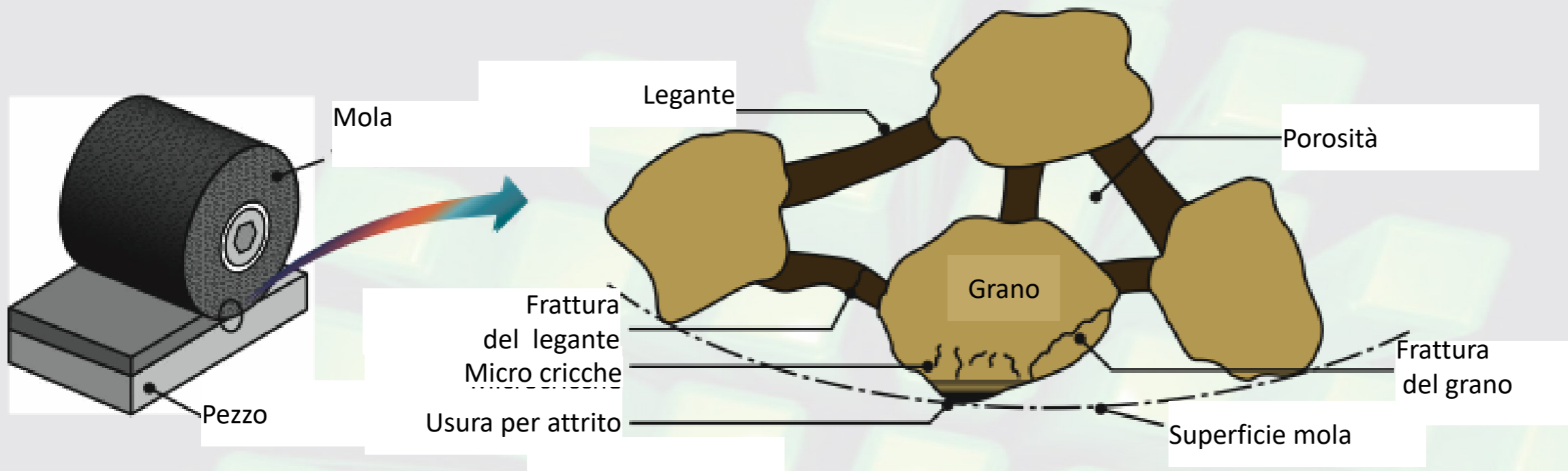


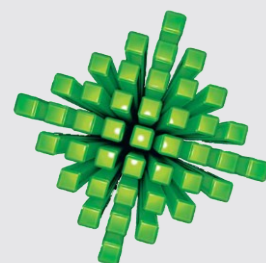
Mola abrasiva



Modello fisico di una mola abrasive e della sua struttura per quanto riguarda i relativi meccanismi di usura e di rottura dei grani.

Durezza Knoop di diversi materiali.

Vetro comune	350-500
Quarzo	800-1100
Ossido di zirconio	1000
Acciai induriti	700-1300
Carburo di tungsteno	1800-2400
Ossido di alluminio	2000-3000
Nitruro di titanio	2000
Carburo di titanio	1800-3200
Carburo di silicio	2100-3000
Carburo di boro	2800
Nitruro di boro cubico	4000-5000
Diamante	7000-8000



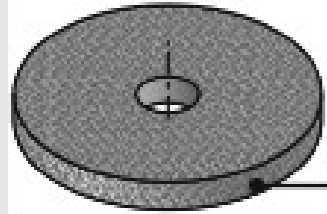
Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

Kalpakjian • Schmid

© 2008, Pearson Education

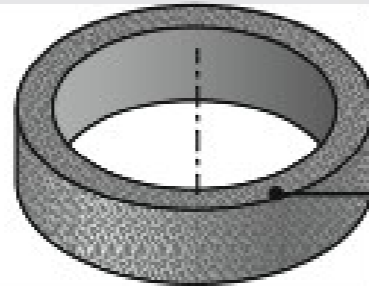
ISBN No. 0-13-227271-7

Tipi di mole da rettifica



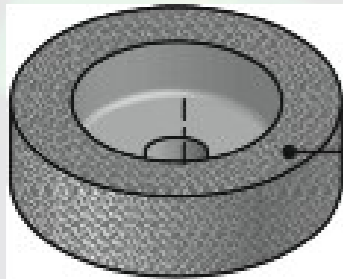
Superficie
rettificante

(a) Tipo 1 - a disco



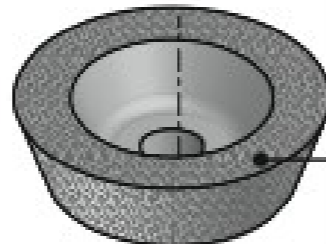
Superficie rettificante

(b) Tipo 2 – ad anello



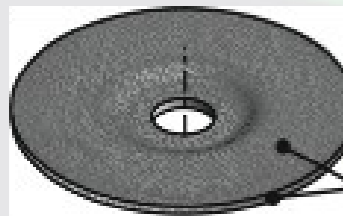
Superficie
rettificante

(c) Tipo 6 - a tazza cilindrica



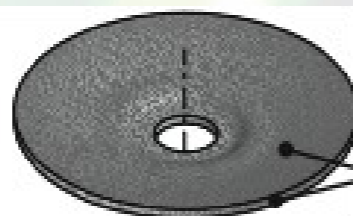
Superficie rettificante

(d) Tipo 11 - a tazza conica



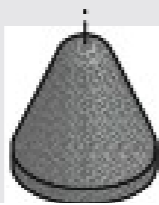
Superfici
rettificanti

(e) Tipo 27 - a centro depresso



Superfici rettificanti

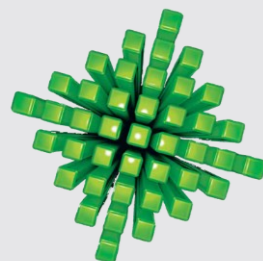
(f) Tipo 28 - a centro depresso



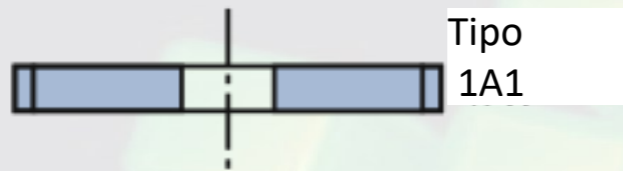
(g) a codolo

Tipi comuni di **mole realizzate con abrasivi convenzionali** (*ossido di alluminio e carburo di silicio*).

