



**La rullatura  
come tecnica di mutamento delle superfici  
MAN121105**

**Un breve corso per progettisti  
tecnici di officina e ufficio tecnico  
concernente i procedimenti di rullatura**

## Premessa

Operando dal 1980 nel settore abbiamo redatto questa breve memoria per puntualizzare i principi fondamentali che stanno alla base dell'operazione di rullatura e gli scopi che essa si propone.

Di conseguenza debbono essere chiarite le nozioni concernenti la finitura superficiale, la rugosità e le unità di misura, i segni grafici convenzionali per indicare i vari gradi di finitura e i valori di rugosità richiesti per le lavorazioni più comuni.

Per la realizzazione del presente manuale ci siamo avvalsi, oltre che della nostra esperienza, anche della numerosa documentazione esistente in merito; ringraziamo i vari autori che con le loro informazioni ci hanno facilitato in questo lavoro.

**DREX®-TOOLS**

**I DATI INDICATI NON SONO IMPEGNATIVI E POSSONO VARIARE SENZA PREAVVISO**

## **NOTE TECNICHE SULLA RULLATURA DI SUPERFICI**

**Una panoramica del procedimento di rullatura come tecnica di mutamento della superficie**

### **Le origini della rullatura**

La tecnica della rullatura per ottenere migliori finiture della superficie risale all'antichità quando metalli preziosi e teneri venivano sfregati contro pezzi di legno di albero d'arancio od altri legni duri al fine di eliminare le imperfezioni della superficie ed ottenere finiture speculari.

La rullatura, come tecnica di lavorazione, ebbe i suoi inizi in Germania nel 1920. Fu eseguito un certo numero di esperimenti, a quel tempo, usando rulli lisci per deformare in modo plastico le superfici di metallo nel tentativo di migliorare la durata allo snervamento. Gli esperimenti riuscirono, ma la tecnica rimase in laboratorio, anche se parecchi studiosi considerarono che questa tecnica favoriva l'aumento della resistenza allo snervamento.

Il procedimento fu introdotto negli U.S.A. agli inizi degli anni '30 soprattutto per merito di Stephan Timoshenko considerato uno dei massimi studiosi mondiali nel campo dell'elasticità e della resistenza dei materiali.

Inizialmente la rullatura veniva usata come metodo per aumentare la resistenza allo snervamento, specialmente degli assi ferroviari e degli alberi rotanti delle macchine. Non appena questo tipo di lavorazione fu maggiormente conosciuto e si ebbe la necessità di perfezionare i sistemi di lavorazione, il procedimento di rullatura venne utilizzato per conseguire ulteriori benefici.

### **Cosa è la rullatura**

Abbiamo redatto questa breve memoria per puntualizzare i principi fondamentali che stanno alla base dell'operazione di rullatura e gli scopi che essa si propone.

Di conseguenza debbono essere chiarite le nozioni concernenti la finitura superficiale, la rugosità e le unità di misura, i segni grafici convenzionali per indicare i vari gradi di finitura, i valori di rugosità richiesti per le lavorazioni più comuni, ecc....

La rullatura è un procedimento di lavorazione fine delle superfici, sia interne che esterne, volta ad ottenere un grado di finitura molto spinto su alberi, fori, concavità, piccoli piani, ecc..., con conseguente miglioramento della rugosità superficiale. Si tratta, in pratica, di lisciare la superficie di un pezzo mediante rulli che deformano plasticamente il materiale nella zona superficiale.

La rullatura, fra l'altro, è influenzata dalle caratteristiche del materiale componente il pezzo e dal suo grado di preparazione. Quindi il materiale deve essere idoneo alla deformazione a freddo e deve essere rispettata una determinata tolleranza sul diametro.

La lavorazione è estremamente economica dati i tempi estremamente veloci di esecuzione.

Altro fattore importante, da tenere in considerazione nel contatto tra due pezzi, è la percentuale portante della superficie che influisce in modo determinante sull'andamento di usura del pezzo. In linea generale si hanno percentuali portanti fino al 40% con la maggior parte delle lavorazioni cosiddette fini. Con la rullatura si raggiungono percentuali fino all'80% e anche al 90%.

La rullatura influisce unicamente sulla forma microgeometrica, quindi la tolleranza discende dalla precisione del pezzo prelaborato ed è in funzione della rugosità, della uniformità e della precisione di prelaborazione.

Nello strato superficiale del pezzo, durante la rullatura, avviene uno scorrimento di materiale ed un ricalcamento.

Quindi viene aumentata la durezza nella zona superficiale.

Porre molta attenzione al trattamento preliminare del pezzo, che deve essere molto curato. Esso sarà difficilmente induribile con la rullatura se la superficie presenta forti tensioni nella struttura dovuta al lavoro di deformazione oppure a trattamento a caldo.

