

Materiali per le mole abrasive

Le mole abrasive possono essere costruite con diversi materiali in funzione degli impieghi a cui sono destinate.

I più comuni materiali sono:

- *L'ossido di alluminio*
- *Il carburo di silicio*
- *Il nitruro di boro cubico*
- *Il diamante*

Esaminiamo ora le caratteristiche fisiche e tecnologiche di ognuno di questi materiali indicando anche i più comuni campi d'impiego.

Ossido d'alluminio

Ha composizione chimica Al_2O_3 . Si parla comunemente di ossido di alluminio, ma sarebbe più corretto dire *triossido di dialluminio*

Esso viene ottenuto con diversi metodi dalla fusione della bauxite, ottenendo lingotti di colore bianco o, in caso di aggiunta di piccole percentuali di ossido di cromo, di colore rosa. I lingotti vengono poi frantumati, puliti e i cristalli così ottenuti vengono classificati. Il miglioramento delle proprietà dei grani abrasivi avviene a seguito di successivi trattamenti termici.

Il grano di ossido di alluminio ha una durezza di oltre 2000 Kg/mm^2 nella scala Knoop, ma il processo di frantumazione del lingotto ne riduce la durezza perché provoca delle microfessurazioni sulla superficie del grano, alla fine la durezza media dei grani si può considerare di 2050 Kg/mm^2 Knoop.

Ricordiamo che la scala Knoop è un sistema di misurazione della durezza dei materiali, impiegato specialmente per materiali molto duri e fragili, per es. ceramica e vetro.

Venne sviluppato da Frederick Knoop e colleghi nel 1939 nei laboratori del *National Bureau of Standards* degli USA.

Il *test di durezza Knoop* viene fatto con un apparecchio simile a quello usato per determinare la durezza nella scala Vickers. L'impronta viene eseguita anche in questo caso ha una punta di diamante piramidale, ma con base romboidale allungata anziché quadrata come nella prova Vickers. Il carico applicato varia normalmente da 5 a 25 kg. È chiamato anche "*test di microdurezza*" perché le dimensioni dell'impronta vengono lette con un microscopio.

Una volta noto il carico applicato P (in kg) e la lunghezza L dell'impronta lungo la diagonale maggiore (in mm), il valore HK di durezza nella scala di Knoop viene calcolato con la formula:

$$HK = \frac{P}{C_p L^2}$$

dove C_p è un fattore di correzione dipendente dalla forma della punta di diamante, si considera normalmente 0,070279. Il valore ottenuto ha quindi la dimensione di kg/mm^2 .

Nella tabella N°1 sono riportati i valori indicativi della durezza Knoop comparati alla scala di Mohs.

Tab. N°1

Minerale	Scala di Mohs	Durezza Knoop	Minerale	Scala di Mohs	Durezza Knoop
Talco	1	1	Ortoclasio	6	560
Gesso	2	32	Quarzo	7	800 - 900
Calcite	3	135	Topazio	8	1300 - 1400
Fluorite	4	163	Corindone	9	2000
Apatite	5	430	Diamante	10	8000 - 8500

Esistono altri metodi per la produzione di ossido di alluminio, forse più costosi, che consistono in un processo di precipitazione in cui i cristalli di allumina (altro nome dell'ossido di alluminio) crescono singolarmente nella miscela. Alla fine vengono separati e classificati senza alcun processo di frantumazione. Si ottengono strutture monocristalline con una migliore tenacità e più alta resistenza alla frattura. Le principali caratteristiche sono:

- *Massa molecolare: 101,94 g/mo*
- *Aspetto: solido bianco*
- *Densità a 20 °C : 3,94 g/cm³*
- *Temperatura di fusione: 2.323 K (2050 °C)*



Figura N°1: *Cristalli di allumina*

Con il processo “*sol-gel*” per la produzione di abrasivi a base di microcristalli di allumina alcune industrie producono materiali con caratteristiche di resistenza molto elevate in quanto la natura policristallina dei singoli grani conferisce una maggiore resistenza alla propagazione delle fessurazioni a livello della microstruttura.

