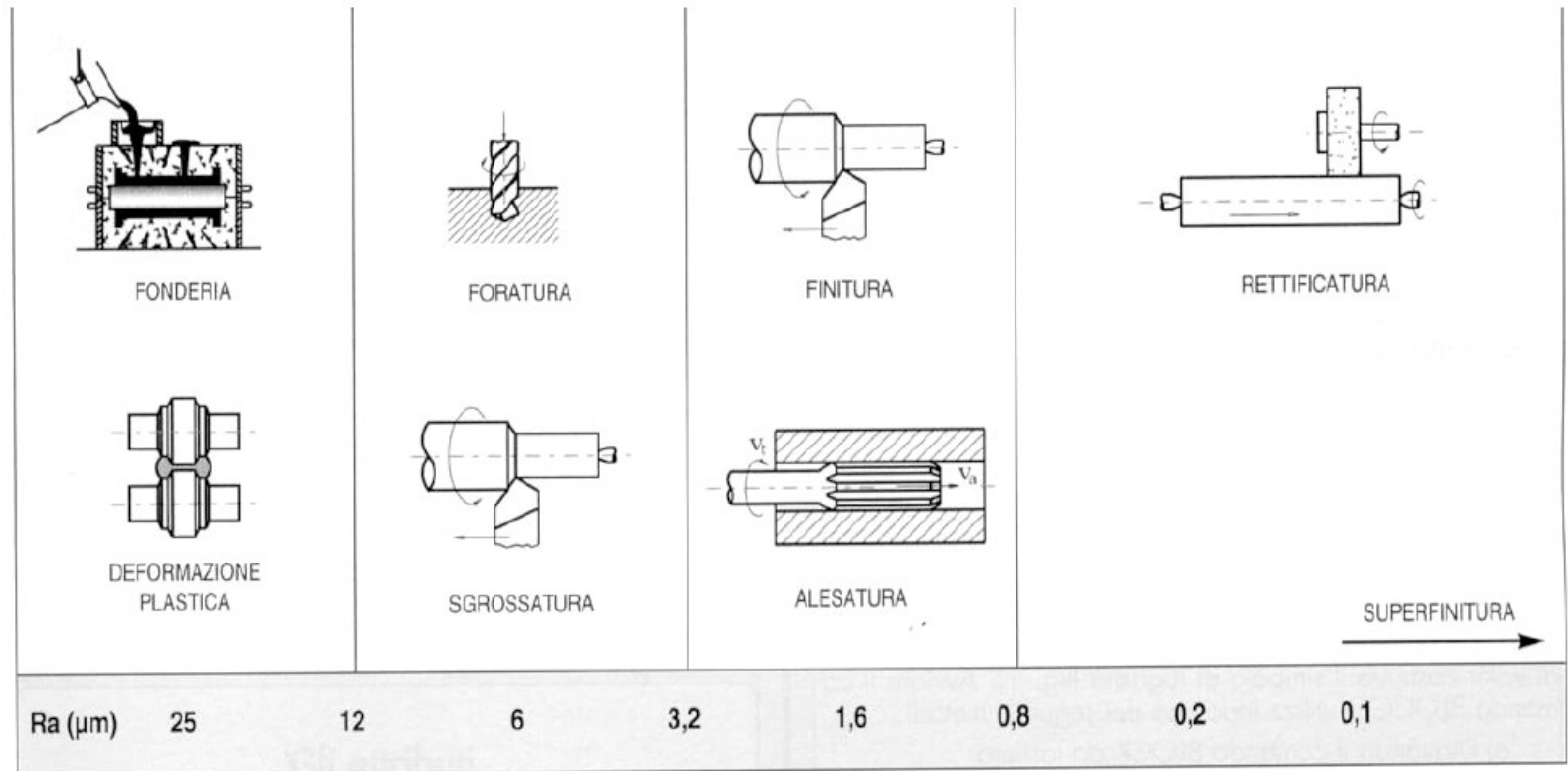
Simbologia e interpretazione



Segno grafico	Interpretazione ed esempio
=	Solchi paralleli al piano di proiezione della vista sulla quale è posto il segno grafico
⊥	Solchi perpendicolari al piano di proiezione della vista sulla quale è posto il segno grafico
X	Solchi incrociati secondo due direzioni oblique in relazione al piano di proiezione della vista sulla quale è posto il segno grafico
M	Solchi multidirezionali
C	Solchi approssimativamente circolari in relazione al centro della superficie sulla quale è posto il segno grafico
R	Solchi approssimativamente radiali in relazione al centro della superficie sulla quale è posto il segno grafico
P	Solchi ad andamento particolare non orientati verso una direzione particolare né sporgenti



