

Resistenza materiale kg/mm <sup>2</sup>	Profondità di Taglio	Avanzamento per giro				
		0,2-0,3	0,3-0,45	0,45-0,6	0,6-0,75	0,75-1
Larghezza del rompitrucolo						
50-70	1-3	2,4	2,8	3,2	4,2	4,8
70-90		2,1	2,3	2,8	3,5	4
90-120		1,8	2	2,3	2,8	3,2
50-70	3-7	2,8	3	3,8	4,8	5,6
70-90		2,5	2,8	3,3	4,2	4,8
90-120		2,1	2,3	2,8	3,5	4
50-70	7-12	3	3,5	4,2	5,5	6,4
70-90		2,7	3	3,8	5	5,6
90-120		2,4	2,7	3,3	4,2	4,8

Tabella 6.

Nello stesso principio è stata pure studiata una fresa con barrette prismatiche in lega dura integrali fissate meccanicamente. Come è evidente nella fot. n. 3 le barrette vengono fatte avanzare nella sede attraverso successive affilature. La fresa lavora pra-

ticamente a spoglia negativa poichè le facce taglienti delle lame affrontano il lavoro di taglio con un angolo di  $6 \div 8^\circ$  neg. Tale angolo è determinato dalla posizione della sede dove è serrata la barretta. Le sedi devono, come è evidente, essere rettificate perfettamente concentriche con una tolleranza necessariamente molto ristretta ( $0,01 \div 0,02$  mm.).

La fresa si presenta come un insieme solido, capace di assorbire le vibrazioni e gli urti che si ripetono ad ogni attacco delle facce taglienti contro il pezzo. I prismi presentano anche in questo caso 4 taglienti che possono essere via via utilizzati anche a fresa montata sulla macchina. Sono di semplice e veloce affilatura, poichè si tratta unicamente di spianare con mola diamantata una superficie.

Tale fresa ci ha permesso di ottenere risultati degni di nota. Ad esempio con una fresa di normale costruzione venivano fresati nell'operazione di finitura, tra due affilature, in media  $60 \div 80$  piani in ghisa delle seguenti dimensioni mm.  $900 \times 220$  con uno spessore di circa 1 mm. Con la fresa illustrata si lavorano oggi, per ogni tagliente, circa 450 piani (totale circa 1800 tra due affilature) ottenendo migliori superfici ed impiegando più alte condizioni di lavoro. La fresa è pure idonea per lavorazioni su acciaio, sostituendo naturalmente il grado della lega dei prismi. Data inoltre la sua robustezza è particolarmente idonea per eseguire fresature su macchine che consentono elevate condizioni di lavoro.

Renzo Colombino

(al V Convegno Internazionale delle Fabbricazioni Meccaniche)

## Gli utensili di brocciatura ed il loro impiego

Vengono trattati importanti argomenti relativi a realizzazioni pratiche di operazioni di brocciatura, e sono pure esaminate alcune particolarità per le brocche a profilo cilindrico, scanalato, ad evolvente, per taglio chiave e per spianatura esterna.

Nella presente relazione non saranno prese in esame la progettazione e la costruzione delle brocche con tutti gli accorgimenti relativi in quanto, detta materia, è già diffusamente sviluppata su pubblicazioni tecniche.

Ci limiteremo a trattare importanti punti relativi a realizzazioni pratiche producendone la documentazione. Saranno esaminate alcune particolarità per le brocche a profilo cilindrico, scanalato, evolvente, per taglio chiave e per spianatura esterna.

### Alcune particolarità sulle brocche cilindriche

Su questo tipo di broccia l'importanza dei rompitrucoli dei denti sgrassatori è talmente nota che sarebbe inopportuno mettere in rilievo la loro fun-

zione. Ci limitiamo a segnalare che da prove effettuate è risultato che, aumentando la larghezza del rompitrucolo e riducendo di conseguenza la larghezza di taglio, si è ottenuto un maggior rendimento tra due affilature. I risultati sono riportati nel diagramma fig. 1.

### Lisciatura della superficie brocciata.

Per ottenere superfici brocciate molto lisce e ridurre al minimo nei particolari a pareti sottili le deviazioni si è usata l'accortezza di aumentare il numero dei denti in presa della broccia riducendo opportunamente l'incremento dei taglienti. Ottimi risultati sono ottenuti aumentando i denti in presa dal 30 al 50 % rispetto alle brocche normali. Le ondulazioni sono state ridotte adottando due o tre va-

Denti	Spoglia	Materiale da brocciate						
		Acciaio R 60 kg/mm <sup>2</sup>	Acciaio R 75 kg/mm <sup>2</sup>	Acciaio R 90 kg/mm <sup>2</sup>	Acciaio R 105 kg/mm <sup>2</sup>	Ghisa tenere	Ghisa dura	Bronzo
Lisciatori	$\alpha^\circ$	10°	8°	7°	6°	4°	3°	3°

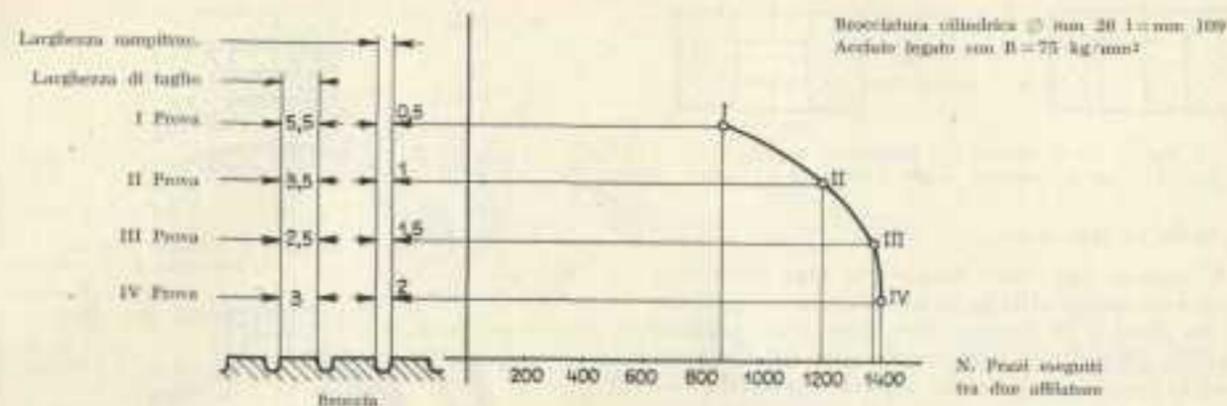


Fig. 1 - Diagramma di resa in funzione delle dimensioni dei rompitrucoli.

riazioni di passo in modo da evitare che il dente lavori nel solco generato dal dente che precede.