Notare che ciascuna mola possiede **una specifica superficie funzionale**; *l'uso delle altre superfici è improprio e pericoloso.*



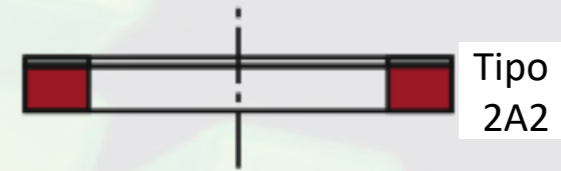
Mole super abrasive



(a)



(b)



(c)



(d)

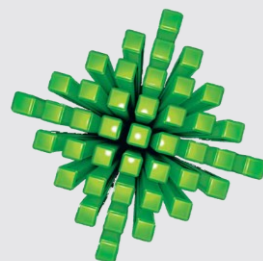


(e)

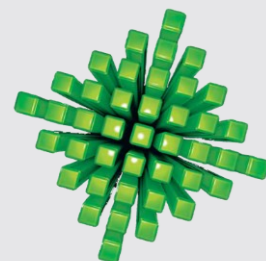
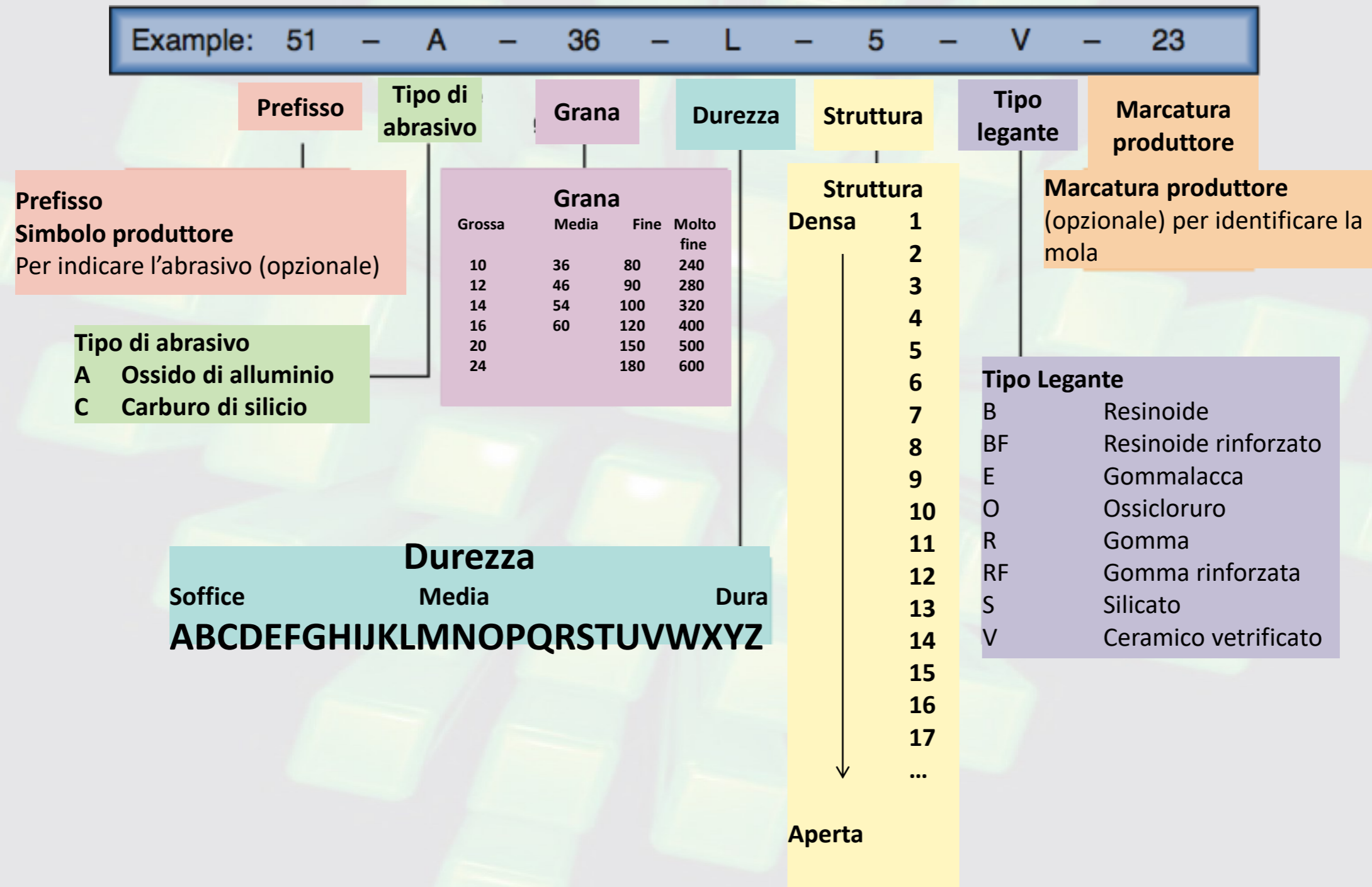


(f)

Esempi di **mole super abrasive**, costituite da uno strato sottile di super abrasivo ancorato su un sotto strato di metallo o di composito. **I leganti possono essere resinoidi, metalli o ceramici vetrificati.**



Sistema di codifica di mole con abrasivo convenzionale (ossido di alluminio e carburo di silicio).

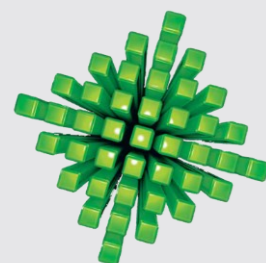


Sistema di codifica di mole da rettifica al Diamante e al CBN

Example: M D 100 - P 100 - B 1/8							
Prefisso	Tipo di abrasivo	Grana	Durezza	Concentrazione	Legante	Modifica legante	Profondità Diamante
Simbolo produttore	B nitruro di boro cubico	20	A (morbida)	Diamante	B resinoide		1/16
Per indicare l'abrasivo (opzionale)	D diamante	24	↓	25 (bassa)	M metallico		1/8
		30		Z(dura)	50	V ceramico vetrificato	
		36		75			Se assente indica un diamante solido
		46		100 (alta)			
		54					
		60					
		80					
		90					
		100					
		120					
		150					
		180					
		220					
		240					
		280					
		320					
		400					
		500					
		600					
		800					
		1000					

Modifica legante
Codice alfanumerico per indicare varianti rispetto al legante standard

Sistema di codifica di mole con super abrasivi (*Diamante e CBN*).



Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

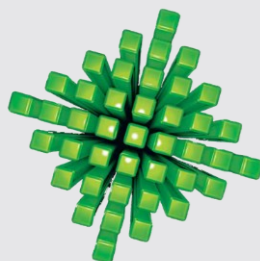
Kalpakjian • Schmid

© 2008, Pearson Education

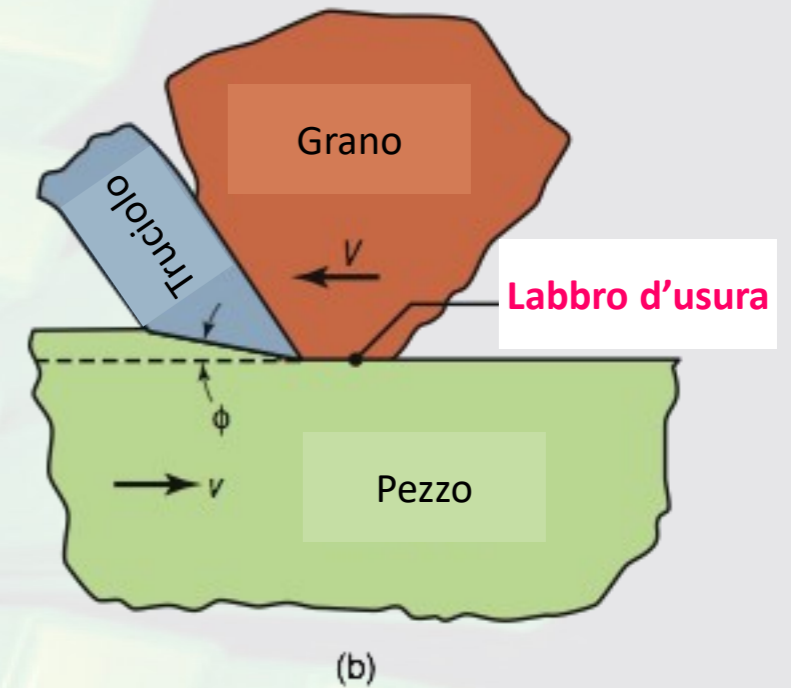
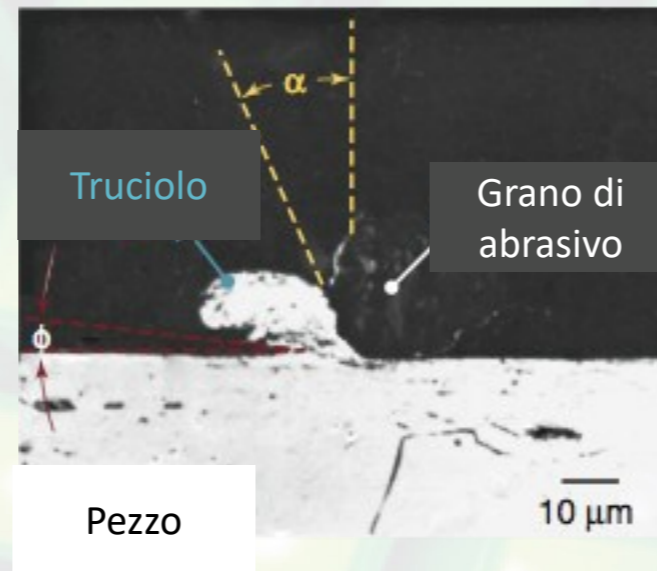
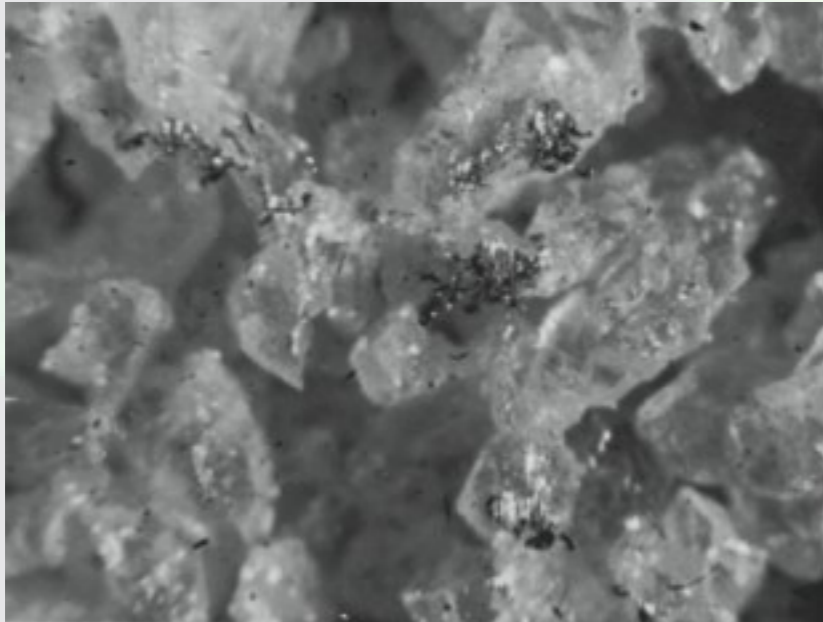
ISBN No. 0-13-227271-7

Caratteristiche della Mola

- **Abrasivo**
 - *Convenzionale* (Si C, Al₂O₃)
 - *Super abrasivo* (CBN, Diamante)
 - Proprietà abrasivo
 - **Durezza**
 - **Dimensioni del grano** (grana della mola)
 - **Friabilità**
- **Legante**
 - Feldspato ed argilla (*mole vetrificate*)
 - Resinoidi
 - Gomma (*mole flessibili*)
 - Metalli
- Tra abrasivo e legante rimane dello spazio libero per accogliere i micro trucioli e che è detta **porosità**. Le mole tendono ad intasarsi superficialmente e in tal caso richiedono un'operazione di **ravvivatura**, per rimuovere lo strato intasato.
- La mola è *un insieme non omogeneo di materiali* e lavora a *velocità di taglio molto elevate* (quindi con ω ed **N elevati**)

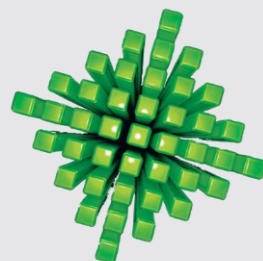


Grani di Abrasivo

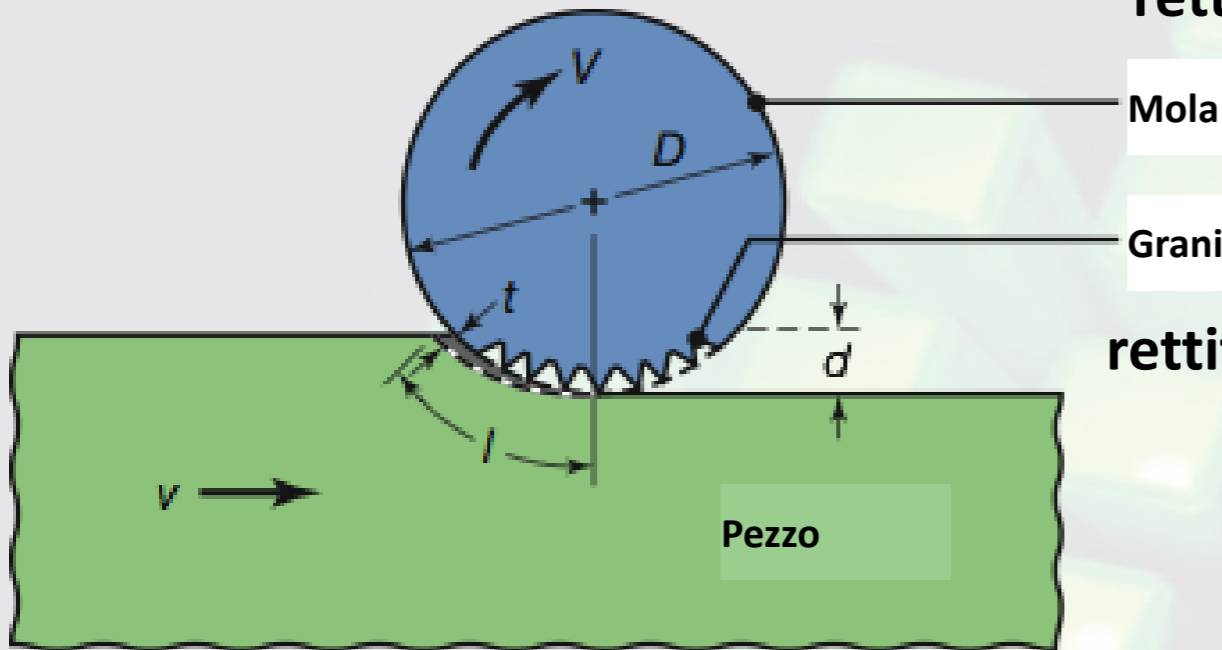


Superficie rettificante di una mola abrasive (A46-J8V), nella quale sono visibili i grani, la porosità, il labbro d'usura sui grani e i trucioli di metallo aderenti ai grani abrasivi. Notare la distribuzione e la forma casuale dei grani abrasivi.

