

I diamanti sintetici nell'industria meccanica

L'industria meccanica usa sempre più frequentemente i diamanti sintetici in diverse applicazioni, ed in particolare nelle operazioni di rettifica dove è necessario ravvivare le mole con la massima precisione. Diamo qui qualche informazione di base su questo importante prodotto.

I diamanti sintetici sono da tempo associati alla maggior parte delle applicazioni industriali grazie alla loro durezza; questa proprietà fa del diamante il materiale ideale per gli utensili da taglio. In pratica è il materiale più duro in natura e quindi può essere usato per lucidare, tagliare, o asportare qualsiasi materiale, compresi altri diamanti.

Secondo la scala di durezza Mohs, il diamante non è superato da nessun altro materiale, ha una durezza 10. Per quanto riguarda i diamanti sintetici, la loro durezza dipende sia dal metodo di produzione sia dalla purezza della composizione, dalla perfezione dei cristalli e dall'orientamento degli stessi.

Lasciando da parte le applicazioni dei diamanti sintetici utilizzati nelle operazioni di asportazione di truciolo, cioè per esempio tornitura ed alesatura, esaminiamo in breve l'utilizzo di questo materiale nelle operazioni di rettifica.

Uno dei metodi più utilizzati per ripristinare la taglieria delle mole è quello di utilizzare un utensile ravvivatore fisso costituito da un diamante naturale o sintetico. Con questo metodo, valido sia per produzioni di massa che per lavori in piccole strutture artigianali, è possibile realizzare raggi e profili complessi sulla mola abrasiva fino al completo sfruttamento dell'utensile stesso.

Attualmente, sulle rettifiche a controllo numerico sono raggiungibili altissime precisioni sulle traiettorie definite dalla programmazione, ma il risultato effettivo sul profilo generato dipende anche dalla tipologia e dalla qualità dell'utensile ravvivatore utilizzato.

Risalgono alla fine del 1800 inizio 1900 i primi tentativi per realizzare diamanti sintetici per sostituire quelli naturali la cui disponibilità è molto inferiore alle reali crescenti necessità dell'industria.

Solo nel corso della seconda guerra mondiale, intorno il 1940, è stata avviata una ricerca sistematica per sviluppare diamanti sintetici con due tecnologie:

- *CVD (Chemical Vapor Deposition), cioè sintesi a deposizione chimica da vapore*
- *HPHT (High Pressure High Temperature) cioè sintesi ad elevata pressione e temperatura*

Queste due tecnologie, introdotte a partire dal 1953, sono attualmente quelle più diffuse nella produzione di diamante sintetico.

Un terzo metodo noto come *Detonation Synthesis*, è entrato nel mercato dei diamanti alla fine del 1990. In questo processo, granelli di diamante di dimensioni nanometriche vengono creati in una detonazione di esplosivi contenenti carbonio.

Infine un quarto metodo, prevede il trattamento di grafite con ultrasuoni ad alta potenza, ma si tratta solo di sperimentazioni di laboratorio, senza applicazioni commerciali, almeno finora.

Le proprietà del diamante sintetico dipendono essenzialmente dai parametri utilizzati durante la loro produzione, e possono essere inferiori o superiori a quelle dei diamanti naturali, ma in genere, con i due processi CVD e HPHT si possono ottenere diamanti con durezza e conducibilità termica maggiore rispetto i diamanti naturali.

Queste caratteristiche li rendono particolarmente idonei sia per lavorare mole abrasive sia per utensili da taglio (tornitura e alesatura di precisione).

Le caratteristiche essenziali che rendono il diamante sintetico preferibile al diamante naturale nelle applicazioni industriali sono:

- *Durezza superiore (con un ristretto intervallo di variazione)*
- *Elevata conducibilità termica (fino a 5 volte quella del rame)*
- *Basso coefficiente di dilatazione termica*
- *Inattaccabile da acidi o agenti chimici*

- Grafittizzazione solo a temperature superiori a 800°C in atmosfera contenente ossigeno.



