

Stessa sostanza, architettura diversa: la madreperla e i compositi

Capitolo 12 — Materiali, Vol. 1 — Joule Ampere

DISCIPLINA
Tecnologia • Scienze

CLASSE
II°–III° media

DURATA
45–60 min

OBIETTIVO
Compositi e architettura

«Dentro le conchiglie c'è quello strato lucido e iridescente che si chiama madreperla. È fatto di carbonato di calcio: la stessa identica sostanza del ripiano di marmo, la stessa del gesso con cui scrivo alla lavagna, la stessa dei sassi di calcare. Roba fragile, che si sbriciola. Solo che nella madreperla quel carbonato non è un blocco unico: è impilato in piastrine microscopiche, milioni, sovrapposte come mattoncini in un muro, e tra una piastrina e l'altra c'è un velo sottilissimo di proteina che fa da colla elastica. Risultato: la madreperla è migliaia di volte più tenace del carbonato di calcio compatto. Stessa sostanza. Stessi atomi. Architettura diversa.»

— Materiali, Vol. 1, Cap. 12 • Joule Ampere

1 COS'È UN MATERIALE COMPOSITO

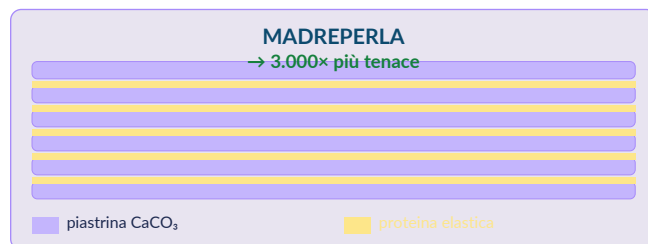
Un materiale composito è ottenuto combinando due o più materiali che conservano la propria identità chimica ma insieme producono proprietà che nessuno dei due avrebbe da solo. Non è una lega (dove i componenti si mescolano in modo omogeneo): è una struttura in cui ogni componente ha un ruolo preciso. Di solito c'è una matrice (tiene tutto insieme) e un rinforzo (dà resistenza meccanica).

Madreperla
CaCO₃ + proteina.
Piastrine + colla elastica.
Natura: 500 milioni di anni fa.

Calcestruzzo armato
Calcestruzzo + acciaio.
Resiste compressione + trazione.
Uomo: fine 1800.

Fibra di carbonio
Fibre C + resina epossidica.
Leggero + rigido + resistente.
Uomo: anni '60.

2 PERCHÉ L'ARCHITETTURA CAMBIA TUTTO



Come funziona la tenacia per strati: quando una crepa si propaga nel materiale e incontra uno strato proteico elastico, viene deviata lateralmente invece di proseguire dritto. Il percorso si allunga moltissimo, dissipando energia. Questo è il principio che l'industria ha copiato nei vetri stratificati (parabrezza) e negli elmetti da moto.

3 LA NATURA COME LABORATORIO DI MATERIALI

Compositi naturali:

- Osso: collagene (flessibile) + idrossiapatite (rigida). Resiste a compressione e trazione insieme.
- Legno: cellulosa (fibre longitudinali) + lignina (matrice). Anisotropo: più resistente lungo la venatura.
- Madreperla: CaCO₃ + proteina. 3.000 volte più tenace della calcite pura.

Compositi industriali:

- Vetoresina (GRP): fibre di vetro + resina polimerica. Barche, vasche, casco.
- Carbonio (CFRP): fibre di carbonio + epossidica. Aerospazio, F1, bici da corsa.
- Cemento armato: calcestruzzo + tondino d'acciaio. Pilastri, solai, ponti.

Biomimetica: la scienza che studia le soluzioni della natura per riprodurle in ingegneria. Il Velcro imita i ganci dei semi di bardana. I pannelli solari copiano la fotosintesi. I nuovi materiali ceramici da aerospazio imitano la struttura della madreperla. La natura ha 3,8 miliardi di anni di ricerca applicata.

4 CONNESSIONI CURRICOLARI

Tecnologia

Materiali compositi: matrice e rinforzo.
Calcestruzzo armato e strutture.
Biomimetica e nuovi materiali.

Scienze

Carbonato di calcio: forme allotropiche.
Proprietà meccaniche: tenacità vs fragilità.
Struttura cristallina e solido amorfo.

Biologia

Struttura delle conchiglie.
Proteina e polimeri naturali.
Osso: collagene e idrossiapatite.

Matematica / Fisica

Rapporti: 3.000× più tenace significa cosa?
Forza, energia e propagazione delle crepe.
Scale di misura e ordini di grandezza.

5 ATTIVITÀ IN CLASSE

- 1 Stessa sostanza, forma diversa (15 min): Porta in classe tre oggetti: un gessetto, un pezzo di marmo e una conchiglia (o fotografia ravvicinata di madreperla). Tutti e tre contengono CaCO_3 . Chiedi: perché si comportano in modo diverso? Come fai a romperli? Dopo le ipotesi degli studenti, spiega la struttura a piastrelle. Domanda finale: cosa cambierebbe se il gesso fosse organizzato come la madreperla?
- 2 Costruisci un composito di carta (20 min): Un foglio di carta si straccia facilmente. Un rotolo di nastro adesivo resiste. Combiniamoli: avvolgi 5 strati di carta attorno a un'anima cilindrica (matita), alternando con nastro biadesivo tra uno strato e l'altro. Compara la resistenza alla flessione: foglio singolo vs composito stratificato. Discussione: cosa hai cambiato? La sostanza o l'architettura?
- 3 La natura ci ha preceduto (20 min — ricerca + presentazione): Ogni coppia cerca un esempio di biomimetica: un materiale o una struttura industriale ispirata alla natura. (Esempi: Velcro/bardana, nido d'ape/struttura alveolare, pelle di squalo/tuta da nuoto, foglia di loto/superfici idrofobe.) Presentano: cos'ha copiato? Quale problema risolve? L'ingegnere ha migliorato la soluzione naturale o si è solo avvicinato?
- 4 3.000× più tenace: cosa significa? (10 min): La madreperla è circa 3.000 volte più tenace della calcite pura. Se la calcite si rompe sotto un peso di 100 grammi, sotto quanti grammi si romperebbe la madreperla? (300 kg.) La stessa quantità di materiale. Lo stesso peso. Zero materiale in più. Solo l'architettura cambia. Discuti: cosa significa questo per i materiali del futuro?

Domanda di verifica: La madreperla e il marmo sono fatti dello stesso materiale chimico (CaCO_3). (1) Qual è la differenza strutturale che rende la madreperla molto più tenace? (2) Come si chiama la scienza che studia le soluzioni della natura per applicarle in ingegneria? Fai un esempio concreto. (3) Qual è la differenza tra una lega e un composito? (Parole chiave attese: piastrelle, proteina elastica, matrice, rinforzo, biomimetica, tenacità.)