- (a) Truciolo di rettifica prodotto un singolo grano di abrasivo. Notare l'ampio angolo di spoglia del grano abrasivo (negativo).
- (b) Schema della formazione del truciolo da parte del grano di abrasivo. Notare **l'angolo di spoglia negativo (α)**, **il piccolo angolo di scorrimento (ϕ)** e **il labbro di usura sul grano**.



Meccanica della rettifica



Lunghezza truciolo indeformato, rettifica cilindrica esterna dove D_w è il diametro del pezzo

$$l = \sqrt{\frac{Dd}{1 + (D/D_w)}}$$

Lunghezza truciolo indeformato, rettifica cilindrica interna dove D_w è il diametro del pezzo

$$l = \sqrt{\frac{Dd}{1 - (D/D_w)}}$$

Variabili fondamentali nella rettifica periferica piana:

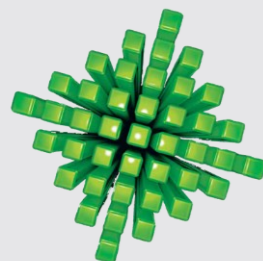
- **Profondità di passata, d ;**
- **Lunghezza di contatto, l ;**
- **Diametro della mola, D ;**
- **Profondità di passata del grano, t .**
- **Numero di punti di taglio per unità di superficie della mola, C ;**
- **Rapporto della larghezza del truciolo con lo spessore medio, $r=w/t_{ave}$**

Lunghezza truciolo indeformato, rettifica periferica piana

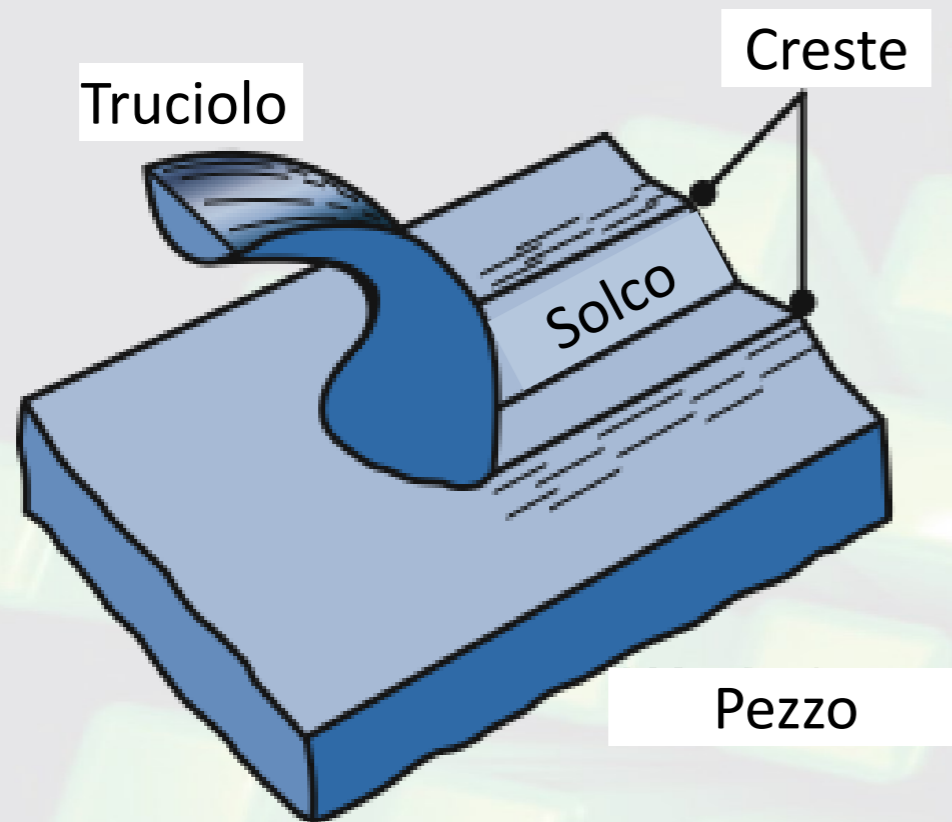
$$l \cong \sqrt{D \cdot d}$$

Spessore truciolo indeformato, rettifica periferica piana

$$t = \sqrt{\frac{4v}{VCr}} \sqrt{\frac{d}{D}}$$



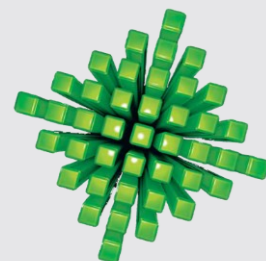
Parametri di rettifica



Formazione del truciolo e del solco nella superficie del pezzo da parte del grano abrasive (deformazione plastica senza asportazione di materiale).

Tipiche velocità ed avanzamenti per processi che usano abrasivi.

Variabile del processo	Rettifica convenzionale	Rettifica profonda	Pulitura	Lucidatura
Velocità mola (m/min)	1500-3000	1500-3000	1800-3600	1500-2400
Velocità pezzo (m/mi)	10-60	0,1-1		
Avanzamento (mm/Passo)	0,01-0,05	1-6		



Energia specifica nella rettifica

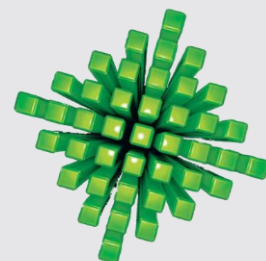
Energia specifica richiesta nella rettifica superficiale.

Materiale pezzo	Durezza	Energia specifica (Ws/mm ³)
Alluminio	150 HB	7-27
Ghisa (classe 40)	215 HB	12-60
Acciaio a basso C (1020)	110 HB	14-68
Lega di titanio	300 HB	16-55
Acciaio da utensili (T15)	67 HRC	18-82

