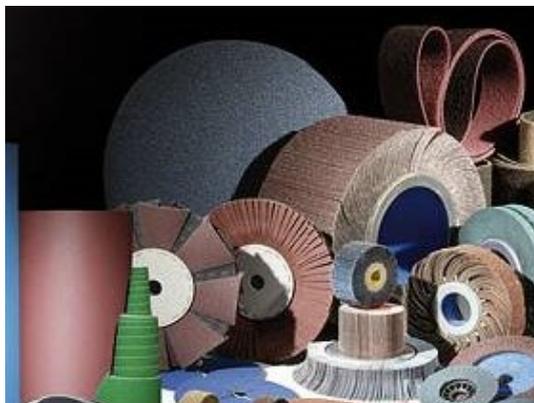


L'INDUSTRIA CHIMICA SPECIALISTICA.

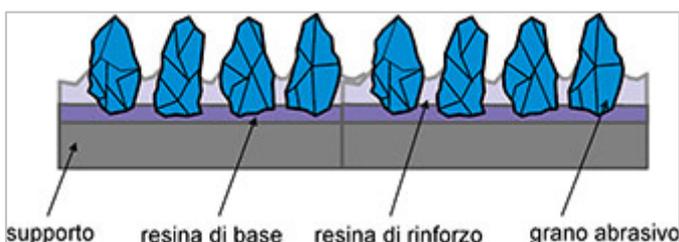
NOTA 1: GLI ABRASIVI

Ferruccio Trifirò

In questa nota sono analizzati gli abrasivi, un settore dell'industria chimica specialistica. Gli abrasivi sono a base di cristalli inorganici sia naturali sia, in gran parte, sintetici. Esempi sono il corindone, il diamante, il carburo di silicio, il nitrato di boro cubico e il carburo di boro. Ci sono abrasivi flessibili legati a fogli con dei leganti, abrasivi rigidi legati a moli e superabrasivi a base di diamante o nitrato di boro. Il ruolo degli abrasivi è essenzialmente lucidare, levigare e tagliare superfici di materiali.

**Introduzione**

L'industria specialistica è quella a valle della chimica di base e della chimica fine e che invia i suoi prodotti all'industria manifatturiera, al consumo e ai servizi. La chimica specialistica si basa sulla formulazione, ossia nel mettere insieme principi attivi, additivi ed ausiliari ed è il settore più importante della chimica italiana, il 65% delle aziende appartengono a questo settore ed il bilancio commerciale è positivo. In ambito di Federchimica all'interno delle 17 Associazioni di settore è presente l'Associazione AISPEC (Associazione nazionale imprese chimica fine e settori specialistici) all'interno della quale fra 14 gruppi è presente il gruppo "Abrasivi". Al gruppo Abrasivi sono associate 25 aziende fra grandi multinazionali e piccole e medie industrie italiane, che, con un fatturato di 450 milioni di euro e con 1500 addetti, rappresentano l'80% di quelle attive in Italia in questo settore [1]. Gli abrasivi sono noti fin



dall'antichità, infatti si producevano nei giacimenti di smeriglio dell'isola greca di Naxos e nei giacimenti di pomice delle isole Eolie. Gli abrasivi sono sostanze cristalline inorganiche di grande durezza, a grani con spigoli taglienti, usate in forma di polveri per lavorare superfici ed eseguire tagli. Le principali proprietà, oltre la durezza, sono la resistenza alla frattura, all'usura meccanica e chimica, la capacità di assorbire il calore attraverso la conduttività termica e la capacità termica [2, 3, 4, 5]. Ci sono abrasivi naturali, quali il diamante, il corindone (allumina), il quarzo, la sabbia, la pomice, la farina fossile, ed abrasivi sintetici, come alcuni dei precedenti (diamante e corindone) ed il carburo di silicio, il carburo di boro, il nitrato di boro cubico ed i metalli.