Con il termine *sol-gel* si indica una sospensione colloidale in grado di solidificare formando un gel. Il prodotto poroso ottenuto viene quindi purificato chimicamente e scaldato ad alte temperature, formando ossidi di elevata purezza.

Il processo *sol-gel* viene sfruttato per ottenere materiali vetrosi o ceramici. Questo processo implica il passaggio da una fase liquida di *sol* a una fase solida di *gel*. Il processo *sol-gel* viene utilizzato per ottenere materiali caratterizzati dal possedere varie proprietà, tra le quali appunto una fine struttura monocristallina.

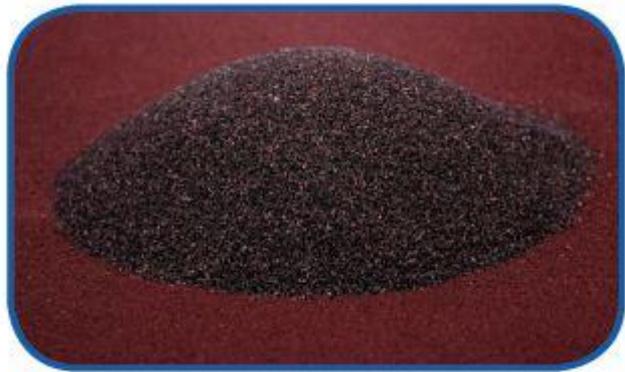


Figura N°2- Cristalli di ossido d'alluminio marrone (95% Al_2O_3 3% ossido di titanio) (CGW)



Figura N°3 - Cristalli di ossido d'alluminio bianco (99% Al_2O_3) (CGW)

Nella tabella N°2 sono riportati i valori della durezza Knoop dei principali tipi di abrasivo e di alcuni materiali tipici.

Tabella N°2

Materiale	Durezza Knoop	Materiale	Durezza Knoop
Diamante	8000	Singoli grani di carburi metallici	1900 - 2480
Nitrato cubico di Boro	4700	Ossido di alluminio	2050
Carburo di Boro	2800	Carburi metallici sinterizzati	1400 - 1800
Carburo di Silicio	2480	Quarzo	800 - 900
		Acciai duri (60 HRC)	740

Carburo di silicio

Come si può vedere dalla tabella N°2 il carburo di silicio (SiC) ha una durezza di poco inferiore al carburo di boro, che d'altra parte è poco usato come abrasivo per mole.

Il carburo di silicio è il più duro tra gli abrasivi ceramici convenzionali, ma comunque ha solo un terzo circa della durezza del diamante.

Tutto il carburo di silicio è prodotto sinteticamente attraverso la reazione tra la sabbia silicea ed il coke granulato in forni elettrici con resistenza di grafite ad alta temperatura (tra i 1600 e i 2500 °C).

Il materiale formato nel forno varia in purezza, a seconda della distanza dalla resistenza in grafite. Vicino alla resistenza si trovano i cristalli più puri che sono incolori, gialli pallido o verdi. Il colore varia da blu a nero a mano a mano che ci si allontana dalla resistenza, e questi cristalli più scuri sono meno puri.



Figura N°4- *Cristallo singolo di carburo di silicio prodotto da uno dei laboratori Minattec.*



Figura N°5 - *Cristalli di carburo di silicio nero (durezza 9,5 della scala Mohs) (CGW)*

Normalmente vengono prodotti due qualità: il carburo di silicio verde (>99,5%) ed il carburo di silicio nero (>98,5).

I maggiori produttori di questo materiale sono: Norvegia, Paesi Bassi, Spagna, Russia, Polonia, Canada, USA, Brasile, Messico, Venezuela, Cina, India e Giappone.

Gli abrasivi in SiC sono tradizionalmente usati nelle lavorazioni della ghisa, titanio, materiali non ferrosi, vetro, alcuni acciai inossidabili e specialmente nella rettifica degli utensili in carburi sinterizzati (*carbide*).

In molte di queste lavorazioni però è sempre più diffuso l'uso di mole diamantate.

Nitruro di boro cubico

Questo materiale, che è inferiore in durezza solo al diamante, è conosciuto comunemente con la sigla CBN.

