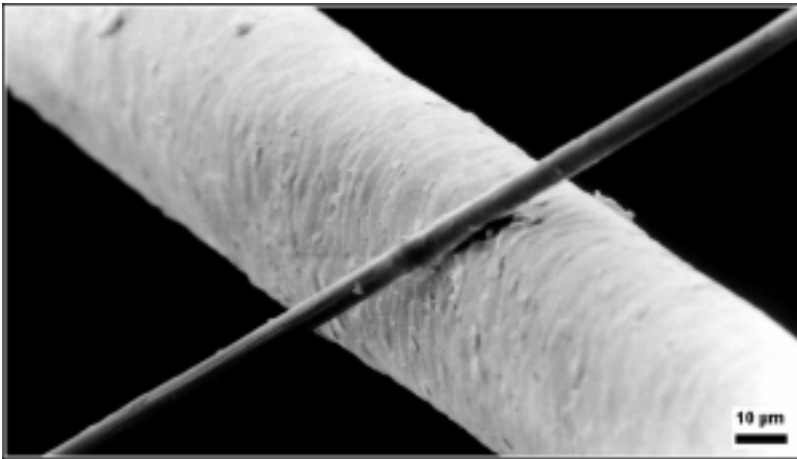


La fibra di carbonio

La fibra di carbonio è un materiale avente una struttura filiforme, molto sottile, realizzato in carbonio, utilizzato in genere nella realizzazione di una grande varietà di **materiali compositi**, che sono così chiamati in quanto sono costituiti da due o più materiali, che in questo caso sono le fibre di carbonio e una cosiddetta matrice, in genere di **resina** (ma può essere in altro materiale plastico o in metallo) la cui funzione è quella di tenere in "posa" le fibre resistenti (affinché mantengano la corretta orientazione nell'assorbire gli sforzi), di proteggere le fibre ed inoltre di mantenere la forma del manufatto composito.

Per la realizzazione di strutture in composito le fibre di carbonio vengono dapprima intrecciate in veri e propri panni in tessuto di carbonio e una volta messi in posa vengono immersi nella matrice. Tra le caratteristiche della fibra di carbonio spiccano l'elevata **resistenza meccanica**, la **bassa densità**, la capacità di **isolamento termico**, resistenza a variazioni di temperatura e all'effetto di agenti chimici, buone proprietà ignifughe.



Ogni intreccio di filamenti di carbonio costituisce un insieme formato dall'unione di molte migliaia di filamenti. Ciascun singolo filamento ha una forma approssimativamente cilindrica del diametro di **5-8 µm** e consiste quasi esclusivamente di carbonio (circa il 90%).

La struttura atomica della fibra di carbonio è simile a quella della **grafite**, consistendo in

aggregati di atomi di carbonio a struttura planare disposti secondo simmetria esagonale regolare. La differenza consiste nel modo in cui questi fogli sono interconnessi. La grafite è un materiale cristallino in cui i fogli sono disposti parallelamente l'uno rispetto all'altro formando una struttura regolare. I legami chimici che si instaurano tra i fogli sono relativamente deboli, conferendo alla grafite la sua caratteristica delicatezza e fragilità.

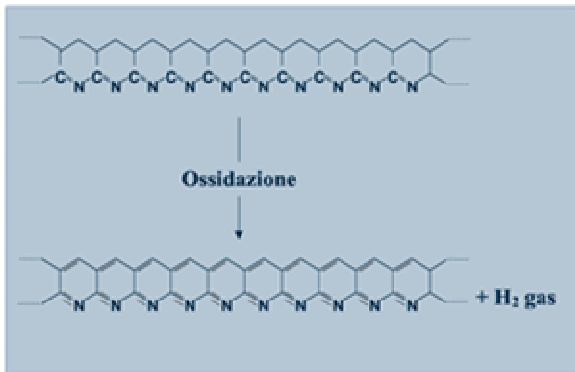
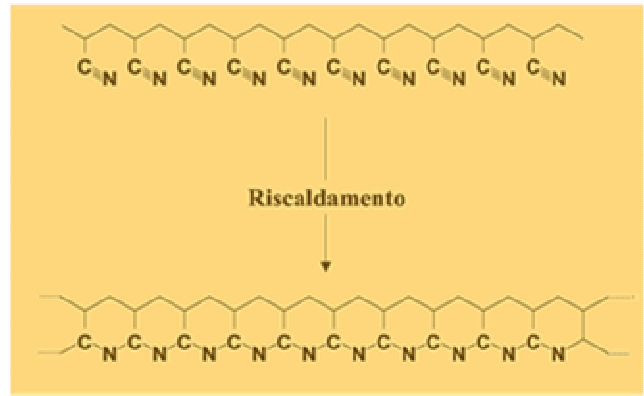
Le fibre di carbonio presentano un'elevata inerzia chimica nei confronti di moltissime soluzioni acquose. Vanno incontro a deterioramento se vengono a contatto con metalli e ossidi metallici a temperature superiori di 1000 K.