I grani abrasivi, orientati per mezzo di un campo elettrico in modo da esporre i loro bordi più taglienti, vengono fissati ad un supporto mediante un primo strato di resina e, quindi, tenuti in posizione da un secondo, più consistente strato di resina. In alcuni casi, al di sopra del secondo strato di resina o misciato alla resina stessa sono presenti additivi raffreddanti e lubrificanti allo scopo di migliorare le prestazioni dell'abrasivo. I leganti sono importanti componenti degli abrasivi, dove la chimica è coinvolta e fanno diventare gli abrasivi dei formulati: questi leganti possono essere resine, leganti galvanici, ceramici, metallo-ceramici, vernici, colle, gomma e

vetri. Gli abrasivi vengono utilizzati per operazioni di sabbiatura, rettifica, finitura, lappatura, pallinatura (trattamento di superfici metalliche con violenti getti di pallini sferici), lucidatura, taglio, foratura e levigatura di materiali. Sono in commercio abrasivi flessibili (carte, tele e fibre abrasive), abrasivi rigidi (mole convenzionali vetrificate a legante ceramico e mole troncatrici per operazioni di rettifica, affilatura, sgrossatura, taglio e finitura delle superfici) e superabrasivi (moli a base di diamante e di nitruro di boro cubico a legante resinoido, metallico, ceramico ed elettrodeposizione) per operazioni di rettifica, affilatura ad alte prestazioni. I prodotti abrasivi sono utilizzati in edilizia, meccanica, automobilistica, e fai-da-te per il trattamento di metalli, pietre, legno e carrozzeria ed, in particolare, sono utilizzati in costruzioni aeronautiche, auto e navali, produzione di utensili e cuscinetti, fonderia, carpenteria e finitura delle superfici, carrozzeria, produzione di mobili, manufatti in legno e parquet, vetro, elettronica e fai da te. In Italia le aziende attive in questo settore sono concentrate principalmente in Piemonte, Lombardia e Veneto, con un totale di circa 2.000 addetti. Le industrie che producono abrasivi fanno parte anche dell'associazione FEPA (Federation european producers of abrasives).

Materie prime per abrasivi

Saranno dapprima elencati gli abrasivi naturali e poi saranno esaminati quelli sintetici [3]. Tra gli abrasivi naturali troviamo lo smeriglio, il quarzo, la farina fossile, la pomice, il corindone e il diamante.

Lo smeriglio è composto da Al_2O_3 , ematite Fe_2O_3 , magnetite Fe_3O_4 e silicati vari ed è utilizzato per la levigazione di vetri (vetri smerigliati), di metalli e anche di pietre preziose e semipreziose.

Il quarzo, le quarziti e i vari silicati vengono usati come abrasivi; ridotti in polvere fine o granuli di varia grossezza ed applicati su carte robuste (carte vetrata) o tele.

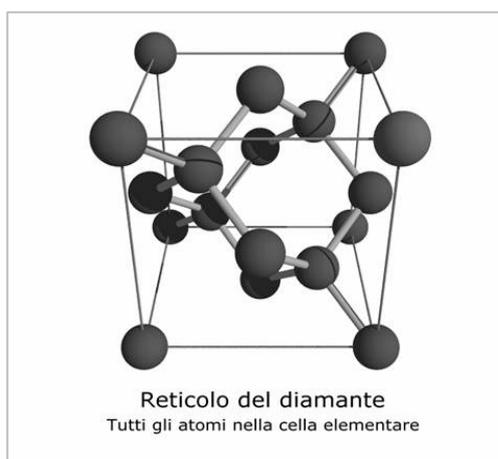
La pietra pomice è un silicato di sodio, potassio e alluminio usato nelle polveri e nei liquidi abrasivi di uso corrente casalingo e industriale.

La farina fossile è un abrasivo ad azione ancora più blanda di quella della pomice ed è usata per pulimentare superfici di metalli teneri.

Gli abrasivi sintetici si ottengono per fusione di polveri in forni elettrici: tra questi troviamo il corindone artificiale, il diamante artificiale, il carburo di silicio, il carburo di boro, il nitrato di boro e i metalli.