Figura N°1 – Diamanti naturali

Principali proprietà fisiche dei diamanti sintetici

Durezza Vickers	100 KN/mm ²
Modulo di Young	1050 GPa
Densità	3,515 g/cm ³
Conducibilità termica	> 1800 W/m°K

E' prevedibile che i diamanti sintetici siano destinati a soppiantare completamente i diamanti naturali nelle applicazioni industriali e questo non solo a causa delle migliori caratteristiche fisiche, ma anche perché le risorse naturali diventano sempre minori a causa dello storico sfruttamento intensivo cui sono sottoposti i giacimenti sotterranei. La ricerca di nuovi filoni diventa sempre più costosa ed in definitiva antieconomica.

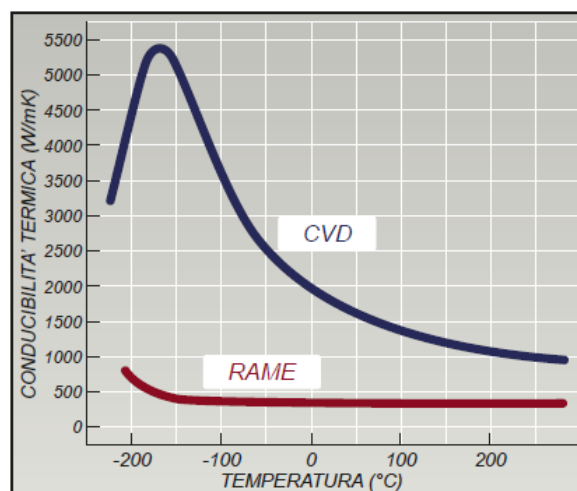


Fig. N°2 – Confronto della conducibilità termica tra rame e diamante sintetico

La ditta SERMA srl. (Bologna) è specializzata nella costruzione di ravnivatori a punta singola utilizzando diamanti sintetici sia CVD che HPHT (MCD).

Gli utensili per ravnatura della serie Diatron o Monosynt sono disponibili in una vastissima varietà di forme e dimensioni che coprono, in pratica, tutte le necessità presenti nell'industria meccanica.

Questi utensili ravnatori non sono solo convenienti a causa del prezzo, ma anche perchè i diamanti sintetici si possono produrre con forme ben definite che consentono un ancoraggio allo stelo molto più semplice e sicuro. La sezione costante, della parte tagliente attiva, cioè del diamante, permette la sua utilizzazione completa e permette una migliore ripetibilità nel set up, con una riduzione dei tempi passivi.

Il migliore ancoraggio del diamante sullo stelo permette di ottenere migliori prestazioni in termini di durata e di precisione.

Sfruttando la varietà di dimensioni della sezione, la gamma dei posizionamenti, le innumerevoli varianti opzionali, ed il numero di barrette è possibile creare utensili personalizzati, destinati ad un impiego universale oppure destinati ad una applicazione specifica. Le barrette sono inserite in una matrice metallica che costituisce un monoblocco duro e resistente all'usura, ma al tempo stesso con eccellenti proprietà di conduzione del calore per un trasferimento e dissipazione rapida di quello che si sviluppa nell'area di contatto.

L'efficienza del diamante sintetico è comprovata anche negli impieghi più severi, cioè quelli dove vengono utilizzate mole con abrasivi ceramici microcristallini denominati Cubitron o Seeded Gel.

La combinazione di tante possibilità diverse mette il DIATRON in competizione, limitatamente ad alcuni casi specifici, con i moderni utensili rotanti (rulli diamantati), dai quali si distinguono ancora oggi per un minor costo di esercizio e per la semplicità di installazione e di impiego.

Di preferenza la SERMA utilizza diamanti sintetici ottenuti con il metodo CVD, ma può utilizzare anche diamanti prodotti con il metodo HPHT (MCD = *Mono-Crystalline Diamond*). Con le barrette in diamante sintetico monocristallino MCD si possono ottenere prestazioni molto buone. Hanno l'indiscutibile vantaggio di una durezza superiore, mentre dall'altro lato la presenza della vena tenera costituisce il rovescio della medaglia che ne limita l'impiego. Così le barrette in MCD possono essere sfruttate al meglio nei casi in cui si debba ottenere il massimo risultato senza badare troppo ai costi e osservando il vincolo di orientare la direzione di usura diversamente dal piano di clivaggio preferenziale.

