

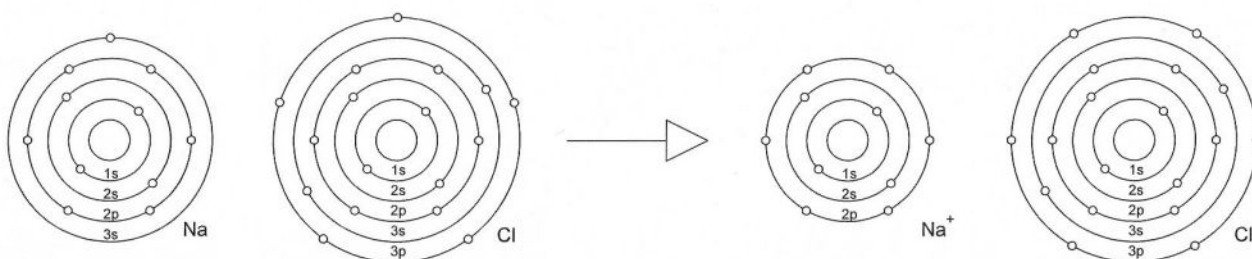
I materiali ceramici sono costituiti dall'unione di:

- atomi di elementi metallici e non metallici
- atomi di più elementi non metallici
- più atomi di uno stesso elemento non metallico

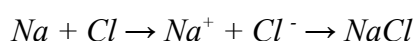
Gli atomi degli elementi sono uniti tra loro da legami di tipo *ionico* o *covalente*; tali legami sono molto forti quindi i materiali ceramici sono duri, refrattari (resistenti alle alte temperature), inerti (resistenti agli agenti corrosivi) ed isolanti (termici e/o elettrici).

La struttura dei materiali ceramici può essere di tipo cristallino (es. diamante) o amorfa (es. vetro).

Legame ionico: il legame ionico è un legame primario tra atomi di metalli e non metalli; consideriamo, ad esempio, un atomo di sodio (Na, metallo) e un atomo di cloro (Cl, non metallo). Gli 11 elettroni del primo sono disposti su quattro orbitali [1s (2 elettroni), 2s (2 elettroni), 2p (6 elettroni), 3s (1 elettrone)] con il quarto orbitale contenente un solo elettrone mentre i 17 elettroni del secondo [1s (2 elettroni), 2s (2 elettroni), 2p (6 elettroni), 3s (2 elettroni), 3p (5 elettroni)] sono contenuti su 5 orbitali dei quali il quinto richiede un solo elettrone per essere completato.



Grazie al trasferimento dell'elettrone gli atomi, che in origine sono elettricamente neutri, si trasformano in ioni

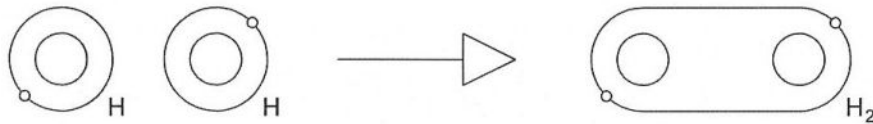


e per effetto della forza di attrazione tra il catione Na^+ e l'anione Cl^- si forma un sale chiamato cloruro di sodio ($NaCl$); questo legame viene chiamato ionico ed è generato dalla differente carica elettrica.

Nei solidi ionici gli ioni sono disposti in modo che ogni catione sia circondato soltanto da anioni (e viceversa) fino a formare un reticolo cristallino.

Nel caso i composti ionici siano formati soltanto da una coppia di ioni (es. $NaCl$, MgO) il reticolo cristallino è di tipo c.f.c. (cubico a facce centrate) o c.s. (cubico semplice); se i composti sono formati da più di una coppia di ioni (es. ZrO_2 , Al_2O_3) i reticoli sono di tipo diverso e non verranno trattati in questa sede.

Legame covalente: questo legame primario in genere si forma tra atomi dello stesso non metallo o tra atomi di non metalli. Il legame covalente è basato sulla condivisione di elettroni tra 2 atomi; se ad esempio prendiamo in considerazione una molecola di idrogeno H_2 vediamo che ognuno degli elettroni presenti in ciascun atomo di idrogeno nella molecola viene condiviso tra i due atomi in un orbitale chiamato *orbitale molecolare*



I solidi di tipo covalente sono formati da atomi che hanno coppie di elettroni in comune con gli atomi circostanti; nei solidi il legame covalente è il più forte tra i legami primari per via della sua direzionalità. Un esempio di tale direzionalità lo abbiamo nel diamante dove la cella cristallina ha la forma di un *tetraedro*; grazie alla forza del legame i solidi covalenti hanno alta temperatura di fusione, elevata durezza e sono cattivi conduttori.



Proprietà meccaniche: grazie ai legami ionico e covalente i materiali ceramici hanno valori superiori ai metalli sia del *modulo elastico* E che del *modulo specifico* E/ρ (il modulo specifico è il rapporto tra il modulo elastico e la massa volumica); rispetto ai metalli sono inoltre meno duttili e più fragili a causa della scarsa tenacità alla frattura.