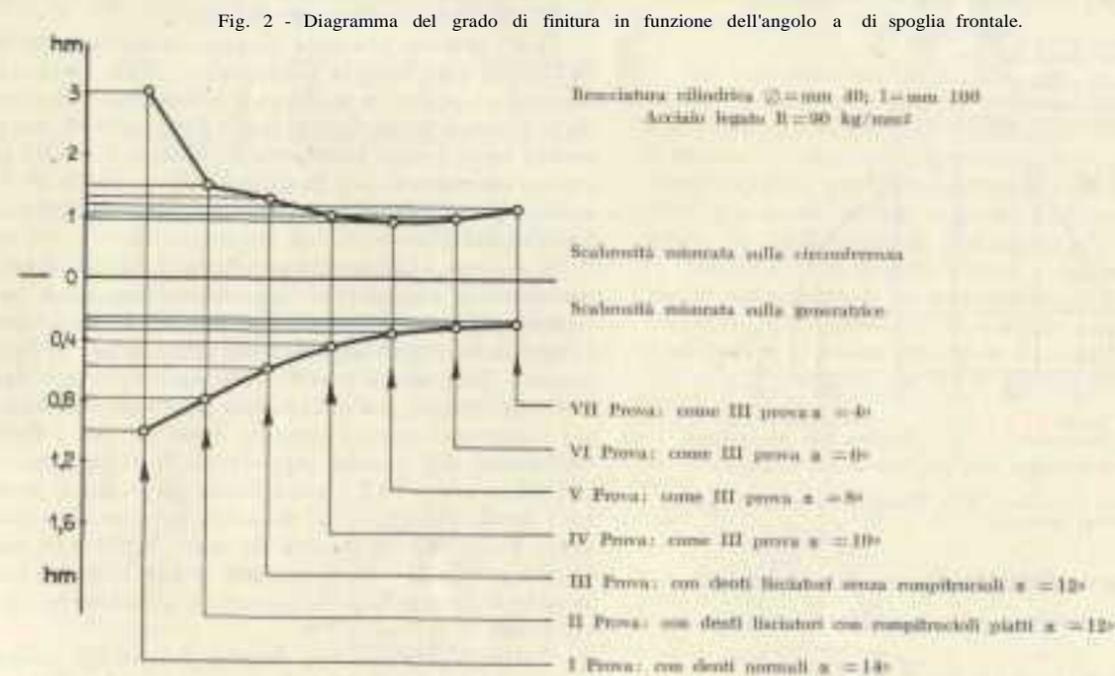
Nei casi in cui è richiesta una elevata finitura è bene includere nella broccia una serie di denti lisciatori, con rompitrucoli piatti distanziati di circa  $15 \div 20$  mm. o meglio ancora senza rompitrucoli, che con incremento radiale di mm.  $0,0025 \div 0,005$  asportano complessivamente da mm.  $0,02 \div 0,04$  di soprametallo. Si tenga presente che quando l'incremento radiale è inferiore di mm.  $0,005$  il truciolo viene asportato con azione raschiante e si migliora la superficie lavorata diminuendo gli angoli di spoglia frontale. Adottando i valori riportati nella tabella a pag. 430 sono stati ottenuti ottimi risultati.

A titolo indicativo riportiamo sul diagramma fig. 2 il grado di scabrosità ottenuto con i diversi angoli di spoglia frontale:

### Brocciatura di pezzi con foro greggio di stampaggio.

Nel caso del particolare A è sufficiente eseguire i rompitrucoli di larghezza  $1,5 \div 2$  mm. ed in numero tale da ottenere la larghezza di taglio non superiore a  $2,2 \div 2,7$  mm. L'incremento dovrà essere previsto del  $25 \div 50$  % superiore a quello normalmente assegnato ai denti sgrassatori, per un tratto di broccia da  $1,5 \div 3$  volte la lunghezza del foro da lavorare.

Nel caso del particolare B sono stati ottenuti risultati ancora più soddisfacenti con un incremento superiore al normale del  $50 \div 100$  % ed intercalando i denti con rompitrucoli a denti lisci di ugual diametro. Appena i denti in presa sono sufficienti a garantire la guida della broccia si eseguono i denti normali.



NOTA: Scabrosità misurata in tutti i casi sul  $S_0$  pezzo l'affilatura della broccia. (hm = altezza media aritmetica del profilo reale espressa in micron).

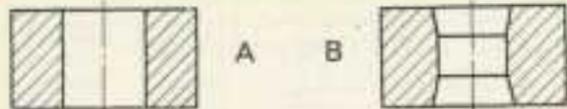
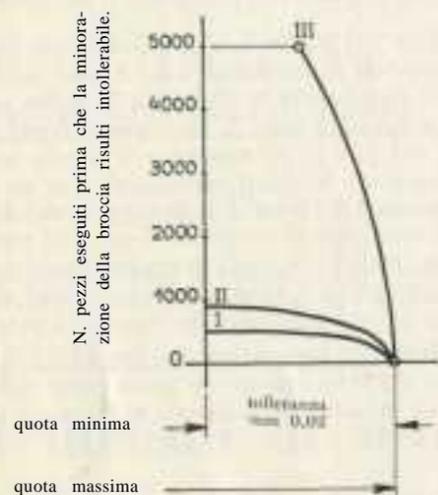


Fig. 3a - Foro ottenuto con punzonatura a caldo.  
Fig. 3b - Foro con svasature coniche all'estremità del pezzo.