Il diamante è un cristallo trasparente composto da atomi di carbonio a struttura tetraedrica è il più duro materiale esistente, ha elevata conducibilità termica ed il punto di fusione a $3.547\text{ }^\circ\text{C}$, tuttavia presenta un aspetto negativo, in quanto interagisce con i materiali ferrosi, quando si raggiunge una temperatura vicino ai $600\text{ }^\circ\text{C}$, per cui può essere impiegato solo su quei materiali e su quelle lavorazioni, che permettono di mantenere la temperatura al di sotto di questo valore.

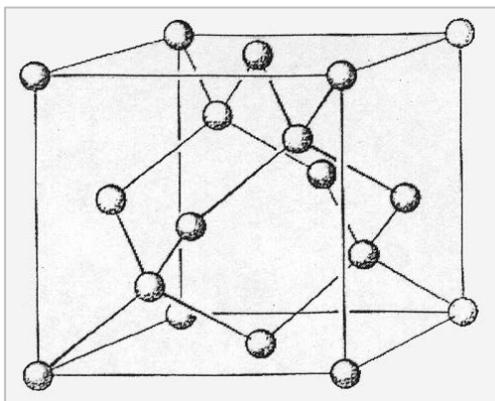
Esiste una vasta gamma di materiali che può essere lavorata con efficacia da utensili, mole o rulli in diamante, per esempio nel settore edilizio, dove il taglio di calcestruzzo, marmi, ceramiche e vetro viene eseguito con utensili diamantati. Il diamante nell'industria meccanica è molto usato nella lavorazione dei carburi metallici sinterizzati sia sotto forma di moli abrasive che di utensili a punta singola. Il diamante serve per perforare rocce, per tagliare vetri e cristalli, per tagliare gli stessi. 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, viene utilizzato il diamante di colore scuro o nero quindi quello che viene usato come abrasivo non è costoso. Oggi la maggior parte dei diamanti per uso industriale è prodotto sinteticamente attraverso la conversione della grafite in diamante usando elevatissime temperature e pressioni, rispettivamente 50.000 atmosfere e 1.200 °C. Più sofisticato il sistema CVD (carbon vapor deposition), il quale prevede la creazione di un supporto solido sul quale viene depositato un precursore molecolare in forma gassosa a sua volta veicolato da un gas da trasporto. Un'altra tecnica è la *Detonation Synthesis* (sintesi da detonazione) con la quale si creano granelli di diamante facendo detonare alcuni esplosivi in carbonio detonazione supersonica.

Il corindone è il materiale maggiormente utilizzato nella produzione di abrasivi flessibili ed è l'ossido di alluminio naturale o sintetico ottenuto dalla fusione ad alta temperatura (3000 °C) della bauxite. Si tratta di un minerale particolarmente duro e resistente agli urti ed all'usura, è utilizzato in nastri abrasivi, ruote lamellari, ruote lamellari con perno, anellini abrasivi.

L'allumina zirconio è l'abrasivo ottenuto per fusione ad altissima temperatura dell'ossido di alluminio (Al_2O_3) mischiato con il 25% o il 40% di ossido di zirconio (ZrO_2) ed leggermente



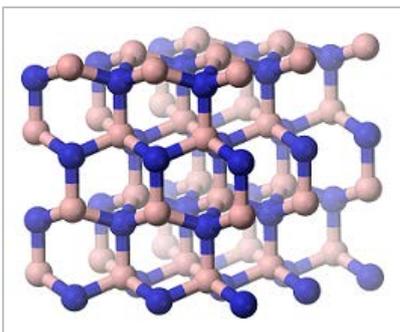
meno duro del corindone, ma decisamente più tenace, ma ha il difetto di essere termicamente instabile. La tenacità maggiore lo rende più performante del corindone nella lavorazione a nastro abrasivo a ruota lamellare di materiali difficili, quali gli acciai inossidabili.