Il nome è stato dato dalla General Electric Co. che è stato il primo costruttore a realizzarlo e che ha l'esclusiva del nome.

Altri produttori, come la Van de Beers, individuano questo prodotto con la sigla ABN.

Il CBN o ABN ha una struttura cristallografica cubica e proprietà simili al diamante, inoltre, è chimicamente inerte e quindi non ha nessuna reazione con i metalli ferrosi.

Il carburo di boro cubico è quindi il miglior abrasivo per la rettifica dei componenti ferrosi, specie gli acciai rapidi (HSS) e quelli fortemente legati.

Tutto il CBN è sintetico, non c'è nessun prodotto equivalente esistente in natura. Esso viene fabbricato con tecniche simili a quelle per la produzione dei diamanti sintetici.

Il materiale di partenza è il nitruro di boro esagonale che si trasforma in una struttura cubica sotto l'effetto di alte temperature e alte pressioni.

A differenza del diamante, di cui si parlerà tra breve, il CBN mantiene bene la sua durezza, che a freddo è di poco superiore alla metà di quella del diamante, anche all'aumentare della temperatura.

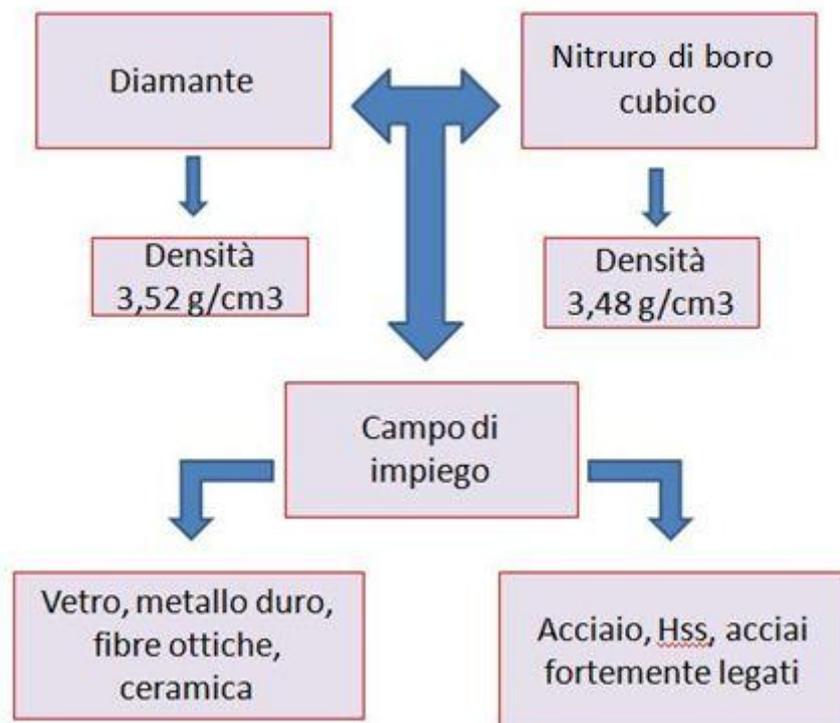


Figura N°6

Il diamante

Il diamante è un cristallo trasparente composto da atomi di carbonio a struttura tetraedrica. I diamanti hanno diverse applicazioni, grazie alle eccezionali caratteristiche fisiche del materiale di cui sono composti. Le caratteristiche più rilevanti sono l'estrema durezza (è il più duro materiale esistente), l'indice di dispersione, l'elevata conducibilità termica, col punto di fusione a 3.820 K.