### Taglienti in lega dura.

L'impiego dei denti finitori in lega dura si è dimostrato molto utile nella brocciatura dei particolari in ghisa o in bronzo, in quanto sono particolarmente efficaci per il mantenimento delle misure e per la creazione di ottime superfici. Può interessare a tale proposito esaminare il diagramma sotto riportato nel quale è posto in evidenza il logoramento della broccia e la scabrosità della superficie ottenuta nelle lavorazioni di un particolare in ghisa.



Brocciatura cilindrica  $\varnothing = \text{mm } 25$ ;  $l = \text{mm } 50$   
Materiale = Ghisa Hd. 210

I Prova: con broccia normale  
II Prova: con broccia nitruata  
III Prova: con broccia con taglienti in lega dura

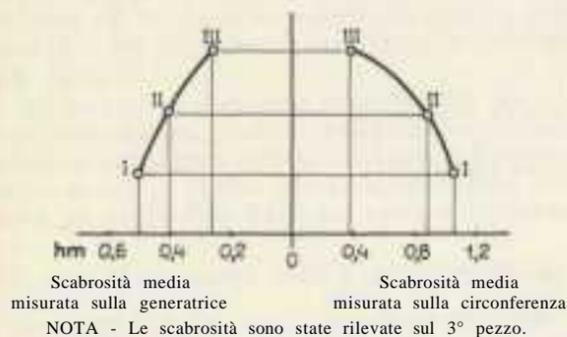


Fig. 4 - Diagrammi di consumo della broccia e del grado di finitura dell'alesatura bracciata.

### Alcune particolarità sulle brocche scanalate

Le brocche scanalate possono essere progettate in due sistemi:

- 1) ad aletta costante (vedi figura n. 5);
- 2) ad aletta decrescente con calibratura finale (vedi figura n. 6).

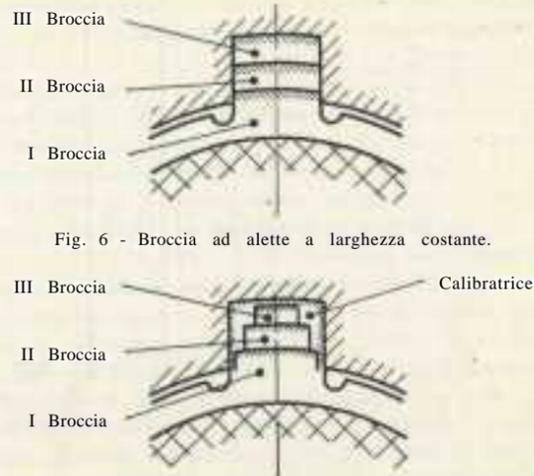


Fig. 6 - Broccia ad alette a larghezza costante.

Fig. 6 - Broccia ad alette decrescenti con calibratura finale.

Il 1° sistema presenta i seguenti inconvenienti:

- a) difficoltà di costruzione di brocche in serie;
- b) difficile intercambiabilità in caso di rottura di una broccia della serie;
- c) imperfezioni dei pezzi brocciati (quando occorrono più brocche per l'esecuzione) create da errori di divisione, da spessore dell'aletta e da deviazioni.

In molti casi per evitare grippature nel diametro interno del foro si prevede il basso fondo conico, in modo da aumentare il gioco a fine broccia da mm. 0,05÷0,10. È comunque sempre preferibile far precedere ai denti scanalati alcuni denti cilindrici in modo da ottenere la concentricità dei diametri quando si inizia a creare le scanalature. In altri casi, per ottenere la concentricità dei diametri può risultare conveniente terminare la broccia con alcuni denti cilindrici calibratori del foro.

Il 2° sistema presenta l'unico inconveniente di richiedere una broccia calibratrice. Tale inconveniente può essere in molti casi compensato adottando opportuni accorgimenti quali l'aumento di incremento nelle prime brocche della serie e la scelta di elevati incrementi per la calibratura in modo di limitare questa funzione solo in una parte dell'ultima broccia della serie.

Si osserva che quando per la calibratura occorre una broccia completa è opportuno asportare sui fianchi delle alette almeno mm. 0,6 mentre sono sufficienti mm. 0,3 di asportazione quando per la calibratura delle alette è sufficiente un solo tratto dell'ultima broccia. La calibratura sarà pure effettuata sul diametro esterno, tenendo presente che i denti calibratori dei fianchi sopportano forti incrementi con passo corto (0,7 x passo dente sgrossatore) mentre i denti calibratori del diametro esterno dovranno avere l'incremento ridotto da mm. 0,03÷0,06 con un passo uguale agli sgrossatori o per lo meno con le gole aventi sufficiente spazio per contenere agevolmente il truciolo.

Nella calibratura dei fianchi del profilo scanalato si possono adottare incrementi anche fino ad 1 mm. sul diametro, senza che si debba registrare una sensibile caduta di rendimento nella broccia.