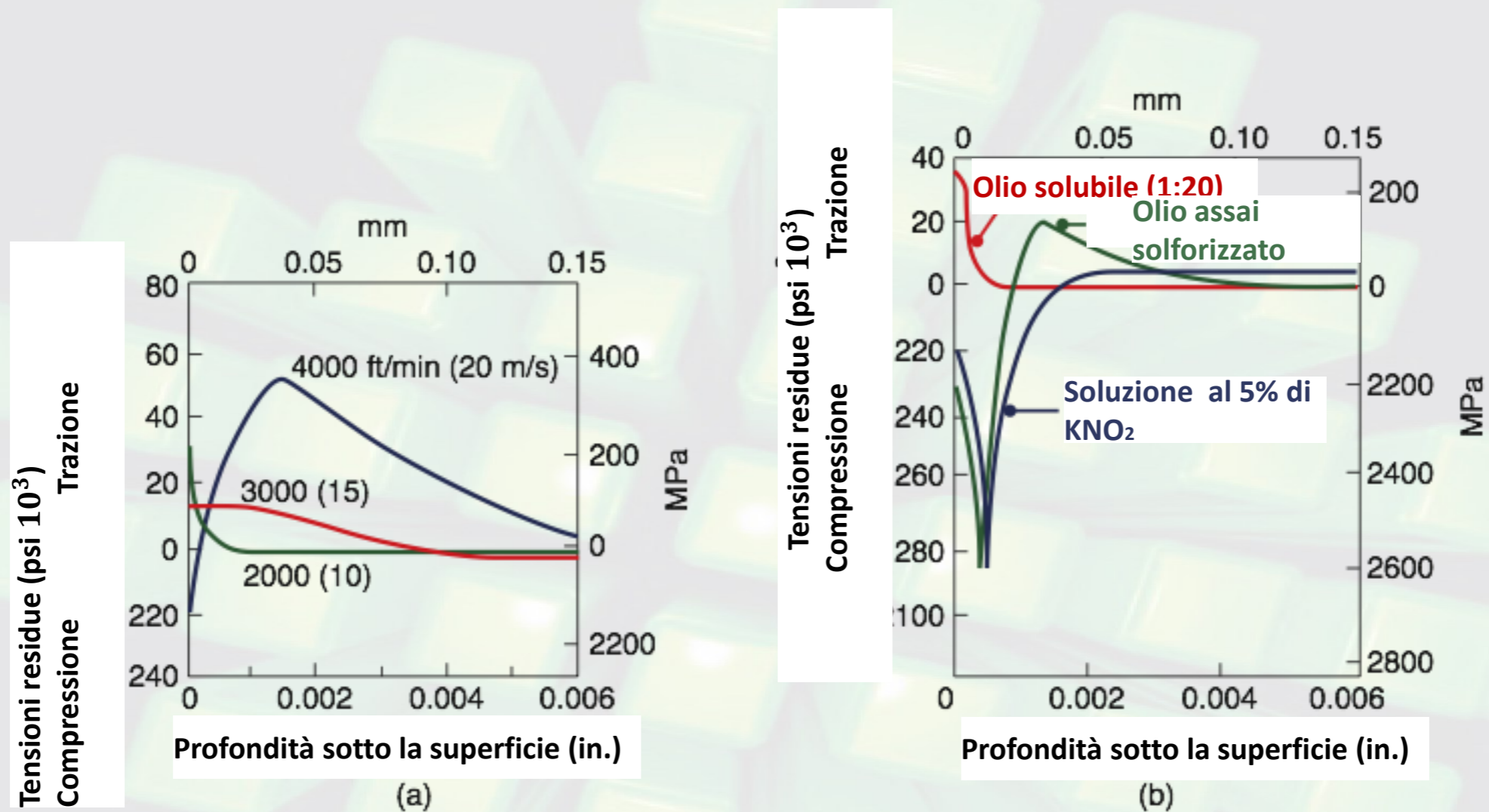
Innalzamento temperatura $\propto D^{1/4} d^{3/4} \left(\frac{V}{v}\right)^{1/2}$

L'innalzamento della temperatura può provocare:

- **Rinvenimento del materiale rettificato** che di solito è rettificato dopo essere stati indurito e quindi perde la durezza superficiale.
- **Bruciature superficiali** che comportano cambiamenti metallurgici che possono portare a cricche provocate da calore.
- **Tensioni residue** generate da cambi di temperature e gradienti e per ridurle si adotta la rettifica a bassa tensione o gentile



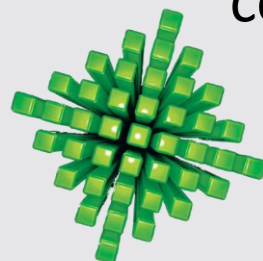
Tensioni Residue



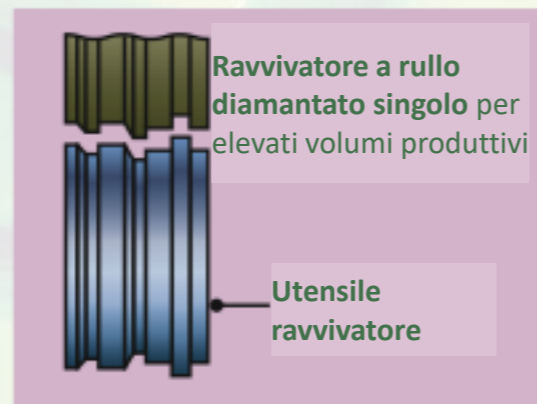
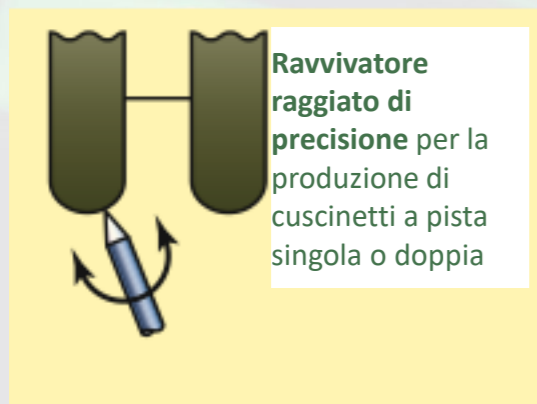
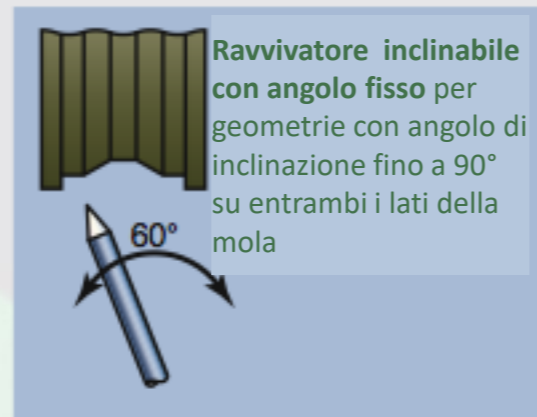
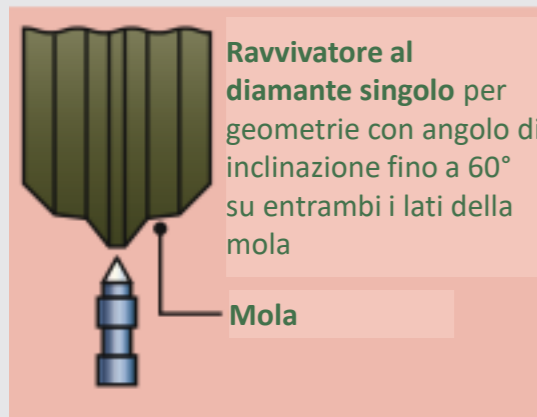
Tensioni residue presenti sulla superfici di un pezzo di tungsteno rettificato.

- a) Effetto della velocità della mola e
- b) Effetto del tipo di fluido usato nella rettifica.