Inconvenienti che si riscontrano con una non corretta rullatura:

Una elevata pressione di rullatura che causa tensioni e deformazioni sulla superficie di valore tali da non poter essere più contenute nella struttura del materiale può causare delle sovrapposizioni di materiale e formazione di scaglie non visibili a occhio nudo sulla superficie del pezzo.

**I DATI INDICATI NON SONO IMPEGNATIVI E POSSONO VARIARE SENZA PREAVVISO**

Deformazioni del pezzo rullato possono essere causate da una eccessiva pressione di rullatura oppure da superfici interrotte: fori, cave, finestre, ecc.. Queste ultime causano un improvviso aumento della pressione di rullatura che si scarica su ogni rullo al suo passaggio nel punto interrotto e causa vibrazioni nei rulli. Ne consegue l'ovalità del pezzo. Concludendo possiamo affermare che la rullatura è un'operazione di trasformazione di grado fine ed i principali vantaggi che si ottengono sono la ridotta rugosità, un'alta percentuale portante, una più elevata durezza superficiale. L'operazione di rullatura è in particolare influenzata dalla pressione di rullatura, dall'avanzamento e dalla durezza del materiale. Essa è altamente produttiva ed economica in quanto non è possibile ottenere risultati in tempi così brevi con nessun altro metodo di lavorazione.

### **Finitura superficiale**

Con questa denominazione viene indicato lo stato fisico in cui si trova la superficie di un pezzo che abbia subito lavorazioni alle macchine utensili.

Essa è ovviamente in relazione alla tolleranza prescritta e soprattutto al tipo della lavorazione di finitura adottato ( ad esempio lucidatura dopo superfinitura ).

Immaginando di vedere fortemente ingrandita la superficie di un pezzo, si noterebbe che essa è costituita da un susseguirsi di solchi, lasciati dall'utensile durante la lavorazione, le cui parti in rilievo sono dette picchi o creste e le cui depressioni sono dette valli. Il susseguirsi di picchi e di valli costituisce la scabrosità; la disposizione, generalmente periodica, dei solchi costituisce invece l'ondulazione della superficie. La prima è originata dall'azione diretta dell'utensile sul pezzo durante la lavorazione di finitura, la seconda dal modo in cui la macchina fa agire l'utensile stesso sul pezzo.

La scabrosità di una superficie può essere rilevata mediante uno strumento detto rugosimetro o profilometro, che provvede a rilevare e misurare l'altezza dei picchi e la profondità delle valli mediante un tastatore fatto scorrere trasversalmente ai solchi, così da riprodurre il profilo.

La misura del grado di finitura superficiale viene effettuata in unità convenzionali che considerano il valore medio, aritmetico o quadratico, delle differenze di quota tra le vette dei picchi e il fondo delle valli, riferite alla linea di compenso del profilo ( linea rispetto alla quale la somma delle aree delimitate dalle valli è uguale alla somma delle aree delimitate dai picchi ), relative a una lunghezza base della superficie. Nel primo caso ( media aritmetica ) la misura viene espressa in micropollici o micrometri CLA ( Center Line Average ), nel secondo caso ( media quadratica ) in micropollici o micrometri RSM ( Root Mean Square ).

### **Rugosità della superficie**

E' costituita dagli errori microgeometrici.

La rugosità è caratterizzata dalla direzione predominante delle valli che quindi le danno un "orientamento" e dal passo quando le valli hanno un andamento periodico. In pratica essa è l'insieme delle deviazioni della superficie reale rispetto alla superficie ideale. Essa deve essere prescritta soltanto per le superfici la cui funzionalità è condizionata dalla rugosità.

Il grado di rugosità è in funzione del tipo di accoppiamento che si desidera ottenere, di come è sollecitato il pezzo, dalla tolleranza dell'accoppiamento, del moto relativo delle superfici che si accoppiano.

La rugosità è prescritta con il parametro Ra. Altri vincoli da prendere in considerazione possono essere il passo delle irregolarità, il tipo di lavorazione, la portanza.

Quest'ultima è molto importante perché strettamente legata alla capacità di carico della superficie quindi a come avviene l'usura ed il gioco relativo fra due superfici a contatto strisciante.

La rugosità dipende quindi dalla funzione a cui deve adempiere la superficie tenendo conto delle condizioni in cui lavora.

