



Corso di Tecnologia Meccanica

Modulo 4.4

Lavorazioni per asportazione di truciolo



Lavorazioni a moto di taglio rettilineo

Lavorazioni a moto di taglio rettilineo

■ Limatura e piallatura

- Per la realizzazione e la finitura di superfici esterne piane
- Caratteristiche:
 - Bassa produttività

■ Stozzatura

- Per la realizzazione di superfici interne piane partendo da fori pre-esistenti
- Caratteristiche:
 - Bassa produttività
 - Scarsa finitura superficiale
 - Utensili a basso costo

■ Brocciatura

- Per la realizzazione di superfici esterne ed interne anche complesse
- Caratteristiche:
 - Alta qualità dimensionale
 - Alta qualità superficiale



Limatura e piallatura

Limatura e piallatura: moti caratteristici

■ Moto di taglio

- Rettilineo alternativo con andata utile e ritorno improduttivo
- Posseduto dall'utensile nella limatura, dal pezzo nella piallatura
- Grossa inerzia nel cambio del moto e dunque velocità basse e scarsa produttività. Di solito il moto di ritorno, improduttivo, è realizzato a velocità maggiore

Limatura e piallatura: moti caratteristici

■ Moto di alimentazione

- Rettilineo intermittente, nella fase di ritorno
- Posseduto dall'utensile o del pezzo nella limatura, dall'utensile nella piallatura

■ Moto di appostamento

- Per regolare la profondità di passata
- Posseduto dall'utensile o dal pezzo nella limatura, sempre dall'utensile nella piallatura

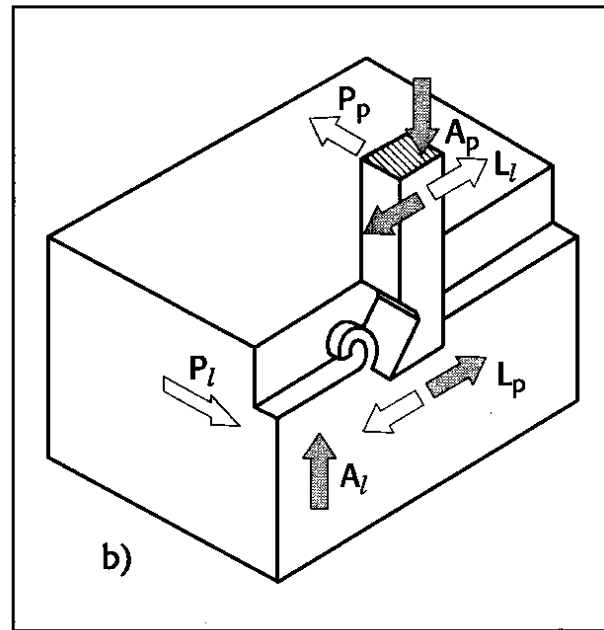
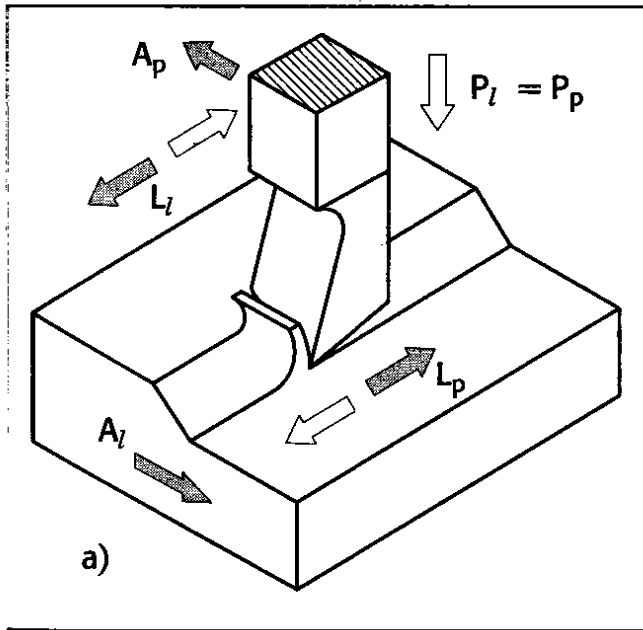
Limatura e piallatura: utilizzo

■ Piallatura

- Utilizzata per realizzare superfici piane molto estese (anche diversi metri di lunghezza)

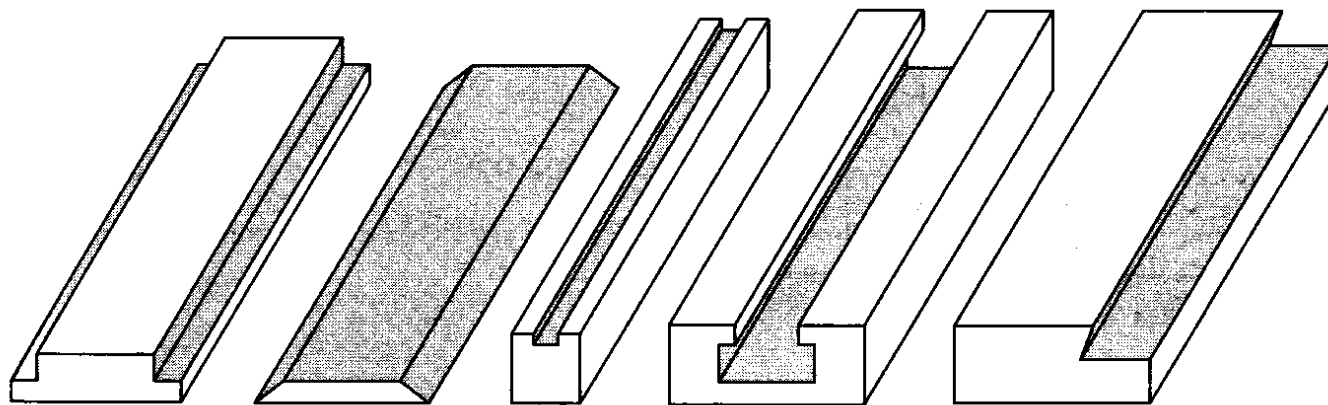
■ Limatura

- Utilizzata per ottenere superfici piane su pezzi piccoli e di lunghezza limitata (al massimo 800-1000 mm)



Moti caratteristici delle lavorazioni di limatura e piallatura per la realizzazione di superfici piane orizzontali a) e verticali b).

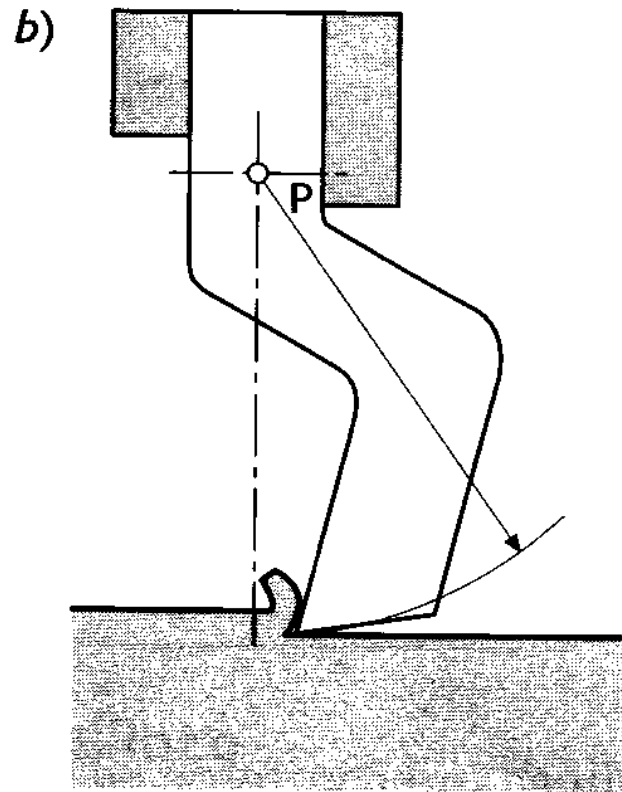
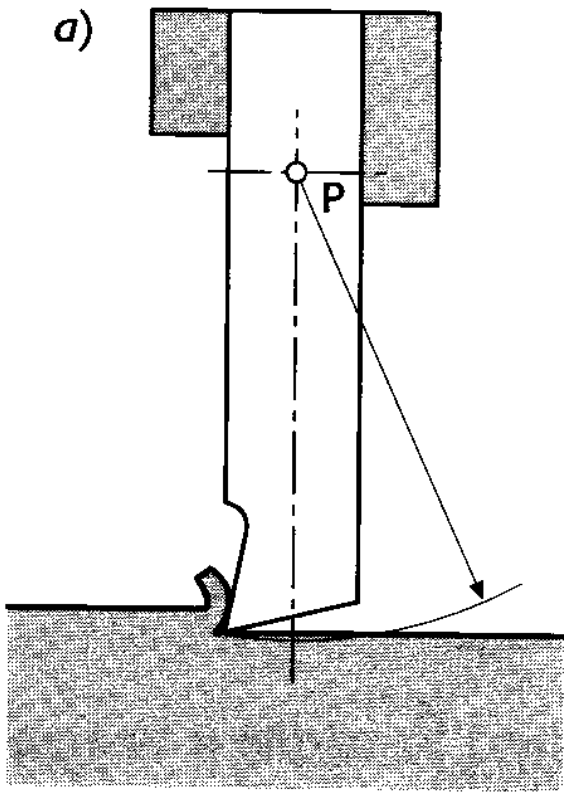
L_p, L_l : moto di taglio nella piallatura e nella limatura;
 A_p, A_l : moto di alimentazione nella piallatura e nella limatura;
 P_p, P_l : moto di appostamento nella



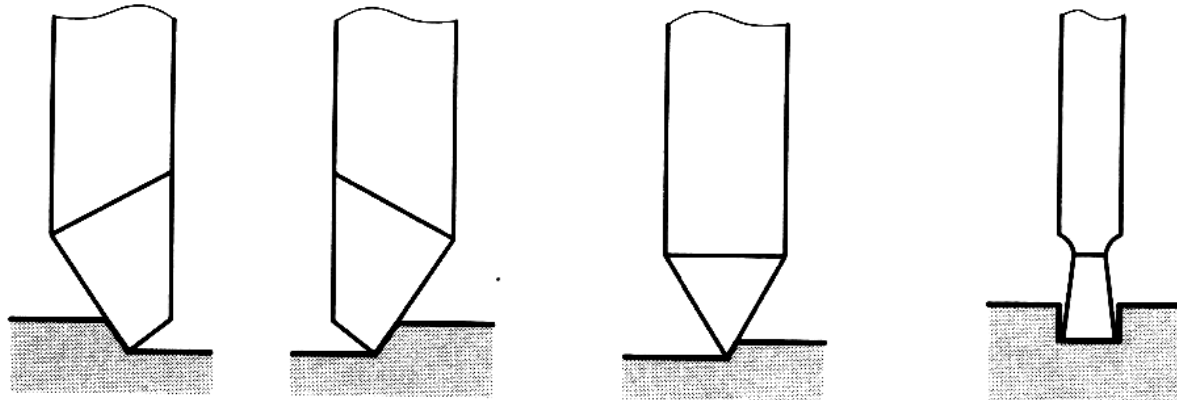
Superfici realizzabili con operazioni di limatura e piallatura.

