

# Appunti di Metallurgia e Materiali non Metallici

Mattia Ruffini

Febbraio 2022

# Indice

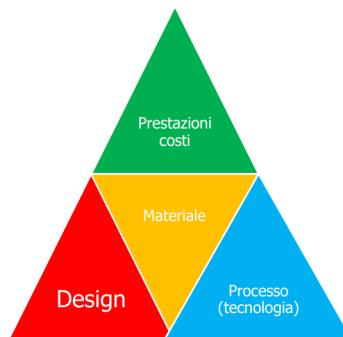
<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>2</b>
1.1	Classificazione dei materiali . . . . .	2
1.2	Alcuni cenni storici . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Metallurgia</b>	<b>4</b>
2.1	Fisica dei Metalli . . . . .	5
2.2	Reticoli di Bravais . . . . .	6
2.3	Reticoli compatti . . . . .	7
2.4	Lacune . . . . .	9
2.5	Materiali allotropici . . . . .	9
2.6	I reticoli Ideali . . . . .	10
2.6.1	Difetti di punto . . . . .	10

# Capitolo 1

## Introduzione

Un oggetto viene disegnato, lavorato e progettato a partire da alcune **funzionalità necessarie al nostro obiettivo**. DI conseguenza il materiale di un oggetto dice bene poco, perchè la scelta del materiale **deve essere accompagnata dalla funzione finale dell'oggetto**.

Nota che nasce da questi tempi è che **la scelta del materiale influenza l'impatto ambientale**.



### 1.1 Classificazione dei materiali

Esistono diversi tipi di materiali esistenti:

1. Metalli e leghe
2. Materiali polimerici
3. Materiali ceramici

4. Materiali compositi
5. Semiconduttori
6. Biomateriali
7. Trattamenti e rivestimenti superficiali

Tra tutte le caratteristiche che un materiale può avere quella principale è sicuramente la **densità**. Queste perchè da un punto di vista energetico costa di meno lavorare e trasportare un materiale con densità minore rispetto a quello con densità maggiore, si pensi al ferro con densità di 8 g/cc o l'alluminio (con un costo nettamente inferiore) con densità 2.7 g/cc .

## 1.2 Alcuni cenni storici

**1903** Viene inventato il primo Aereo dai fratelli Wright costruito con un telaio in abete ed acciaio, le ali erano in tessuto/pelle. Innovazione molto importante dell'epoca era nella scelta del materiale del blocco motore, anziché essere costruito in ghisa era costruito in alluminio, dunque con un peso molto ridotto.

**1915** Primo aereo completamente in metallo, con lamiera e tubi cavi.

**1936** Introduzione delle materie plastiche, bassa densità, resistenza meccanica minore ma comunque rafforzabile, e trasparenza.

**1950-1953** Utilizzo di leghe in Titanio, hanno una bassa densità ed elevate caratteristiche meccaniche.

**1969** Nascono i primi compositi in carbonio.

**1981** Utilizzo dei materiali ceramici in alcune applicazioni tecnologiche a causa delle loro proprietà meccaniche e dalla capacità di resistere ad alte temperature.