Industrialmente le fibre di carbonio vengono prodotte per lavorazioni ad alta temperatura di particolari fibre polimeriche dette "precursori". Il precursore attualmente più utilizzato per la produzione di fibre in carbonio è il **poliacrilonitrile (PAN)**, un materiale di per se molto utilizzato sia in campo tessile (i ben noti tessuti "acrilici" sono in massima parte costituiti da copolimeri di PAN) che in edilizia (molte delle fibre polimeriche utilizzate per prevenire le fessure da ritiro plastico nelle malte e nei calcestruzzi sono in poliacrilonitrile).

La produzione delle fibre di carbonio, a partire dal poliacrilonitrile, viene effettuata attraverso un processo industriale che prevede tre stadi:

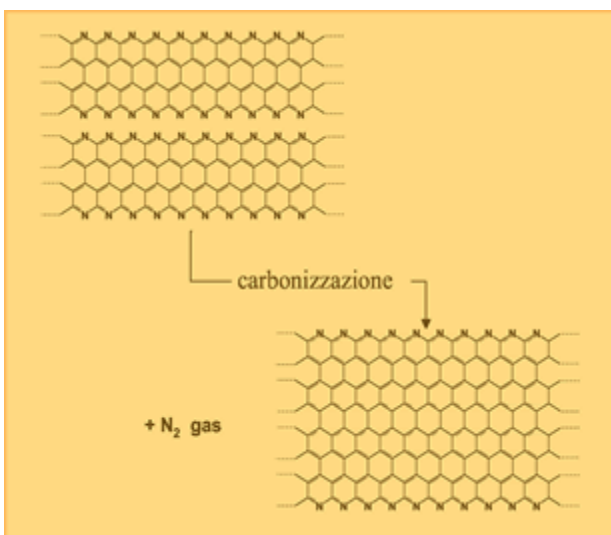
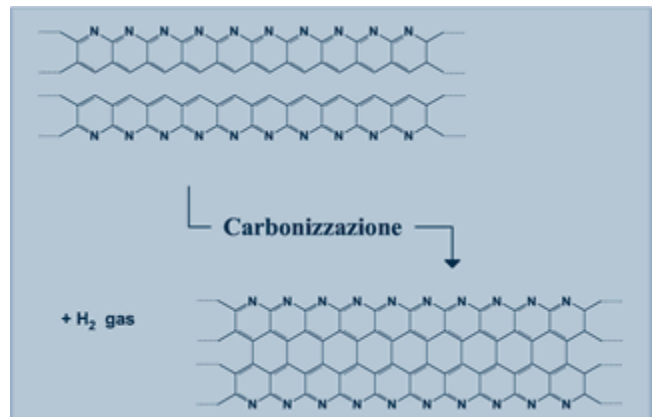
- a) Riscaldamento;
- b) Ossidazione;
- c) Carbonizzazione.

Nel primo stadio, le fibre di poliacrilonitrile vengono sottoposte ad un processo di **riscaldamento** all'aria fino a temperature di 300 , 400 °C. In questa fase il calore rompe il legame trivalente esistente nella cella elementare del polimero tra azoto e carbonio e determina la formazione di una struttura ciclica ad anello chiamata "tetraidropiridina"



Aumentando la temperatura, sempre in presenza di aria, fino a 700 °C, avviene il processo di "**ossidazione**" durante il quale vengono rotti i legami esistenti tra carbonio e idrogeno. Come conseguenza, gli anelli precedentemente formati diventano "aromatici". Il processo libera idrogeno allo stato gassoso.

Le fasi successive del processo ("**carbonizzazione**") avvengono in assenza di aria. In un primo stadio la temperatura viene fatta salire a valori compresi tra 400 , 600 °C. In questa fase le catene aromatiche precedentemente formate si fondono lateralmente mediante espulsione di atomi di idrogeno che si libera in forma di gas. Il risultato di questo processo è la formazione di polimeri "a nastro" (Fig. 3) costituiti da tre catene di anelli aromatici i quali presentano alle estremità laterali atomi di azoto (N).



