

L'affilatura dei creatori

Da una corretta affilatura dei creatori dipende in gran parte la precisione della dentatura eseguita dal creatore, ma anche il rendimento dei creatori stessi è fortemente influenzato dal tipo di affilatura eseguita.

Affilare il creatore con condizioni di lavoro non corrette può, a volte, facilitare la rottura dei denti del creatore.

Vengono qui esaminati alcuni aspetti di questa importante operazione.

La manutenzione dei creatori è un'operazione molto delicata che deve essere eseguita da operatori specializzati o, ancor meglio, da centri di servizio che dispongano di macchine efficienti e di impianti moderni.

Oggi non è più sufficiente affilare il creatore rispettando le tolleranze geometriche prescritte, bisogna anche porre attenzione a come si affila, cioè a quali condizioni di lavoro assegnare alla affilatrice, in modo di impedire riscaldamenti localizzati che generano, senza alcun dubbio, delle tensioni sui denti dei creatori.

Queste tensioni costituiscono un pericolo di rottura precoce del dente, perché innescano delle microfessurazioni alla base del dente stesso.

Questo pericolo c'è sempre stato, ma oggi, poiché le condizioni di lavoro in dentatura sono estremamente spinte, eventuali tensioni che indeboliscano la resistenza del dente diventano ancor più pericolose.

Ma questo non basta ancora. Oggi, nella grande maggioranza dei casi i creatori, dopo l'affilatura vengono nuovamente ricoperti con il TiN o con altri film più sofisticati, come il TiAlN ed il TiCN.

Dopo l'affilatura vera e propria quindi i creatori dovranno essere preparati accuratamente per questa operazione.

Esistono infine delle problematiche di un certo tipo se dobbiamo affilare creatori in acciaio superrapido (HSS) e di altro tipo se si devono affilare creatori in Metallo Duro (Carbide).

Cominciamo con il dare la definizione degli errori che possono essere generati dall'affilatura, secondo la norma DIN 3968.

L'errore di forma e di posizione della faccia dei denti è indicato in figura N°1, in cui:

u = spostamento del piano di affilatura rispetto al piano radiale nel caso di affilature con angolo di spoglia frontale positivo. Per affilature radiali, il valore di u è nullo.

h = altezza utile del dente

e = errore di forma riscontrato.

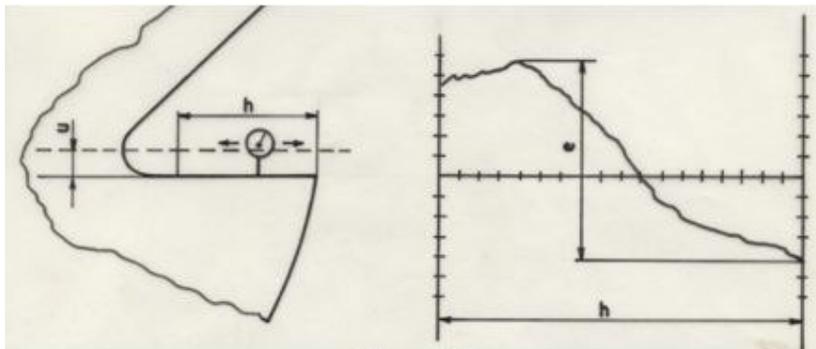


Figura N°1

L'errore di divisione tra due scanalature consecutive (misura da effettuarsi a metà altezza del dente) è indicato in figura N°2.

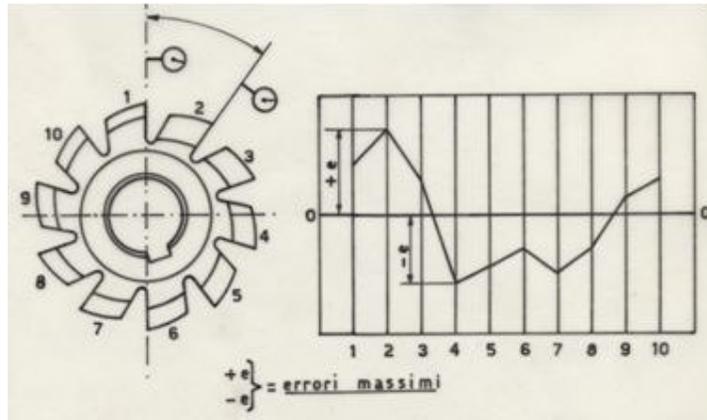


Figura N°2

Lo sbalzo in valore assoluto nella divisione tra due scanalature consecutive (misura da effettuarsi a metà altezza del dente) è indicato in figura N°3.