Gli utensili

- Sono utilizzati utensili monotaglianti come in tornitura
- Costruiti in acciaio superrapido oppure con inserti in carburi sinterizzati
- Adatti a resistere agli urti ad ogni corsa attiva
- Forma arcuata per adattarsi meglio al tipo di operazione ed evitare possibili episodi di impuntamento



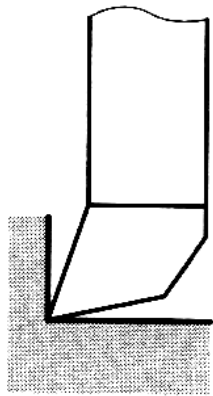
Steli di utensili
per limatura e piallatura.
a) a stelo diritto; *b)* a stelo
arcuato.



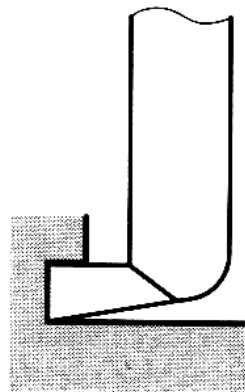
a)

b)

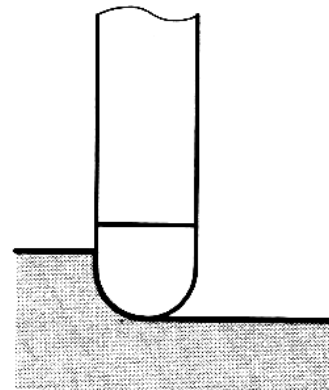
c)



d)



e)



f)

Principali utensili
impiegati per lavorazioni di
limatura e piallatura.

a) sgrossatori, destro e
sinistro;

b) finitore;

c) per gole;

d) per spallamenti;

e) per cave a T;

f) per cave di forma.

Parametri di taglio

- Velocità di taglio
- Avanzamento
 - Maggiori per sgrossatura
 - Minori per finitura
- Profondità di passata
 - 0,5 mm per finitura
 - 8-10 mm per sgrossatura
- Potenza e forza calcolabili esattamente come in tornitura

Materiale	Resistenza a trazione R_m/durezza Brinell (MPa)	Avanzamento (mm/corsa)	Velocità di taglio (m/min)
Ghisa grigia	fino a 2000 HB 2000 ÷ 2500 HB	0,4 ÷ 1,5 1,0 ÷ 2,5 0,4 ÷ 1,5 1,0 ÷ 2,5	18 ÷ 15 15 ÷ 10 12 ÷ 9 10 ÷ 7
Ghisa legata	2500 ÷ 4500 HB	0,5 ÷ 1,5 1,0 ÷ 2,5	12 ÷ 9 9 ÷ 8
Acciai da costruzione cementazione e bonifica	550-650 650-800 800-1000	0,4 ÷ 1,5 1,0 ÷ 2,5 0,4 ÷ 1,5 1,0 ÷ 2,5 0,4 ÷ 1,5 1,0 ÷ 2,5	18 ÷ 15 15 ÷ 8 12 ÷ 8 8 ÷ 7 12 ÷ 7 9 ÷ 5
Acciaio in getti	700-900	0,4 ÷ 1,5 1,0 ÷ 2,5	11 ÷ 7 9 ÷ 5

Valori indicativi della velocità di taglio e dell'avanzamento di operazioni di limatura e piallatura con utensile in acciaio superrapido.

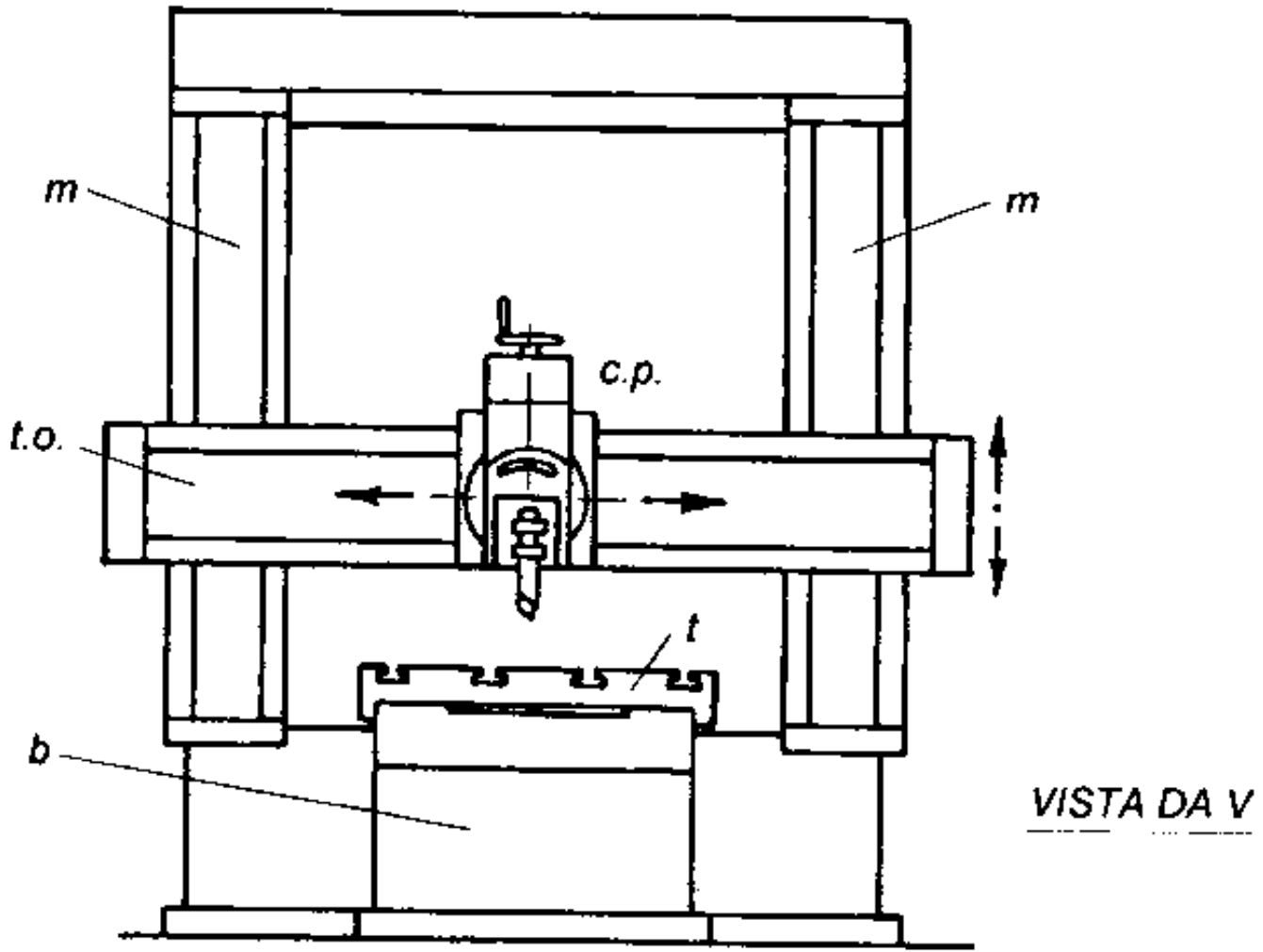


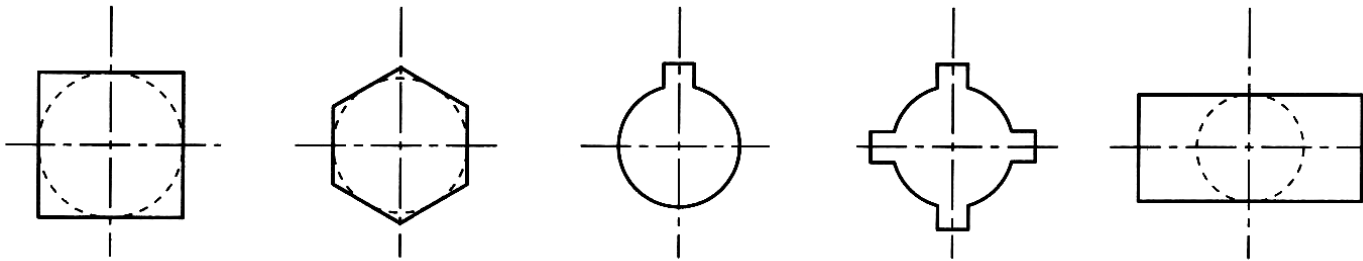
Fig. 15.1 - Schema di una piallatrice a due montanti.



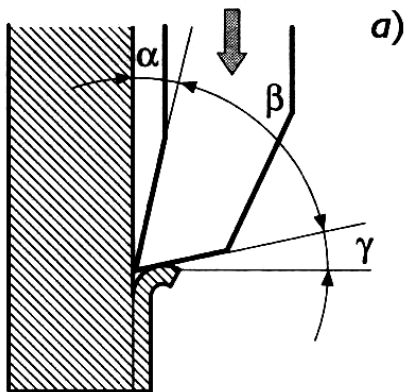
Stozzatura

Stozzatura

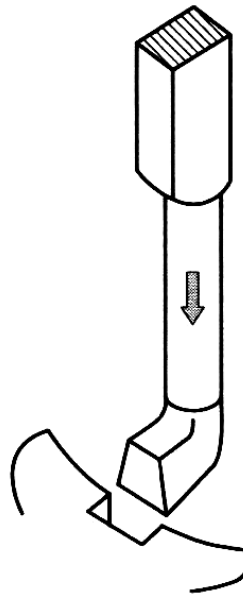
- Operazione per ottenere superfici interne di forma particolare, specialmente caratterizzate da spigoli vivi, partendo da fori preesistenti
- Moti caratteristici
 - Di taglio alternativo da parte dell'utensile
 - Di alimentazione ed appostamento da parte del pezzo



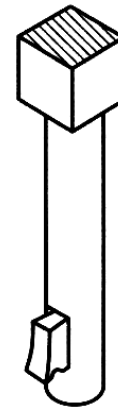
Alcuni semplici esempi di superfici interne ottenibili per stozzatura partendo da fori circolari.



a)



b)



c)

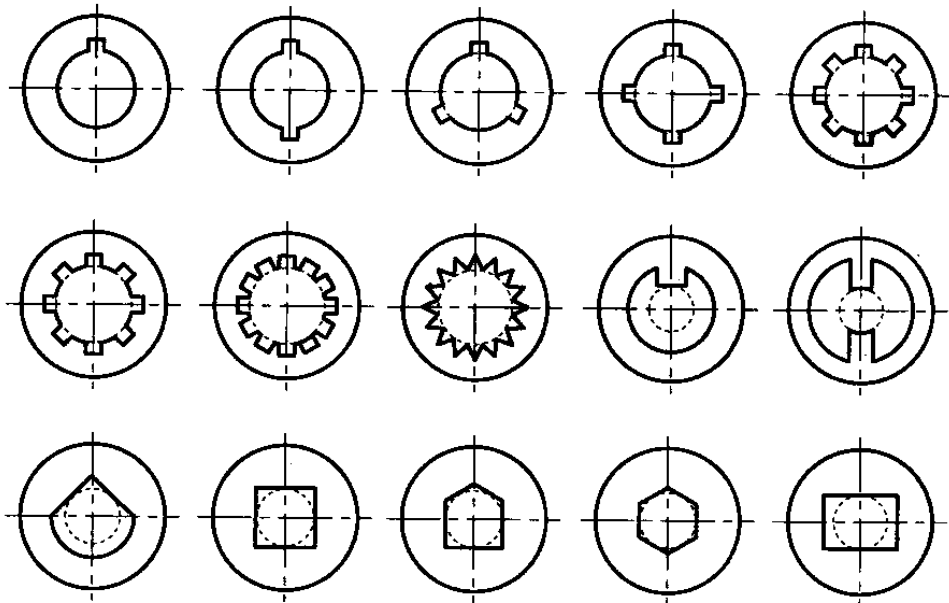
Utensili per operazioni di stozzatura.
 a) angoli della sezione normale; b) utensile per cave di linguette; c) utensile a lama riportata in carburi sinterizzati.