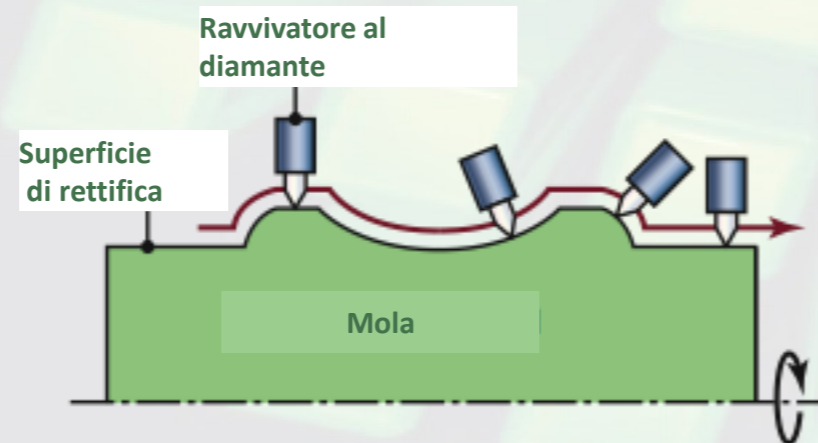
Le tensioni residue superficiali riducono la vita a fatica del pezzo e perciò è opportuno controllare le variabili del processo di rettifica al fine di minimizzarle.



Ravvivatura

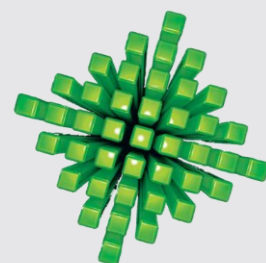


(a)

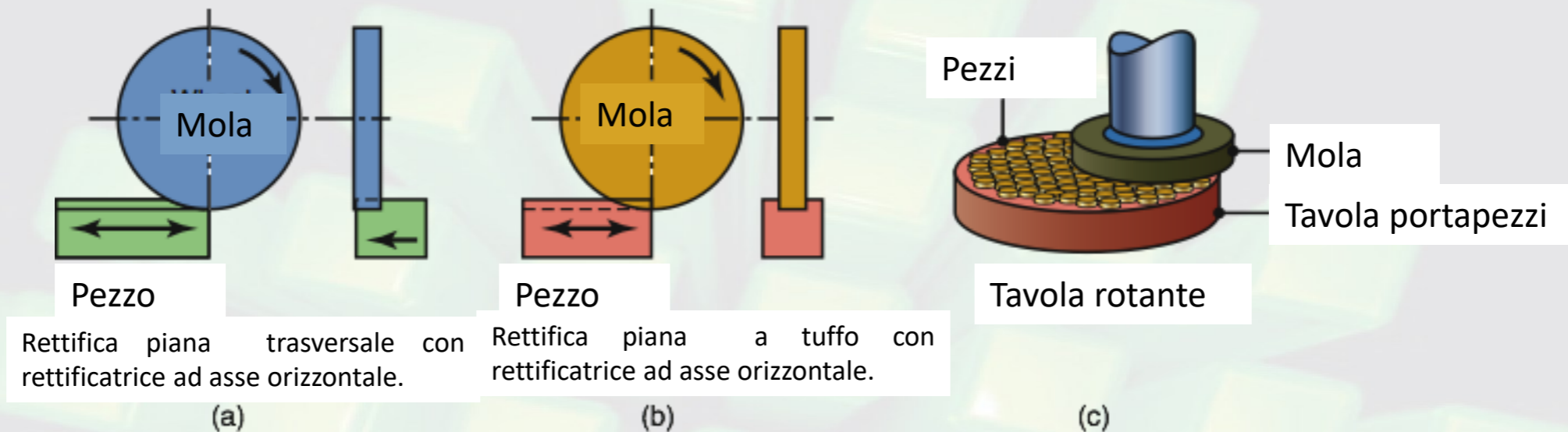


(b)

- (a) Metodi di ravvivatura di una mola da rettifica.
(b) Sagomatura del profilo di una mola mediante utensile ravvivatore a controllo numerico che risulta perpendicolare alla mola nel punto di contatto con la mola.



Rettifica piana



Schema della rettifica piana.

(a) Rettifica piana trasversale con rettificatrice ad asse orizzontale.

(b) Rettifica piana a tuffo con rettificatrice ad asse orizzontale.

(c) Rettifica piana con rettificatrice ad asse verticale e tavola porta pezzo girevole (rettificatrice tipo *Blanchard*).

