

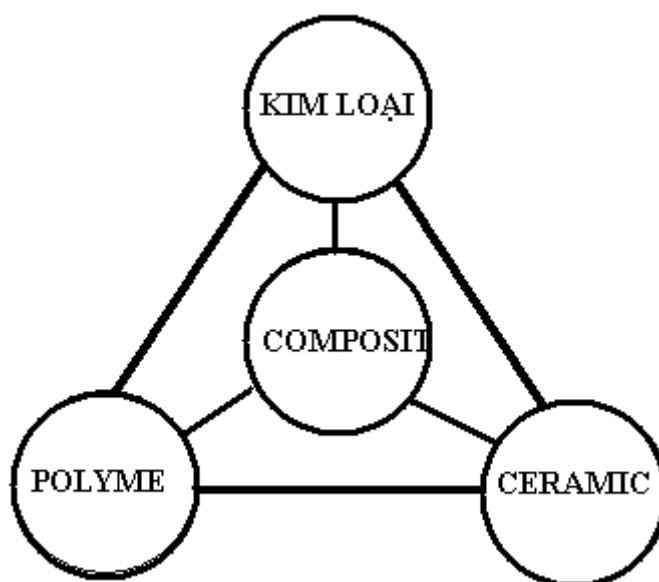
## CHƯƠNG 7: VẬT LIỆU COMPOSIT

### 7.1. Khái niệm cơ bản

Vật liệu composite là vật liệu được chế tạo từ hai hay nhiều thành phần khác nhau, nhằm mục đích tạo ra một vật liệu mới có tính năng ưu việt hơn hẳn những vật liệu thành phần ban đầu.

Ví dụ điển hình là bê tông cốt thép: sự kết hợp giữa kim loại (thép) và vật liệu vô cơ (bê tông) tạo cho vật liệu vừa chịu được tải trọng kéo tốt (đặc tính của thép) vừa chịu được tải trọng nén tốt (đặc tính của bê tông).

Kết hợp giữa kim loại với polyme, giữa polyme với ceramic, giữa ceramic với kim loại là cơ sở để tạo ra các vật liệu composite khác nhau với những tính năng rất hấp dẫn.



Sơ đồ minh họa các nhóm vật liệu.

#### 7.1.1. Thành phần của vật liệu composite:

Như vậy vật liệu composite là vật liệu đa pha. Trong đó gồm có pha nền và pha cốt.

- Pha nền là thành phần phân bố liên tục trong toàn thể tích vật liệu

Vật liệu nền có thể là polymer, ceramic, kim loại hoặc hỗn hợp.

- Pha cốt là thành phần phân bố ngẫu nhiên trong vật liệu. Cốt có hai dạng : sợi và hạt.

Ví dụ: sợi thủy tinh, sợi carbon, sợi Bo, sợi cacbua silic, sợi amide..., hạt silica,  $\text{CaCO}_3$ , vẩy mica, vẩy kim loại, bột khoáng, cao lanh, đất sét, bột talc, hay graphite, carbon... Cốt có thể bằng kim loại (thép không gỉ, oxit kim loại, wolfram, nikel...), bằng chất vô cơ (bo, cacbon, thủy tinh, gốm...) và bằng chất hữu cơ (polyamit, nylon...)

Tính chất của các pha thành phần được kết hợp để tạo nên tính chất chung của vật liệu composite. Tuy vậy tính chất của composite không bao hàm tất cả tính chất của các pha thành phần khi chúng đứng riêng rẽ mà chỉ lựa chọn trong đó những tính chất tốt và phát huy thêm.

#### 7.1.2. Vai trò của nền và cốt trong vật liệu composite:

Nền là pha liên tục đóng vai trò :

- Liên kết toàn bộ các phần tử cốt thành khối composite đồng nhất
- Che phủ và bảo vệ cốt tránh các hư hỏng cơ học và hoá học của môi trường
- Truyền tải và phân bố tải trọng sang cốt sợi làm giảm ứng suất tập trung
- Tạo khả năng dễ dàng tiến hành các phương pháp gia công composite thành các chi tiết theo thiết kế .