Brocciatura

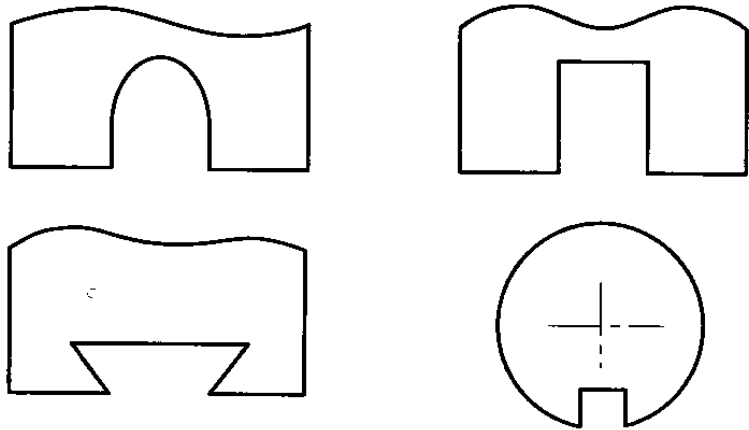
Brocciatura

- L'utensile pluritagliente (broccia) possiede molti denti disposti secondo un passo p e con incremento radiale per asportare ognuno un truciolo
- Denti
 - Sgrossatori (incremento alto)
 - Finitori (incremento basso)
 - Calibratori (senza incremento)
- Moti caratteristici
 - Moto di taglio rettilineo continuo dell'utensile
 - Una sola corsa esaurisce l'operazione grazie ai molti denti



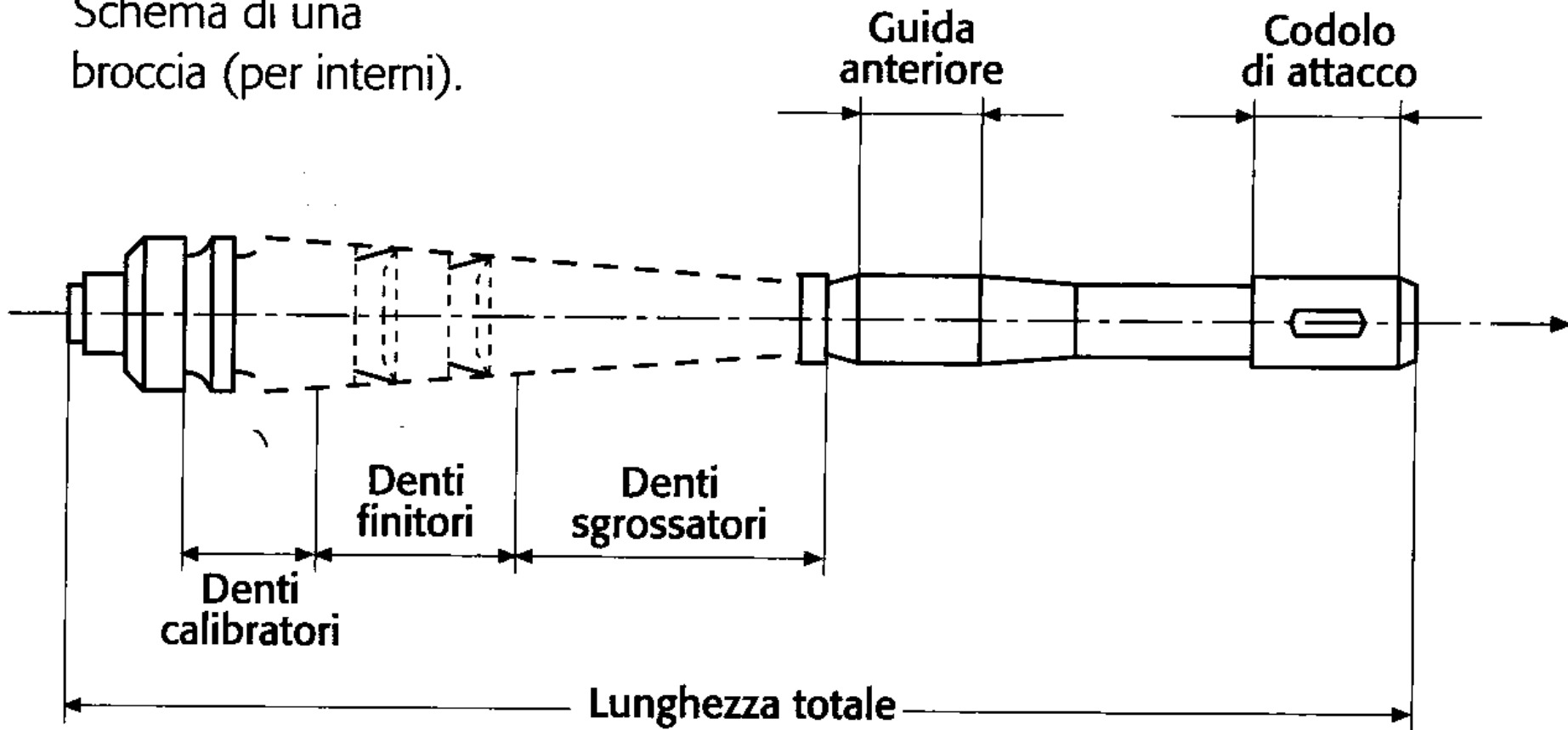
a)

Superfici interne
a) ed esterne b) ottenibili
per brocciatura.



b)

Schema di una
broccia (per interni).



Brocciatura

■ Elementi della broccia

- Guida anteriore per il centraggio nel foro
- Codolo di attacco per il fissaggio alla macchina
- Il valore dei denti influenza la dimensione del truciolo e la forza di taglio
- Per evitare vibrazioni deve essere:

$$p = 1,5 - 2,5\sqrt{L}$$

ove:

p = passo dei denti

L = lunghezza da brocciare

Materiale del pezzo	Incremento <i>i</i>	
	Denti sgrassatori (mm)	Denti finitori (mm)
Leghe di alluminio	0,12 ÷ 0,2	0,02
Ottone e bronzo	0,12 ÷ 0,3	0,01
Acciaio $R_m = 550-650$ MPa	0,07 ÷ 0,12	0,01
Acciaio $R_m = 650-750$ MPa	0,04 ÷ 0,08	0,01
Acciaio $R_m = 750-850$ MPa	0,04 ÷ 0,06	0,01
Acciaio $R_m = 850-950$ MPa	0,04 ÷ 0,06	0,01

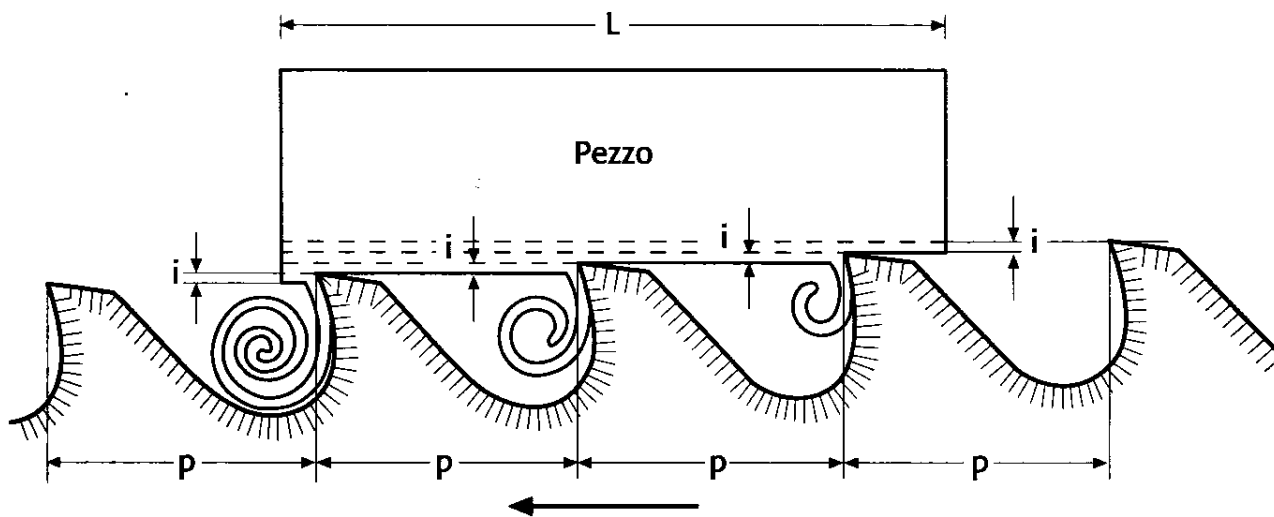
Valori indicativi dell'incremento per operazioni di brocciatura.

Materiale del pezzo	Velocità di taglio (m/min)
Ghisa grigia	3 ÷ 5
Acciaio $R_m = 350-650$ MPa	6 ÷ 10
Acciaio $R_m = 650-800$ MPa	5 ÷ 8
Acciaio $R_m = 800-1100$ MPa	4 ÷ 6
Ottone-bronzo	8 ÷ 13
Leghe di alluminio	12 ÷ 18

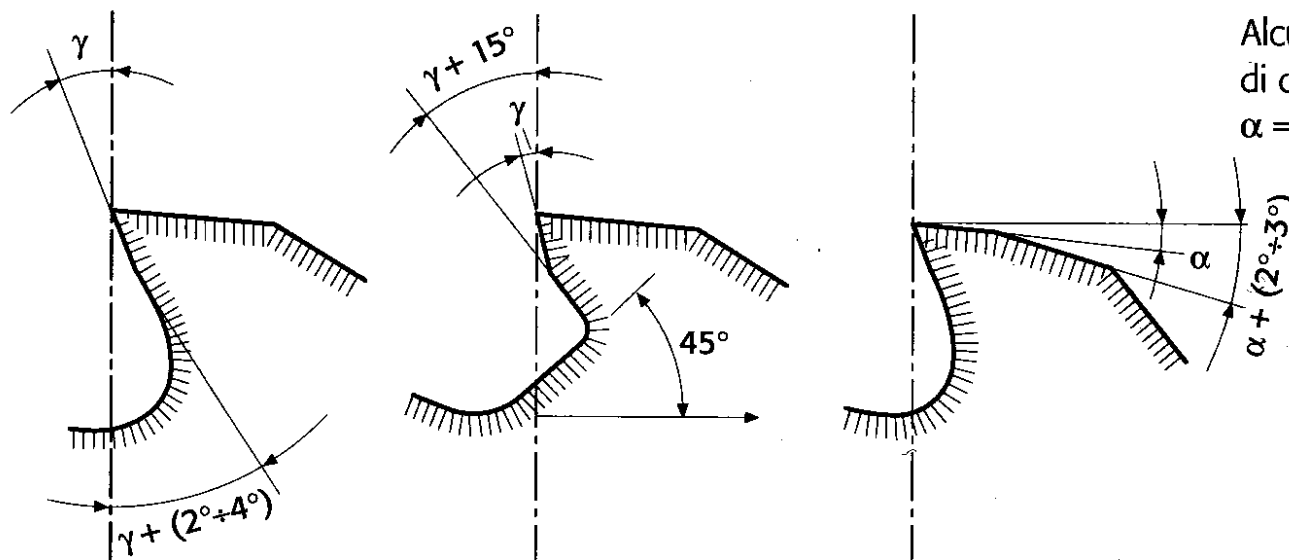
Valori indicativi della velocità di taglio in brocciatura con utensili in acciaio rapido.