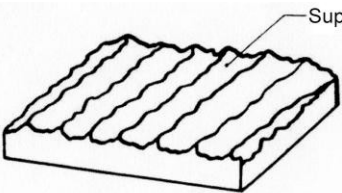

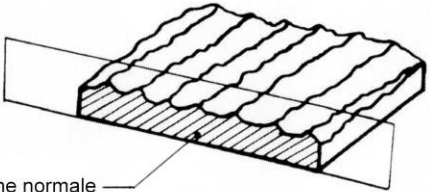
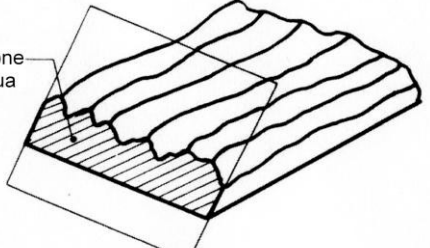
Nel prescrivere il grado che si desidera, occorre tener presente la disponibilità del macchinario atto a produrre la superficie con la rugosità richiesta.

### **Parametri e unità di misura**

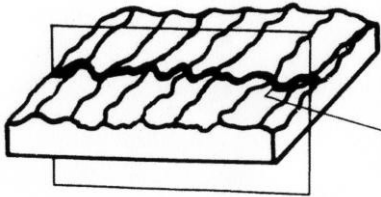
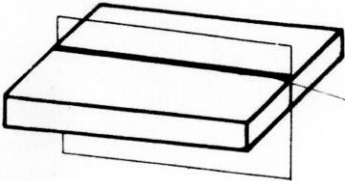
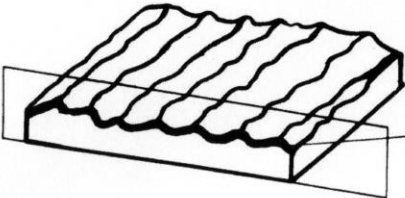
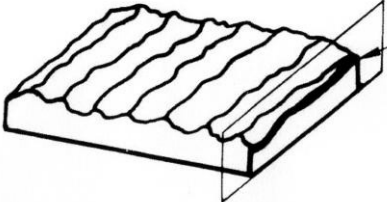
Di seguito vengono indicate le nozioni e i simboli concernenti la classificazione delle superfici e dei profili, i parametri per definire la rugosità e delle unità di misura. Inoltre i segni grafici convenzionali per indicare i vari gradi di finitura, i valori di rugosità richiesti per le lavorazioni più comuni, etc...

**I DATI INDICATI NON SONO IMPEGNATIVI E POSSONO VARIARE SENZA PREAVVISO**

**Superfici – UNI ISO 4287**

 <p>Superficie reale</p>	<p>Superficie reale: Superficie che delimita il corpo e lo separa dall'ambiente circostante</p>
 <p>Superficie geometrica</p>	<p>Superficie geometrica o nominale: Superficie ideale, la cui forma nominale è definita dal disegno e/o da ogni altro documento tecnico Superficie di riferimento: Superficie rispetto alla quale vengono determinati i parametri di rugosità</p>
 <p>Sezione normale</p>	<p>Sezione normale: Sezione determinata da un piano perpendicolare alla superficie di riferimento</p>
 <p>Sezione obliqua</p>	<p>Sezione obliqua: Sezione inclinata rispetto alla superficie di riferimento</p>

**I DATI INDICATI NON SONO IMPEGNATIVI E POSSONO VARIARE SENZA PREAVVISO**

 <p>Profilo reale</p>	<p>Profilo della superficie: Linea di intersezione della superficie con un piano          Profilo reale: intersezione della superficie reale con un piano</p>
 <p>Profilo geometrico</p>	<p>Profilo geometrico: Profilo che risulta dall'intersezione della superficie geometrica con un piano</p>
 <p>Profilo trasversale</p>	<p>Profilo trasversale: Profilo che risulta dall'intersezione di una superficie con un piano normale e perpendicolare alla direzione delle irregolarità</p>
 <p>Profilo longitudinale</p>	<p>Profilo longitudinale: Profilo che risulta dall'intersezione di una superficie con un piano parallelo alla direzione delle irregolarità</p>