Đối với loại composit kết cấu nền cần phải nhẹ và có độ dẻo cao.

Cốt là pha gián đoạn đóng vai trò tạo nên độ bền cao, modul đàn hồi cao cho composit. Do đó cốt phải có độ bền và modul đàn hồi cao và phải có khối lượng riêng nhỏ.

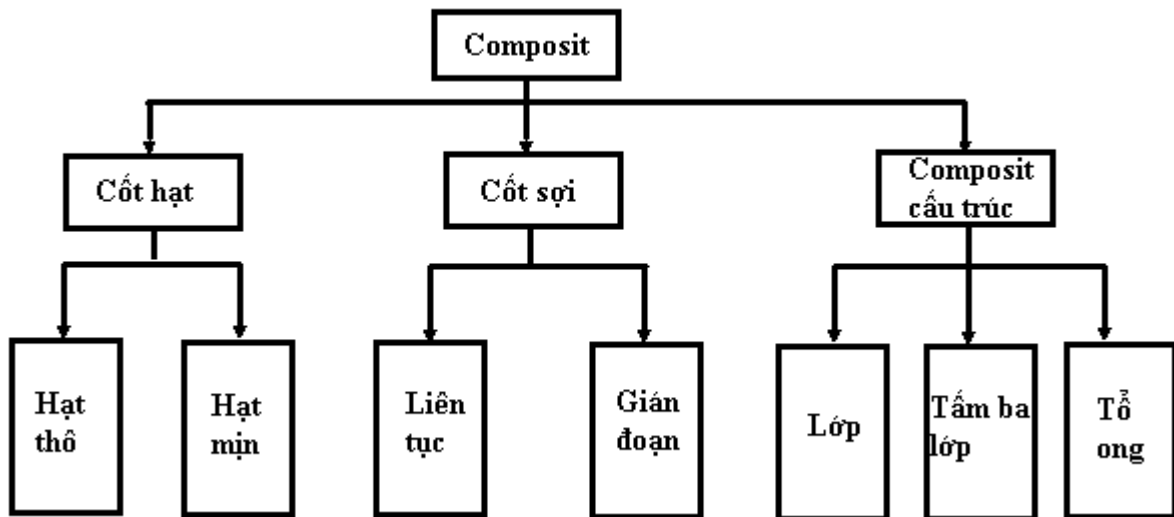
Hình dạng, kích thước, hàm lượng và sự phân bố cốt là những yếu tố ảnh hưởng đến tính chất của composit.

### 7.1.3. Phân loại vật liệu composit

Cơ sở để phân loại Vật liệu composit :

- Theo bản chất của pha nền: Vật liệu composite nền polymer: Polymer Matrix Composite – PMC, Vật liệu composite nền kim loại: Metal Matrix Composite – MMC và Vật liệu composite nền ceramic: Ceramic Matrix Composite – CMC

- Theo hình học của cốt: composit cốt hạt, composit cốt sợi và composit cấu trúc



### 7.1.4. Tương tác giữa nền và cốt :

Liên kết trong vật liệu composit là liên kết giữa nền và cốt tại vùng ranh giới giữa hai pha (nền – cốt)

#### 7.1.4.1. Các dạng tương tác giữa nền và cốt :

Nền và cốt không hòa tan lẫn nhau và không tạo thành hợp chất hóa học. Ví dụ các composit : Al-B, Al-SiC.

Nền và cốt tương tác tạo dung dịch rắn với độ hòa tan rất nhỏ và không tạo hợp chất hóa học. Phần lớn các composit nền kim loại có cốt là kim loại khác đều thuộc loại này (Nb-W, Ni-W)

Nền và cốt phản ứng với nhau tạo hợp chất hóa học. Ví dụ : composit Al-SiO<sub>2</sub>, Ti-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ti-SiC...