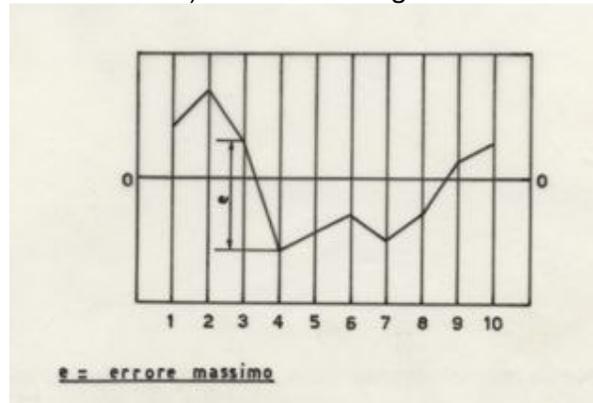


Figura N°3

L'errore cumulativo di divisione delle scanalature (misura da effettuarsi a metà altezza del dente) è indicato in figura N°4.

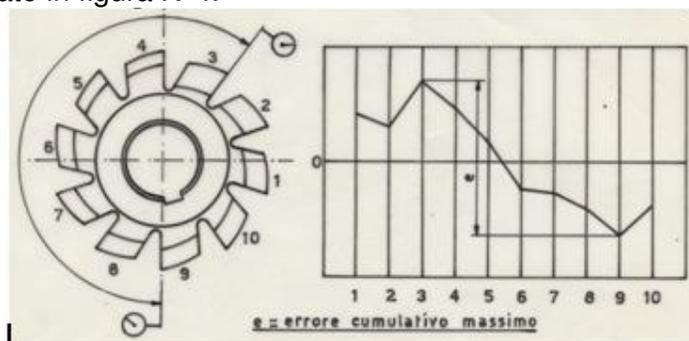


Figura N°4

L'errore sull'andamento delle scanalature è indicato in figura N°5. Questo errore è misurato su 100 mm di lunghezza.

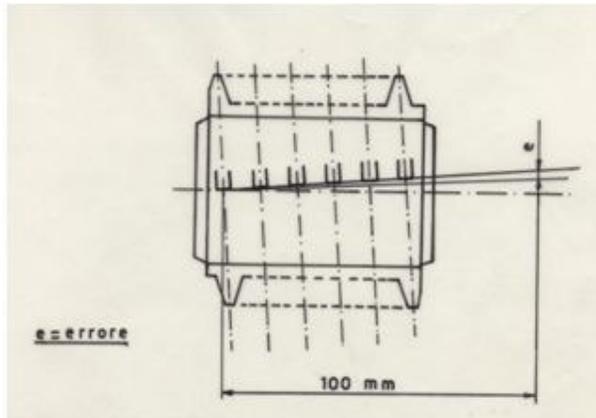


Figura N°5

Un errore di affilatura come quelli appena illustrato provoca inevitabilmente un errore sul profilo del dente dell'ingranaggio.

Nelle figure N°6- 7- 8 - 9, sono illustrati gli errori generati sul pezzo da ogni singolo errore di affilatura, per i quali non e necessario nessun commento data l'evidenza della correlazione tra gli errori sull'utensile e sull'ingranaggio.