Protezione dalla mola

Tavola porta pezzo

Pezzo

Slitta

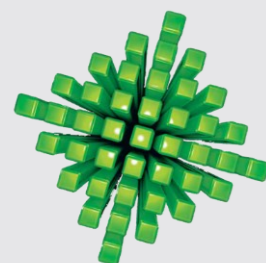
Alimentazione

Testa

Colonna

Basamento

Schema di rettificatrice ad asse orizzontale



Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

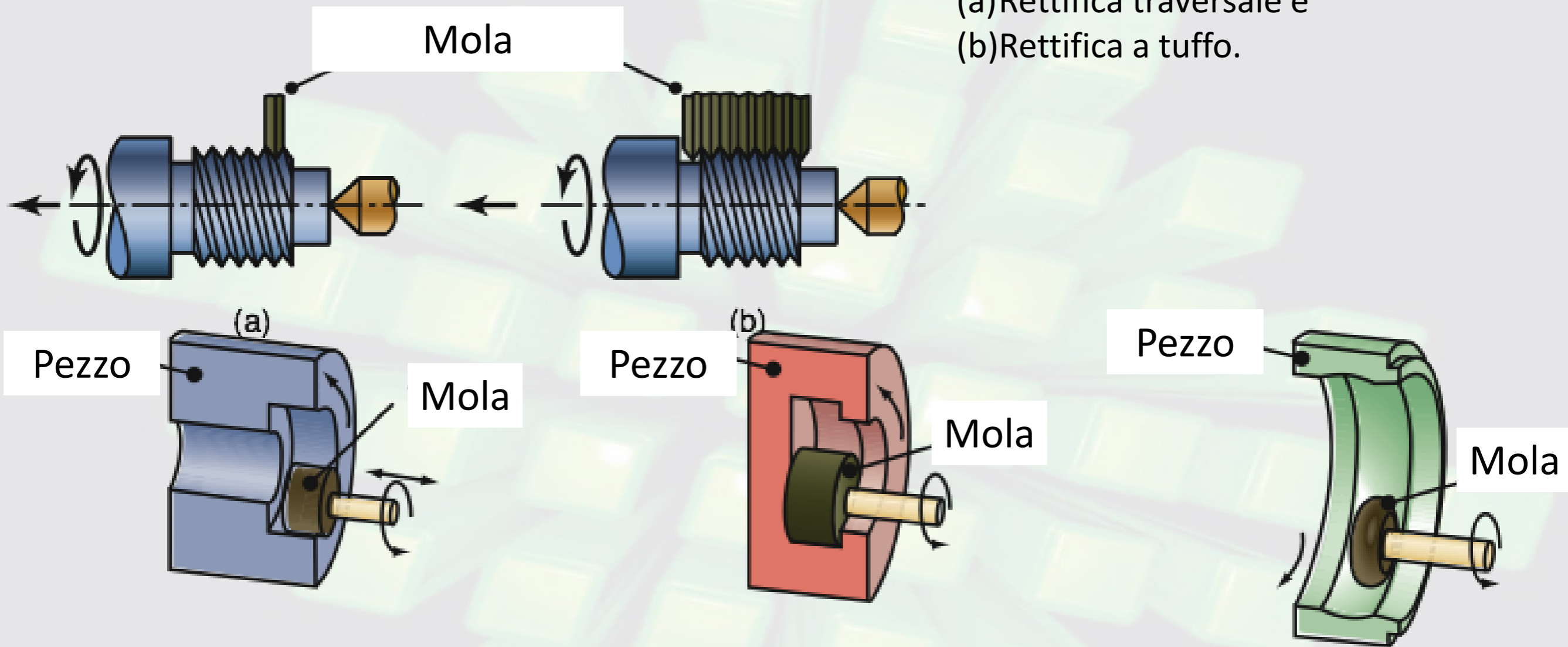
Kalpakjian • Schmid

© 2008, Pearson Education

ISBN No. 0-13-227271-7

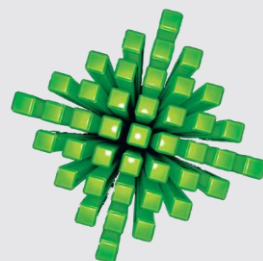
Rettifica di filettature e per interni

Rettifica di filettature mediante
(a) Rettifica trasversale e
(b) Rettifica a tuffo.



(a) Rettifica trasversale per interni (b) Rettifica a tuffo per intern (c) Rettifica di profili interni

Schema delle operazioni di rettifica per interni.



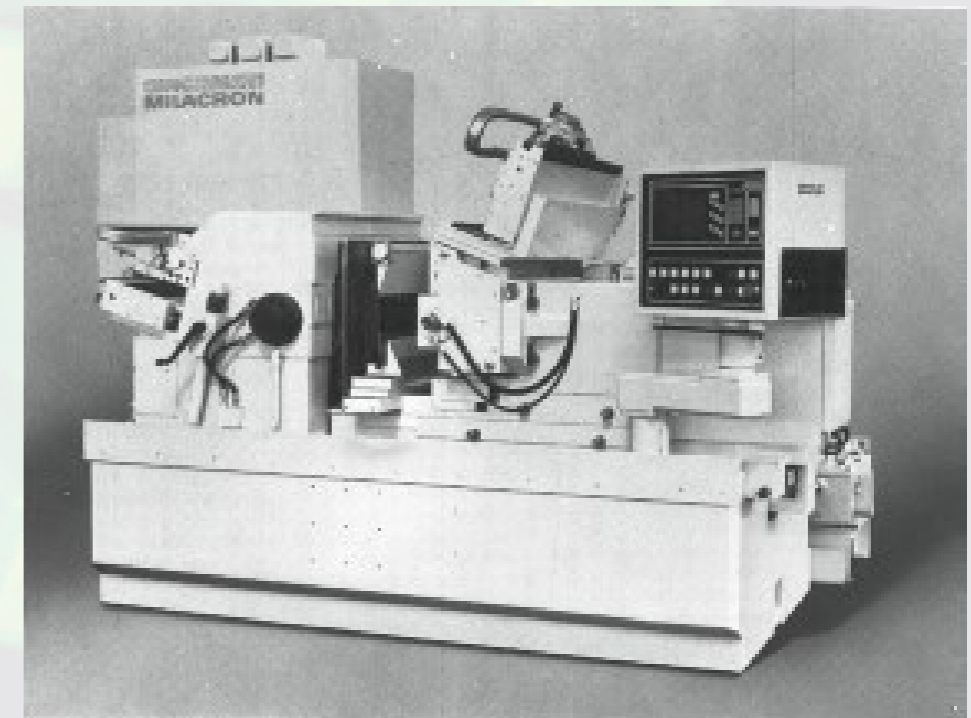
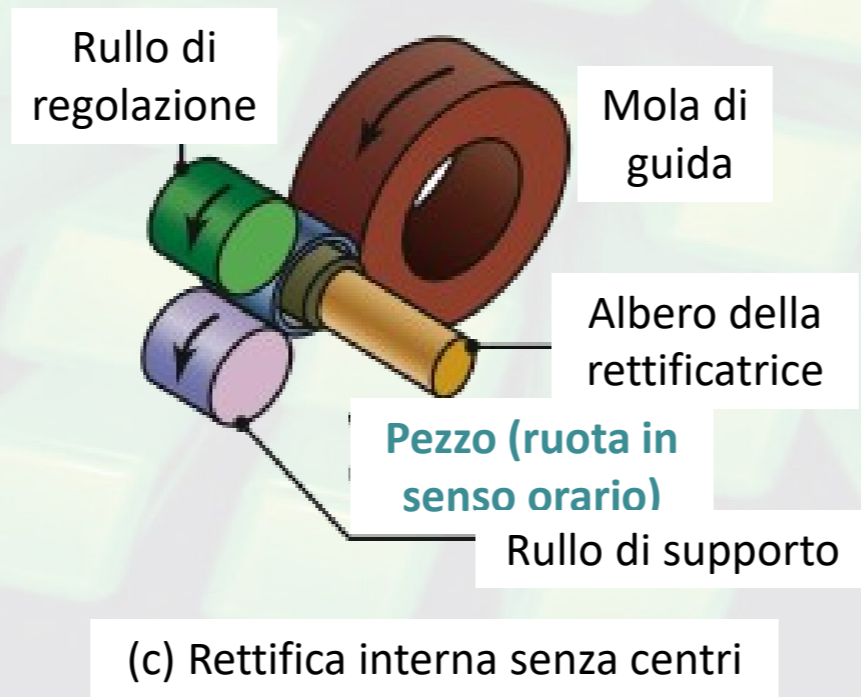
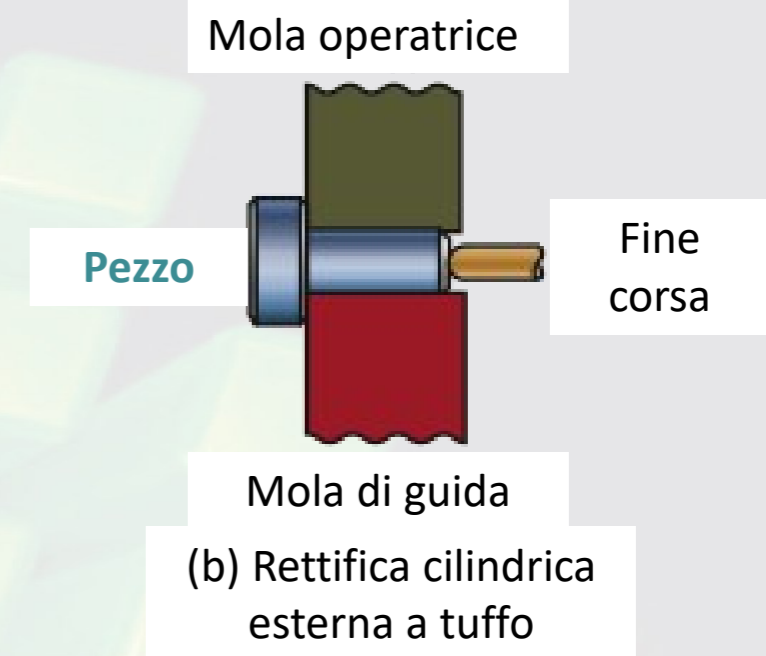
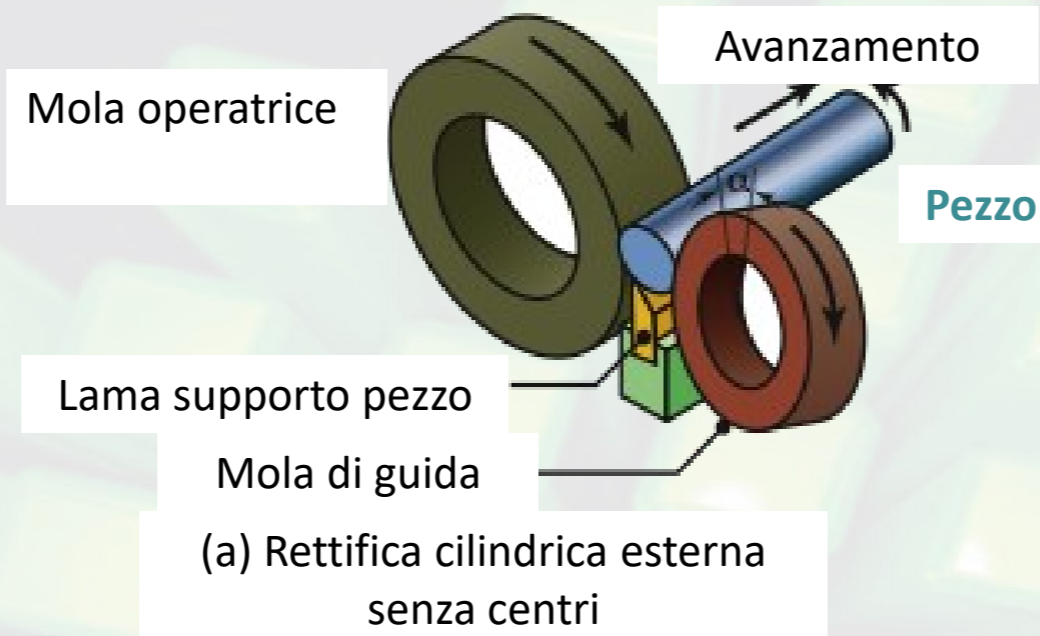
Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