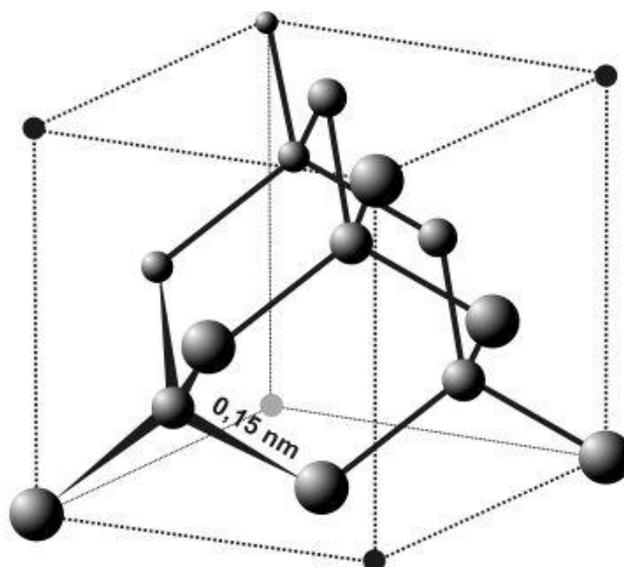


Figura N°7 – *Struttura tetraedrica di un cristallo di diamante*

Il diamante ha il più alto modulo di elasticità, cioè è il più rigido e anche il più fragile. Esso quindi è il miglior abrasivo.

Il suo tallone di Achille è costituito dal suo comportamento a usura chimica in quanto interagisce con i materiali ferrosi quando si raggiunge una temperatura vicino al 600 °C. Per cui il diamante può essere impiegato come abrasivo (ma anche come utensile) solo su quei materiali e su quelle lavorazioni, che permettono di mantenere la temperatura nella zona di contatto al di sotto di questa temperatura.

Esiste una vasta gamma di materiali che possono essere lavorati con efficacia da utensili, mole o rulli in diamante. Basti pensare al settore edilizio, per esempio, dove il taglio di calcestruzzo, di marmi, di ceramiche e vetro viene eseguito con utensili diamantati.

Ma nell'industria meccanica è molto usato nella lavorazione dei carburi metallici sinterizzati (carbide) sia sotto forma di mole abrasive che di utensili a punta singola.

Non tutti i diamanti hanno la stessa durezza. I diamanti più duri provengono dall'area del New England nel New South Wales (Australia). Questi diamanti sono in genere piccoli, di forma ottaedrica perfetta o semiperfetta, e sono utilizzati per lucidare altri diamanti. La loro durezza è considerata il risultato della modalità di accrescimento del cristallo, che è avvenuta in un'unica fase. La maggior parte degli altri diamanti evidenzia invece un accrescimento del cristallo in fasi successive, con inclusione di impurità e la formazione di difetti nel reticolo cristallino con conseguente diminuzione delle caratteristiche di durezza.

Gli abrasivi in diamante naturale sono prodotti con ciò che resta dall'estrazione della gemma e con il recupero dei materiali di scarto derivanti dal processo di lavorazione delle gemme stesse.

L'unità standard di misura del diamante è il carato che corrisponde a 0,200 grammi.

I più importanti giacimenti di diamante naturale si trovano in Africa (Sud Africa, Angola, Botswana, Zaire) e in misura minore in Australia e Russia.

Circa il 70% del diamante naturale nel mondo è commercializzato dalla Van de Beers.

Le particelle di diamante naturale di dimensione maggiore sono usate per la costruzione di utensili a punta singola o per rulli di diamantatura o per punte di perforazione, dove i diamanti sintetici di pari dimensioni risultano di costo proibitivo. Diamanti di dimensioni

intermedie vengono usati per la costruzione di seghe o certi tipi di mole, infine i frammenti più piccoli sono usati nei processi di lappatura.

Ma oggi la maggior parte dei diamanti per uso industriale è prodotto sinteticamente attraverso la conversione della grafite in diamante usando elevatissime temperature e pressioni.

La possibilità di controllare la temperatura e la pressione consente la fabbricazione di un'ampia gamma di cristalli di diamante atti a risolvere nel modo più conveniente tutti i problemi di lavorazioni di materiali duri nei diversi settori dell'industria.

Fino a circa una decina di anni fa la dimensione limite di un diamante sintetico era di circa un millimetro e nessun altro materiale oltre al diamante policristallino era disponibile con dimensioni maggiori.

Oggi sia la Sumitomo che la Van de Beers producono singoli cristalli di dimensioni maggiori che occupano sempre maggiori settori delle lavorazioni meccaniche.