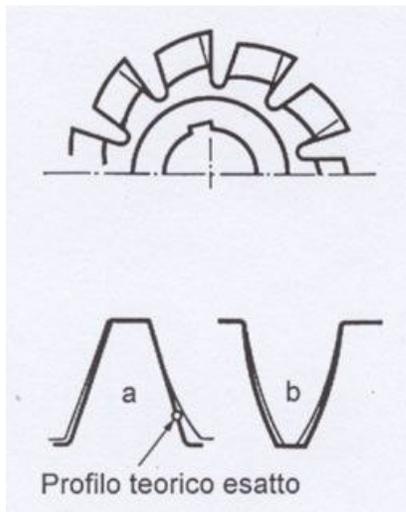


Figura N°6

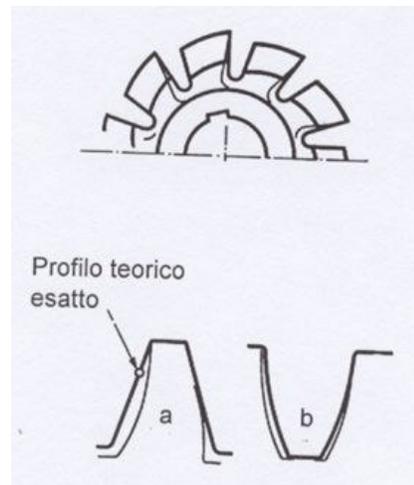


Figura N°7

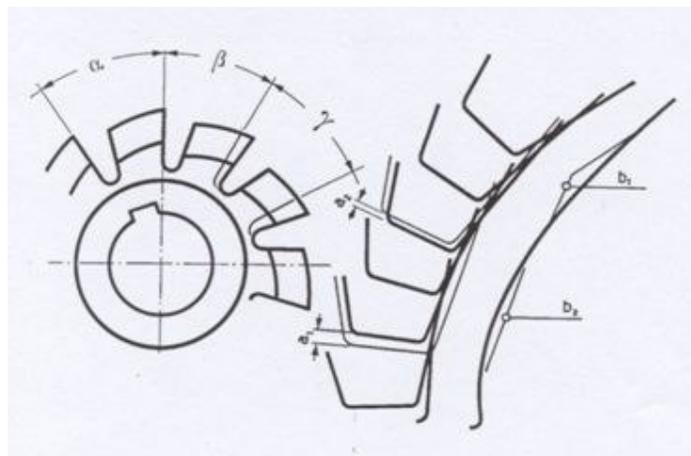


Figura N°8

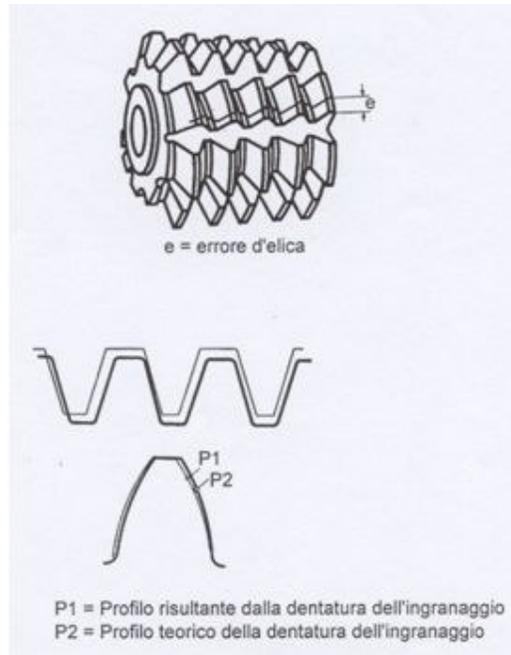


Figura N°9

A dire il vero, l'errore sull'elica del solco di affilatura provoca limitati errori sul profilo, tanto che le tolleranze su questo elemento sono piuttosto ampie.

Infatti, l'errore riscontrato su 100 mm di lunghezza del creatore, si ripartisce su ogni singolo passo della cremagliera di riferimento e quindi si riduce alquanto l'influenza sul profilo del dente eseguito.

Questo errore comunque genera una conicità sul diametro esterno del creatore, perché da una parte si asporta più materiale.

Questo fa sì che, a seguito dello shifting che sposta la zona di lavoro lungo l'asse del creatore, lo spessore cordale dei denti degli ingranaggi eseguiti non sarà sempre lo stesso.