L'allumina ceramica è un abrasivo ottenuto dall'allumina che viene ridotto in una polvere finissima (nell'ordine del millesimo di millimetro) per poi essere ricompattata e sottoposta ad un processo di sinterizzazione (a circa 1300 °C): il solido che si ottiene viene quindi frantumato, la

polvere fine di Al_2O_3 viene lavorata insieme con acqua, acidi ed additivi fino ad ottenere un gel che viene asciugato, frantumato ed infine sinterizzato con un processo è simile alla produzione di ceramica e porcellana, per ottenere il grano abrasivo della dimensione voluta. Il risultato è un abrasivo di durezza comparabile al corindone da cui si è partiti, ma con una struttura interna molto uniforme che lo rende più adatto per lavorazioni su materiali difficili (acciai inossidabili e legati), e per forti asportazioni (nastri abrasivi, ruote lamellari, ruote lamellari con perno, anellini rinforzati, dischi lamellari).

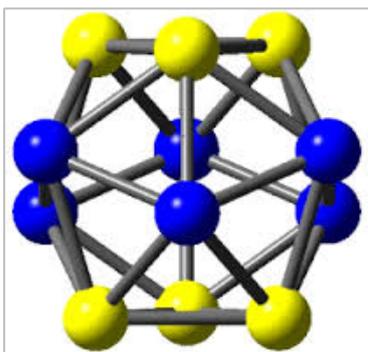
L'allumina sol-gel è un abrasivo ottenuto con una sospensione colloidale in grado di solidificare formando un gel. Il prodotto poroso ottenuto viene quindi purificato chimicamente e scaldato ad alte temperature, formando ossidi di elevata purezza. Il processo sol-gel viene sfruttato per ottenere materiali 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. Con questo processo 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.

Il nitruro di boro cubico (CBN) è il secondo materiale più duro conosciuto dopo il diamante, ma, diversamente dal diamante, è chimicamente inerte, non presentando alcuna reazione con i metalli ferrosi e quindi è il più adatto alla rettifica dei componenti ferrosi. La sintesi avviene per reazione fra l'acido borico o B_2O_3 , con urea o ammoniaca, ($\text{B}_2\text{O}_3 + 2\text{NH}_3 = 2\text{BN} + 3\text{H}_2\text{O}$) per ottenere una polvere di nitruro di boro che poi viene cristallizzato mediante calore intenso per formare nitruro di boro esagonale, che viene quindi trattato per formare nitruro di boro cubico tra 1200 e 2000 °C. Successivamente la miscela viene compressa ad alta pressione. Mentre il



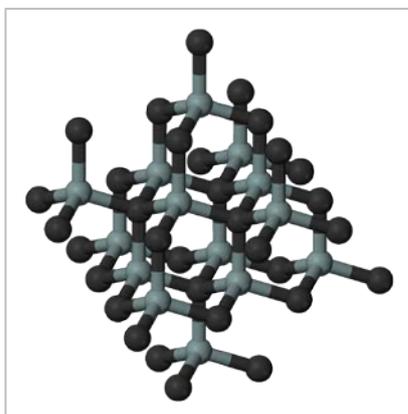
diamante inizia a decomporsi nell'aria a circa 800 °C, il nitrato di boro cubico è stabile in aria fino a circa 1.400 °C e per questo, in processi in cui si genera calore intenso, CBN è preferibile rispetto al diamante. Il materiale viene venduto coi nomi di Borazon e Ambrorite, ed è molto utilizzato per la costruzione di utensili da taglio e come abrasivo. Il borazone è l'unico materiale in grado di incidere il diamante (oltre al diamante stesso), il diamante e i CBN sono definiti superabrasivi, grazie alle loro elevate proprietà abrasive, per distinguerli dai materiali più convenzionali.

Il carburo di boro (B_4C) è il terzo abrasivo per durezza dopo il diamante. Ha il vantaggio che presenta una grande inerzia chimica, si ottiene per riduzione del B_2O_3 con coke in forno elettrico a 2.500 °C o per sintesi diretta. Si usa da solo o in miscela con SiC (10%) come abrasivo in lavorazioni meccaniche, nella rifinitura di vetri, nella pulizia delle pietre dure.



