

Le brocche: nozioni fondamentali (Seconda parte)

Altri elementi del profilo dei denti

Prendiamo in esame nuovamente il profilo del dente, così come è rappresentato in fig. N°1. Dopo aver parlato del passo e della profondità della gola, vediamo ora quali sono gli altri elementi che caratterizzano il profilo del dente di una broccia.

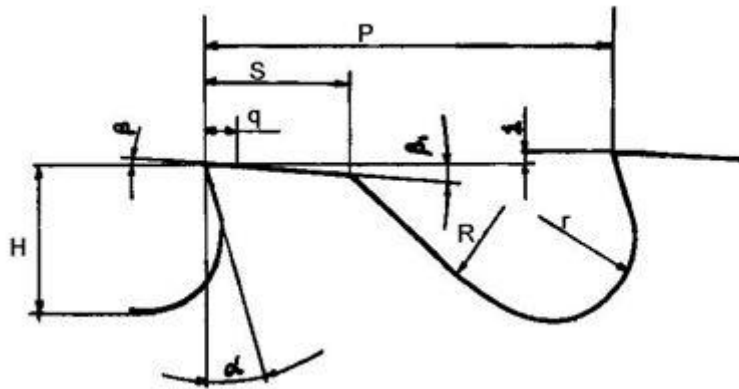


Figura N°1

Tratto utile S

La dimensione S del dorso dei denti deve essere proporzionata al passo ed alla profondità della gola, in modo da avere la necessaria capienza delle gole senza ridurre eccessivamente il numero di affilature possibili.

Il valore del tratto utile S si può calcolare con le seguenti formule, tenendo presente che L è la lunghezza del foro che, a sua volta, determina il passo P.

Tab.N°1-Valore di S in funzione di L

	Denti sgrossatori	Denti finitori
Per acciaio	$0,65 \cdot \sqrt{L}$	$0,57 \cdot \sqrt{L}$
Per ghisa e bronzo	$0,60 \cdot \sqrt{L}$	$0,55 \cdot \sqrt{L}$

Raggi di raccordo R ed r

Devono avere la massima ampiezza possibile per facilitare l'avvolgimento e lo scorrimento del truciolo. Molte volte il cattivo funzionamento della broccia è provocato da raggi troppo piccoli e mal eseguiti. I vari punti di raccordo devono essere ben eseguiti, senza lasciare irregolarità; la superficie della gola non deve essere ruvida.

I valori dei raggi possono essere calcolati in vari modi, tutti egualmente validi; l'importante è che il profilo della gola abbia un andamento regolare, senza scalini o rapide variazioni di inclinazioni. I valori dei raggi di raccordo si possono calcolare con:

$$r = 0,3 \cdot \sqrt{L} = \frac{1}{6} \cdot P$$

$$R = 0,9 \cdot \sqrt{L} = \frac{1}{2} \cdot P$$

D'altra parte queste formule non possono essere molto restrittive, perché il valore dei raggi di raccordo dipendono molto anche dall'altezza dei denti H.

A titolo di esempio, nella tabella N°2 si riportano alcuni dimensionamenti del dente.

Tab. N°2 – Alcuni esempi di dimensionamento dei denti di una broccia tonda

Passo	H	S	R	r	Passo	H	S	R	r
5	1,5	1,8	2,5	0,8	12	3,5	3,5	8,0	2,0
5	2,0	1,8	4,0	1,4	12	4,0	3,5	10,0	2,3
6	2,0	2,0	4,0	1,2	12	5,0	3,5	10,0	2,6
6	2,5	2,0	5,0	1,5	14	3,5	4,0	10,0	2,0
8	2,5	2,8	5,0	1,5	14	4,5	4,0	12,0	2,3
8	3,0	2,8	6,0	1,8	14	5,5	4,0	12,0	2,8
10	3,0	3,0	6,0	1,8	16	4,0	5,0	14,0	2,3
10	3,5	3,0	6,0	2,0	16	5,0	5,0	14,0	2,8
10	4,0	3,0	7,0	2,3	16	6,0	5,0	14,0	3,5

Angolo di spoglia superiore β

L'angolo di spoglia superiore (o spoglia dorsale), serve per evitare la grippature del dorso del dente sulla superficie già lavorata.