Una corretta operazione di ravnatura delle mole abrasive deve tener conto di alcuni aspetti tecnici molto importanti che, se sottovalutati, possono compromettere sia la precisione dell'operazione sia la durata dell'utensili ravnatore.

Con riferimento alla figura N°3 si possono approfondire un poco i tre aspetti fondamentali: le forze in gioco, lo sviluppo di calore, le vibrazioni.

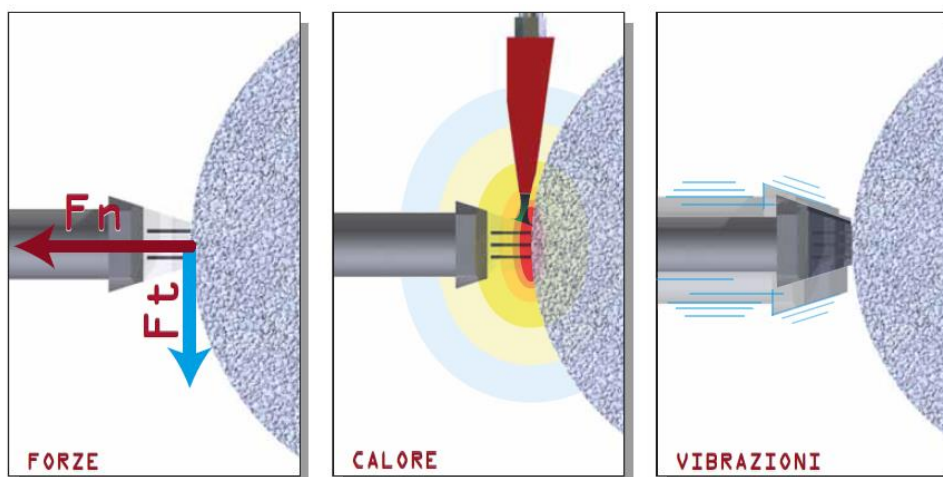


Fig. N°3- Elementi che influenzano pesantemente il risultato della diamantatura

Le forze in gioco

Profondità di passata troppo elevate mettono in serio pericolo la resistenza strutturale dell'intero ravnivatore e ne compromettono la tenuta. Passate con asportazioni notevoli dovrebbero dunque essere evitate, oppure limitate ai casi di formatura iniziale della mola in cui è consigliabile comunque utilizzare utensili esauriti. Anche nella operazione di ravnivatura si sviluppano forze normali e tangenziali rispetto alla direzione della barretta. La componente normale F_n è quella responsabile dell'usura e può raggiungere valori fino a 150 N, variabili in funzione della sezione delle barrette, del loro numero e disposizione, della profondità di passata, della specifica della mola e della sua velocità di rotazione.

Sviluppo di calore

Il calore si sviluppa a causa dell'attrito ed è un nemico subdolo ed insidioso. Infatti a causa della sua natura il diamante, essendo costituito da carbonio, ha la tendenza a graffitizzare. Prima di raggiungere questo stadio di pseudo-rammollimento, a temperature prossime agli 800°C si verifica l'ossidazione degli strati esterni che, nel caso specifico, assumono una colorazione nerastra. Pur non variando le caratteristiche fisiche delle barrette tale evenienza è indice di un eccesso di riscaldamento che prelude ad un cambiamento significativo delle proprietà fisiche. Una condizione ancora più gravosa provoca il rapido decadimento della resistenza del diamante.