Un discorso a parte va fatto per l'errore di forma della faccia affilata.

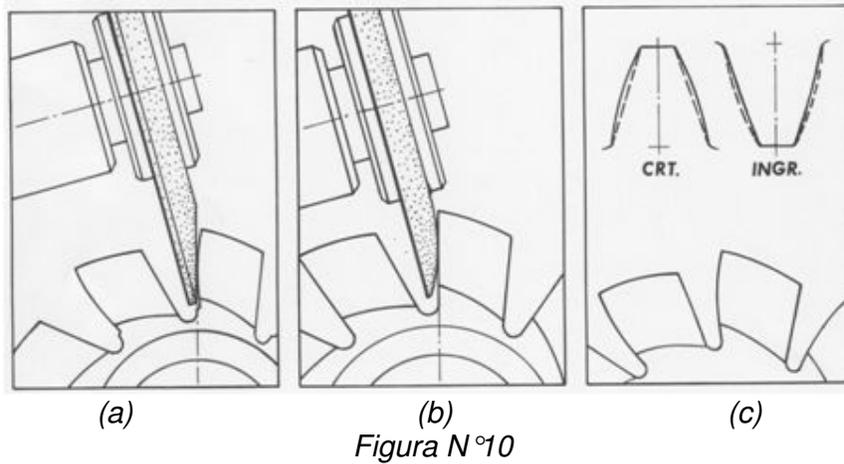
Se si affila un creatore con scanalature elicoidali, con una mola avente il tratto tagliente rettilineo, si genererà una faccia tagliente leggermente bombata, a causa dell'interferenza della mola sull'elicoide costituito dal solco di affilatura.

Questa convessità della faccia di affilatura sarà tanto più grande quanto maggiore è l'angolo dell'elica del solco di affilatura, e quanto più grande è il diametro della mola. Naturalmente, l'entità assoluta di questo errore dipenderà anche dall'altezza del dente del creatore.

Per questo motivo le affilatrici che sono in grado di affilare i creatori elicoidali, devono avere uno speciale diamantatore per sagomare la mola generando sulla stessa una convessità che compensi il fenomeno dell'interferenza.

Un creatore con la faccia di taglio convessa produrrà un dente dell'ingranaggio con più materiale in testa e più materiale al piede. Fino ad un certo punto questo errore sul pezzo può essere tollerato, ma se si vuole ridurlo è necessario, in primo luogo ridurre il diametro della mola e, se ciò non è sufficiente, bisogna sagomare la mola in modo opportuno.

Nella figura N°10a si vede come una mola con fianco rettilineo provochi una convessità sulla faccia di affilatura; in figura N°10b si vede come la mola con fianco convesso può produrre un dente corretto ed infine nella figura N°10c si vede il tipo di errore generato da un creatore con faccia di affilatura convessa.



Le condizioni di lavoro in affilatura

Le affilatrici per creatori oggi sono macchine a controllo numerico con almeno quattro assi gestiti dal CN come indica la figura N°11.

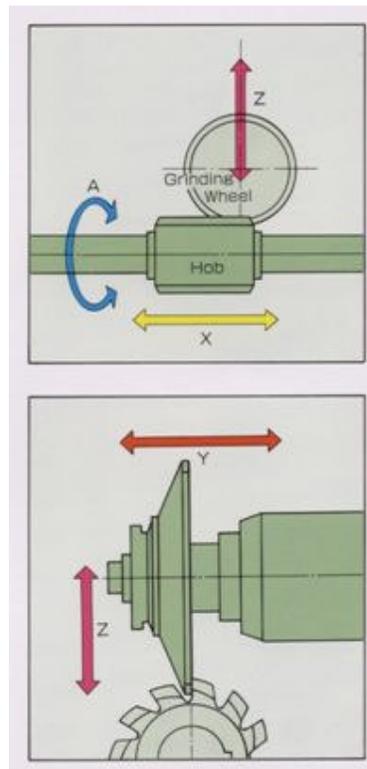


Figura N°11

L'asse A gestisce la divisione dei solchi d'affilatura e, interpolato con l'asse X, dà l'avanzamento di lavorazione nel caso di solchi elicoidali.