A causa della riduzione della quota S , per effetto delle successive affilature, il diametro della broccia diminuisce; vedere figura N°2.

La diminuzione del diametro si calcola con:

$$D - D_1 = 2 \cdot \Delta S \cdot \operatorname{tg} \beta$$

Per questo motivo è necessario adottare per β i valori minimi ammissibili.

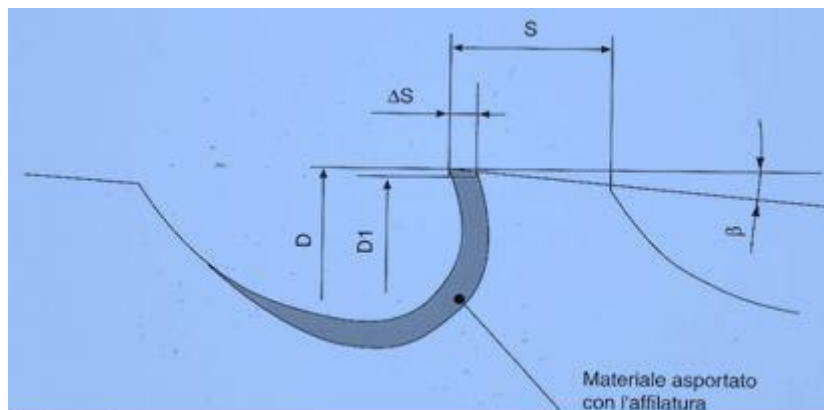


Figura N°2

Un sistema quasi sempre usato è quello di dare due spoglie superiori: una, in prossimità del filo tagliente, molto ridotta, e persino nulla, e, dopo un tratto "q", detto quadretto, una spoglia maggiore.

Si ottiene così anche una migliore azione di guida che consente di ottenere superfici migliori.

Se la prima spoglia è troppo grande (quadretto nullo), sul pezzo sul pezzo si noteranno spesso dei solchi provocati dalle vibrazioni della broccia.

I valori comunemente usati sono:

- Per denti sgrossatori: $\beta = 0^\circ 30'$; $\beta_1 = 1^\circ 30' \div 2^\circ$
- Per denti finitori: $\beta = 0^\circ$; $\beta_1 = 1^\circ 30'$

La dimensione del quadretto "q" varia da 0,3 a 1 mm a seconda delle dimensioni della broccia. Si può calcolare con $q = \frac{S}{5}$

Quando si affilano le brocche è necessario copiare in modo corretto i raggi di raccordo facendo attenzione a non generare scalini che impedirebbero il corretto deflusso dei trucioli. Inoltre è di grande importanza asportare la stessa quantità di materiale in ogni dente perché altrimenti si alterano gli incrementi con possibili conseguenze negative durante la lavorazione.

Bisogna tenere d'occhio soprattutto la dimensione del quadretto, che dovrebbe essere circa uguale in ogni dente.

Quando il quadretto è ridotto a zero, per effetto delle successive affilature, si dovrebbero riprendere i diametri di tutti i denti della broccia, riducendo il numero dei denti compensatori e ripristinando la dimensione originaria del quadretto sui denti.

Angolo di spoglia frontale α

Deve essere proporzionato al materiale da brocciare, come per tutti i tipi di utensile. Si può dire che in generale questo angolo è tanto minore quanto più duro è il materiale lavorato.

I valori indicativi di α sono riportati nella tabella N°3.

Tab. N°3- Valori dell'angolo α

Materiale lavorato	α
Ghisa e bronzo	4°
Acc. con $R \leq 80 \text{ Kg/mm}^2$	15°
Acc. con $R = 80 \div 100 \text{ Kg/mm}^2$	12°
Acc. con $R = 100 \div 120 \text{ Kg/mm}^2$	10°
Alluminio e sue leghe	15° ÷ 20°

I rompitrucioli

Se pensiamo ad una broccia tonda, destinata ad eseguire un foro cilindrico, ed immaginiamo che ogni dente sia privo di interruzioni sul filo tagliente, si può capire che il materiale asportato formerà un anello che resta imprigionato nel vano senza possibilità di essere espulso e che causerà, in questo caso, la rapida rottura della broccia.