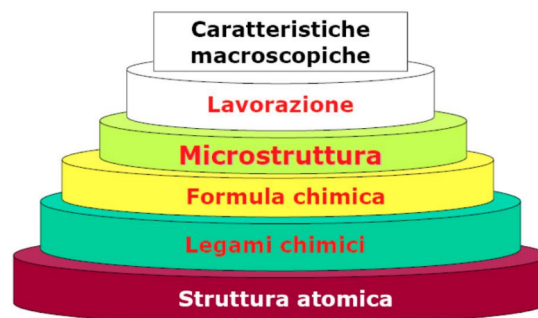
# Capitolo 2

## Metallurgia

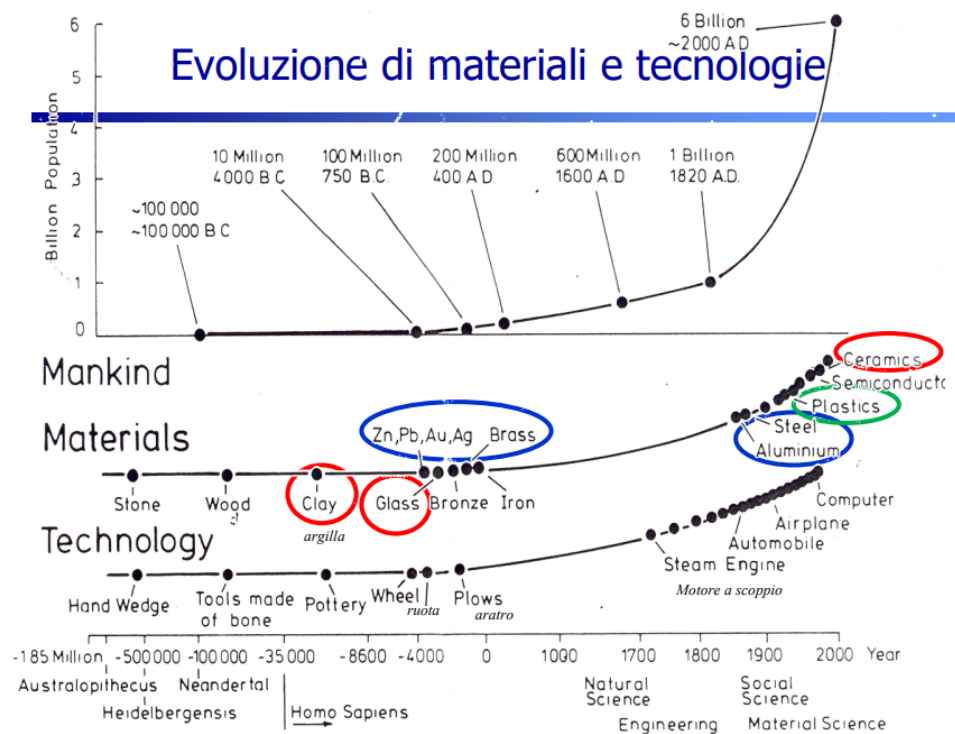
La metallurgia **studia i metalli e le loro caratteristiche/applicazioni**. Esistono tre tipi di metallurgia:

- Metallurgia chimica: studio e produzione dei metalli dalle materie prime;
- Metallurgia fisica: studia la struttura dei materiali metallici;
- Metallurgia meccanica: studia il comportamento dei materiali metallici se sottoposti a sforzo;

Le proprietà dei metalli sono date dalla loro struttura atomica, che ne influisce i legami chimici, la microstruttura, e lavorazione e produzione del metallo.



**Evoluzione dei materiali e delle tecnologie** Nell'antichità i primi materiali ad essere scoperti ed utilizzati nella lavorazione sono state le ceramiche come l'argilla. Dal grafico si può osservare come negli ultimi anni i materiali più innovativi sono state le ceramiche.



## 2.1 Fisica dei Metalli

La fisica dei metalli studia a livello atomico e microscopico le strutture di questi metalli, da cui derivano le proprietà macroscopiche. In particolare è **fondamentale il modo in cui gli atomi si legano tra di loro, e la loro disposizione nello spazio**. In chimica esistono tre tipi di legami:

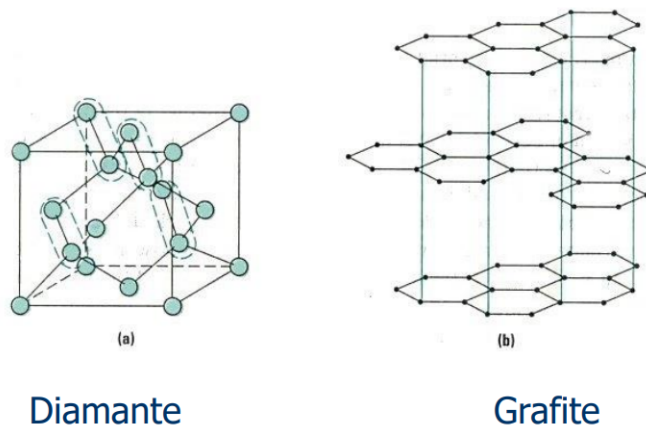
- legame ionico;
- legame covalente;
- legame metallico;