Kalpakjian • Schmid

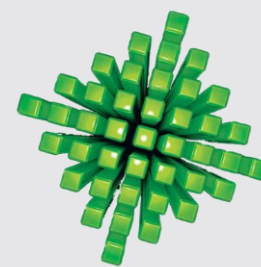
© 2008, Pearson Education

ISBN No. 0-13-227271-7

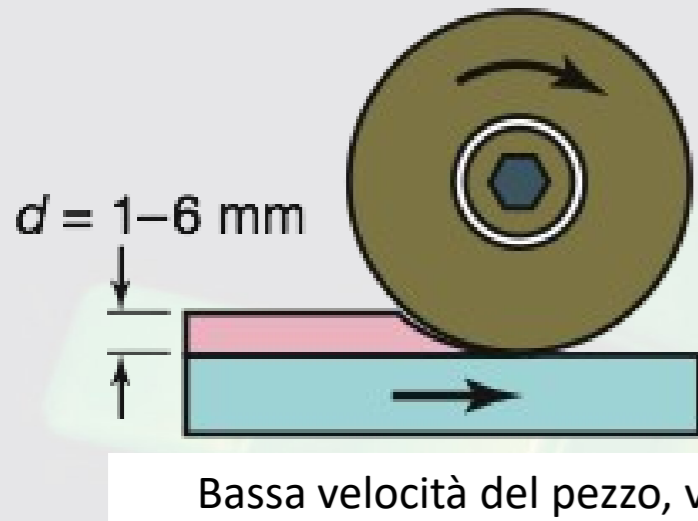
Rettifica senza centri



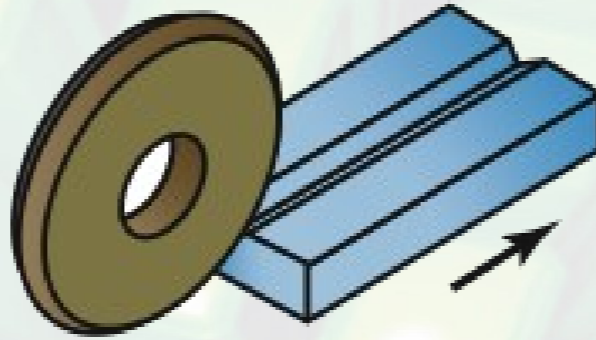
(d) Rettificatrice a controllo numerico interna senza centri



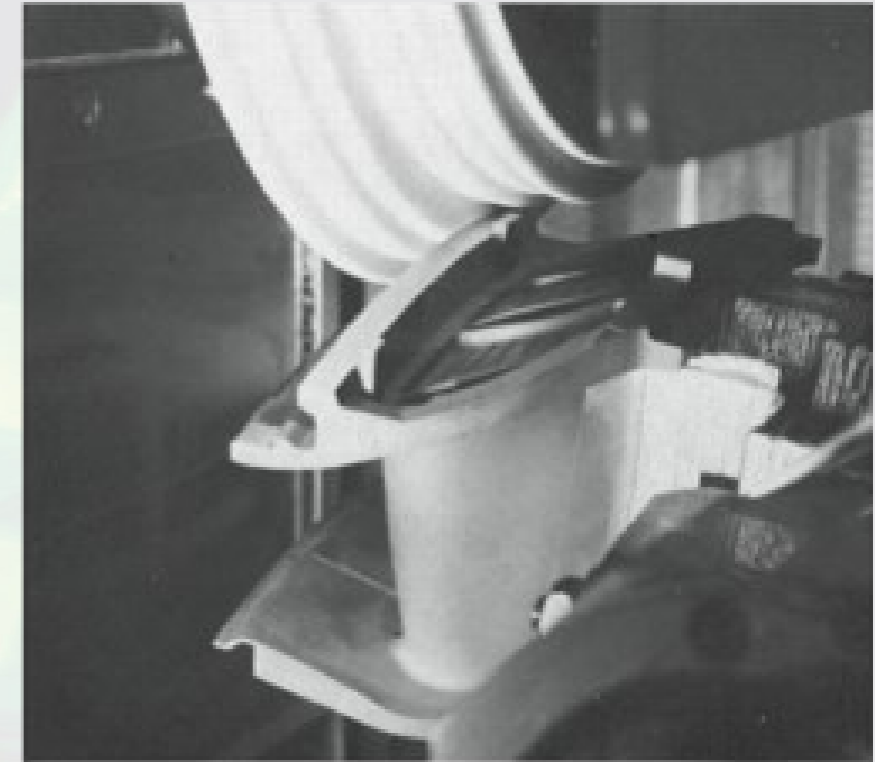
Rettifica profonda (Creep-Feed)



(a)



(b)



(c)

(a) Schema della rettifica profonda (profondità di passata 1-6 mm)

(b) Scanalatura piana realizzata in un unico passaggio di rettifica profonda con mola sagomata.

(c) Un esempio di rettifica profonda con mola sagomata.