E' quindi necessario frazionare questo truciolo anulare in piccoli segmenti che possano essere facilmente tolti dalla zona di lavoro.

Per questo, sui denti sgrossatori e compensatori, vengono eseguite delle piccole tacche che interrompono la continuità del filo tagliente: queste tacche sono appunto i *rompitrucioli*.

I rompitrucioli devono essere sfalsati su ogni dente rispetto a quello che precede ed a quello che lo segue, in modo che il materiale non asportato da un dente venga asportato da quello successivo.

I rompitrucioli possono avere forme diverse, e possono anche essere costituiti solo da un tratto piatto, come rappresentato nella figura N°3.

L'importante è, evidentemente, che la profondità del rompitrucioli sia sicuramente superiore all'incremento radiale.

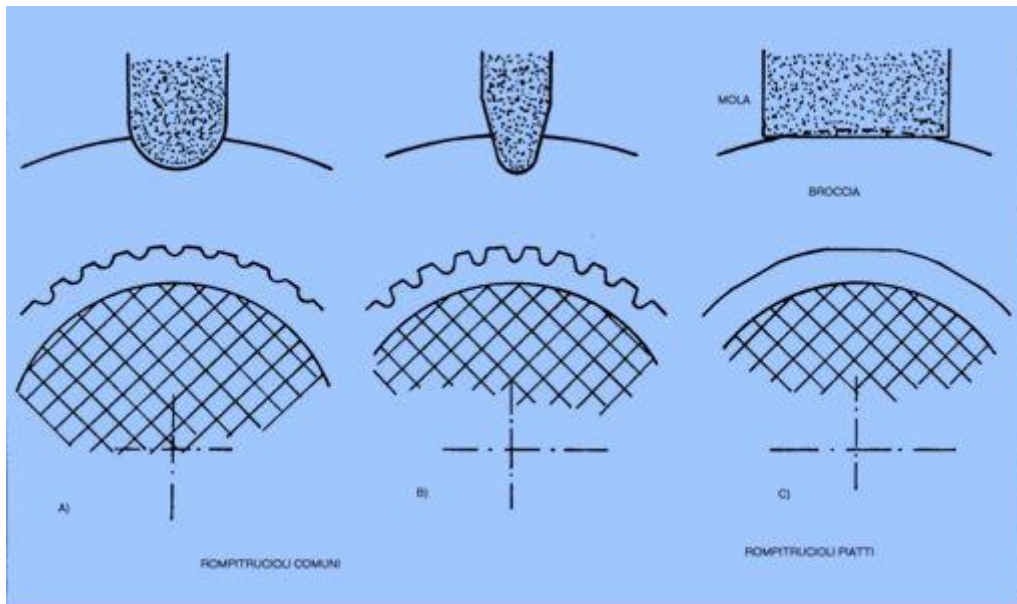


Figura N°3

I rompitrucioli, inoltre, devono avere una larghezza sufficiente a permettere la libera formazione del truciolo. Se la larghezza non fosse sufficiente, per esempio come illustrato nella figura N°4a, i trucioli si ostacolerebbero a vicenda generando il pericolo di un intasamento nel vano.