I primi due sono presenti nei **materiali ceramici**. Il legame covalente mette in condivisione gli elettroni tra gli atomi affinché i due atomi raggiungano lo stato più stabile, ovvero con energia interna minore. Il legame covalente è **direzionale**, ovvero fissa gli atomi che non sono mobili. Quindi il materiale costituito da legami covalenti **non avrà conducibilità termica ed elettrica**. Il legame covalente è un legame molto forte da rompere, quindi la temperatura per raggiungere il fuso è alta.

Nel legame ionico invece gli atomi sono cariche elettricamente, e si dispongono in modo da minimizzare l'energia del reticolo ionico: ogni ione è circondato da ioni di carica opposta. Per questo motivo il solido ionico non conduce la corrente elettrica e nemmeno il calore. Tuttavia ha una grande resistenza meccanica, perchè è difficile spostare gli ioni, perchè avendo la stessa carica si respingono. Per rompere il legame serve molta energia.

Il legame metallico invece è definito come cationi in un mare di elettroni. Gli **elettroni sono delocalizzati**, e questo produce conducibilità termica e elettrica. Il legame metallico non è direzionale, quindi il metallo può essere deformato e lavorato.

Oltre alle proprietà conferite dai legami è molto importante come un atomo si lega all'altro. Per esempio consideriamo il diamante e la grafite, che entrambi sono formati da atomi di carbonio ma legati in maniera differente.

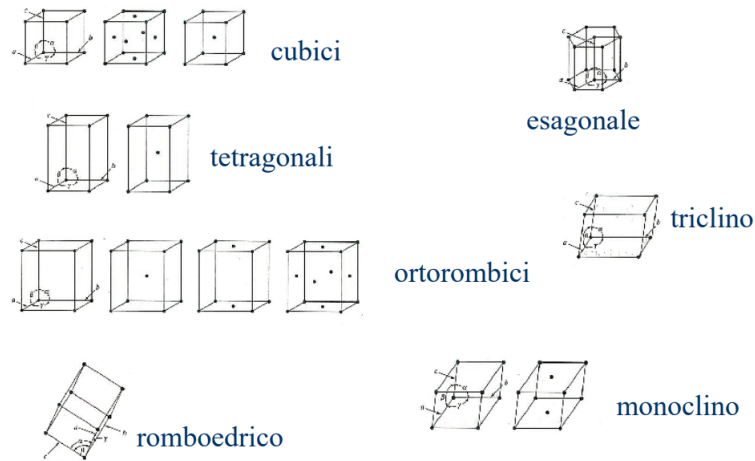


Per quanto riguarda i materiali metallici o ceramici questi acquisiscono la loro struttura durante il passaggio da liquido a solido. Questo perchè i materiali ceramici e i polimeri sono **monocristalli** o sono formati da più cristalli, in questo caso sono detti **policristallini**. Nei policristallini i germi in fase solida sono distribuiti casualmente nel fuso, e i cristalli che si formano hanno dimensione e direzione casuali. Solitamente un cristallo nasce nell'ordine del micron ( $10^{-6}$ ) mentre gli atomi sono nell'ordine dell'Angstrom ( $A = 10^{-10}$ ).