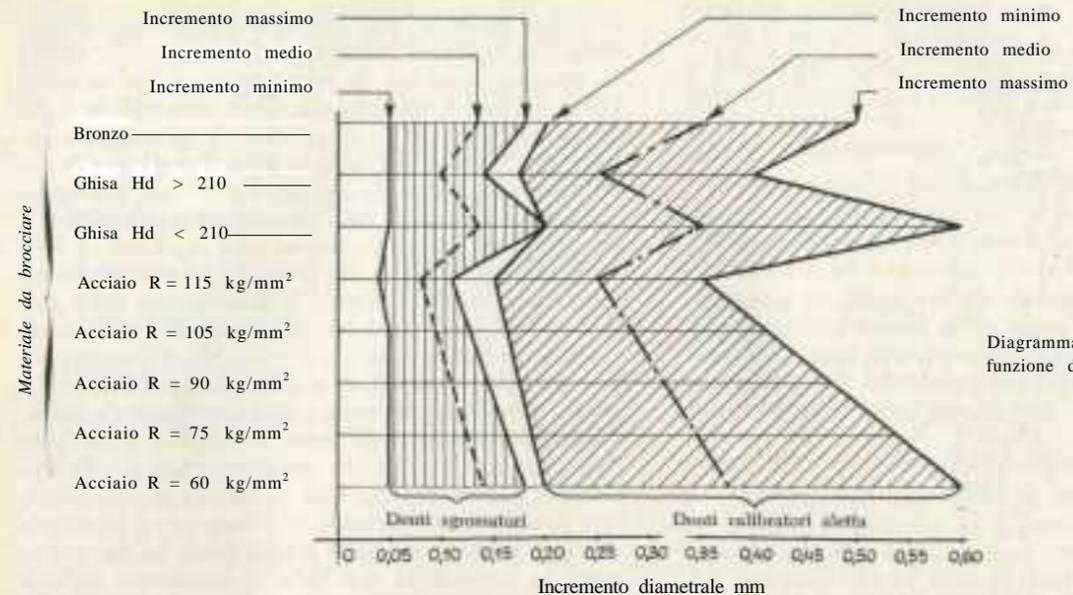


Fig. 7. Diagramma degli incrementi in funzione del metallo da brocciare.

Gli incrementi diametrici normalmente adottati sono indicati nel diagramma fig. 7.

È pure interessante in quest'altro diagramma seguire i rendimenti ottenuti con brocche a diverso incremento:

Brocciatura scanalata  $\varnothing \text{ est} = 60 \text{ mm}$   $\varnothing \text{ int} = 52 \text{ mm}$   
n. 16 alette  $l = 120 \text{ mm}$   
Acciaio legato:  $R = 75 \text{ kg/mm}^2$

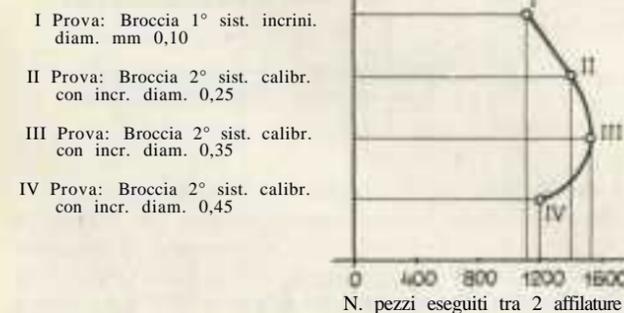


Fig. 8 - Diagramma del rendimento ottenuto con brocche calibratrici a incrementi diversi.

Si è osservato che le rotture dei denti nelle calibratrici si verificavano con frequenza all'inizio della calibratura del diametro esterno vale a dire al termine della calibratura delle alette. Detto inconveniente è stato eliminato intercalando i tagliandi fra il primo dente calibratore del diametro ed il terzo dente finitore come illustrato nella figura 9.

Nel caso in cui la serie sia di due brocche, anziché

prevedere la calibratura finale, è possibile eseguire all'inizio della seconda broccia, la ripassatura dei



Fig. 9.

vani creati con la prima e proseguire quindi nell'esecuzione del profilo scanalato come avviene nel sistema ad aletta costante.

### Alcune particolarità sulle brocche per profili ad evolvente

Le identiche norme seguite per lo studio delle brocche a profilo scanalato valgono per le brocche con profilo ad evolvente. Segnaliamo unicamente che è possibile eseguire la sgrossatura con profilo rettilineo oppure a profilo evolvente. (Vedi figura n. 10). Oggi non siamo ancora in grado di dire con certezza quale dei due metodi è il migliore.

In queste particolari brocche i taglienti possono essere incrementati in proporzione alla corda del dente in corrispondenza al diametro di lavoro. Per facilitare e rendere razionale la costruzione della broccia si formano da 3÷4 gruppi di incrementi (vedi figura n. 11).

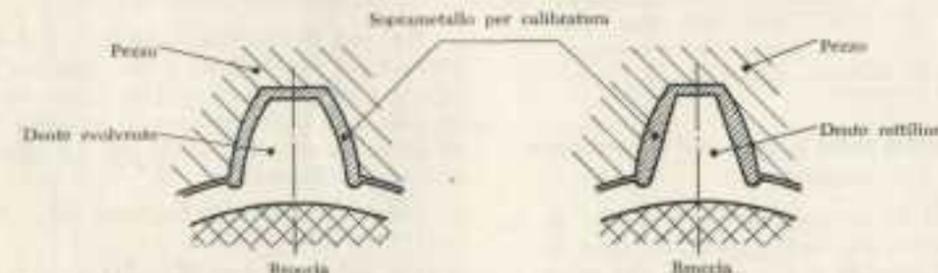


Fig. 10 - Sgrossatura con brocche a profilo ad evolvente e con brocche a profilo rettilineo.

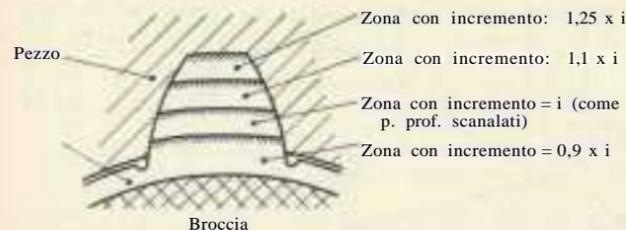


Fig. 11 - Ripartizione degli incrementi in funzione della corda del dente.