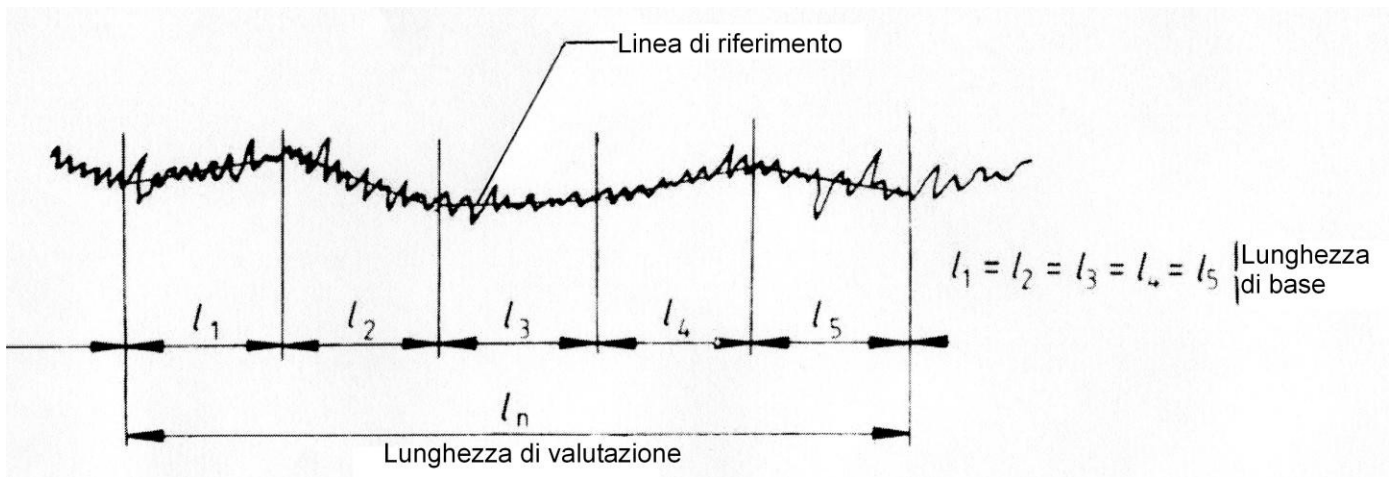
**I DATI INDICATI NON SONO IMPEGNATIVI E POSSONO VARIARE SENZA PREAVVISO**

### Parametri per definire la rugosità

**Linea di riferimento:** Linea data rispetto alla quale sono determinati i parametri del profilo

**Lunghezza di base,  $l$ :** Lunghezza del tratto di linea di riferimento utilizzata per identificare le irregolarità che costituiscono la rugosità della superficie.

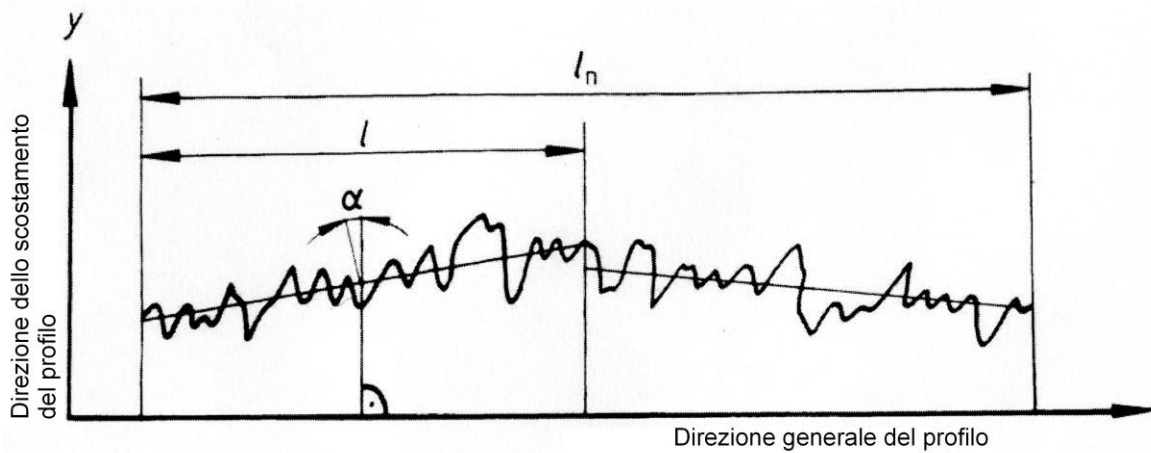
**Lunghezza di valutazione,  $l_n$ :** Lunghezza utilizzata per determinare i valori dei parametri di rugosità della superficie. Può comprendere una o più lunghezze di base.