Brocciatura

- La dimensione radiale dei denti deve tenere conto di qualche centesimo di maggiorazione per il ritorno elastico del materiale
- Per lunghezze della broccia superiori a 1000 mm occorre tenere conto di realizzare 2 brocche distinte per evitare deformazioni in fase di tempra
- Forze e potenze di lavoro sono calcolate come in tornitura



Modo di lavorare
di una broccia.



Alcune geometrie
di denti di brocche.
 $\alpha = 4^\circ + 18^\circ$, $\gamma = 3^\circ + 5^\circ$,

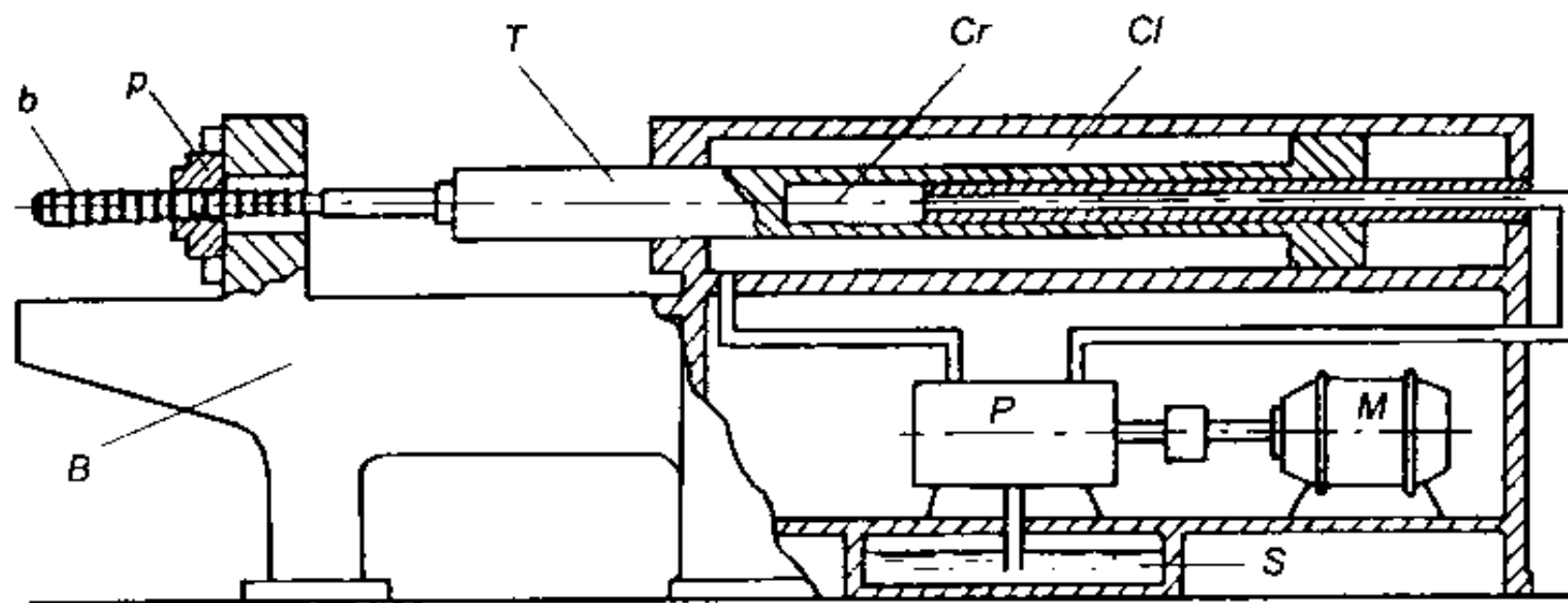


Fig. 15.8 - Schema di una brocciatrice e relativo azionamento idraulico.

<i>p</i>	- pezzo,	<i>Cl</i>	- cilindro comando lavoro,
<i>b</i>	- broccia,	<i>P</i>	- pompa,
<i>B</i>	banco,	<i>M</i>	- motore,
<i>T</i>	mandrino di trazione,	<i>S</i>	serbatoio.
<i>Cr</i>	cilindro comando ritorno,		

Parametri di taglio di piallatura, limatura, stozzatura, brocciatura

- Velocità di taglio (v) in m/s dell'utensile o del pezzo (piallatura)
- Avanzamento (a) in mm/doppia corsa del pezzo o dell'utensile (piallatura). Non è presente nella brocciatura.
- Profondità di passata (p) in mm
- Numero di doppie corse al minuto dell'elemento dotato di moto di taglio per raggiungere la velocità v (non presente nella brocciatura)
- Sezione di truciolo s in mm^2 espressa da $s = a \cdot p$



Rettifica

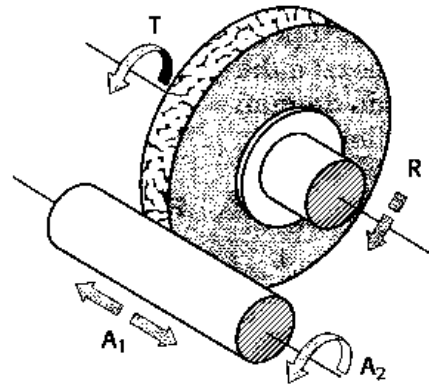
Rettifica

- Consiste in un'asportazione di sovrametallo in piccolissimi trucioli mediante utensili detti mole formate da grani abrasivi uniti da un legante
- Consente di ottenere un'elevata precisione dimensionale e di forma
- È l'unica lavorazione che è possibile effettuare dopo la tempra o la cementazione e serve per asportare solo pochi decimi in finitura a seguito di altre precedenti lavorazioni.

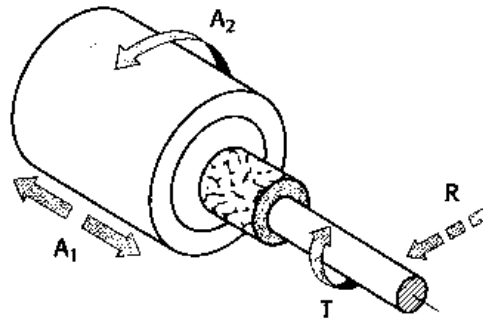
Rettifica

■ Caratteristiche:

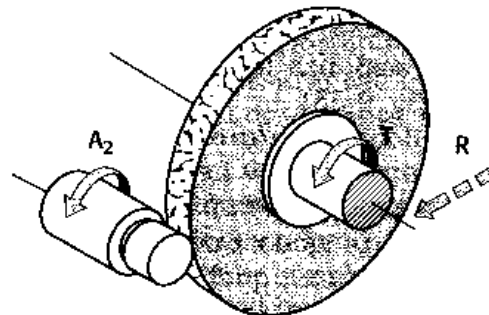
- Velocità di taglio elevatissime
- Elevata temperatura nelle zona di contatto
- Proiezione di trucioli incandescenti per la fusione di questi e solidificazione a contatto con l'ossigeno
- Se non raffreddato il pezzo può presentare trasformazioni superficiali, cricche , tensioni e segni di bruciatura



a) Operazione di rettificazione in tondo per esterni.
 T: moto di taglio; A₁, A₂:
 moti di alimentazione; R:
 moto di appostamento.



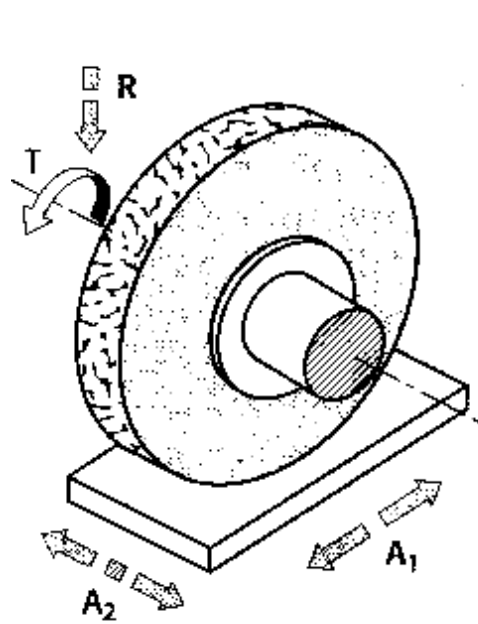
b) Operazione di rettificazione in tondo per interni



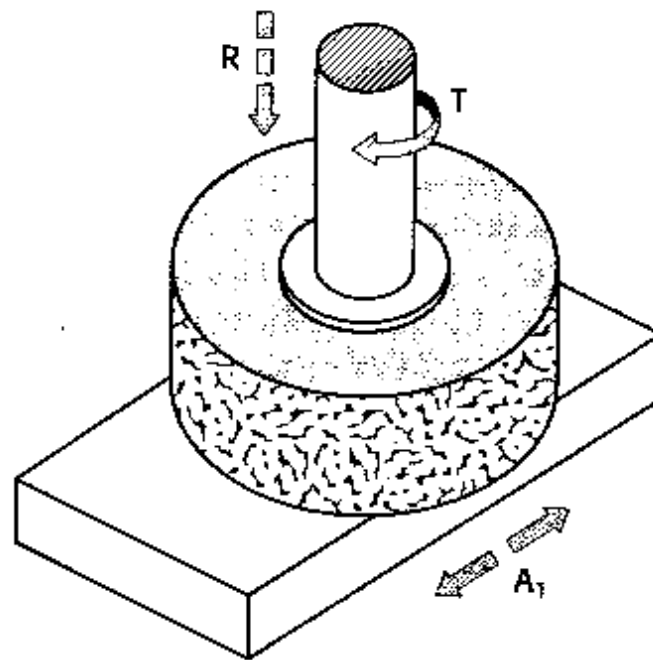
c) Operazione di rettificazione a tuffo.

Tipi di rettifica

- Trattandosi di impasto di grani macinati, non esiste una forma definita per l'utensile (mola)
- A seconda che serva per lavorare superfici di rivoluzione od in piano si può classificare:
 - La rettifica circolare mediante una mola con asse di rotazione parallelo a quello della superficie di rivoluzione da lavorare
 - La rettifica in piano mediante una mola con asse di rotazione parallelo alla superficie da lavorare. L'asse può essere anche perpendicolare al piano da lavorare se si utilizza una mola a tazza



a)



b)

Operazione di rettificazione in piano; a) tangenziale; b) frontale. T: moto di taglio; A₁, A₂: moti di alimentazione; R: moto di appostamento.

Moti della rettificazione circolare

- Moto di taglio: rotatorio continuo posseduto dall'utensile ed espresso dalla velocità di taglio (v) espressa in m/s
- Moto di alimentazione: rotatorio continuo insieme ad un moto rettilineo parallelo all'asse della mola, entrambi del pezzo ed esprimibili con la velocità periferica del pezzo (v_p) in m/min e con l'avanzamento del pezzo (a) misurato in mm/giro
- Moto di appostamento: rettilineo ed intermittente della mola per avvicinarsi al pezzo, esprimibile con la profondità di passata (p), misurata sul raggio ed espressa in mm

Parametri di rettificazione

Valori indicativi dell'avanzamento e della profondità di passata per varie operazioni di rettifica.

