

## 1 Rettifica

La rettifica è il processo di lavorazione abrasivo più usato.

Mole

L'abrasivo è legato, con un appropriato legante, a formare una ruota di simmetria assiale, accuratamente bilanciata per poter ruotare ad alte velocità.

La mola è uno strumento sofisticato realizzato in un ambiente di produzione rigorosamente controllato.

1. La forza del legame, che è governata dalla quantità, dal tipo e dalla distribuzione del legante, viene scelto in modo che la grana sia tenuta saldamente, ma al contempo si possa fratturare.

2 A un certo punto l'usura determinerebbe forze eccessivamente elevate sui grani, un riscaldamento eccessivo e una scarsa qualità della superficie; i grani devono quindi essere rilasciati per consentire a nuovi grani di sporgere dalla superficie.

Una conseguenza naturale di questo è che un volume della mola  $Z_s$  è perso nell'unità di tempo. Durante questo tempo, un volume  $Z_w$  viene rimosso dal pezzo da lavorare. Si è soliti esprimere il rapporto tra i due volumi come il rapporto di rettifica  $G$  (slide).

3 Dato che i grani si usurano più rapidamente lavorando materiali più duri, una regola generale stabilisce che una mola più tenera (meno legata) deve essere usata per lavorare materiali più duri.

I rapporti di rettifica sono tipicamente nell'ordine delle decine su acciai per utensili, circa 100-200 su acciai temprati, possono raggiungere centinaia o migliaia con CBN o diamante, ma possono scendere sotto l'unità su materiali molto duri.

2. Più spesso, la ruota non è piena ma ha una porosità controllata, una struttura più o meno aperta. Una struttura più aperta ha recessi più ampi, accoglie i frammenti finché non vengono allontanati dal fluido di rettifica e permette al fluido di rettifica di scorrere attraverso la mola.

4 La maggior parte delle mole è legata con il vetro. Le mole con tali leganti vetrosi sono le più forti e più dure e la composizione del vetro può essere regolata su una vasta gamma di punti di livelli di resistenza.

I leganti organici hanno una resistenza inferiore ma sono disponibili in una vasta gamma di proprietà.

5 Alcune mole sono legate con resine termoindurenti e possono essere facilmente rinforzate con anelli in acciaio o fibra di vetro o altre fibre, per aumentare la loro resistenza a flessione. Con i polimeri più flessibili, come vari tipi di gomma, si possono realizzare mole molto sottili, adatte per il taglio. Metalli (di solito un bronzo sinterizzato) vengono utilizzati con i superabrasivi, anche se il costo delle ruote piene è molto elevato.

**6** Sia CBN che diamante possono essere rivestiti con un metallo (in genere Ni o Cu) per migliorare il legame con la matrice; parte del miglioramento deriva dal bloccaggio meccanico con il rivestimento aguzzo. Sul diamante, un sottile rivestimento in Ti costituisce un'interfaccia TiC che migliora anche la ritenzione di cristalli.

**7** Le mole per velocità più elevate hanno zone centrali in composito rinforzato con metallo o fibre e l'abrasivo (o superabrasivo) costituisce uno strato di spessore 3-5 mm o è fissato in segmenti.

In alternativa, una mola in acciaio (spesso di forma) viene rivestita con un solo strato di superabrasivo mediante brasatura o elettrodeposizione. Tali mole rivestite hanno una struttura più porosa e lavorano a temperature inferiori.

**8** La dimensione e la distribuzione delle dimensioni dei grani e la porosità della struttura contribuiscono a determinare le prestazioni di lavorazione; per questo motivo, la normativa relativa alle mole prende in considerazione tutti questi fattori.

Variabili di processo

Le velocità di lavorazione sono di solito tra 20 e 30 m/s. Velocità fino a 150 m/s sono raggiunte nella rettifica ad alta velocità con mole e superabrasivi costruiti appositamente.

Di solito esiste una velocità ottimale con la quale il rapporto di rettifica  $G$  è massimo.

La figura mostra un esempio di targhetta identificativa di una mola. Il primo simbolo, opzionale, è relativo a una classificazione realizzata dal produttore per l'esatta identificazione del tipo di abrasivo, il secondo (A) ci dice che i grani sono in allumina, il terzo (36) indica la dimensione media dei grani, il quarto (L) fornisce il livello di resistenza meccanica del legante, che determina la forza con cui il legante trattiene i grani, il quinto (5), opzionale, il livello di porosità, il sesto (V) il tipo di legante, l'ultimo, opzionale, è un codice che permette di risalire al lotto del produttore

**9** La velocità di rimozione del materiale aumenta con la forza imposta sulla mola, ma, oltre un certo limite, il rapporto  $G$  diminuisce rapidamente.

Le condizioni pratiche rappresentano un compromesso, per dare un'alta velocità di rimozione del materiale con un rapporto di rettifica economicamente tollerabile.

Le elevate velocità di rotazione impongono forti sollecitazioni sulla mola e tutte le mole devono essere controllate su flange bilanciate per escludere difetti prima dell'installazione e le macchine hanno dotazioni per proteggere gli operatori.

## **10** Ravvivatura

Anche la mola ottimale è soggetta a variazioni graduali.

Può sviluppare un pattern di usura periodico che porta a vibrazioni e all'emissione di un forte rumore, oppure può perdere la sua forma anche se rimane equilibrata.

Nella lavorazione di materiali duri, l'usura provoca lucidatura della superficie. In alternativa, la superficie della mola può diventare intasata con il materiale del pezzo.

**11** Per tutte queste ragioni si rende necessario il ripristino della geometria desiderata e la rinvivatura (ripristino della capacità di taglio). Questo è di solito fatto nella rettificatrice stessa in modo che l'allineamento e il bilanciamento delle mole non vengano persi.

Sono usati due metodi di base.

In uno, la mola è rinvivata tagliando con una punta di diamante (nel caso delle rettifiche CNC, sotto controllo CNC) o con un disco rotante rivestito con diamante.

**12** Nell'altro, una mola con un legante fragile è pressata contro la superficie di un rullo di acciaio ad alta resistenza; questo è un metodo molto veloce e particolarmente economico per rinvivare mole di forma.

Le rinvivature non necessarie aumentano i costi, in particolare con i superabrasivi, quindi vengono impiegate varie tecniche di rilevamento (forza, coppia o emissione acustica) per monitorare le condizioni di rettifica e determinare le condizioni della mola.

Le mole con rivestimento superficiale non richiedono rinvivatura, ma possono essere rivestite nuovamente.