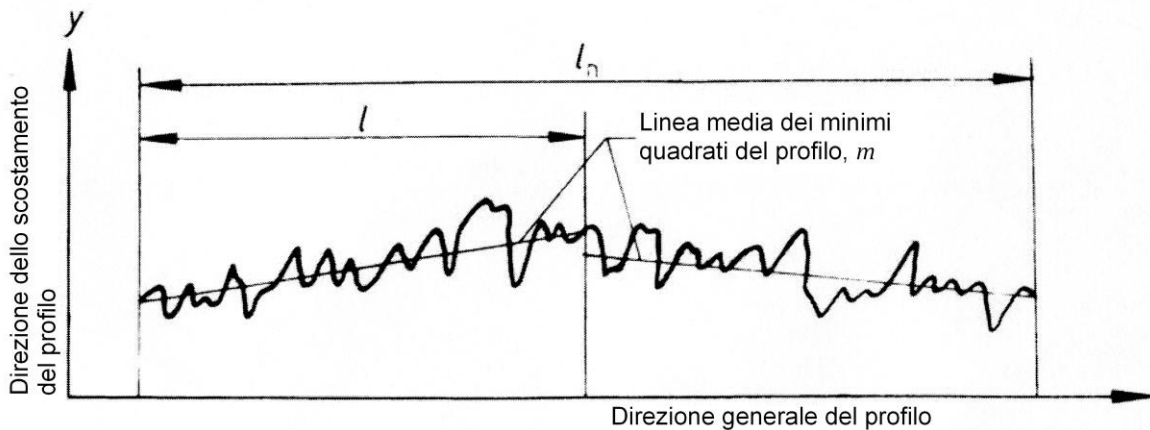
**I DATI INDICATI NON SONO IMPEGNATIVI E POSSONO VARIARE SENZA PREAVVISO**



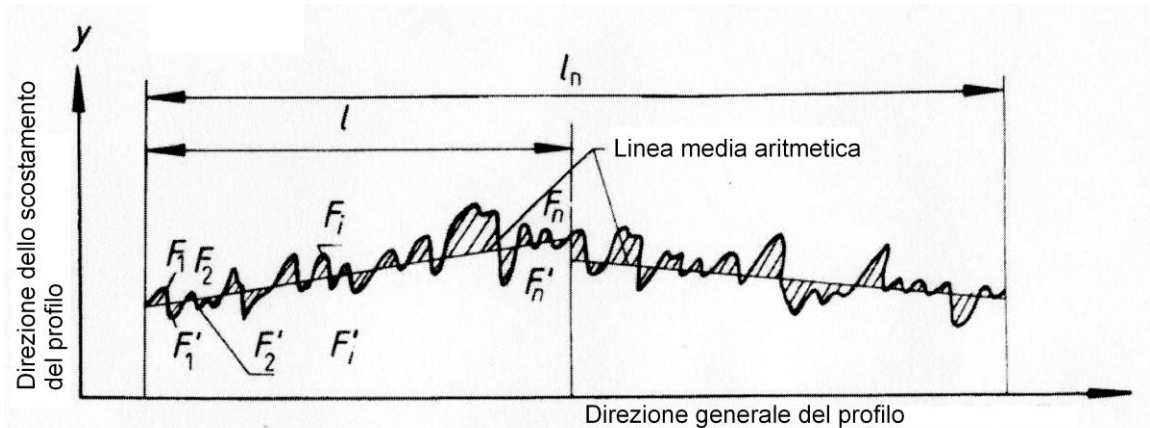
**Scostamento del profilo,  $Y$**  : Distanza tra un punto del profilo e la linea di riferimento nella direzione della misurazione.



**Linea media del profilo,  $m$**  : Linea di riferimento avente la forma del profilo e che divide il profilo in modo che, all'interno della lunghezza di base, la somma dei quadrati degli scostamenti a partire da questa linea sia minima.



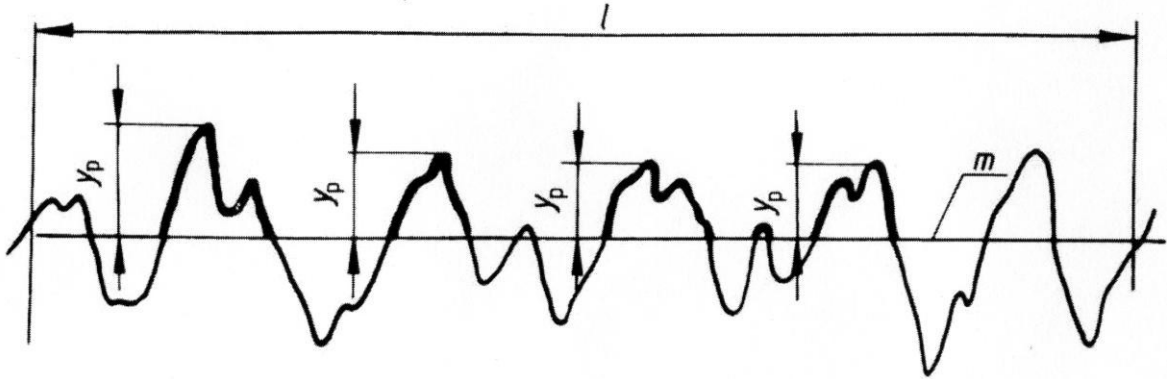
**Linea centrale** : Linea di riferimento avente la forma del profilo geometrico parallela alla direzione generale del profilo e che divide il profilo in modo che, all'interno della lunghezza di base, le aree comprese tra la linea centrale ed il profilo siano uguali da ambo i lati della linea stessa.