Operazione	Velocità rotazione pezzo	Avanzamento longitudinale	Avanzamento trasversale	Profondità di passata (mm)
Rettifica in tondo esterna	$1/60$ velocità periferica della mola	$\frac{2}{10} + \frac{2}{3}$ <small>spessore mola / giro pezzo</small>	/	0.02+0.06 sgross. 0.002+0.01 finit.
Rettifica in tondo interna	$1/100$ velocità periferica della mola	(idem)	/	0.01
Rettifica in piano tangenziale	/	8+20 m/min	$\frac{2}{10} + \frac{2}{3}$ <small>spessore mola / corsa</small>	0.05+0.2 sgross. 0.01+0.05 finit.
Rettifica in piano frontale	/	8+20 m/min	/	(idem)

Moti della rettifica in piano

- Moto di taglio: rotatorio continuo posseduto dall'utensile ed espresso dalla velocità di taglio (v) espressa in m/s
- Moto di alimentazione: moto tangenziale del pezzo parallelo all'asse della mola esprimibile con v_p in m/min e con il moto di avanzamento della mola per rettificare il pezzo su tutta la sua lunghezza ed esprimibile con a in mm/doppia corsa
- Moto di appostamento: rettilineo ed intermittente della mola per avvicinarsi al pezzo, esprimibile con la profondità di passata (p), misurata sul raggio ed espressa in mm

Parametri di taglio

- Il calcolo degli altri parametri di taglio corrisponde a quanto già visto nel caso delle altre lavorazioni di asportazione di truciolo
- Non è evidentemente significativo parlare di spessore o sezione del truciolo

Parametri di rettifica

Operazione	Materiale lavorato	Velocità di taglio (m/s)
Rettifica in tondo esterna	Acciaio temperato	20-30
	Acciaio	30-35
	Ghisa, bronzo, ottone	18-30
	Leghe di alluminio	16-22
Rettifica in tondo interna	Acciaio temperato	7-22
	Acciaio	12-30
	Ghisa, bronzo, ottone	8-22
	Leghe di alluminio	7-15
Rettifica in piano tangenziale	Acciaio temperato	20-30
	Acciaio	27-35
	Ghisa, bronzo, ottone	20-35
	Leghe di alluminio	15-20
Rettifica in piano frontale	Acciaio temperato	20-25
	Acciaio	20-30
	Ghisa, bronzo, ottone	20-27
	Leghe di alluminio	15-22

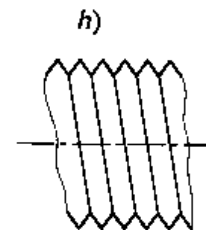
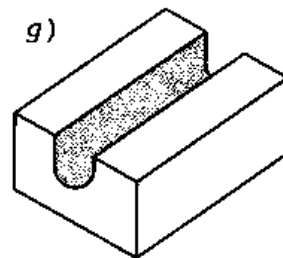
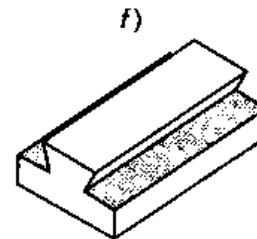
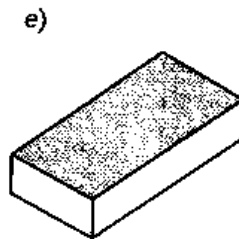
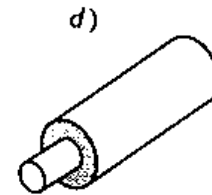
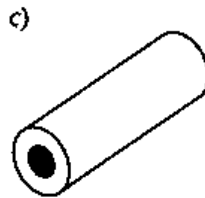
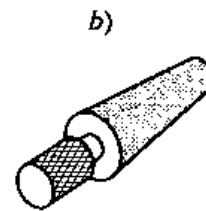
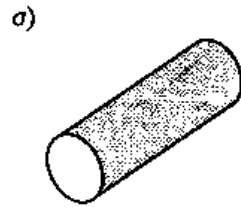
Valori indicativi della velocità di taglio per le principali operazioni di rettifica, con mola ceramica.

Rettifica senza centri

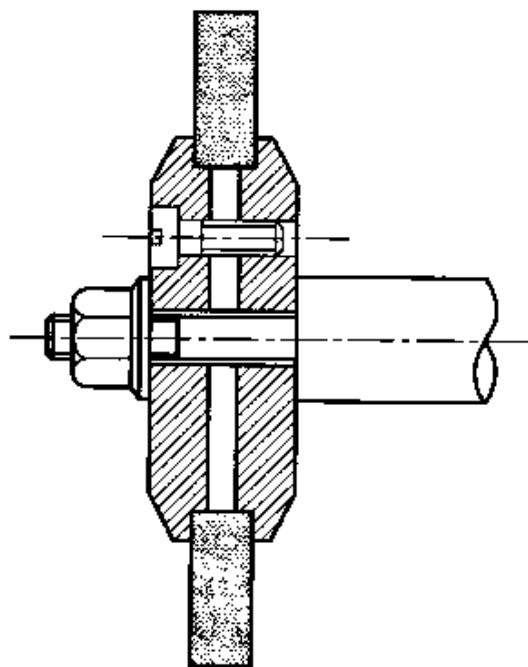
- Nel caso di pezzi cilindrici a diametro costante, questi ultimi possono essere sostenuti tra la mola operatrice e quella di guida con asse leggermente sghembo così da dare una componente di moto all'avanzamento del pezzo

Le mole

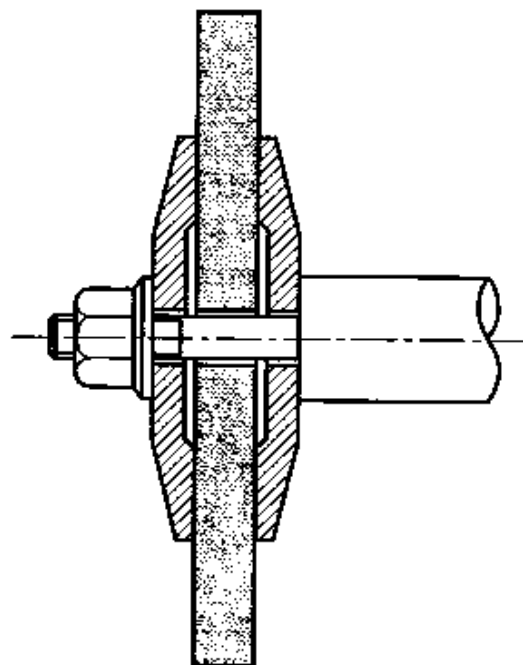
- Sono utensili politaglienti costituiti da migliaia di grani abrasivi distribuiti in una sostanza legante
- Abrasivi: sono grani di materiale adatto allo scopo, tra cui
 - Naturali (diamante, silice,..)
 - Artificiali (ossido di alluminio, carburo di silicio,..)
- Leganti: la scelta del legante dipende dalle forze cui è sottoposta la mola e dalla velocità di lavorazione
 - Ceramico, detto vetrificato, a base di caolino ed argilla, è il legante utilizzato normalmente
 - Al silicato, a base di ossidi metallici e silicati
 - Elastico, a base di gomma nel caso di urti
 - Resinoide, a base di resine sintetiche quando si opera ad alte velocità e si vuole un'altissima finitura
 - Metallico, a base di leghe varie



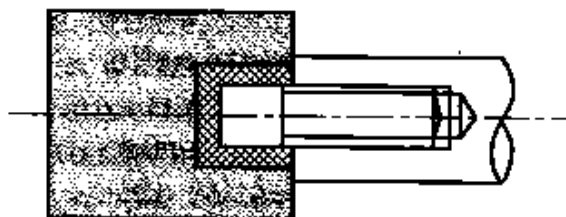
Alcuni esempi di superfici rettificabili:
a) superficie cilindrica esterna; b) superficie conica esterna; c) superficie cilindrica o conica interna; d) spallamenti; e) superfici piane; f) superfici di accoppiamenti a coda di rondine; g) superfici di scanalatura rettilinea di forma; h) filettatura.



a)



b)



c)

Esempi di
corretto montaggio di mole;
a) con dispositivo
portamola; b) con flangia e
controflangia; c) con gambo
filettato annegato nel corpo
della mola.

Scelta della mola

- Nella scelta della mola occorre tener conto di diverse caratteristiche:
 - Dimensioni del grano abrasivo. La grana grossa è utilizzata nel caso di sgrossature o materiali a bassa resistenza. Finiture ed alte resistenze per la grana fine
 - Durezza del legante all'asportazione dei grani di abrasivo. Più il materiale è duro, è necessario scegliere un legante con durezza moderata
 - Struttura, ovvero porosità della mola. Deve essere tanto maggiore quanto più il materiale è tenero e maggiore la superficie in lavorazione

Scelta della mola

- Dimensioni della mola:
 - Diametro massimo consentito dalla macchina per rettifiche esterne
 - Diametro della mola pari a $2/3$ quello del foro nel caso di rettifica di fori
- Tra i sistemi di classificazione il più famoso è il metodo Norton
- Verificare durante il montaggio il perfetto centraggio della mola sull'asse di rotazione tramite le flangie di aggancio. Un montaggio errato potrebbe portare all'esplosione della mola a causa delle elevate forze centrifughe in gioco
- Possibilità di ravvivare la mola dopo l'uso mediante un utensile diamantato

32A - 60 - M - 5 - VKP

Metodo NORTON
per la codifica delle mole.

Abrasivo		Grana				Durezza					Struttura			Agglomerante				
		Grossa	Media	Fine	Finissima	Tenerissima	Tenera	Media	Dura	Durissima	Chiusa	Media	Aperta	Vetrificato		Resinoide		
Alundum regol.	A	10	30	70	220		H	L	P	T	0	4	7	10	V	regolare	B	regolare
Alundum 19	19 A	12	36	80	240	D	I	M	Q	U	1	5	8	11	VS	tipo A	B 2	tipo B 2
Alundum 32	32 A	14	46	90	280	E	J	N	R	V	2	6	9	12	VBS	tipo BA	B 5	tipo B 5
Alundum 38	38 A	16	54	100	320	F	K	O	S	W	3				VBE	tipo BE	B 7	tipo B 7
Alundum 44	44 A	20	60	120	400	G				X	4				VG	tipo G	B 11	tipo B 11
Alundum 37	37 A	24		150	500					Y					VK	tipo K	B H	tipo B H
Alundum 39	39 A			180	600					Z					VP	superporoso		
															VBEP	tipo BE		
															VKP	superporoso tipo R poroso		