L'asse Z è un asse di posizionamento in funzione del diametro del creatore ed infine l'asse Y compensa l'usura della mola e posiziona la mola stessa fuori asse in caso di affilature con angoli di spoglia frontali positivi o negativi.

Lo spostamento "u" della mola rispetto l'asse del creatore dipende sia dall'angolo di spoglia frontale, sia dal diametro del creatore, essendo valida la relazione:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{2 \cdot u}{D}$$

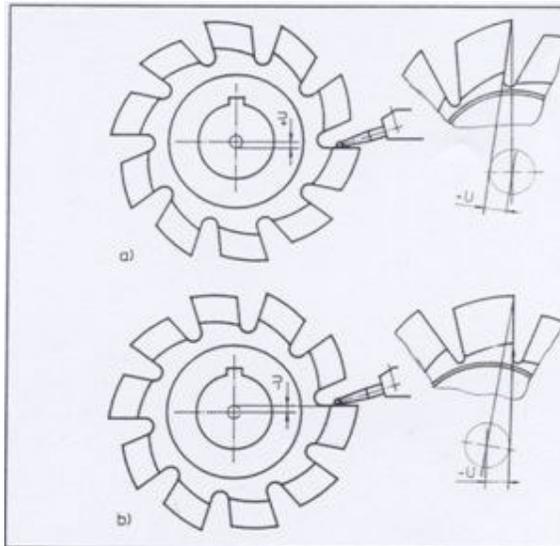


Figura N°12

- a)- *Spostamento sottocentro che genera un angolo di taglio positivo*
 b)- *Spostamento sopracentro che genera un angolo di taglio negativo*

Nelle macchine idonee ad affilare creatori con solchi elicoidali, inoltre ci sono altri due assi che gestiscono il diamantatore in modo da poter sagomare la mola per compensare gli errori di interferenza.

Le caratteristiche di lavoro sono ovviamente diverse nel caso si usino mole in ceramica (ossido di alluminio) o in CBN o diamante.

Non solo, bisognerà distinguere anche se si affilano creatori in Acciaio Rapido o in Metallo Duro.

Mole in ceramica su acciaio

Le mole in ceramica (ossido di alluminio) sono ancora largamente usate nell'affilatura dei creatori, sia perché esistono moltissime affilatrici che non sono in grado di usare le mole al CBN, sia per il loro costo ridotto ed infine a motivo che si possono sagomare facilmente nel caso di affilatura di creatori con solchi di affilatura elicoidali.

Possono essere impiegate mole con diametri molto diversi, ma normalmente si usano mole di 200 – 300 mm di diametro.

La grana può variare da 60 a 80

Le condizioni di lavoro in questo caso potrebbero essere:

- *Velocità di taglio = 30 m/sec*
- *Velocità di avanzamento = 10.000 – 12.000 mm/min*
- *Profondità di passata = 0,02 – 0,03 mm (per moduli fino a 3 mm)*
- *Per moduli oltre 3 – 4 mm profondità di passata ridotta a 0,01 – 0,02 mm.*
- *Si lavora anche nella corsa di ritorno con le stesse caratteristiche.*
- *La refrigerazione deve essere abbondante*

Le mole in ceramica in genere non permettono di ottenere una superficie affilata con un buona rugosità (Ra), e quindi dove è possibile è meglio usare mole al CBN. Nell'affilatura di creatori con solchi di affilatura dritti, per esempio, dove non sono necessarie modifiche del profilo della mola, è quindi preferibile usare mole al CBN.

Bisogna notare che la velocità di avanzamento deve essere ridotta se l'angolo dell'elica aumenta, cioè se il passo dell'elica diminuisce.