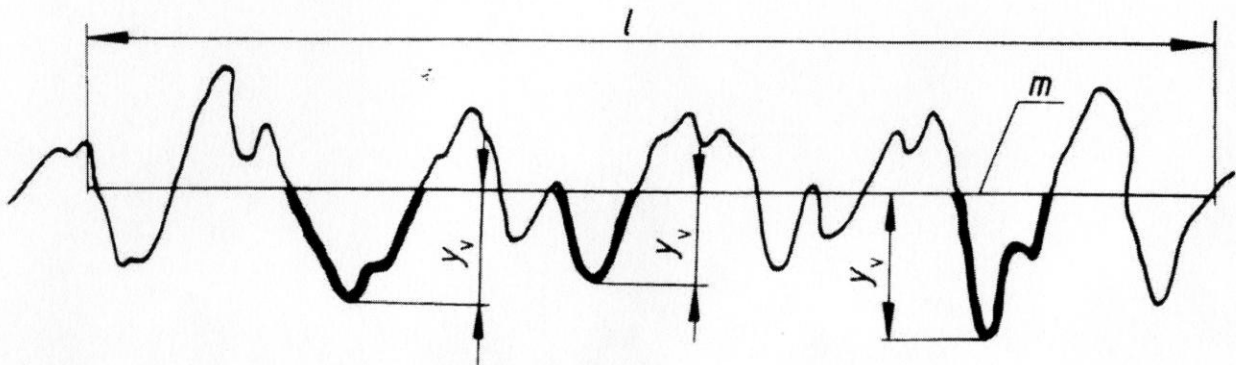
**I DATI INDICATI NON SONO IMPEGNATIVI E POSSONO VARIARE SENZA PREAVVISO**



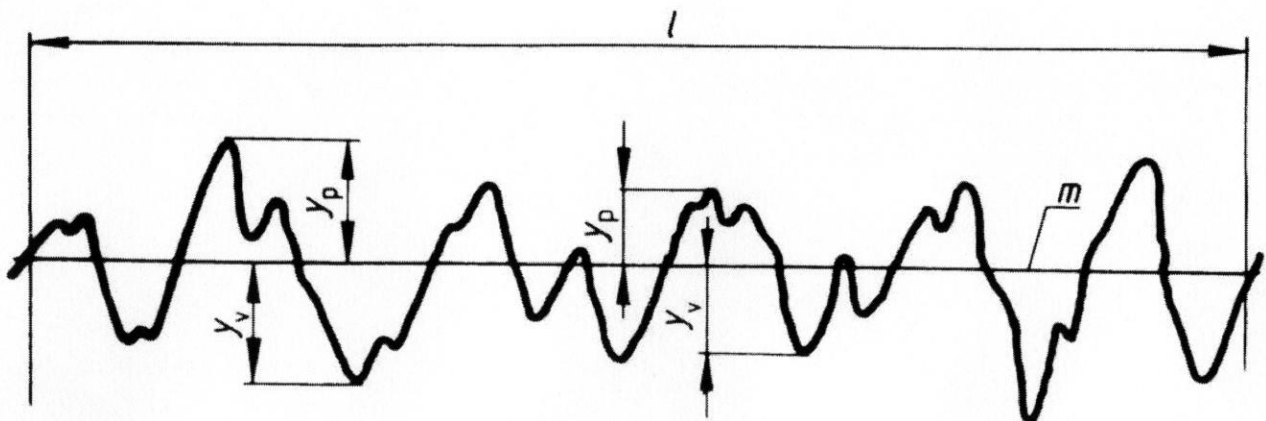
**Altezza del picco del profilo,  $y_p$**  : Distanza tra la linea media del profilo ed il punto più alto di un picco del profilo all'interno della lunghezza di base ( picco : porzione del profilo al di sopra della linea media che unisce due consecutivi punti di intersezione del profilo con la linea media ).



**Profondità della valle del profilo,  $y_v$**  : Distanza tra la linea media del profilo ed il punto più basso di una valle del profilo all'interno della lunghezza di base ( valle : porzione del profilo al di sotto della linea media che unisce due consecutivi punti di intersezione del profilo con la linea media ).



**Altezza di una irregolarità del profilo,  $y_v$**  : Somma dell'altezza del picco e della profondità della valle adiacenti (irregolarità del profilo : un picco del profilo ed una valle del profilo adiacenti ).