#### 7.1.4.2. Các kiểu liên kết giữa nền và cốt:

Liên kết giữa nền và cốt gồm có 6 kiểu cơ bản:

a. Liên kết cơ học: thực hiện nhờ ma sát do sự mấp mô bề mặt của cốt và nền.  
Composit loại này kém bền khi kéo ngang và nén dọc

b. Liên kết nhờ thấm ướt và hoà tan: nhờ sức căng bề mặt, sự thấm ướt kèm theo sự hoà tan các cấu tử vào nhau một phần

c. Liên kết phản ứng : xảy ra phản ứng hóa học trên biên giới phân chia pha, tạo thành hợp chất hóa học mới có tính quyết định đến độ bền của liên kết nền – cốt

d. Liên kết phản ứng phân đoạn: xảy ra phản ứng hóa học và phản ứng hóa học tổng thể xảy ra theo nhiều giai đoạn, trong đó một giai đoạn khống chế tốc độ tạo ra liên kết.

e. Liên kết oxyt: do sự tạo thành các màng oxyt và là dạng đặc biệt của liên kết phản ứng đặc trưng cho composít nền kim loại, cốt là các oxyt

f. Liên kết hỗn hợp của nền và cốt phụ thuộc vào quá trình công nghệ, ví dụ nền Al cốt sợi B nếu tẩm nền Al lỏng vào cốt sợi B thì có thể xảy ra tương tác phản ứng (c) nhưng nếu composít chế tạo bằng pp hàn khuếch tán thì là tương tác loại (a)

Để tăng độ liên kết nền – cốt thường xử lý bề mặt cốt bằng các loại chất tẩm để tăng cường kết dính các chi tiết trong bản thân cốt hay là chất bắc cầu có khả năng phản ứng với nền với cốt (chất liên diện)

Khả năng khai thác và sử dụng của vật liệu composite phụ thuộc trước hết vào đặc tính cơ, lý, hóa của các thành phần, cấu trúc, hàm lượng phân bố của vật liệu cốt, cũng như độ bền vững liên kết giữa nền và cốt.

## 7.2. Composít gia cường bằng hạt

Composít hạt có cấu tạo gồm các phần tử cốt dạng hạt phân bố đều trong nền. Các phần tử cốt thường là pha cứng và bền hơn nền, ví dụ các oxyt, nitrit, borit, cacbit,... Cũng có thể hạt cốt là các pha mềm như graphit, mica trong trường hợp chế tạo composít chống ma sát.

Người ta phân loại thành composít hạt thô và hạt mịn.

### 7.2.1. Composít hạt thô

Composít hạt thô rất đa dạng và được sử dụng phổ biến trong các lĩnh vực công nghiệp. Khái niệm thô dùng để chỉ tương tác giữa cốt và nền không xảy ra ở mức độ nguyên tử hoặc phân tử.

Một số composít hạt thô thông dụng:

a. Composít hạt thô nền polyme.

Người ta đưa hạt cốt với vai trò là chất độn vào polyme để cải thiện độ bền kéo, nén, độ chống mài mòn, độ dai, khả năng ổn định kích thước và chịu nhiệt... Các hạt độn thường là thạch anh, thủy tinh, nhôm oxyt, đất sét, steatit, đá vôi.

b. Composít hạt thô nền kim loại:

Các composít hạt thô nền kim loại thông thường là các hợp kim cứng tạo bằng phương pháp luyện kim bột có thành phần cốt gồm các phần tử cứng như WC, TiC, TaC liên kết với nền kim loại Co được dùng phổ biến làm các dụng cụ cắt gọt với năng suất cao.

c. Composít hạt thô nền gốm

Bê tông là composít hạt thô nền gốm được sử dụng rộng rãi nhất. Trong composít bê tông, cốt chính là tập hợp các hạt rắn (đá hoặc sỏi) được liên kết bởi nền xi măng.

### 7.2.2. Composít hạt mịn

Composít hạt mịn thường là các vật liệu bền nóng và ổn định nóng. Do vậy được dùng để thay thế các vật liệu truyền thống nhằm nâng cao hiệu suất hoặc kéo dài tuổi thọ thiết bị, công trình.

Nền các composít loại này thường là kim loại hoặc hợp kim. Các phần tử cốt có kích thước nhỏ (nhỏ hơn 0.1  $\mu\text{m}$ ), thường là các vật liệu bền, cứng và có tính ổn định ở nhiệt độ cao. Ví dụ oxyt, cacbit, nitrit, borit ...