Il diagramma della figura N°13 indica la relazione tra il passo dell'elica e la velocità di avanzamento massima (in questa figura HN indica la lunghezza del passo dell'elica)

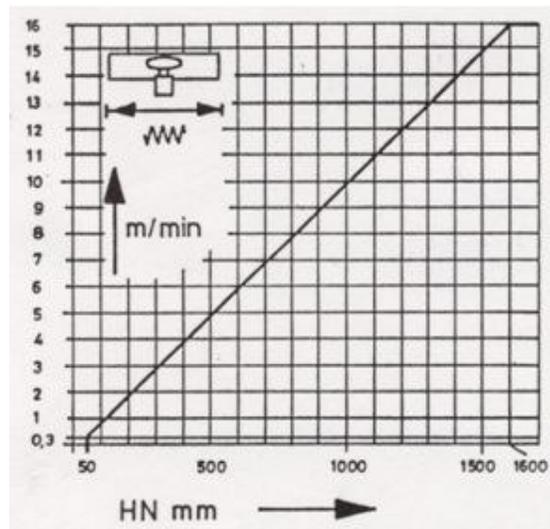


Figura N°13

Mole in CBN su Acciaio Rapido

Anche in questo caso ben definito, si possono fare delle scelte di metodo.

C'è qualche utilizzatore che preferisce asportare tutto il soprametallo (da 0,20 a 0,40 mm) in una sola passata, come indicato in figura N°14, adottando una ridotta velocità di avanzamento.

Questo tipo di mole hanno generalmente un diametro di circa 150 mm.

La specifica della mola normalmente prevede:

- *groszezza del grano (Grit Size) = 90 – 100*
- *concentrazione 100 - 125*
- *legante resinoide*

Le condizioni di lavoro in questo caso potrebbero essere:

- *Velocità di taglio = 30 m/sec*
- *Velocità di avanzamento = 200 mm/min*
- *Profondità di passata = 0,20 mm*

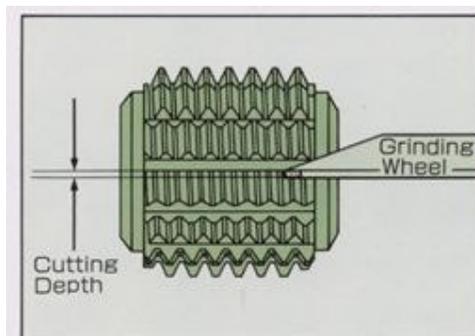


Figura N°14

Con queste condizioni però la mola resta per lungo tempo in contatto sulla stessa posizione del solco di affilatura, insistendo sulla stessa area dei denti e riscaldando localmente il creatore, specie se la refrigerazione è carente.

Come si è già accennato, questo riscaldamento localizzato è estremamente dannoso perché provoca forti tensioni sui denti e perfino modifiche strutturali sull'acciaio.

In definitiva la resistenza del dente diminuisce e sorge il pericolo di rotture precoci.

Inoltre, con questo metodo di affilatura, si forma, sul bordo dei denti del creatore, nel lato di uscita mola, una certa bavatura che, se non eliminata, può avere effetti deleteri sul rendimento del creatore, specialmente se si deve ricoprire il creatore.

Anche nel caso che il creatore non debba essere ricoperto, la bavatura su uno spigolo tagliente, quando viene in contatto con il pezzo da tagliare, si stacca e sullo spigolo tagliente lascia delle piccole scheggiature che favoriscono la formazione dell'usura o l'estensione delle scheggiature stesse.

E' meglio scegliere un ciclo di affilatura più complesso ed un poco più lungo, che prevede più passate, con basse asportazioni e con velocità di avanzamento differenziate, come il seguente esempio.

- *Velocità di taglio:* 30 m/sec
- *Sgrossatura:*
 - 0,03 mm di soprametallo per passata
 - avanzamento : 7000 mm/min
- *Pre-finitura:*
 - 0,01 mm di soprametallo per passata
 - avanzamento : 5000 mm/min
- *Finitura:*
 - 0,005 mm di soprametallo per passata
 - avanzamento : 3500 mm/min

Quindi: passate veloci, con asportazioni limitate e cambio di solco di affilatura per non dar tempo alla mola di riscaldare i denti del creatore.