**I DATI INDICATI NON SONO IMPEGNATIVI E POSSONO VARIARE SENZA PREAVVISO**

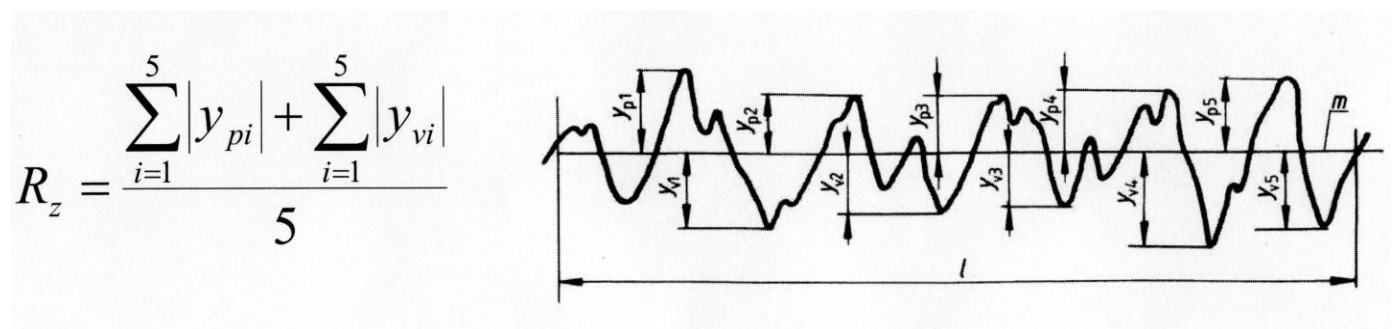
## Rugosità della superficie

**Rugosità della superficie** : Insieme delle irregolarità superficiali, con passo relativamente piccolo, lasciate dal processo di lavorazione e/o da altri fattori influenti. Le irregolarità sono considerate entro limiti stabiliti convenzionalmente ( ad esempio la lunghezza di base ).

**Misura della rugosità** : Misurare la rugosità significa valutare le altezze delle irregolarità. Si rende quindi necessario definire anzitutto la lunghezza di base e la linea media relativamente ai quali saranno misurate tali altezze. Si otterranno pertanto valori potenzialmente diversi, rappresentativi della rugosità, a seconda dei parametri scelti.

### Altezza delle irregolarità su 10 punti $R_z$

$R_z$  è la media dei valori assoluti dei 5 picchi del profilo più alti e delle 5 valli del profilo più profonde, all'interno della lunghezza di base.



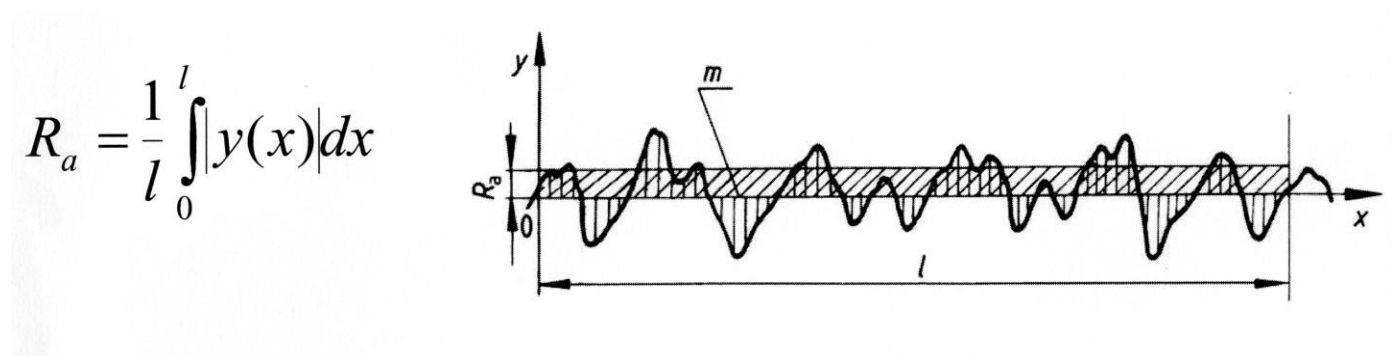
### Altezza media delle irregolarità del profilo $R_c$

$R_c$  è la somma dei valori medi assoluti delle altezze dei picchi del profilo e delle profondità delle valli del profilo, all'interno della lunghezza di base.

$$R_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_{pi}| + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_{vi}|$$

### Scostamento medio aritmetico del profilo $R_a$

$R_a$  è la media aritmetica dei valori assoluti degli scostamenti del profilo all'interno della lunghezza di base  $l$ .



**I DATI INDICATI NON SONO IMPEGNATIVI E POSSONO VARIARE SENZA PREAVVISO**

**NOTE TECNICHE SULLA RULLATURA DI SUPERFICI**

Scostamento medio quadratico del profilo  $R_q$

$R_q$  è il valore medio quadratico degli scostamenti del profilo all'interno della lunghezza di base  $l$ .