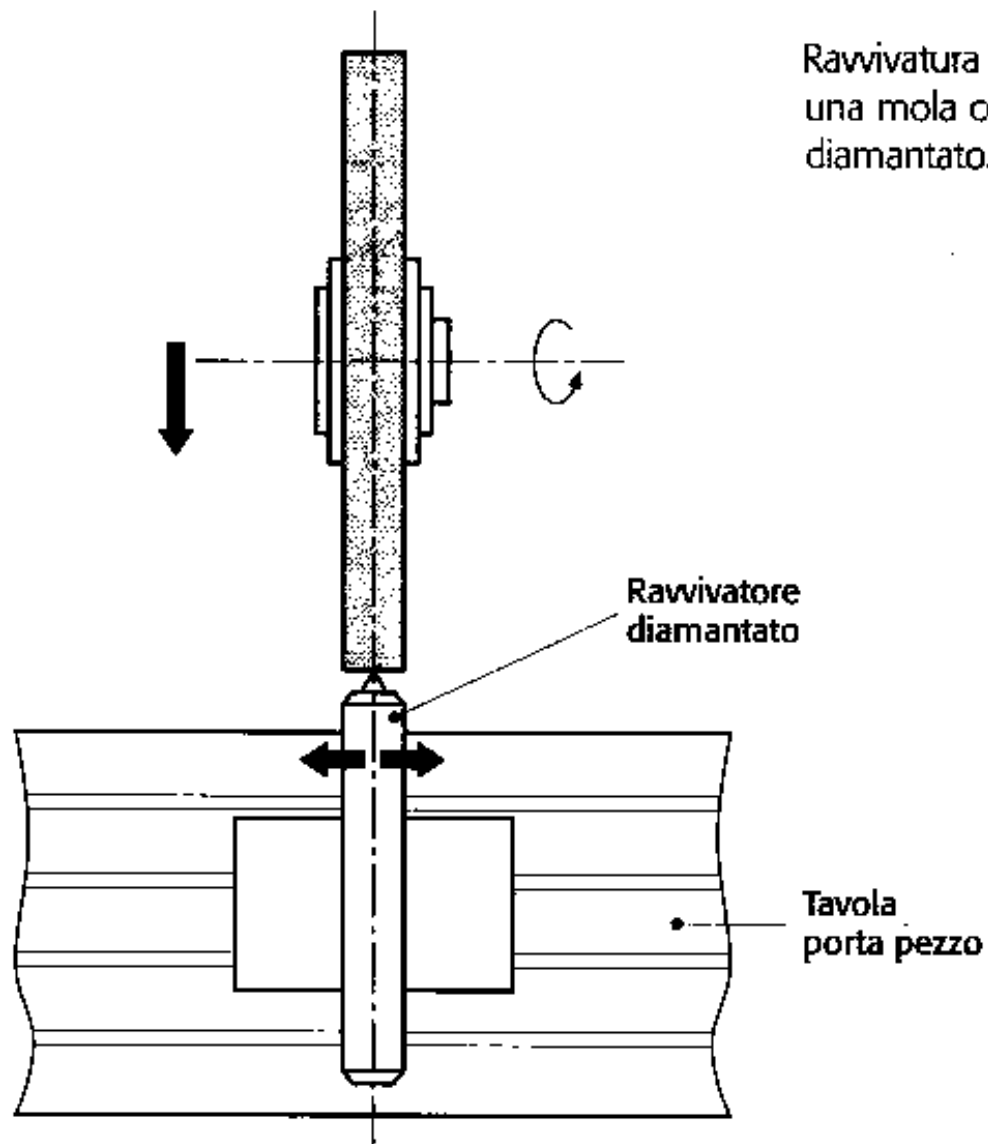
Parametri di taglio

- L'efficienza della lavorazione è esprimibile dal rapporto di rettifica:

$$G = V_p / V_m$$

Ove

- V_p = volume di materiale asportato
 - V_m = volume del materiale perso dalla mola
-
- Da una verifica sperimentale è emerso che G :
 - Diminuisce con l'aumentare della profondità di passata
 - Diminuisce con l'aumentare dell'avanzamento
 - Aumenta con l'aumentare della velocità di taglio
 - Per contro:
 - Alti valori di G comportano lunghe durate e rischio di grani usurati
 - Bassi valori di G sono economicamente inaccettabili



Ravivatura di
una mola con ravivatore
diamantato.

Velocità di taglio

- È usuale lavorare con alte velocità di taglio, ovvero alte velocità periferiche della mola, trascurando le altre velocità.
- Tale velocità è esprimibile con:

$$V = \pi D n / 60000 \quad \text{m/s}$$

Ove

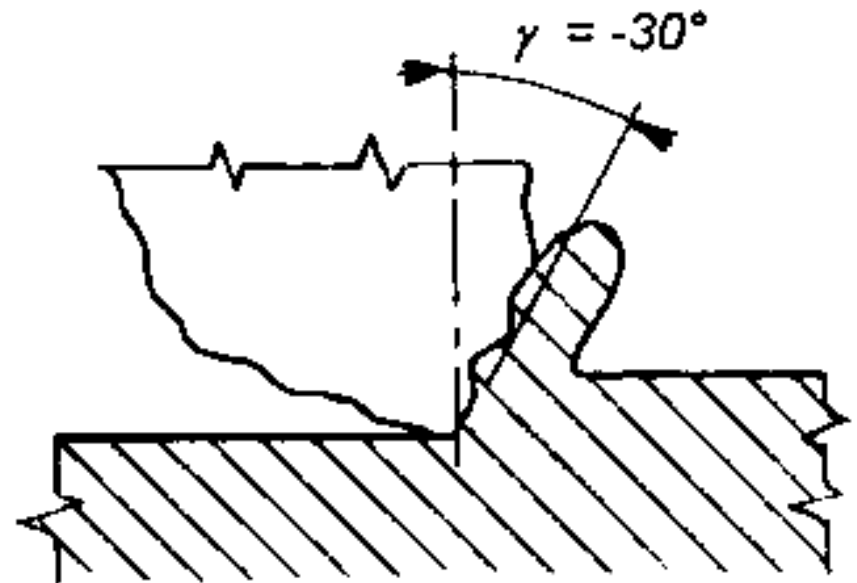
- D = diametro della mola in mm
 - n = velocità angolare in giri/min
-
- Esistono allo scopo delle tabelle di riferimento
 - Per ragioni di sicurezza è comunque indispensabile non superare la velocità angolare indicata sulla mola stessa dal costruttore

Grado di finitura in rettifica

- La rugosità reale del pezzo non è determinabile con considerazioni di tipo geometrico e dunque dipende essenzialmente:
 - Dalla dimensione del grano abrasivo
 - Dalle caratteristiche della macchina utensile
 - Dallo stato di usura della mola
 - Dal tipo di materiale in lavorazione

Fig. 9.20

Azione di distacco del truciolo operata dal singolo grano abrasivo.



Azione di taglio della mola

- L'azione di taglio della mola va visto sia nell'azione di ogni singolo grano abrasivo che nel suo complesso
- Il meccanismo di distacco del truciolo è assai complesso e ancor di più l'individuazione della geometria di taglio per più ragioni:
 - Irregolarità dei singoli grani
 - Smussatura degli spigoli taglienti a causa dell'usura
 - Rottura dei grani
 - Diversa elasticità del legante

Forza di taglio

- Come nei casi già visti la forza di taglio è scomponibile in tre componenti:
 - Tangenziale F_t che si oppone al moto di rotazione della mola
 - Radiale F_r di repulsione
 - Di avanzamento F_a
- Tali componenti sono le risultanti di quelle agente sui singoli grani in presa singolarmente che determinano la sezione di truciolo totale asportata

Fig. 9.21

Componenti della forza di taglio nella rettifica circolare esterna.

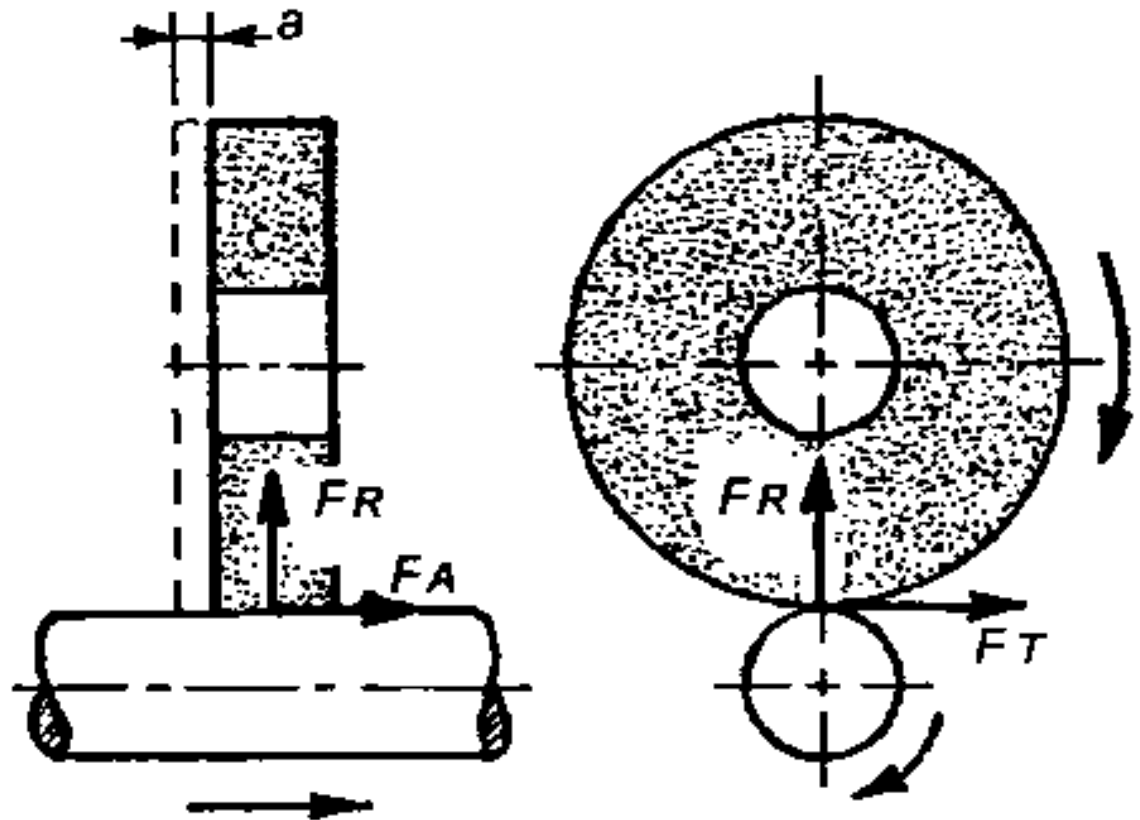


Fig. 9.22

Componenti della forza di taglio nella rettifica circolare interna.

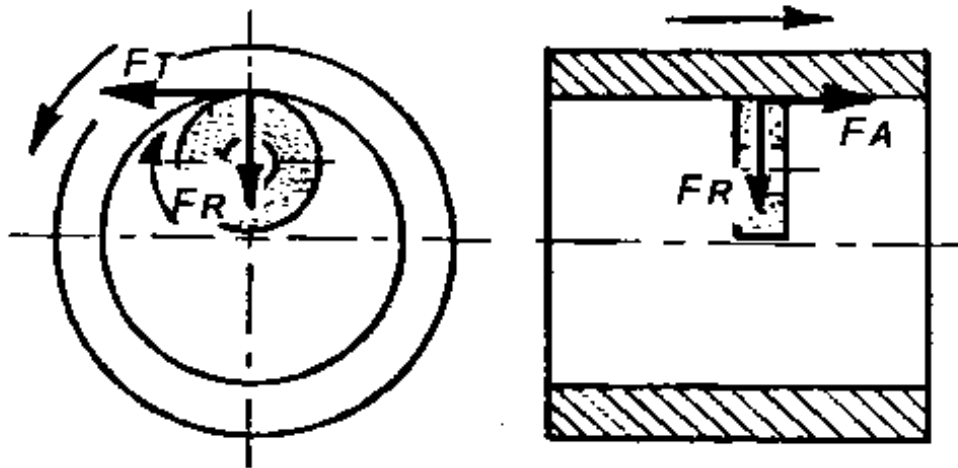
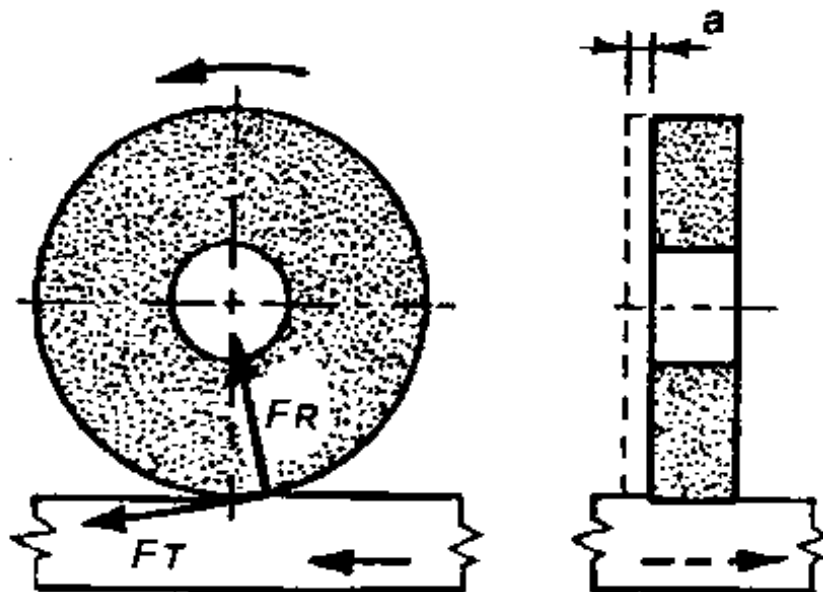


Fig. 9.23

Componenti della forza di taglio nella rettifica in piano tangenziale.