A cagione del profilo evolvente non è possibile rastremare i denti come nelle brocche scanalate per cui nella brocciatura dei materiali pastosi, potranno riscontrarsi grippature nei fianchi dei denti. L'inizio



Fig. 12

delle grippature si osserva sulla parte posteriore del dente per cui in qualche caso si rende necessario procedere ad assottigliarlo per circa metà della sua lunghezza come da figura n. 12 allo scopo di ridurre l'attrito ed avviare l'inconveniente. Nella maggioranza dei casi è però sufficiente nitrurare la broccia.

#### Alcune particolarità sulle brocche per taglio chiavetta

Risultati interessanti sono stati ottenuti calibrando i fianchi e costruendo la broccia in due tratti distinti: il primo con passo e incremento normale per la sgrossatura, il secondo con passo corto e incremento elevato per la calibratura. Anche in queste brocche, come per le scanalate è bene intercalare il tagliente tra l'ultimo dente calibratore dell'aletta ed il terzo dente finitore. Nel diagramma seguente sono riportati dati relativi al rendimento ricavati con brocche a diverso incremento:

Brocciatura taglio chiavetta:  
largh. mm 12; prof. mm 5; l = mm 70  
Acciaio legato R = 75 kg/mm<sup>2</sup>

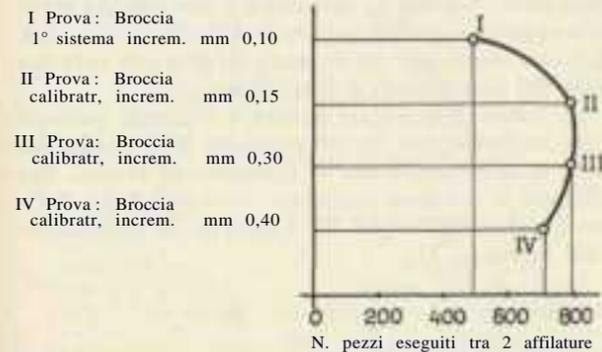


Fig. 13 - Diagramma del rendimento, ricavato variando l'incremento dei denti di calibratura.

#### Alcune particolarità sulle brocche per lavorazione esterna

Le brocche per la lavorazione esterna sono impiegate normalmente per forti produzioni dove l'elevato costo dell'utensile è compensato dal minor costo di esercizio. A causa delle difficoltà che si in-

contrano nella lavorazione dell'acciaio impiegando frese con taglienti in lega dura, anche se si adotta la spoglia negativa, la brocciatura, nella maggioranza dei casi è vantaggiosa. Nella lavorazione della ghisa, la fresatura con taglienti in lega dura consente già elevate produzioni a basso costo, per cui difficilmente potrà essere sostituita con vantaggio dalla brocciatura. Si può ritenere comunque che il problema di dotare le brocche con taglienti in lega dura non sia ancora stato studiato a fondo, specialmente per quanto riguarda la lavorazione della ghisa normale, dove lo sforzo di strappamento unitario è alquanto basso, il truciolo è friabile e possono essere adottate velocità di taglio ridotte (inferiori a 10 mt.), senza particolare danno alla lega dura. Anche l'accoppiamento fresa broccia su macchina fresatrice non risulta che sia stato ancora sufficientemente diffuso mentre tale principio merita di essere preso particolarmente in esame per l'economia che può portare su molte lavorazioni. La fresa eseguirà la sgrossatura con forte avanzamento mentre la broccia potrà eseguire la calibratura sfruttando l'avanzamento rapido della tavola. Per la calibratura di pezzi in ghisa è consigliabile usare la broccia con taglienti in lega dura.

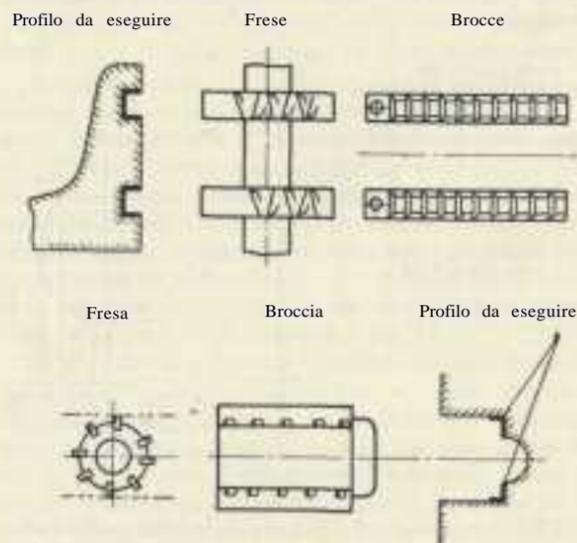


Fig. 14 - Esempi di brocciatura e fresatura combinate.

#### Alcune particolarità comuni a diversi tipi di broccia

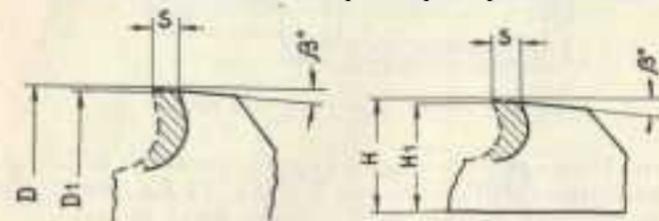
Riduzione di quota riscontrabile nelle affilature delle brocche.

Nei casi di brocciatura in cui è richiesta una tolleranza sul pezzo finito molto ristretta è necessario adottare una minima spoglia superiore del tagliente, allo scopo di limitare al minimo le riduzioni di quota causate nell'affilatura. Le riduzioni che si riscontrano risultano:

- per brocche a nucleo circolare:  $D - D1 = 2.s.tg.\beta$ . (vedi fig. n. 15);
- per brocche piatte:  $H - H1 = s.tg.\beta$ .