Vibrazioni

Tutti i manuali, le teorie e l'esperienza pratica mettono in guardia dagli effetti deleteri delle vibrazioni in ogni tipo di lavorazione meccanica. Anche per gli utensili ravnivatori valgono considerazioni analoghe. Oltre alle cause che hanno origine dall'utensile stesso (ad esempio l'ancoraggio delle barrette, la saldobrasatura del sinterizzato, il fissaggio improprio o lasco, ecc.) non bisogna mai trascurare cause di altro tipo, quali possono essere la mola abrasiva sbilanciata, un supporto porta diamante inadeguato, viti a ricircolo o azionamenti usurati. Tutti i componenti strutturali della macchina hanno una importanza determinante ai fini della buona riuscita di una operazione di precisione e l'influenza di ognuno sul ciclo di ravnivatura dovrebbe essere attentamente valutata.

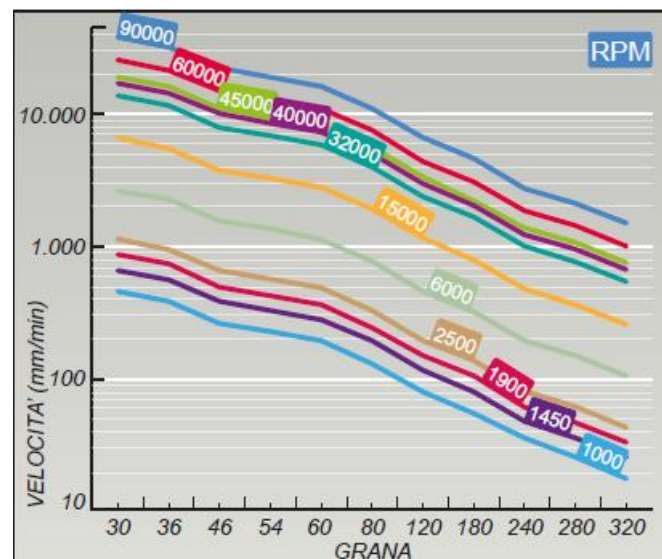


Fig. N°4 – Velocità di traslazione del diamantatore in relazione alla grana ed al numero di giri della mola

L'effetto del diamante sulla parte attiva di una mola è quello di creare una superficie in cui i grani di abrasivo, a geometria indefinita, possano esporre taglienti ben acuminati e idonei a penetrare nel materiale, asportando il sovrametallo richiesto. Poiché l'operazione di ravnivatura condiziona il rendimento della mola, assume una importanza cruciale il controllo dei parametri di processo. E' intuitivo infatti come il diamante produca nella sua azione un filetto che si sviluppa lungo la fascia di mola interessata. Il passo del filetto

dovrebbe essere in relazione alle caratteristiche del diamante e della granulometria della mola.

Affinché il processo possa definirsi efficace è indispensabile che, ad ogni rotazione della mola, vengano interessati dal contatto con il diamante tutti i granelli posti lungo circonferenze concentriche all'asse di rotazione della mola stessa.

Traducendo quindi il passo in spostamento assiale per giro mola, si ottiene facilmente il computo del valore di avanzamento da attribuire. In pratica questo ragionamento è alla base di ogni sistema di calcolo e dimostra come vi sia una proporzionalità diretta tra numero di giri della mola, grana, e geometria del diamante: ad un numero di giri maggiore corrisponde un avanzamento maggiore.

E' ovvio poi che nella pratica la semplificazione appena introdotta abbia sfaccettature tali da complicare il lavoro di operatori e programmatori di macchine a controllo numerico. Questi devono trovare un compromesso ideale mediando esigenze antitetiche come finitura e capacità di taglio.

Ad ogni modo si può anche dare una regola generale per i parametri fondamentali di ravnatura come segue.

- La diamantatura va eseguita sempre ad umido, con abbondante flusso di refrigerante
- La profondità di passata non dovrebbe mai essere superiore a 0,025 – 0,030 mm
- Massimo avanzamento per giro mola. 0,25 mm con i seguenti valori approssimativi.
 - Finitura : 0,05 – 0,10 mm/giro mola
 - Semifinitura : 0,12 – 0,18 mm/giro/mola
 - Sgrossatura: 0,20 – 0,25 mm/giro mola

Il complesso di ravnatori DIATRON e MONOSYNT della SERMA offrono costanza e ripetibilità che, unite alla facilità con cui si possono integrare e combinare in forme ad hoc li rende versatili e flessibili, adatti alle condizioni di utilizzo più disparate.