I ceramici che hanno un reticolo cristallino di tipo ionico sono inoltre fortemente *anisotropi* ovvero le loro proprietà meccaniche variano grandemente a seconda della direzione di applicazione delle sollecitazioni.

Tutte le proprietà fin qui indicate sono spiegabili con il *movimento delle dislocazioni*

⊥ simbolo della dislocazione

Movimento delle dislocazioni:
a) facile nei metalli puri;
b) difficile nei ceramici covalenti perché si devono rompere e riformare i legami interatomici;
c) facile lungo certe direzioni e difficile lungo altre nei ceramici ionici; normalmente predominano le direzioni di maggiore difficoltà.

Una verifica importante per i materiali ceramici è la cosiddetta *resistenza allo shock termico* che viene determinata immergendo ripetutamente in acqua fredda un provino riscaldato ad una temperatura via via crescente. La più alta differenza di temperatura che non provoca la rottura del provino viene definita resistenza allo shock termico (si misura in gradi Kelvin).

Microstruttura: i materiali ceramici sono costituiti da più cristalli detti grani che si trovano a contatto gli uni con gli altri; la disposizione dei grani deve essere tale da rispettare sia le regole della valenza che dell'alternanza della carica elettrica. Nella microstruttura sono presenti sia porosità che cricche dovute al processo produttivo; le seconde sono molto più critiche perchè indeboliscono notevolmente il materiale.

Abrasivi e refrattari: gli abrasivi sono materiali utilizzati nelle lavorazioni per asportazione di truciolo, mentre i refrattari sono materiali resistenti alle alte temperature; in entrambi le proprietà derivano dai fortissimi legami presenti nella loro molecola .

Per i materiali usati come abrasivi un'indicazione della durezza può ottenersi confrontando i valori presenti nella scala di Mohs (scala ordinata secondo 10 posizioni con al primo posto il talco e all'ultimo il diamante) o nella scala di Knoop. Gli abrasivi più diffusi sono il *corindone* (Al_2O_3) che viene utilizzato ad esempio per la costruzione delle mole e per sabbare i materiali e il *carburo di silicio* (SiC) che ha una durezza ancora maggiore e viene, ad esempio, utilizzato per realizzare mole in grado di lavorare materiali molto duri come il *widia*.

Tra i refrattari sono da ricordare l'*allumina* Al_2O_3 , la *silice* SiO_2 , il *caolino* ed il *refrattario silicoalluminoso*; gli ultimi due sono entrambi formati da allumina e silice in diverse percentuali.

Ceramici strutturali: sono materiali in grado di sopportare diversi tipi di sollecitazioni meccaniche (trazione, compressione, flessione, urto, usura).

I ceramici strutturali possono essere:

- a base di ossidi (es. ossido di zirconio ZrO_2)
- non a base di ossidi (es. carburo di silicio SiC, nitrato di silicio Si_3N_4)

Alcuni esempi di condizioni nelle quali vengono utilizzati materiali ceramici strutturali sono

- altissime temperature
- atmosfera corrosiva
- usura ad alta velocità
- mancanza di lubrificazione

Vetro: materiale solido amorfo composto principalmente da biossido di silicio (SiO_2); a causa dell'alta temperatura di fusione della materia prima (2000 °C) durante la produzione vengono aggiunti carbonato di sodio (Na_2CO_3) o di potassio (K_2CO_3) per ridurre la temperatura di fusione a circa 1000 °C. Oltre i costituenti principali appena citati possono venir aggiunte altre sostanze per ottenere vetro con caratteristiche particolari.

Proprietà proprie del vetro sono: bassa elasticità, fragilità, durezza, impermeabilità, inerzia chimica, bassa conduttività termica ed elettrica, trasparenza.

Per particolari applicazioni e per evitare i rischi connessi alla rottura del vetro, quali la presenza di schegge particolarmente affilate ed acuminate, si ricorre al vetro temperato, laminato (definito anche stratificato) od armato.

Produzione dei ceramici: a causa dell'elevata temperatura di fusione e della impossibilità di adottare tecniche di lavorazione simili a quelle adottate per i metalli la produzione dei materiali ceramici avviene in genere per compattazione di polveri. Vediamo ora come vengono prodotti i principali materiali ceramici:

- allumina (Al_2O_3): dalla bauxite con il processo Bayer
- carburo di silicio (SiC): facendo reagire il silicio con carbonio
- nitruro di silicio (Si_3N_4): facendo reagire il silicio con l'azoto

Produzione del vetro: il vetro si produce a partire dalla silice e dal rottame di vetro proveniente dalla raccolta differenziata.

Le fasi della produzione sono:

1. riscaldamento a $1600\text{ }^\circ\text{C}$
2. affinazione grazie alla reazione tra i costituenti acidi e basici che si trasformano in anidride carbonica
3. estrazione del vetro fuso dal forno che, una volta parzialmente raffreddato, viene sottoposto alle lavorazioni richieste a seconda dell'uso al quale è destinato.