Nel diagramma (fig. 16) sono dimostrate le ri-

duzioni di quota dovute all'asportazione del sopra-metallo nell'affilatura di qualunque tipo di broccia:



S = metallo asportato nell'affilatura

Fig. 15

Per limitare al minimo la riduzione di quota si adotta l'accorgimento di ridurre gradualmente l'angolo di spoglia superiore dei denti finitori come segue:

- I° dente  $\beta = 1^\circ$
- II° dente  $\beta = 30'$
- III° dente e seguenti  $\beta = 15'$ .

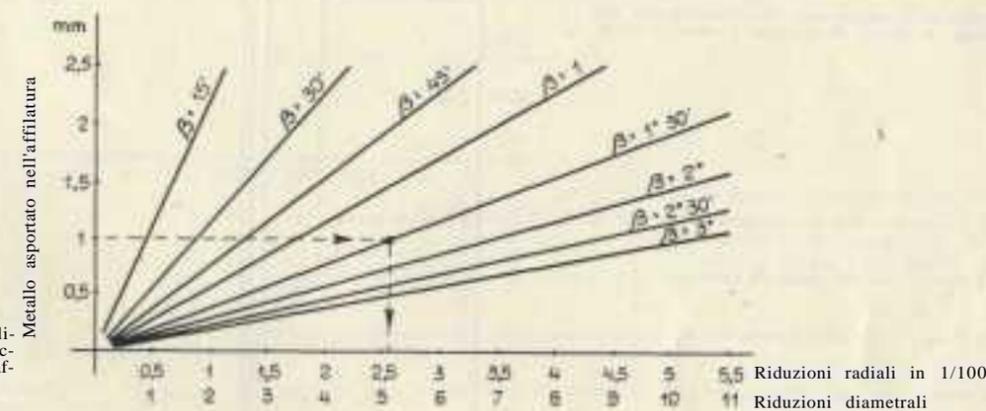


Fig. 16 - Riduzione delle dimensioni della broccia, causata dall'affilatura.

Quando l'angolo  $\beta$  è minore di un grado è consigliabile per evitare grippature sul dorso dente di eseguire l'indurimento superficiale della broccia in sali tipo Holden. Per diminuire la fragilità della punta tagliente si consiglia dopo la nitrurazione di riaffilare la broccia frontalmente.

Le esperienze condotte con brocche nitrurate hanno registrato un aumento di rendimento dal 20 % al 100 % rispetto alle brocche normali. In particolare la nitrurazione è vantaggiosa sui profili ad evolvente

dove per effetto della riduzione del coefficiente di attrito si evitano le grippature sui fianchi dei denti. Il diagramma (fig. 17) riporta i risultati medi ottenuti con diversi tipi di brocche nitrurate.

#### Profilo dente corretto.

Per favorire il distacco del truciolo evitando di rimuoverlo dal tagliente con lo scopino è consigliabile eseguire la doppia affilatura frontale come da figura n. 8. In particolare nelle brocche per lavorazioni esterne può rendersi necessario provocare il distacco del truciolo servendosi di speciali forme di profilo (vedi figura n. 19). Altre volte per evitare grippature sul dorso del dente è necessario prevedere la doppia spoglia superiore (vedi figura n. 20).

#### Brocche con manicotto finale riportato.

Allo scopo di aumentare la durata della broccia ed evitare di eseguire la finitura con ripassatrice, possono essere studiate brocche con manicotto finale

riportato che può permettere la sostituzione dei denti lisciatori quando questi risultano minorati sul diametro (vedi figura n. 21).

Tale accorgimento è risultato utile sia su brocche scanalate che cilindriche purchè di diametro superiore a 45 mm.

#### Refrigerante.

Deve rispondere ai seguenti requisiti:  
— ridurre gli attriti, assorbire calore, aumentare

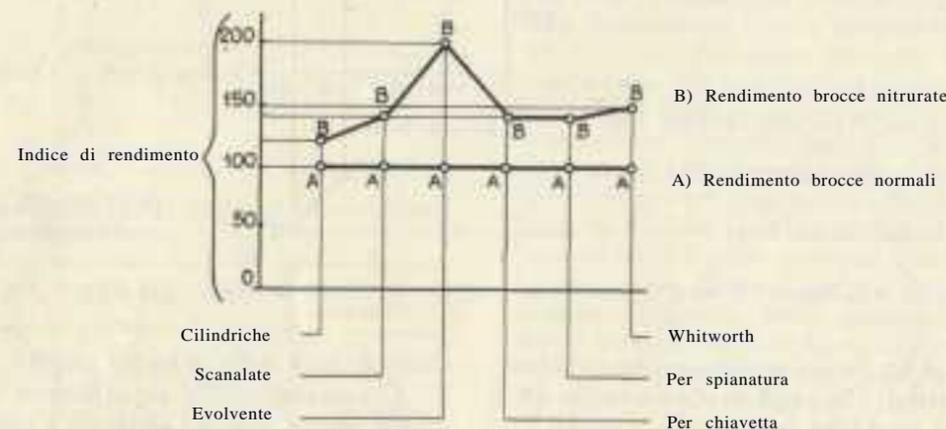


Fig. 17 - Diagramma del rendimento con brocche nitrurate.

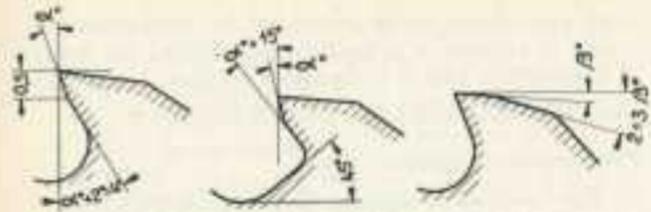


Fig. 18-19-20 - Profili di denti corretti.

la durata di taglio, facilitare il distacco del truciolo.