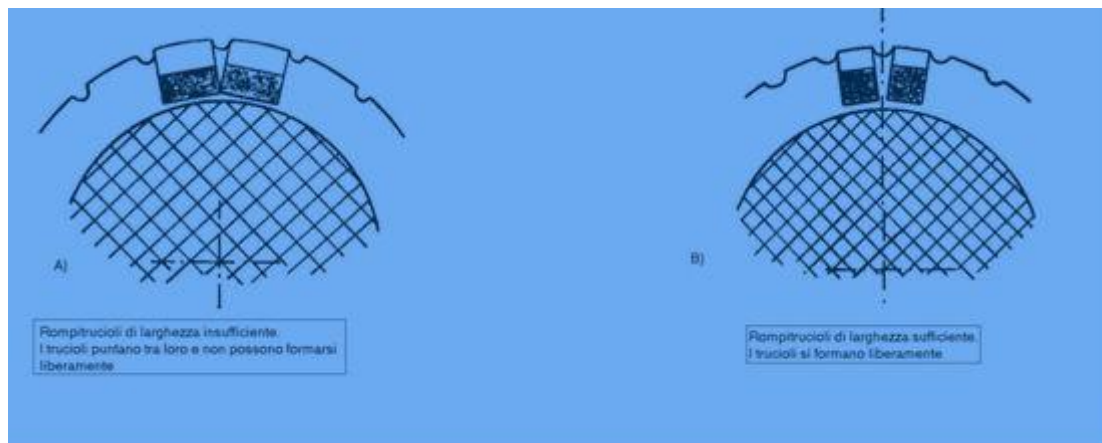


Figura N°4

Da quanto si è detto finora sull'argomento *brocche*, si può capire che uno dei problemi fondamentali, nell'operazione di brocciatura, è la formazione e lo scorrimento del truciolo. Si può ben dire che se il truciolo si forma in modo corretto, si avvolge bene, cioè senza eccessivi sforzi e se viene espulso con facilità, la broccia funziona bene.

In caso di qualche problema di brocciatura, come per esempio superfici strappate, rotture di denti ecc. l'esame dei trucioli può dare delle utilissime indicazioni sulle cause che hanno generato il problema.

Naturalmente un ruolo importantissimo riveste anche la lubro-refrigerazione che deve essere, in primo luogo, molto abbondante, poi deve avere delle qualità lubrificanti ed antiaderenza molto spinte.

Il numero dei rompitrucioli per ogni tagliente varia in funzione del diametro della broccia e viene calcolato in modo da lasciare un tratto di circa 2 – 3 mm tra un rompitruciolo e l'altro.

La profondità dei rompitrucioli, come si è già detto, deve sempre essere superiore al massimo spessore del truciolo che il dente può asportare e deve mantenersi tale anche a fine vita della broccia.

I tre elementi caratteristici del rompitrucioli sono riepilogati nella tabella N°4.

Tab. N°4 – caratteristiche dei rompitrucioli nelle brocche tonde

Diametro della broccia	Numero di rompitrucioli	Larghezza dei rompitrucioli	Profondità dei rompitrucioli
10	7 ÷ 8	0,40	0,30
20	14 ÷ 16	0,50	0,40
30	21 ÷ 24	0,70	0,40
40	28 ÷ 32	0,80	0,50
50	35 ÷ 40	1,00	0,60
60	42 ÷ 48	1,10	0,70
70	50 ÷ 56	1,30	0,70
80	57 ÷ 64	1,40	0,80
90	65 ÷ 72	1,60	0,90
100	72 ÷ 80	1,70	1,00
110	80 ÷ 88	1,80	1,00
120	88 ÷ 96	2,00	1,10
130	95 ÷ 104	2,10	1,20
140	100 ÷ 112	2,30	1,20

Nel caso particolare di brocciatura cilindrica con partenza da un foro greggio di stampaggio è bene prevedere, per i primi denti impegnati a rendere il foro cilindrico, i rompitrucioli molto ampi ed in numero tale da ottenere una larghezza dei trucioli di circa 3 mm .

Per la sgrossatura di fori molto irregolari si ottengono buoni risultati con brocche a denti poligonali ed a forte incremento, come indicato in figura N°5.

Queste brocche richiedono un tempo maggiore di costruzione, sono quindi un po' più costose e quindi dove è possibile, sono preferibili i denti rotondi con ampi rompitrucioli.

Superata la zona greggia , i rompitrucioli riprenderanno la dimensione regolare.

Normalmente i rompitrucioli non vengono eseguiti sulle brocche che lavorano bronzo.