Forza di taglio

- Le forze di taglio hanno comunque valori molto bassi in quanto la sezione di truciolo è comunque minima. La loro conoscenza è però importante per determinare le potenziali deformazioni
- Spesso la F_t non è la componente più elevata, di fatto:
 - Per $p < 0,03$ mm $\Rightarrow F_r = F_t$
 - Per profondità maggiori $F_r = 2F_t$

Componente tangenziale

- La valutazione della componente tangenziale, da cui ricavare la F_t può essere fatta con la formula:

$$F_t = k_s \cdot \frac{v_p}{60 \cdot v} \cdot a \cdot p \quad (\text{N})$$

ove

v_p è velocità del pezzo (m/min)

v è la velocità di taglio (m/s)

a è l'avanzamento (mm/ giro o mm/corsa)

p è la profondità di passata (mm)

k_s è la pressione di taglio (N/mm^2)

Pressione di taglio

- È peculiarità della rettifica avere valori di pressioni di taglio molto elevati
- Ciò è dovuto al fatto che in tali operazioni:
 - la sezione di truciolo asportato è particolarmente ridotta
 - La geometria del taglio non risulta ben definita
 - Gli angoli di spoglia del tagliente sono negativi
 - Esistono fenomeni locali di ricalcamento

Tabella 9.6 - Valori orientativi della pressione di taglio k_s in rettifica.

Materiale	Pressione di taglio k_s (N/mm^2)
Acciai temprati con $HBS \approx 450$	36000
Acciai con $R_m \approx 900 N/mm^2$	28000
Acciai ricotti	22500
Ghisa temprata	28000
Ghisa malleabile	22500
Ghisa grigia	18000
Materiali non ferrosi	14000

Potenza di taglio

- La potenza di taglio può essere quindi espressa dalla formula seguente:

$$W = Ft \cdot \left(v + \frac{v_p}{60} \right) \cdot \frac{1}{1000} \quad (\text{kW})$$

Potenza assorbita

- La potenza assorbita è esprimibile con la formula:

$$W = 0,155 \cdot k \cdot \sqrt{V} \cdot \sqrt{v/30} \quad \text{kW}$$

ove

V è il volume del truciolo asportato in cm³/min

v è la velocità di taglio in m/s

k è un coefficiente che dipende dal tipo di operazione :

0,75 per rettifica in tondo per esterni

6,2 per rettifica in piano

7,0 per rettifica interna

- Per avanzamento e profondità di passata occorre utilizzare delle tabelle di riferimento

Operazione	Materiale lavorato	Velocità di taglio (m/s)
Rettifica in tondo esterna	Acciaio temperato	20-30
	Acciaio	30-35
	Ghisa, bronzo, ottone	18-30
	Leghe di alluminio	16-22
Rettifica in tondo interna	Acciaio temperato	7-22
	Acciaio	12-30
	Ghisa, bronzo, ottone	8-22
	Leghe di alluminio	7-15
Rettifica in piano tangenziale	Acciaio temprato	20-30
	Acciaio	27-35
	Ghisa, bronzo, ottone	20-35
	Leghe di alluminio	15-20
Rettifica in piano frontale	Acciaio temprato	20-25
	Acciaio	20-30
	Ghisa, bronzo, ottone	20-27
	Leghe di alluminio	15-22

Valori indicativi della velocità di taglio per le principali operazioni di rettifica, con mola ceramica.

Valori indicativi
dell'avanzamento e della
profondità di passata per
varie operazioni di rettifica.

Operazione	Velocità rotazione pezzo	Avanzamento longitudinale	Avanzamento trasversale	Profondità di passata (mm)
Rettifica in tondo esterna	$\frac{1}{60}$ velocità periferica della mola	$\frac{2}{10} + \frac{2}{3}$ <small>spessore mola / giro pezzo</small>	/	0.02+0.06 sgross. 0.002+0.01 finit.
Rettifica in tondo interna	$\frac{1}{100}$ velocità periferica della mola	(idem)	/	0.01
Rettifica in piano tangenziale	/	8+20 m/min	$\frac{2}{10} + \frac{2}{3}$ <small>spessore mola / corsa</small>	0.05+0.2 sgross. 0.01+0.05 finit.
Rettifica in piano frontale	/	8+20 m/min	/	(idem)

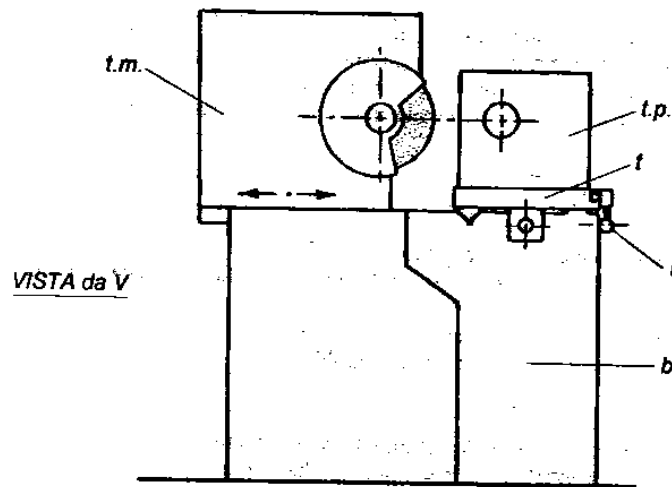
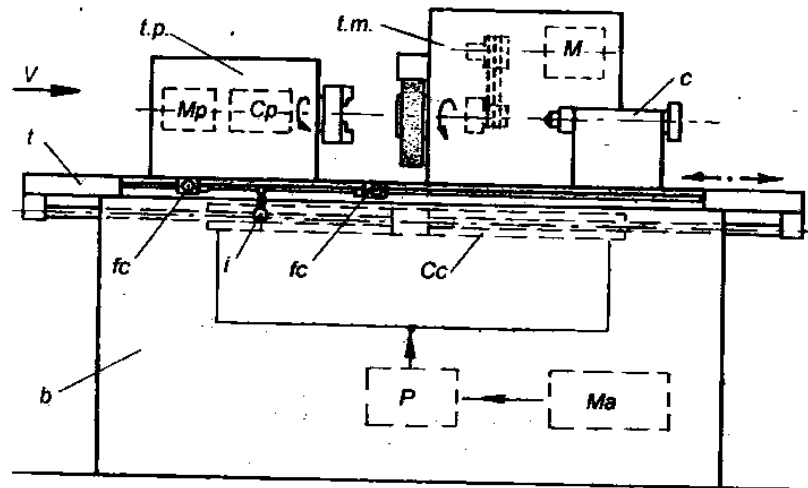


Fig. 16.1 - Schema di una retifica per superfici cilindriche esterne.

- | | | | |
|------|----------------------------|----|-------------------------------|
| t.m. | = testa portamola, | b | = basamento, |
| M | = motore testa portamola, | fc | = finecorsa, |
| c | = controtesta, | i | = interruttore, |
| t.p. | = testa portapezzo, | Cc | = cilindro di comando tavola, |
| Mp | = motore testa portapezzo, | P | = pompa, |
| Cp | = cambio, | Ma | = motore azionamento pompa. |
| t | = tavola portapezzo, | | |