Tương tác nền-cốt trong loại composít này xảy ra ở mức vi mô ứng với kích thước nguyên tử hoặc phân tử.

Một số loại composít loại này, ví dụ SAP (sintered Aluminium Powder)

Kí hiệu	Thành phần %			$\sigma_b$ , MPa		$\sigma_{0.2}$ , MPa		$\delta$ , %	
	Al	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe	20°C	500°C	20°C	500°C	20°C	500°C
SAP-	còn lại	6-9	0.25	290	100	200	-	8	2

930									
SAP-895		9-13	0.20	320	100	230	-	4	1
SAP-865		13-17	0.25	400	130	340	-	3	1

SAP được chế tạo và xuất xưởng ở dạng bán thành phẩm tấm, ống, dây,...

Người ta sử dụng SAP để chế tạo các chi tiết cần độ bền riêng lớn, làm việc ở vùng nhiệt độ 300-500°C và chịu tác dụng của môi trường ăn mòn.

### 7.3. Composit gia cường bằng sợi

Composit cốt sợi là loại vật liệu kết cấu quan trọng nhất

Mục tiêu chủ yếu khi thiết kế chế tạo composit cốt sợi là độ bền riêng và môđun đàn hồi riêng cao. Do vậy, cả nền và sợi đều cần có khối lượng riêng nhỏ, nền phải tương đối dẻo, còn sợi cốt phải có độ cứng vững và bền cao. Tính chất của composit cốt sợi phụ thuộc vào nhiều yếu tố:

Bản chất vật liệu cốt và nền

Độ bền liên kết nền – cốt trên ranh giới

Hàm lượng sợi, sự phân bố, định hướng sợi, kích thước, hình dạng của nó.

#### 7.3.1. Kích thước hình học của sợi

Độ bền của sợi cốt không chỉ phụ thuộc vào bản chất vật liệu sợi mà còn phụ thuộc rất mạnh vào kích thước hình học của nó nữa.

Dựa vào độ lớn đường kính và các tính chất, người ta phân cốt sợi thành ba loại: râu đơn tinh thể, sợi cốt và dây.

##### a. Râu đơn tinh thể:

Râu đơn tinh thể là sản phẩm nhận được bằng kỹ thuật nuôi đơn tinh thể. Đó là loại tinh thể có đường kính rất nhỏ (cỡ vài micromet) và tỷ lệ chiều dài trên đường kính rất lớn (khoảng trên nghìn lần). Nhờ không chế chặt chẽ các thông số kỹ thuật và kết tinh định hướng theo một chiều, trong mỗi râu tinh thể chỉ chứa một lệch xoắn duy nhất, song song với trục của nó.

Vật liệu để chế tạo râu đơn tinh thể có thể là graphit, SiC, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> hoặc Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>...

##### b. Sợi cốt

Sợi cốt được sản xuất bằng kỹ thuật kéo, chuốt. Đó có thể là đa tinh thể hoặc vô định hình với đường kính tương đối nhỏ (khoảng vài chục micromet) và tỷ lệ chiều dài trên đường kính rất khác nhau.

Vật liệu chế tạo sợi cốt có thể là chất hữu cơ như polyamit, ceramic như thủy tinh, nhôm oxyt, SiC hoặc một số chất khác như Bo và C.

##### c. Dây

Dây là loại cốt sợi có đường kính khá lớn (trung bình từ 50 đến 300 micromet), thường được chế tạo từ thép cacbon cao, wolfram, môlipđen, berili và titan. Loại cốt này được dùng để gia bền lớp ô-tô, khung tên lửa, các ống dẫn cao áp...

Một số composit cốt sợi thông dụng:

#### Composit nền polymer cốt sợi:

- Loại cốt sợi thủy tinh.

Sợi thủy tinh thường làm cốt cho các nền polymer khác nhau, thông dụng là polyester. Gần đây có dùng nền nylon thu được composit có độ bền keod và độ dai phá hủy khá cao. Nhược điểm chính khi dùng cốt sợi thủy tinh là môđun đàn hồi nhỏ và vùng nhiệt độ ứng dụng hạn chế dưới 200°C.