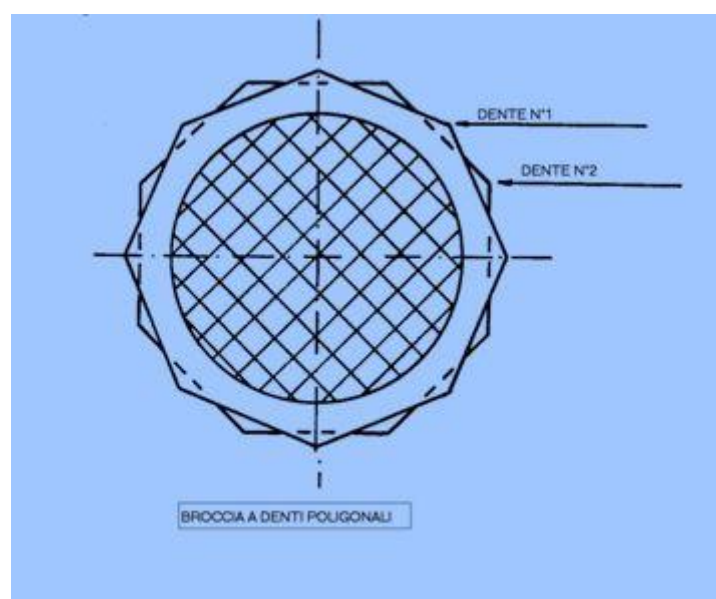


Figura N°5

Le macchine moderne per rettificare le brocche sono completamente gestite dal Controllo Numerico e possono essere programmate per eseguire automaticamente una serie di operazioni di rettifica, inclusa l'esecuzione dei rompitrucoli.

Con queste macchine, il numero dei rompitrucoli, la loro profondità ed il loro sfalsamento tra un dente e l'altro è eseguito in automatico e quindi si riduce un po' la necessità che quest'operazione venga eseguita da operai altamente specializzati.

I rompitrucoli non servono quando si devono brocciare dei profili dentati o striati, in cui ogni elemento del profilo ha già una larghezza sufficientemente piccola da produrre trucioli facilmente eliminabili.

I rompitrucoli sono invece necessari anche nelle brocche piatte per esterni e nelle brocche per esecuzione di sedi di chiavette.

In questi casi non si formerebbe l'anello e quindi, in teoria, la broccia potrebbe lavorare egualmente, ma i rompitrucoli sono necessari per frantumare il più possibile il truciolo e rendere in ogni caso più facile la sua eliminazione.

La permanenza dei trucioli nelle gole è sempre un fatto dannoso.

Per evitare gli inconvenienti legati a questo fenomeno, alcune brocciatrici sono dotate di spazzole anulari che hanno il compito di staccare i trucioli che eventualmente restano saldati al tagliente facilitandone l'evacuazione con il refrigerante.

Ancora oggi, in qualche caso, specie su brocche di grande diametro e quindi molto costose, questo compito è affidato all'operatore che, con una spazzola o un pennello, pulisce la broccia dopo ogni pezzo eseguito.

L'incremento

E' definito come *incremento diametrico* la differenza di diametro tra due denti consecutivi e come *incremento radiale* la metà dell'incremento diametrico.

La scelta corretta dell'incremento è di fondamentale importanza per il rendimento della broccia ed è quindi necessario vagliare accuratamente tutti i valori che lo determinano e cioè:

- *materiale costituente la broccia;*
- *materiale da brocciare (carico di rottura e tipo di truciolo);*
- *diametro e lunghezza del pezzo da brocciare;*
- *sezione minima del nucleo della broccia;*
- *potenza disponibile sulla brocciatrice.*

Il diagramma di figura N°6 consente di ricavare l'incremento radiale conoscendo la lunghezza del foro, il tipo di materiale lavorato e la profondità della gola, per brocche di acciaio rapido e supponendo soddisfatta la condizione di resistenza alla rottura.

Inoltre gli incrementi ricavati con il suddetto diagramma valgono per i denti sgrossatori nel caso che il foro sia preparato almeno con una punta elicoidale.