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

Relazione tra metodo di fabbricazione e rugosità  $R_a$  UNI 468

Metodi di fabbricazione		Rugosità $R_a$ in $\mu m$													
Gruppo	Descrizione	0,006	0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
Fusione	Colata in sabbia •														
	Colata in guscio •														
	Colata in conchiglia														
	Pressofusione														
	Microfusione														
Formatura	Stampaggio al maglio, fucinatura														
	Laminazione, rullatura														
	Imbutitura profonda														
	Estrusione														
	Coniatura														
	Laminazione dei profilati														

Metodi di fabbricazione		Rugosità $R_a$ in $\mu m$													
Gruppo	Descrizione	0,006	0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
Asportazione di materiale	Troncatura														
	Tornitura cilindrica														
	Tornitura di sfacclatura														
	Tornitura di gole														
	Piallatura														
	Limatura a macchina														
	Sbarbatura														
	Foratura														
	Alesatura														
	Allargatura														
	Lisciatura														
	Fresatura periferica tangenziale														
	Fresatura frontale														
	Brocciatura														
Asportazione di materiale	Limatura a mano														
	Rettifica cilindrica														

**I DATI INDICATI NON SONO IMPEGNATIVI E POSSONO VARIARE SENZA PREAVVISO**

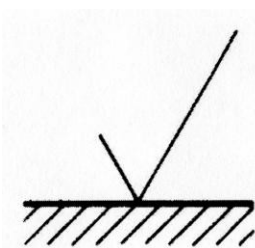
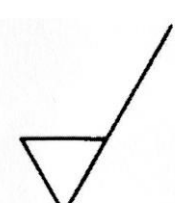
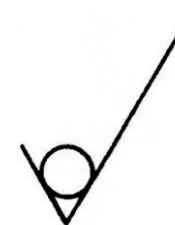


**NOTE TECNICHE SULLA RULLATURA DI SUPERFICI**

Relazione tra metodo di fabbricazione e rugosità Ra UNI 468

Metodi di fabbricazione		Rugosità $R_a$ in $\mu\text{m}$													
Gruppo	Descrizione	0,008	0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
Asportazione di materiale	Limatura a mano														
	Rettifica cilindrica														
	Rettifica di sfacciatura														
	Rettifica cilindrica a tuffo														
	Rettifica tangenziale circonferenziale piana														
	Rettifica frontale piana														
	Levigatura														
	Smerigliatura														
	Superfinitura														
	Lappatura cilindrica														
	Lappatura di piani														
	Lavorazione a ultrasuoni														
	Lucidatura														
	Granigliatura (o lavorazione al plasma)														
	Barilatura														
Taglio alla fiamma															

**Indicazioni dello stato delle superfici UNI 4600**

<p>Il segno grafico di base è formato da due linee di lunghezze diverse, inclinate approssimativamente di 60° rispetto alla linea che ripetta la superficie considerata.</p>	<p>Il trattino orizzontale aggiunto indica che è richiesta una lavorazione con asportazione di materiale.</p>	<p>Il cerchietto aggiunto indica che non è consentita una lavorazione con asportazione di materiale.</p>
		

**I DATI INDICATI NON SONO IMPEGNATIVI E POSSONO VARIARE SENZA PREAVVISO**

**NOTE TECNICHE SULLA RULLATURA DI SUPERFICI**

Indicazioni aggiuntive ai segni grafici

	a	Rugosità $R_a$
	b	Tipo di lavorazione, trattamento oppure rivestimento
	c	Lunghezza di base (mm)
	d	Direzione dei solchi
	e	Sovrametallo di lavorazione (mm)
	f	Altri dati relativi allo stato della superficie preceduti dal relativo simbolo (ondulazione, portanza etc. )

**Segni grafici per l'indicazione della direzione dei solchi**

Segno grafico	Interpretazione
=	<p>Solchi paralleli al piano di proiezione della vista sulla quale è applicato il segno grafico</p> <p>Direzione dei solchi</p>
⊥	<p>Solchi perpendicolari al piano di proiezione della vista sulla quale è applicato il segno grafico</p> <p>Direzione dei solchi</p>
X	<p>Solchi incrociati in due direzioni oblique al piano di proiezione della vista sulla quale è applicato il segno grafico</p> <p>Direzione dei solchi</p>
M	<p>Solchi multidirezionali</p>
C	<p>Solchi approssimativamente circolari rispetto al centro della superficie alla quale è applicato il segno grafico</p>
R	<p>Solcho approssimativamente radiali rispetto al centro della superficie alla quale è applicato il segno grafico</p>

**I DATI INDICATI NON SONO IMPEGNATIVI E POSSONO VARIARE SENZA PREAVVISO**