Per la sua alta capacità di catturare neutroni, viene impiegato in campo nucleare sotto forma di dischi, tubi o barre rivestiti di acciaio. Il materiale ha una resistenza molto alta alla corrosione e un'elevata resistenza alla compressione. Il B_4C è anche chiamato *Diamante Nero* ed è uno dei principali materiali usati per la macinazione e per la finitura di superfici lappate e tagliate di acciai temprati e metalli duri. Le polveri di B_4C sono anche utilizzate nel taglio degli zaffiri e in applicazioni di lucidatura. Il Boral è una soluzione acida di B_4C in alluminio, usata per barre di regolazione di reattori: è disponibile in polvere o pasta ecologica solubile in acqua, oppure in pasta solubile in olio adatta anche per lavorare pezzi ad alta temperatura.

Il carburo di silicio (SiC) o carborundum è considerato una ceramica ed è prodotto attraverso la reazione tra SiO_2 pura ed il coke granulato in rapporto stechiometrico in forni elettrici a temperatura fra 2.000 e 2.500 °C. Il SiC ha una struttura cristallina esagonale e per eliminare le impurezze dei metalli eventualmente presenti nella silice (Fe, Al ecc.) il prodotto viene lavato con H_2SO_4 per eliminare impurezze basiche e poi con NaOH per neutralizzare i residui acidi, e successivamente con acqua. Vengono prodotti due qualità di SiC: il carburo di silicio verde scuro o verde chiaro (>99,5%) ed il carburo di silicio nero (>98,5), che ha minori proprietà abrasive. Il SiC ha solo un terzo circa della durezza del diamante ed ha una durezza di poco inferiore al carburo di boro, quindi è il quarto abrasivo sintetico per durezza. Le proprietà del SiC sono: elevata durezza, elevata conduttività termica, elevata resistenza, bassa espansione termica e eccellente resistenza agli shock termici. Gli abrasivi in SiC sono tradizionalmente usati nelle lavorazioni di ghisa, titanio, materiali non ferrosi, vetro, alcuni acciai inossidabili e specialmente nella rettifica degli utensili in carburi sinterizzati e degli utensili in carburo di tungsteno, oltre che per l'impermeabilizzazione della carta, per la rifinitura della carrozzeria delle automobili e per la lappatura del vetro. Gli abrasivi a base di SiC sono carte tele e dischi abrasivi in sintetico a basso peso specifico, al carburo di silicio, per la finitura di marmi in genere, marmo-agglomerato e cemento per marmo terrazzo pietra. Viene impiegato e impastato con argilla per ottenere refrattari resistenti sino ai 2.000 °C.



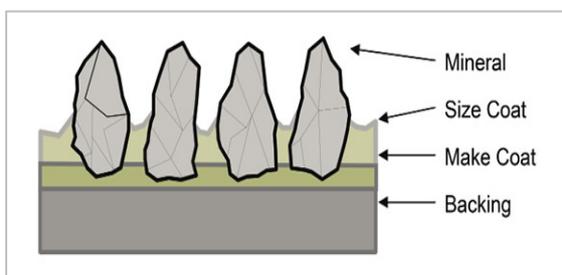
Il carburo di silicio (SiC) o carborundum è considerato una ceramica ed è prodotto attraverso la reazione tra SiO_2 pura ed il coke granulato in rapporto stechiometrico in forni elettrici a temperatura fra 2.000 e 2.500 °C. Il SiC ha una struttura cristallina esagonale e per eliminare le impurezze dei metalli eventualmente presenti nella silice (Fe, Al ecc.) il prodotto viene lavato con H_2SO_4 per eliminare impurezze basiche e poi con NaOH per neutralizzare i residui acidi, e successivamente con acqua. Vengono prodotti due qualità di SiC: il carburo di silicio verde scuro o verde chiaro (>99,5%) ed il carburo di silicio nero (>98,5), che ha minori proprietà abrasive. Il SiC ha solo un terzo circa della durezza del diamante ed ha una durezza di poco inferiore al carburo di boro, quindi è il quarto abrasivo sintetico per durezza. Le proprietà del SiC sono: elevata