Da prove pratiche si può dedurre che per l'acciaio con  $R < 65 \text{ Kg./mmq.}$  e per pezzi corti con  $l \text{ } 50 \text{ mm.}$  si può usare con buoni risultati miscela refrigerante acqua-olio solubile, mentre per ac-

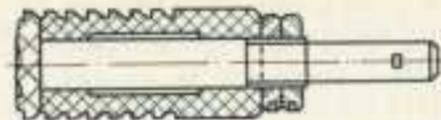


Fig. 21 - Broccia con manicotto finale riportata.

con l'impiego della miscela acqua-olio solubile nella brocciatura dell'acciaio con  $R = 65 \div 115 \text{ Kg./mmq.}$  un aumento di circa il 10 % nello sforzo di taglio rispetto ai risultati ottenuti con olio minerale.

Come dimostrazione riportiamo i diagrammi in cui sono indicati i rendimenti ottenuti e gli sforzi di taglio registrati nella brocciatura di un foro cilindrico e nella spianatura di un pezzo rettangolare.

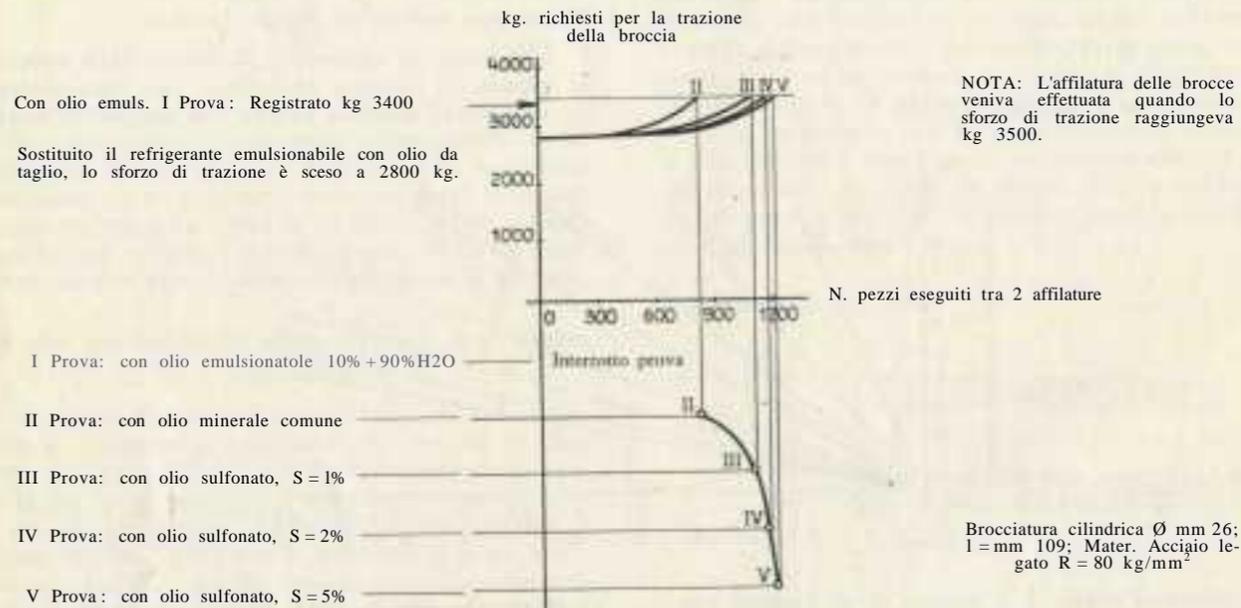


Fig. 22 - Diagramma di rendimento e di sforzo di taglio in una brocciatura cilindrica con differenti tipi di lubrificanti.

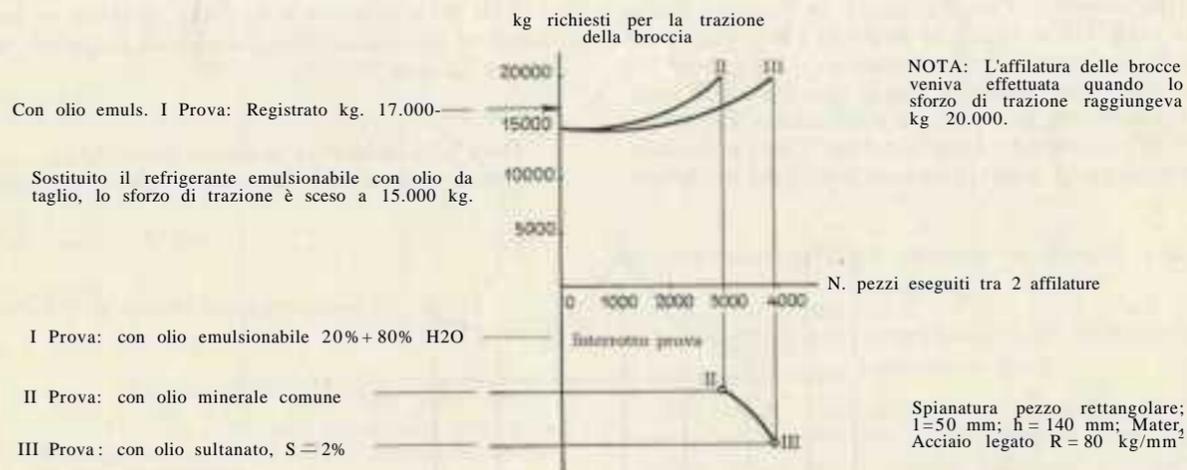


Fig. 23 - Diagramma di rendimento e di sforzo di taglio in una brocciatura di superficie rettangolare con differenti tipi di lubrificanti.

ciaio con  $R > 65 \text{ Kg./mmq.}$  e per pezzi lunghi oltre  $50 \text{ mm.}$  è preferibile l'impiego di olii da taglio. Ottimi risultati si ottengono con gli olii sulfonati rispetto agli olii comuni. È stato inoltre riscontrato,