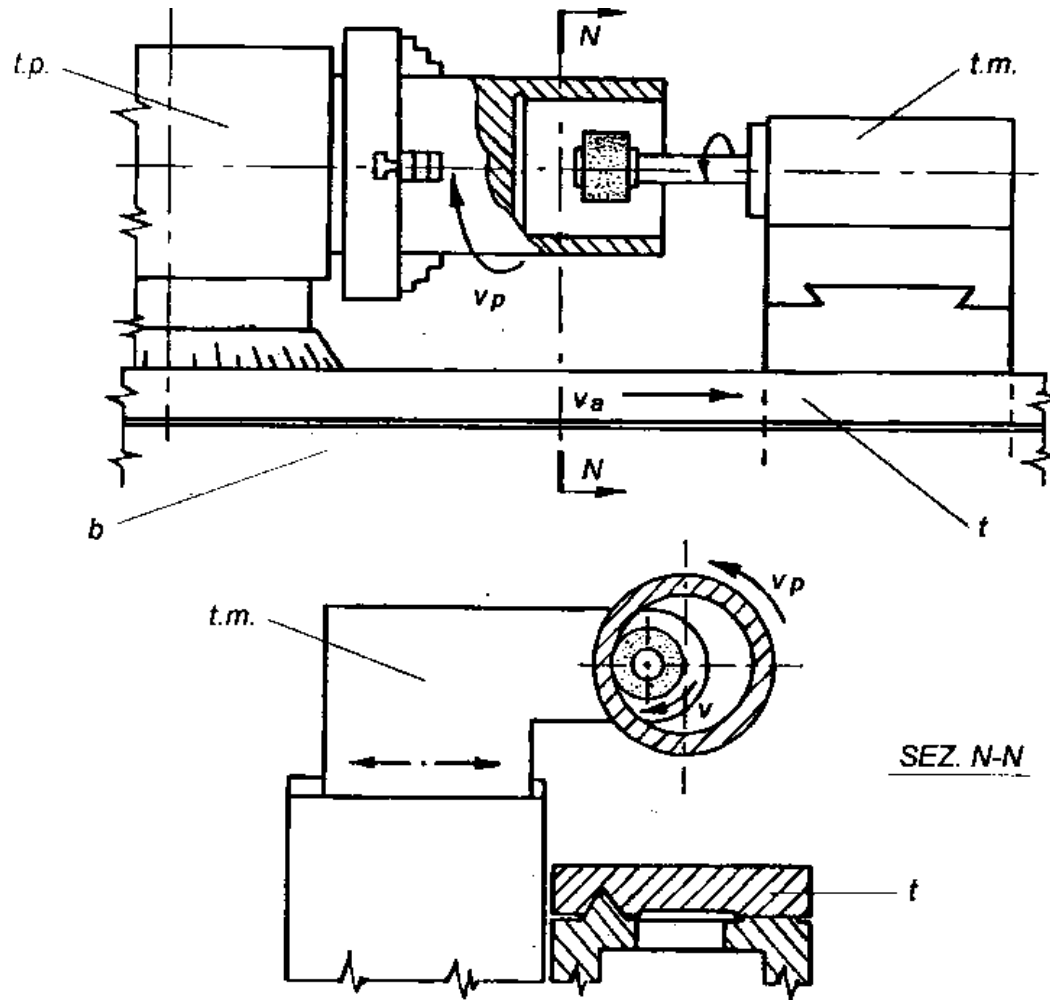
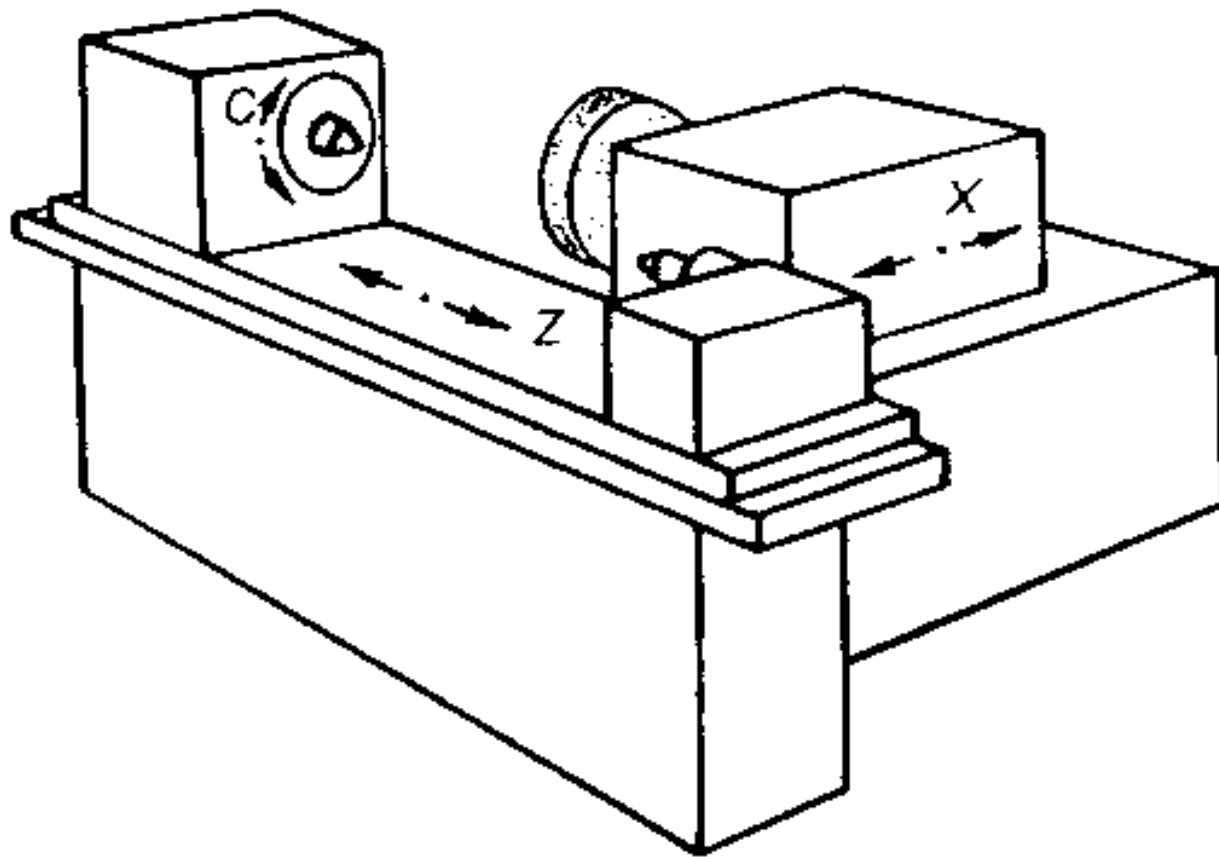


fig. 16.2 - Schema di una rettificatrice per superfici cilindriche interne con avanzamento assiale del pezzo.

- | | | | |
|-------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| <i>b</i> | - basamento, | <i>v</i> | = velocità di taglio, |
| <i>t</i> | - tavola portapezzo, | <i>v_a</i> | = velocità avanzamento tavola, |
| <i>t.m.</i> | - testa portamola, | <i>v_p</i> | = velocità periferica pezzo. |
| <i>t.p.</i> | - testa portapezzo, | | |



Rettificatrice a controllo numerico e relativi assi controllati: mandrino (asse C), movimento longitudinale della tavola (asse Z) e movimento trasversale della testa portamolino (asse X).

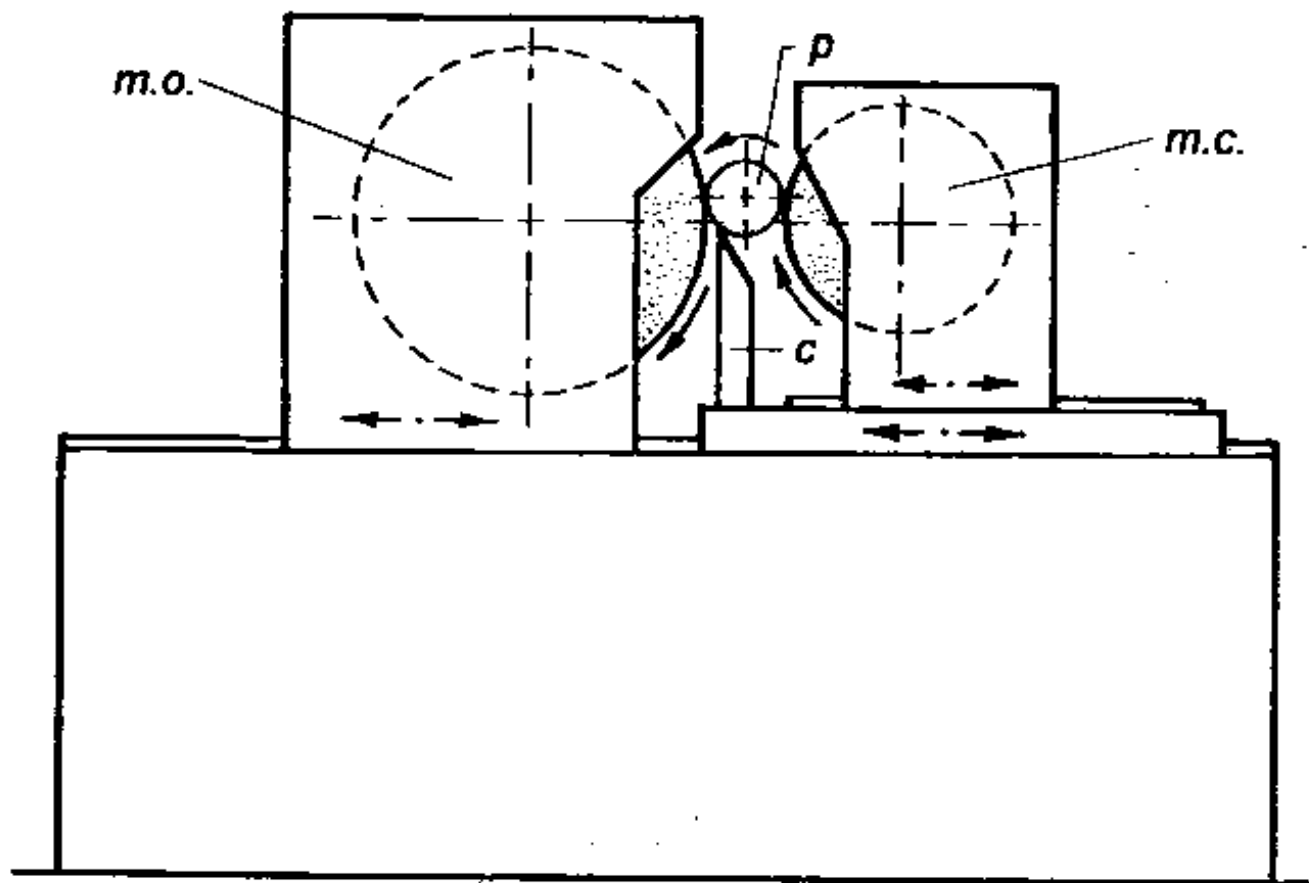
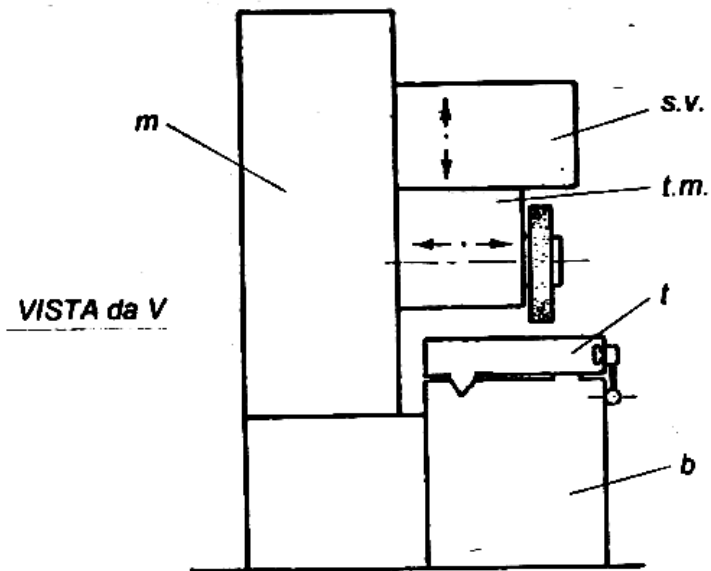
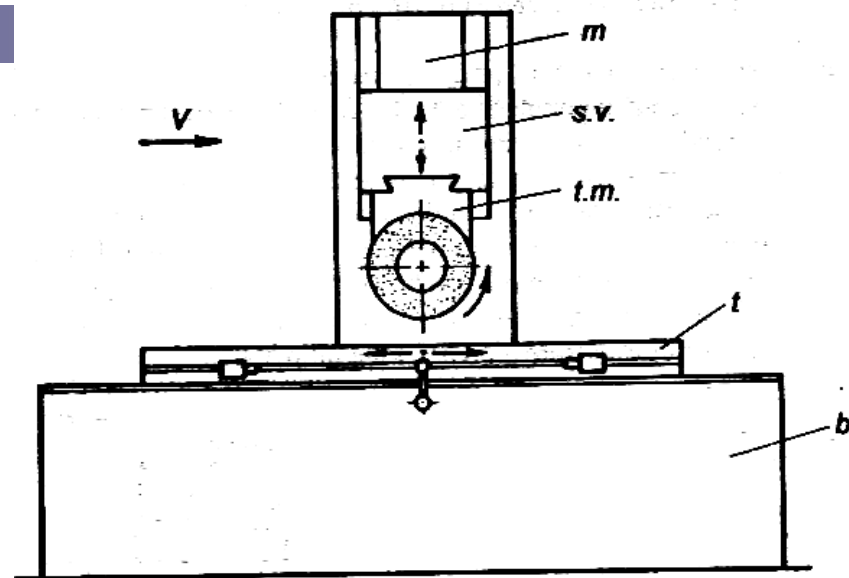


Fig. 16.10 - Rettifica senza centri.

m.o. = mola operatrice,
m.c. = mola conduttrice,
c = coltello,
p = pezzo.



- 13 - *Rettificatrice per superfici piane con mola ad azione periferica.*
- | | | | |
|-------------|----------------------|-------------|---------------------|
| <i>b</i> | = banco, | <i>m</i> | = montante, |
| <i>t</i> | = tavola portapezzo, | <i>s.v.</i> | = slitta verticale. |
| <i>t.m.</i> | = testa portamola, | | |