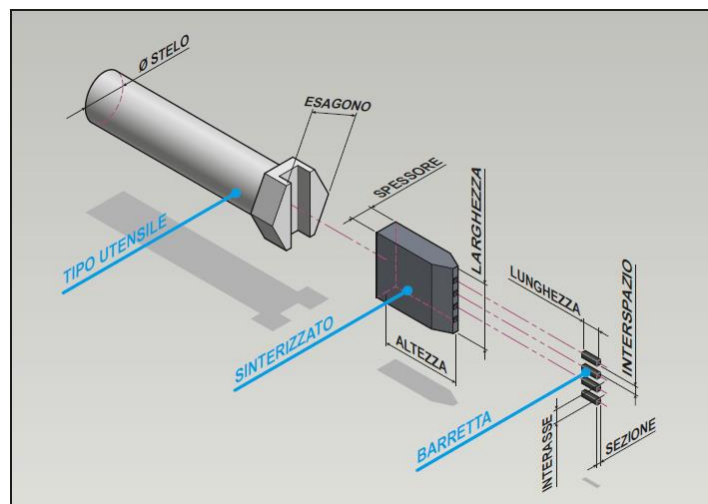


Fig. N°5- Elementi che compongono un utensile ravnatore

L'utensile ravnatore è costituito essenzialmente da tre elementi:

- Lo stelo, che ha la funzione di poter piazzare l'utensile in macchina e che quindi avrà una geometria che dipende dal tipo di rettifica, dalla posizione del gruppo diamantatore, dagli ingombri possibili ecc.
- La parte sinterizzata, che ha la funzione di inglobare e fissare la barretta (o le barrette) di diamante sintetico, sia questo del tipo CVD oppure MCD. Anche in questo caso le forme possono essere le più disparate in funzione al profilo della mola da ravnare.
- L'elemento attivo, costituito da una o più barrette di diamante sintetico, avente diverse dimensioni in relazione alla gravosità del lavoro cui è destinato e sagomato con estrema precisione in modo da garantire una profilatura accurata della mola.

Tra le varie forme di ravnivatori prodotti dalla SERMA nella figura N°6 sono rappresentati alcuni tipi standard. In pratica si possono costruire utensili diamantatori di ogni forma, in accordo con le esigenze delle più disparate operazioni di rettifica.

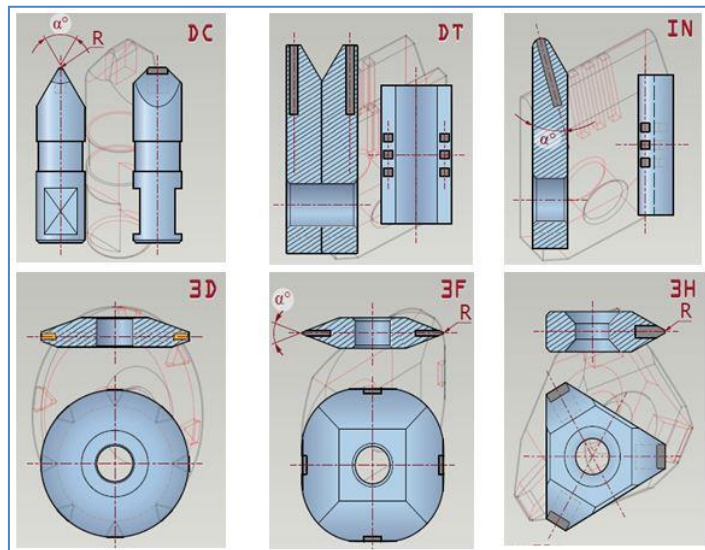


Fig. N°6- Esempio di alcune forme di utensili ravnivatore

Bianco Gianfranco
Ottobre 2014