durezza, elevata conduttività termica, elevata resistenza, bassa espansione termica e eccellente resistenza agli shock termici. Gli abrasivi in SiC sono tradizionalmente usati nelle lavorazioni di ghisa, titanio, materiali non ferrosi, vetro, alcuni acciai inossidabili e specialmente nella rettifica degli utensili in carburi sinterizzati e degli utensili in carburo di tungsteno, oltre che per l'impermeabilizzazione della carta, per la rifinitura della carrozzeria delle automobili e per la lappatura del vetro. Gli abrasivi a base di SiC sono carte tele e dischi abrasivi in sintetico a basso peso specifico, al carburo di silicio, per la finitura di marmi in genere, marmo-agglomerato e cemento per marmo terrazzo pietra. Viene impiegato e impastato con argilla per ottenere refrattari resistenti sino ai 2.000 °C.

I diversi tipi di abrasivi

Sono tre i tipi di abrasivi in commercio: flessibili, rigidi e superabrasivi [4]. Gli abrasivi flessibili sono prodotti in una grande varietà di tipi, forme e dimensioni, tali da permettere l'esecuzione di operazioni estremamente eterogenee fra loro, come la levigatura, la sbavatura, la pulitura e la finitura di superfici. Gli abrasivi flessibili sono costituiti da 3 elementi base: grani, leganti e supporto. Il supporto flessibile o semirigido sul quale sono posti dei grani abrasivi ancorati da un legante. I supporti impiegati negli abrasivi flessibili devono avere caratteristiche di resistenza per sopportare le pressioni di lavoro e di flessibilità per poter adattarsi alle sagome dei pezzi da lavorare. Si distinguono quattro tipi di supporti: carta, tela, fibra vulcanizzata e combinazione di carta e tela. I grani abrasivi sono costituiti da minerali naturali o artificiali scelti secondo le caratteristiche di durezza, tenacità, resistenza al calore, forma e tipologia di frattura. La capacità di un grano abrasivo di penetrare, scalfire e asportare materiale da una superficie dipende dalle caratteristiche appena elencate.

Gli abrasivi rigidi sono dischi sui quali sono depositati grani abrasivi uniti con leganti a base di resine o di vetro su moli utilizzate per il taglio, la rettifica di sgrossatura e di finitura fino all'affilatura. Le aziende attive in questo settore vendono moli e dischi piani per taglio di metalli, pietra e marmo dischi diamantati per il taglio, macchine per tagliare e forare i materiali



da costruzione, macchine per il taglio di asfalto e calcestruzzo. Le mole abrasive possono essere costruite con diversi tipi di grani in funzione degli impieghi a cui sono destinate. I più comuni materiali sono: l'ossido di alluminio, il carburo di silicio, il nitrato di boro cubico e il diamante.

I superabrasivi sono essenzialmente moli per taglio a base di diamante o CBN. Gli abrasivi

impiegati nella realizzazione di utensili possono essere divisi in sfusi, rivestiti e legati. Gli abrasivi sfusi sono l'allumina, il SiC, il vetro, la sabbia silicea, la plastica granulare e alcune pietre dure. Il processo viene abitualmente condotto in umido, con acqua come fluido di trasporto, oppure a secco. Gli abrasivi rivestiti comprendono un sottile strato di grani abrasivi aderenti ad un materiale di substrato come la carta, la stoffa, il feltro o la pellicola. Si tratta di prodotti ad elevate prestazioni, quali lamiere, nastri, dischi e mole. Gli abrasivi legati sono quelli in cui i grani abrasivi di natura ceramica sono legati insieme in una matrice per ottenere utensili come mole da rettifica, da taglio, da levigatura e da riaffilatura. Ci possono essere leganti vetrificati, leganti di resina e leganti in gomma a legame metallico.

Alcune aziende attive nella produzione di abrasivi

L'azienda francese Saint Gobain è la leader mondiale nella produzione di abrasivi ed anche leader italiana con direzione generale in Italia a Corsico (MI) e quattro stabilimenti a Corsico (MI), Caronno Pertusella (MI), Torino e Colledara (TE) con circa 475 dipendenti, un fatturato di 95 Mio €.