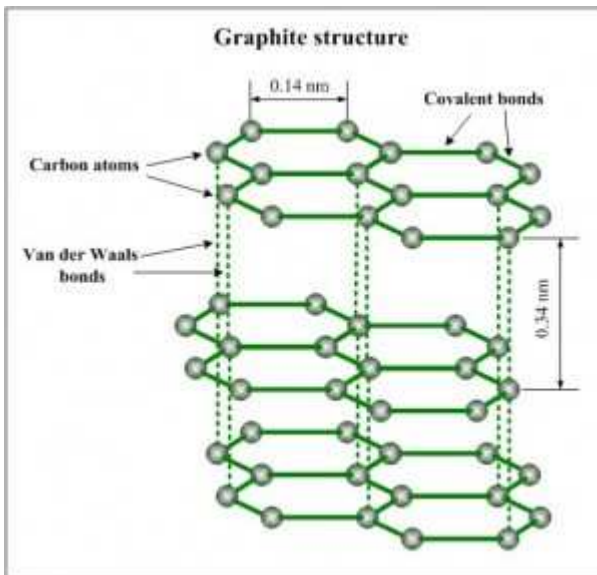
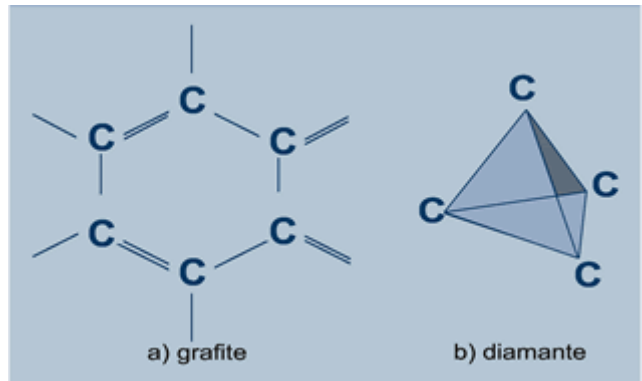
Aumentando la temperatura, sempre in assenza di aria, fino a valori di circa 1300 °C, gli atomi di azoto vengono gradualmente espulsi in forma gassosa a seguito della progressiva fusione laterale dei polimeri a nastro per realizzare nastri sempre più larghi.

Il risultato finale è la **formazione di polimeri a struttura grafica pressoché pura**, continua e regolare lungo tutta la lunghezza delle fibre.

Come è noto, la "**grafite**" è una delle due forme cristalline in cui può trovarsi in natura il carbonio. L'altra forma, ben nota, è il **diamante**. Ciò che differenzia la grafite dal diamante è la struttura della cella cristallina elementare che è esagonale e piana nella grafite mentre è tetraedrica e spaziale nel diamante.

Ne consegue che, mentre il diamante (il materiale più duro esistente in natura) ha un comportamento essenzialmente **isotropo**

ossia, con caratteristiche meccaniche identiche in tutte le direzioni, la grafite, al contrario, ha un comportamento fortemente **anisotropo**, ossia, esibisce una grande resistenza meccanica (soprattutto a trazione) nel piano in cui si sviluppano i cristalli, mentre risulta estremamente debole se sottoposta a trazione in direzione ortogonale e tale piano dal momento che i vari piani cristallini sono legati tra loro solo da deboli legami di Van der Waals.



Si comprende pertanto perché la grafite presente in natura è un materiale molto tenero e lavorabile, tant'è che viene utilizzato nelle mine delle matite.

La grafite, infatti, si presenta in natura come un agglomerato di lamelle, ossia, di cristalli piani di piccole dimensioni, facilmente sfaldabili tra loro in processi di lavorazione meccanica.

Le fibre di carbonio ottenute artificialmente, invece, sono costituite, come già detto, da veri e propri "polimeri" di grafite che esibiscono una tenacità senza eguali se sollecitate nella direzione in cui si sviluppa il polimero.

Nella realtà, le fibre in carbonio commercialmente prodotte, al variare dei parametri di processo sopra descritti, sono caratterizzate da una struttura chimica che varia da quella del carbonio allo stato amorfo e quella della grafite cristallina. In dipendenza da ciò, variano anche le caratteristiche fisico-meccaniche delle fibre in carbonio.

Sitografia:

- https://it.wikipedia.org/wiki/Fibra_di_carbonio
- <http://www.easycomposites.co.uk/>
- <http://www.enco-journal.com/journal/ej17/frp.html>
- <http://www.sbai.uniroma1.it/~mauro.pasquali/>
- <http://zoltek.com/carbonfiber/how-is-it-made/>