## 2.2 Reti di Bravais

In alcuni solidi gli atomi si organizzano nello spazio attraverso strutture ben definite dal punto di vista geometrico. Questi pattern ripetitivi sono detti

**Reticoli di Bravais.** In natura esistono solamente 14 tipi di reticoli:



Le geometrie sono solamente 14 perchè gli atomi tendono alla struttura che minimizza l'energia interna del sistema, e l'energia ha un ordine a corto raggio. Ecco la definizione di reticolo ideale: **"in un reticolo l'intorno di ogni punto deve essere identico"**. La struttura di un reticolo quindi è limitata da condizioni molto stringenti dal punto di vista geometrico ma anche energetico, per questo se ne trovano solo 14. Ai fini di questo corso studieremo i reticoli:

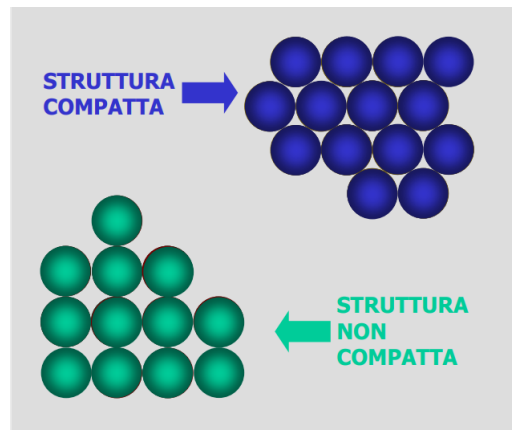
- **Cubico corpo centrato (CCC);**
- **Cubico a facce centrate (CFC);**
- **Esagonale compatto (HCP);**

## 2.3 Reticoli compatti

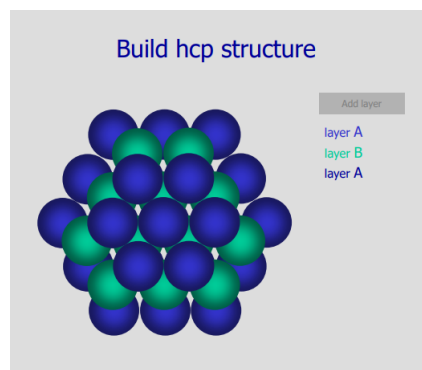
Per minimizzare l'energia interna del sistema gli atomi tendono ad occupare uno spazio molto ridotto. Esistono due tipi di struttura: **compatta** o **non compatta**.

La struttura compatta è la struttura **con il massimo grado di occupazione nello spazio**. Banalmente per decidere quale solido è più compatto basta osservare quante sfere sono a contatto con le altre.

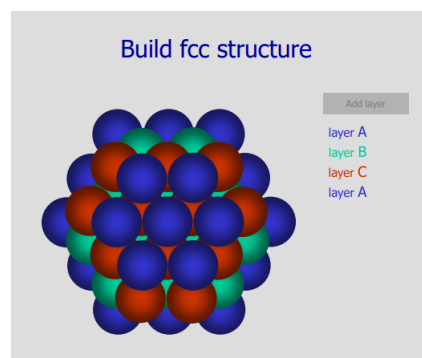




**Struttura dell'esagonale compatto** Per formare un solido con reticolo esagonale compatto possiamo immaginare di sovrapporre diversi layer, ognuno composto da atomi.



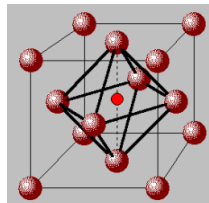
**struttura del cubico a facce centrate** Procediamo nel medesimo modo per quello esagonale compatto.



## 2.4 Lacune

All'interno dei reticoli, tra un atomo e l'altro ci sono degli spazi vuoti. Questi spazi sono detti **lacune**. Sono molto utili questi spazi perchè permettono l'avvelenamento nel caso di impurezze del solido oppure drogaggio se l'impurezza è inserita volontariamente. Ogni reticolo ha un diverso grado di occupazione, cioè il rapporto tra spazio occupato e volume della geometria: CCC 0.68 , CFC 0.74 , HCP 0.74 .

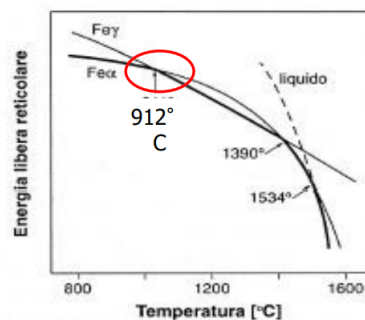
La lacuna più grande si trova nel reticolo con il grado di occupazione più alto, ovvero nel CFC, e in particolare è nel centro del cubo. La lacuna maggiore non è nel CCC perchè le lacune sono equi-disposte tra di loro.