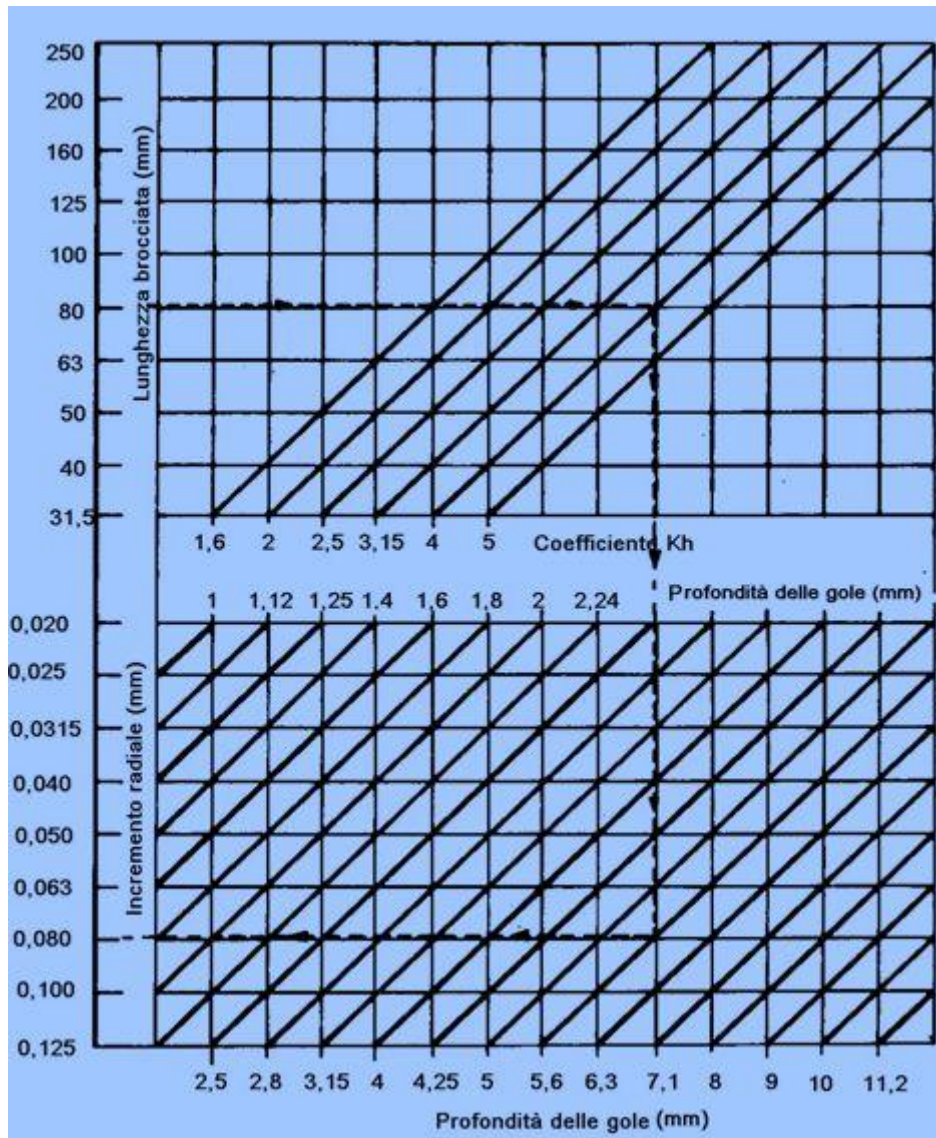


Figura N°6

Nel diagramma bisogna considerare il coefficiente K_h che tiene conto del materiale lavorato e del tipo di broccia. I valori di K_h sono stati già dati in un numero precedente, ma si riportano nuovamente per una maggiore comodità.

Tipo di broccia	tonda- striata	scanalata	piatta	per ripassatura
Valori di K_h per materiali tenaci	5	4	3,15	2
Valori di K_h per materiali friabili	4	3,15	2,5	1,6

Nel caso particolare di brocciatura di fori con crosta o estrusi a caldo, in cui la superficie è molto irregolare, è bene prevedere dei denti sbozzatori con fortissimo incremento.

L'incremento deve essere decrescente a mano a mano che il foro diventa cilindrico. Per esempio, con riferimento alla figura N°7, si potrebbe eseguire la seguente distribuzione degli incrementi radiali:

- **A** = zona da asportare con fortissimo incremento, cioè 3 – 5 denti con $i = 0,08 - 0,15$ mm).
- **B** = zona da asportare con forte incremento, cioè 3 – 5 denti con 1,5 – 2 volte l'incremento normale.
- **C** = zona da asportare con incremento maggiorato rispetto al normale da 1,2 a 1,35 volte (solo 2 – 3 denti).

➤ **D** = zona da asportare con incremento normale.