La SAIT Abrasivi, fondata nel 1953, è oggi una delle più importanti realtà nel panorama europeo e mondiale delle società produttrici di abrasivi rigidi e flessibili per impiego in campo industriale. A Collegno (TO) si trova lo stabilimento di produzione delle mole resinoidi rinforzate mentre gli abrasivi flessibili (carta, tela, fibra) sono prodotti nello stabilimento di Piozzo (CN).

La 3M SRL ha sede a Milano ed è una multinazionale ed è l'unica che commercializza in Italia fritte per dischi abrasivi e produce una linea completa di abrasivi in rotoli, dischi, piccoli utensili e sistemi microabrasivi.

La Siapi con sede a Milano è attiva dal 1929 ed è leader nel settore delle mole diamantate, in gomma, resina e ceramica ed è presente in 16 nazioni.

L'Abrasivi Norio snc è nata nel 1980 a Maniago (PN) e produce nastri abrasivi con carte e tele abrasive, allestisce nastri abrasivi per conto terzi con carte e tele di altre case produttrici fornite dal cliente e vende mole abrasive e dischi lamellari, ruote di contatto, ruote ad espansione ed altri accessori per la smerigliatura.

Surfaces Technological Abrasive SpA, con sede legale e produttiva a Cenate di Sotto (BG), è leader mondiale nel mercato degli abrasivi per il trattamento di lappatura e la finitura delle piastrelle in ceramica. Nella sede produce anche altri utensili (mole, rulli, spazzole protettive, ecc.) per la levigatura, mentre nella filiale di Sassuolo, all'interno del proprio laboratorio, vengono curate le attività di sviluppo nuovi prodotti in stretta collaborazione con i produttori di macchinari per la lappatura della ceramica e con gli utilizzatori finali. L'azienda è leader mondiale nel mercato degli abrasivi per il trattamento di lappatura e la finitura delle piastrelle in ceramica.

L'azienda ADI, fondata nel 1980 a Thiene (VI), da anni lavora nell'ambito dei prodotti abrasivi a base diamantata e ha sviluppato tecnologie innovative proprietarie per formulazione e produzione di abrasivi a base resinoide, vetrosa e metallica, per la lavorazione delle pietre e graniti, delle ceramiche, del metallo, del vetro e dei materiali sinterizzati di nuova generazione. Produce, inoltre, un'ampia gamma di utensili abrasivi, quali mole, rulli, dischi, per applicazioni a umido e a secco. ADI dispone di società controllate con basi produttive negli Stati Uniti, in Turchia e Brasile da cui servire rispettivamente il Nord America ed il Medio Oriente con un significativo potenziale di sviluppo. Il Gruppo ADI è leader europeo nella produzione e commercializzazione di utensili abrasivi diamantati per l'industria della ceramica, della pietra,



del vetro, della meccanica e dell'ottica. ADI sta inoltre diventando il leader mondiale per la produzione di utensili per la lavorazione de produzione di piastrelle ceramiche di ogni formato, mediante processi sia a umido che a secco.

La Winoia Italia Spa produce a Desio (MI) abrasivi metallici industriali anche per il settore del taglio di granito oltre che dei metalli ed una dei leader mondiali in questo settore.

TAF Abrasivi ha uno stabilimento a Monza per produrre una vasta gamma di abrasivi flessibili con supporti di tessuto, carta e fibra vulcanizzata,

nonché una linea di mole rinforzate ad impasto resinoide.

Consiglio Abrasivi, con sede a Sesto San Giovanni (MI) opera nel mercato degli abrasivi flessibili dal 1939, producendo carta vetro e tela smeriglio.

BIBLIOGRAFIA

¹<http://aispec.federchimica.it/Abrasivi/ChiSiamoAbrasivi/Gruppoabrasivi.aspx>

²S. Babirard, Kirk-Othmer Concise Encyclopedia of Chemical Technology, 2 Volume Set, 5th Edition 2007, pag. 1-23.

³www.sapere.it/enciclopedia/abrasivo.html

⁴<http://consiglioabrasivi.com/it/>

⁵<http://www.chimicamo.org/tutto-chimica/abrasivi-sostanze-di-grande-durezza-usati-nelle-lavorazioni-meccaniche.html>