Relazioni tra Rugosità e Lavorazioni



Relazioni tra Rugosità e Lavorazioni

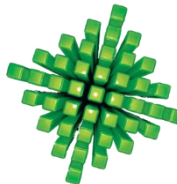
LAVORAZIONI	GRADO MEDIO DI RUGOSITÀ R_a (μm)		
	min.	medio	max.
Fusione in sabbia	4	8 ÷ 25	50
Fusione a guscio	1	2 ÷ 4	8
Microfusione	0,4	1,5 ÷ 3	6
Fusione in conchiglia	0,8	1,5 ÷ 4	7
Fusione sotto pressione	0,4	0,8 ÷ 1,5	4
Fucinatura	–	8 ÷ 25	–
Stampaggio a caldo	–	4 ÷ 12	–
Laminazione a caldo	6	10 ÷ 25	50
Estrusione a caldo	0,5	0,8 ÷ 12	20
Trafilatura a caldo	–	12	–
Alesatura	0,25	0,5 ÷ 4	7
Brocciatura	0,2	0,4 ÷ 1,5	3
Fresatura	0,5	0,8 ÷ 6	12
Lappatura	0,01	0,05 ÷ 0,4	0,8
Rettificazione	0,025	0,1 ÷ 1,5	6
Segatura	–	5 ÷ 18	–
Stozzatura	2	4 ÷ 8	10
Tornitura	0,5	0,8 ÷ 6	12
Trapanatura, foratura	0,8	1,5 ÷ 6	12

Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

Kalpakjian • Schmid

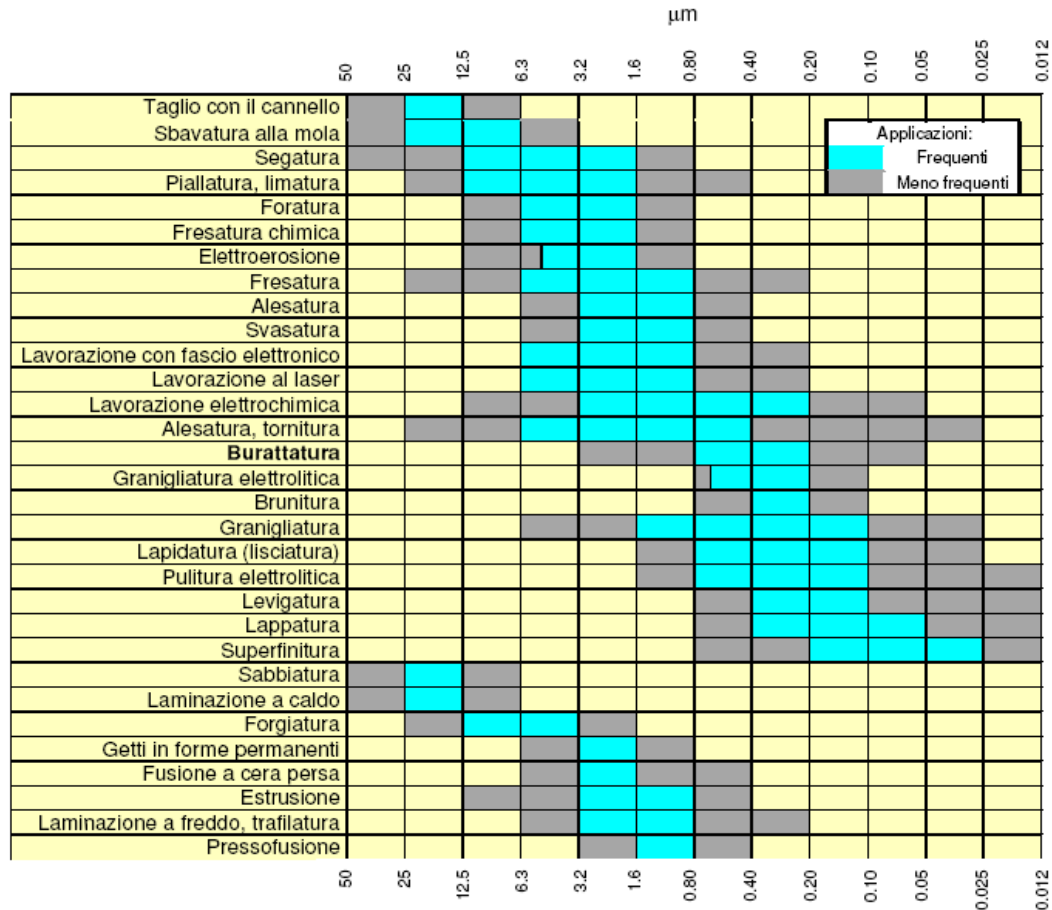
© 2008, Pearson Education

ISBN No. 0-13-227271-7



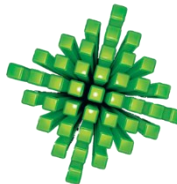
Rugosità <> Lavorazioni

RUGOSITA' MEDIA DEI VARI METODI DI FINITURA

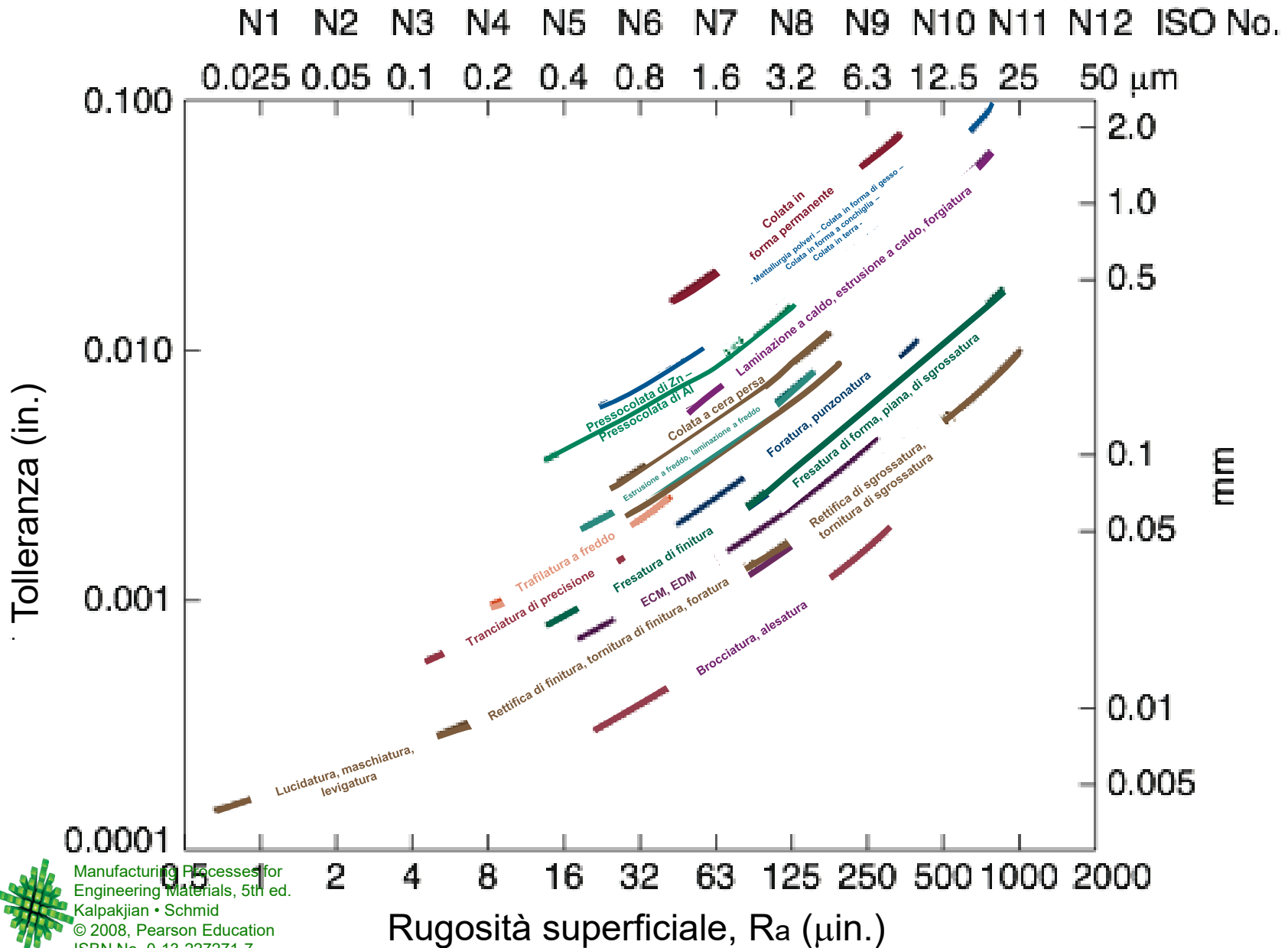


Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

Kalpakjian • Schmid
© 2008, Pearson Education
ISBN No. 0-13-227271-7



Rugosità e tolleranze



Dimensioni e tolleranze