Composit này được sử dụng trong công nghiệp đóng tàu thuyền, container, ống dẫn, tấm lợp, lát sàn, công nghiệp chế tạo ô tô, ...

- Các loại cốt sợi khác:

Sử dụng cốt sợi cacbon có môđun đàn hồi lớn, nhẹ nhưng chịu nhiệt, chống ăn mòn cao thay thủy tinh tạo composit có nhiều tính năng ưu việt hơn ứng dụng trong lĩnh vực hàng không.

Sợi polyamit độ bền cao cùng với nền polymer nhẹ tạo ra composit có độ bền riêng lớn dùng trong kết cấu của tàu vũ trụ, tàu biển.

**Composit nền kim loại cốt sợi:**

Trong số các kim loại thì Al, Mg, Ti, Ni, Cu được nghiên cứu ứng dụng làm nền composit nhiều hơn cả.

Composit nền nhôm cốt sợi B có các chỉ tiêu cơ tính như độ bền, môđun đàn hồi riêng lớn, được sử dụng ở vùng nhiệt độ cao hơn các composit nền polyme có cùng loại cốt.

Composit nền là siêu hợp kim trên cơ sở Co hoặc Ni với cốt sợi bằng kim loại W có khả năng chịu nhiệt, chống oxy hóa tốt vừa có độ bền, độ dai phá hủy lớn.

## **7.4. Cấu tạo composit dạng lớp và dạng sandwich**

### **7.4.1. Composit cấu trúc dạng lớp**

Composit loại này được tạo thành từ các lớp cơ sở. Các lớp cơ sở này thường gồm hai loại: loại thứ nhất là các lớp đóng vai trò liên kết, thường là vật liệu đồng nhất và loại thứ hai là các lớp chịu lực, thường là các băng composit cốt sợi. Sắp xếp lần lượt các lớp này và đối hướng các băng composit sao cho thỏa mãn yêu cầu thiết kế rồi ép dính lại. Kết quả nhận được ở dạng bán thành phẩm là tấm, thanh, ống. Đó chính là composit cấu trúc dạng lớp.

Gỗ dán, cốt ép là các composit cấu trúc dạng lớp rất thông dụng.

Chẳng hạn các tấm vải bông, vải sợi thủy tinh hoặc cacbon được ép lại nhờ chất kết dính là polymer sẽ cho ta các composit dạng lớp có độ bền cao theo phương bất kỳ song song với mặt tấm.

Nhược điểm chung của loại composit này là độ bền theo phương vuông góc với lớp cơ sở thấp.

### **7.4.2. Composit cấu trúc dạng tấm ba lớp (sandwich)**

#### **7.4.2.1. Khái niệm**

Composite có cấu trúc sandwich là một nhóm của vật liệu composite. Nó bao gồm 2 lớp mỏng cứng bên ngoài bao bọc một lớp lõi dày bên trong. Lớp lõi này thường được làm từ những vật liệu có độ bền thấp, nhưng nhờ có độ dày hơn nên nó cung cấp cho composite sandwich độ bền uốn cao với mật độ toàn phần thấp.

Mô hình trên mô tả composite sandwich (A) và các thành phần của nó gồm: các tấm mặt (B) và lõi có cấu trúc tổ ong (C) (hoặc có thể thay thế bằng lõi xốp)

Các tấm mặt là các lớp có độ bền và cứng cao, thường chế tạo từ các kim loại hoặc hợp kim (nhôm, titan, thép) hoặc các tấm laminate gia cường bằng sợi thủy tinh hay carbon.

Lõi là các dạng vật liệu xốp có cấu trúc hở và kín, thông thường có hai loại

Loại thứ nhất có tổ chức xốp bọt như cao su nhân tạo, polymer bọt, chất dính kết vô cơ hay gỗ nhẹ...

Loại thứ hai cấu tạo theo dạng tổ ong, trong đó các vách ngăn liên kết định hướng vuông góc với mặt tấm, ứng dụng làm trần, sàn, tường cách âm, vỏ, thân, cánh máy bay...