Le lacune, come detto precedentemente, **possono essere riempite, per esempio, da materiali che non hanno una struttura cristallina.**

## 2.5 Materiali allotropici

Un materiale Allotropico è definito come un materiale che hanno forme equivalenti al variare della temperatura, ovvero la loro struttura cristallina non è fissa, ma può cambiare. Uno di questi materiali è il ferro.



Il ferro dai 912 gradi ha un reticolo CFC, ed è detto Ferro  $\gamma$ , mentre al di sopra dei 1290 gradi ha un reticolo CCC ed è chiamato Ferro  $\alpha$ . Cambiando il suo reticolo, il ferro **cambia la sua predisposizione ad accettare**

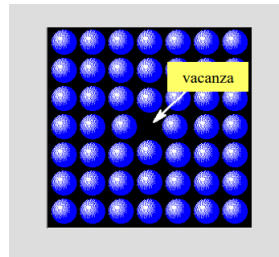
**altri elementi esterni.** Le lacune possono essere misurate a T costante, perchè più la temperatura aumenta più il solido si dilata e le molecole vibrano maggiormente.

## 2.6 I reticoli Ideali

I reticoli non sono perfetti, ma hanno diverse imperfezioni. questi difetti si classificano in **difetti di punto, difetti di linea e difetti di superficie.**

### 2.6.1 Difetti di punto

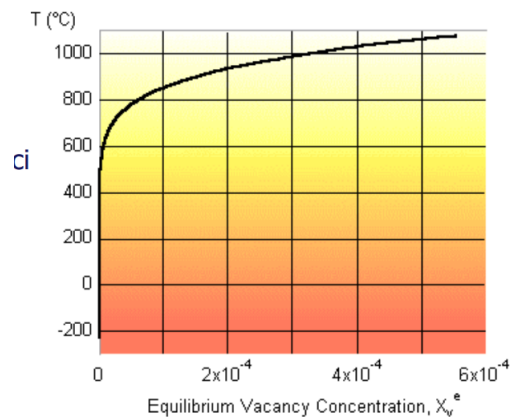
**Vacanze** Per vacanze si intende un posizione reticolare che dovrebbe essere ricoperta da un atomo per rispettare la definizione non è rispettata. Manca un atomo, che genera uno spazio vuoto **più grande delle lacune.** Le vacanze sono i difetti di punto più presenti. All'aumentare della T le vacanze aumentano, perchè aumentano i gradi di libertà degli atomi.



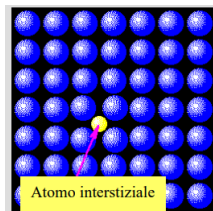
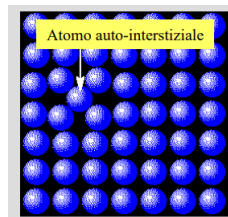
La legge che indica il numero di vacanze in funzione della temperatura è la seguente:

$$N_v = N e^{\frac{-Q_v}{kT}} \quad (2.1)$$

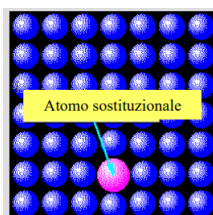
dove  $k$  è la costante di Boltzmann,  $N$  è il numero totale dei siti atomici e  $Q_v$  è l'energia di formazione.



**Atomi auto-interstiziali** Sono atomi che si inseriscono nelle lacune di un reticolo. E' più probabile che le lacune possano essere riempite da atomi di specie diverse da quelle del reticolo (**atomi interstiziali**).



**Atomi sostituzionali** La posizione di un reticolo è occupata da un atomo di specie diversa. Rompe il reticolo ideale perchè rompe il legame chimico.



Questi difetti causano la distorsione del reticolo fino ad un certo punto, oltre il quale il reticolo potrebbe rompersi.