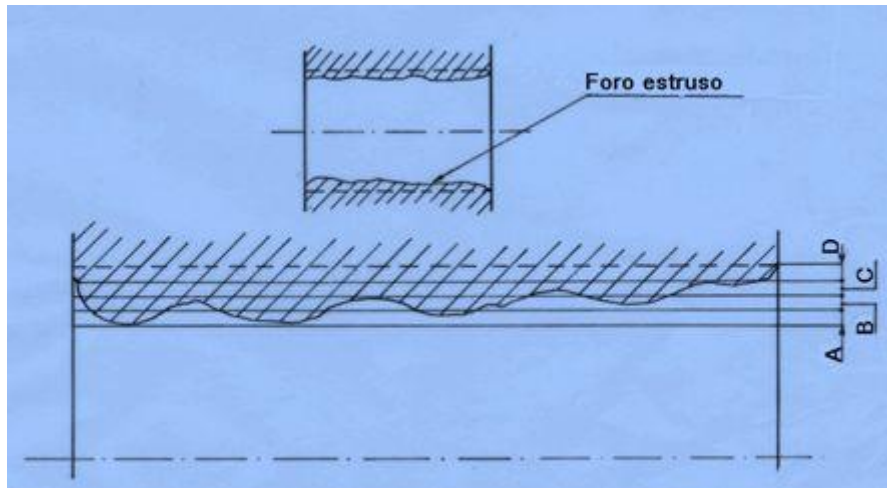


Figura N°7

Nella scelta dell'incremento è necessario considerare anche lo sforzo specifico di taglio K_s del materiale da tagliare ed il carico specifico K_d sul dente espresso in Kg per millimetro di perimetro del tagliente, cioè il carico massimo che 1 millimetro di tagliente può sopportare. Quindi agli effetti della resistenza del dente della broccia si può ricavare l'incremento radiale con la formula:

$$i = \frac{K_d}{K_s}$$

Nella tabella N°5 sono riportati i valori dello sforzo specifico di taglio K_s , mentre nella tabella N°6 sono indicati i valori del carico specifico K_d . Infine nella tabella N°7 sono riportati i valori dell'incremento radiale i in funzione del rapporto $\frac{K_d}{K_s}$.

Tab. N°5 . Sforzo specifico di taglio K_s in Kg/mm²

Materiale lavorato	K_s	Materiale lavorato	K_s
Acciaio con R = 90 - 115 Kg/mm ²	500	Ghisa dura	160
Acciaio con R = 70 - 90 Kg/mm ²	400	Ghisa semi dura e bronzo duro	125
Acciaio con R = 50 - 70 Kg/mm ²	315	Ghisa dolce e bronzo tenero	100
Acciaio con R = 50 Kg/mm ²	250	Ottone	80
Acciaio extra dolce	200	Alluminio duro	63

Tab. N°6 . Carico specifico K_d in Kg per mm di perimetro del tagliente

Tipo di broccia	Materiale lavorato		
	Acciaio Ghisa dura	Ghisa dolce Bronzo e ottone	Leghe di alluminio
Tonda	12,5	10	8
Striata	16	12,5	10
Scanalata	20	16	12,5
Piatta	25	20	16

Tab. N°7. Valori massimi di i in funzione di K_d e K_s (valori in mm)

$K_s \downarrow$ $K_d \rightarrow$	8	10	12,5	16	20	25
500	0,016	0,020	0,025	0,0315	0,040	0,050
400	0,020	0,025	0,0315	0,040	0,050	0,063
315	0,025	0,0315	0,040	0,050	0,063	0,080
250	0,0315	0,040	0,050	0,063	0,080	0,100

200	0,040	0,050	0,063	0,080	0,100	0,125
160	0,050	0,063	0,080	0,100	0,125	0,160
125	0,063	0,080	0,100	0,125	0,160	0,200
100	0,080	0,100	0,125	0,160	0,200	--
80	0,100	0,125	0,160	0,200	0,250	--
63	0,125	0,160	0,200	0,250	--	--

I denti compensatori oltre a migliorare la superficie riducono le tensioni che si generano durante la brocciatura, anche per questo motivo hanno un incremento molto ridotto, cioè appena 0,01 – 0,02 mm.

I denti finitori non sono incrementati.

I denti levigatori, poiché lavorano per compressione senza asportazione di materiale, hanno un incremento molto basso per non generare sforzi eccessivi e per non produrre rigature sul pezzo. L'incremento per questo tipo di denti è normalmente di 0,005 mm.