#### Superfinitura delle superfici affilate.

L'argomento della superfinitura delle superfici che si ottengono con l'affilatura è oggetto di numerose trattazioni, limiteremo a riportare nei dia-

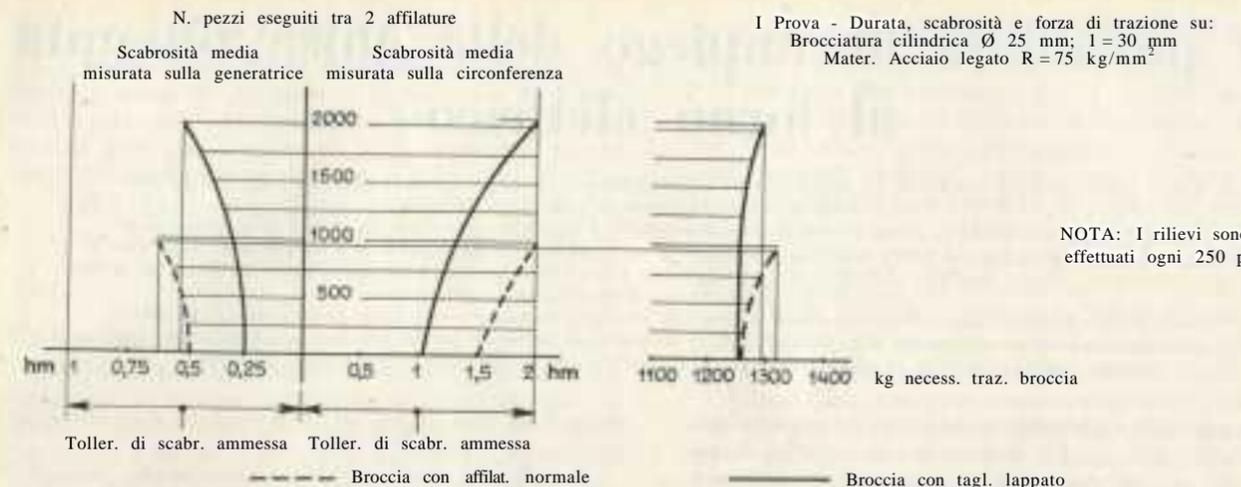


Fig. 24 - Grado di finitura e potenza assorbita con broccia normale e broccia liscata.

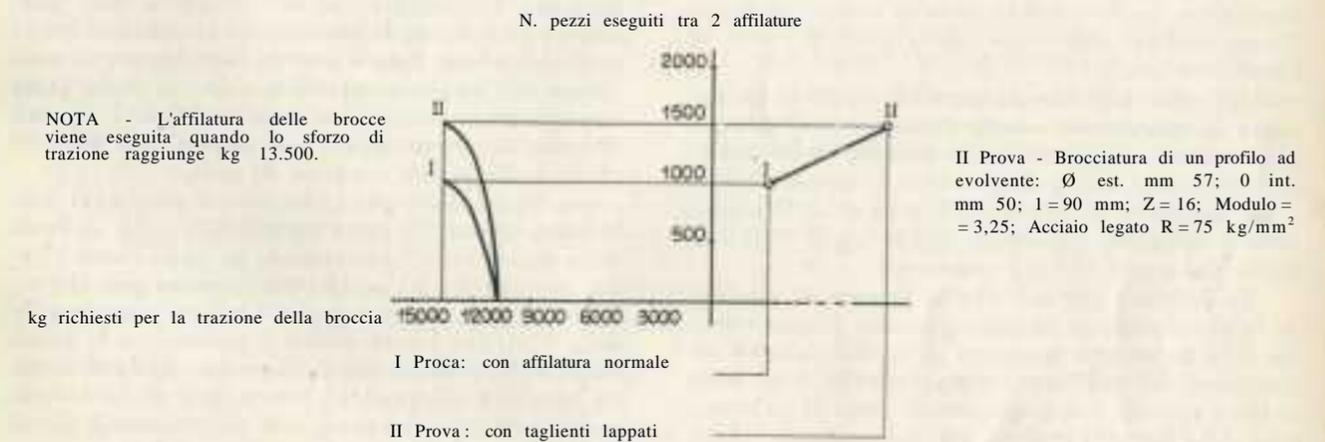


Fig. 25 - Confronto tra rendimento e potenza assorbita con broccia nonnaie e broccia liscata.

grammi (figg. 24-25) alcuni risultati ottenuti in pratica che convalidano l'utilità di tale operazione.

Le prove sono state eseguite con brocche aventi la seguente forma del tagliente:



Fig. 26

Per l'affilatura sono state impiegate mole aventi le seguenti caratteristiche:

Grado di molatura	Caratteristiche mola	Casa costruttrice
Sgrossatura	38 A 60 K 5 VBE	Norton
Finlatura	38 A 80 J 5 VBE	Norton
Lappatura	A 120 M 8 E	Norton

#### Automatismo delle brocciatrici

Risultano in corso in America prove per rendere automatica l'operazione di brocciatura. Non è facilmente giustificabile come per le grandi produzioni non siano ancora state costruite macchine automatiche specialmente per la brocciatura interna dove non occorra il bloccaggio del pezzo. È provato nella maggioranza dei casi che la broccia, progettata, costruita e riaffilata a regola d'arte può lavorare senza inconvenienti e meglio degli altri utensili multipli. Gran parte delle anomalie che si riscontrano nella brocciatura sono imputabili al materiale da brocciare che sovente presenta variazioni intollerabili di lavorabilità tra pezzo e pezzo. Questo ostacolo dovrebbe essere superato con il miglioramento della tecnica siderurgica, dello stampaggio e del trattamento termico e si dovrebbe giungere al più presto, seguendo tale principio, gradi di produttività superiori agli attuali con brillanti risultati economici.

Felice Basili

(al V Convegno Internazionale delle Fabbricazioni Meccaniche)