La rugosità della superficie affilata deve essere la più bassa possibile, in modo che lo spigolo tagliente non risulti frastagliato. Se si verificasse ciò, l'usura e le scheggiature si formerebbero più facilmente. La rugosità ammessa è al massimo $R_a = 0,20$ micron.

Dopo l'affilatura, i pezzi che devono essere ricoperti con TiN vengono accuratamente sbavati e ripuliti con una operazione di corindonatura che, tra l'altro arrotonda leggermente gli spigoli taglienti.

A conferma che esiste una notevole differenza tra i due cicli di affilatura si sono eseguiti degli esami sulla durezza superficiale della faccia affilata, con lo scopo di determinare se erano presenti delle tensioni sull'acciaio. Il metodo seguito è stato il seguente:

- *misura della durezza Vickers (UNI ISO 6507/1/98) con carichi di 200 e di 50 grammi;*
- *rilievo della durezza al centro della faccia affilata e a 0,020 mm dallo spigolo tagliente;*
- *asportazione di 0,22 mm di materiale con condizioni di lavoro molto più leggere;*
- *nuovo rilievo delle durezza Vickers al centro ed in prossimità dello spigolo tagliente.*

I risultati hanno dimostrato che sui denti affilati con una passata e con forte asportazione esisteva una grande differenza di durezza tra centro e periferia, segno evidente di una tensione anomala nell'acciaio.

Dopo un'affilatura degli stessi denti con condizioni di lavoro più moderate la differenza di durezza tra centro e periferia si è drasticamente ridotta, segno questo di una riduzione o scomparsa delle tensioni interne. Ciò risulta in modo molto evidente dalle durezza Vickers HV 0,050.

Durezze Vickers rilevate		HV 0,200		HV 0,050	
		Al centro	Sul tagliente	Al centro	Sul tagliente
Prova N°1	Forte asportazione	1095	1006	1449	1197
		1095	1017	1435	1171
		1095	1017	1449	1171
	Debole asportazione	996	975	1006	881
		996	927	1027	873
		996	947	1006	878
Prova N°2	Forte asportazione	1072	965	1283	874
		1084	956	1197	876
		1072	985	1283	872
	Debole asportazione	965	937	985	891
		956	909	985	845
		956	937	985	891

Affilatura dei creatori in Metallo Duro

Arrotondatura degli spigoli. Si tratta in sostanza di *rompere gli spigoli* con un raggio di 0,005 – 0,015 mm . Questa operazione è detta anche, con una brutta parola derivata dall'inglese, *honatura*.

In teoria un tagliente leggermente raggiato resiste di più alle micro-scheggiature ed all'usura. D'altra parte la curva che rappresenta l'usura in funzione dei pezzi eseguiti (o meglio, dei metri di dentatura eseguiti), ha un primo tratto molto ripido, il che significa che lo spigolo si arrotonda in modo quasi immediato.

Ma se l'operazione si fa prima, oltre ad evitare scheggiature più grandi, si ha anche il vantaggio che il film del ricoprimento (TiN o TiAlN) aderisca meglio in prossimità dello spigolo ed abbia, in lavorazione, una resistenza maggiore.

L'operazione di sbavatura degli spigoli viene fatta normalmente a mano con l'ausilio di una lama di rame, successivamente si esegue un'operazione di corindatura per arrotondare gli spigoli.

Per l'affilatura si usano normalmente mole diamantate con una grana abbastanza fine, un esempio è:

- *Grana 64 (Grit size)*
- *Concentrazione 100*

Le condizioni di lavoro sono all'incirca le seguenti:

- *Velocità di taglio: 30 m/sec*
- *Sgrossatura:*
 - *0,03 mm di soprametallo per passata*
 - *avanzamento : 2000 mm/min*
- *Pre-finitura:*
 - *0,01 mm di soprametallo per passata*
 - *avanzamento : 900 mm/min*
- *Finitura:*
 - *0,005 mm di soprametallo per passata*
 - *avanzamento : 600 mm/min*

Sulla faccia di affilatura è ammessa una rugosità massima di $R_a = 0,20$ micron. Con i creatori in metallo duro è ancora più importante mantenere un R_a il più basso possibile.