



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## FUNDAMENTALS OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

### MARIO MILAZZO

Anno accademico	2023/24
CdS	MATERIALS AND NANOTECHNOLOGY
Codice	998II
CFU	6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
FUNDAMENTALS OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING	ING-IND/22	LEZIONI	48	GIUSEPPE CARMINE DOMENICO SAVIO GALLONE MARIO MILAZZO

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Lo studente che completa con profitto il corso sarà capace di dimostrare una solida conoscenza relativa alla Scienza ed Ingegneria dei Materiali.

Nel corso, lo studente acquisirà nozioni relative:

- alla struttura e alle proprietà meccaniche di materiali metallici, polimerici, ceramici, e compositi;
- i principali meccanismi di degradazione, tra cui frattura, fatica e corrosione;
- le principali tecniche per caratterizzare un materiale.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

La conoscenza degli argomenti del corso verrà esaminata con una prova orale. Durante l'esame lo studente verrà valutato in base alla capacità di connettere ed argomentare le nozioni relative al corso con spirito critico e proprietà di linguaggio.

##### *Capacità*

Lo studente sarà in grado di analizzare, interpretare, e discutere i risultati ottenuti dalle principali prove di caratterizzazione meccanica.

##### *Modalità di verifica delle capacità*

Le competenze dello studente verranno valutate durante la prova orale dove verrà chiesta l'analisi di grafici o dataset provenienti da campagne sperimentali

##### *Comportamenti*

Lo studente avrà le basi per una prima valutazione sulla scelta dei materiali necessari per una specifica applicazione ingegneristica che si fondi sul raggiungimento di specifiche performance (es., peso, resistenza, rigidità, resilienza).

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Durante la prova orale, verrà chiesto allo studente di effettuare delle valutazioni di massima circa l'utilizzo di materiali in vista di applicazioni caratterizzate da specifiche performance.

##### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Si consiglia una conoscenza approfondita delle seguenti materie:

- Analisi Matematica I e II
- Fisica Generale I
- Chimica Generale

#### Indicazioni metodologiche



## UNIVERSITÀ DI PISA

Il corso verrà erogato in lingua inglese e modalità mista (in presenza e streaming tramite piattaforma Teams) con spiegazioni che saranno principalmente fornite con l'ausilio della lavagna e, qualora necessario, con slide.  
Il docente suggerisce la frequenza e partecipazione attiva alle lezioni.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

#### Prove meccaniche

- Prova di trazione. Definizione delle grandezze ingegneristiche e istantanee. Incrudimento e strizione. Modulo di Young e coefficiente di poisson. Energia immagazzinata dal provino. Criterio di Hollomon e Considère.
- Cenni alle prove meccaniche di flessione e torsione.
- Prove di Durezza: Brinell, Vickers, Rockwell.
- Prova di impatto con pendolo Charpy. Concetto di resilienza.

#### La struttura cristallina e lo stato solido

- Lo stato cristallino. Strutture cristalline e loro celle unitarie; sistemi cristallini e reticoli di Bravais. Strutture cristalline dei metalli: reticoli cristallini CCC, CFC e EC. Punti reticolari, direzioni e piani cristallografici, indici di Miller-Bravais, densità atomica planare e lineare, densità di volume. Siti interstiziali.
- Solidificazione dei metalli: nucleazione omogenea ed eterogenea. Strutture a grani. Difetti puntuali. Dislocazioni. Difetti superficiali: bordi di grano.
- Diffusione nei solidi: energia di attivazione; meccanismi sostituzionali e interstiziali. Prima e seconda legge di Fick.
- Deformazione plastica di monocristalli metallici: meccanismi di scorrimento e movimento di dislocazioni. Sistemi di scorrimento in strutture cristalline, sforzo critico di taglio e legge di Schmid. Sistemi di scorrimento in strutture cristalline ioniche. Geminazione.
- Meccanismi di rinforzo/indurimento nelle leghe metalliche. Rafforzamento per soluzione solida; composti intermetallici; indurimento per precipitazione (invecchiamento). Effetto del bordo grano e della dimensione del grano (formula di Hall-Petch). Lavorazione a freddo e incrudimento dei metalli. Effetto Frank-Read. Ricottura: recupero, ricristallizzazione e ingrossamento del grano.

#### I diagrammi di stato e le leghe ferrose

- Caratteristiche generali dei diagrammi di stato. Diagrammi di stato delle sostanze pure. Curve di raffreddamento. La regola delle fasi di Gibbs. Termodinamica delle soluzioni. Completa solubilità allo stato solido: costruzione di diagrammi di stato per leghe binarie isomorfe; analisi dell'energia libera di Gibbs. La regola della leva. Insolubilità allo stato solido: sistemi eutettici binari.
- Solubilità limitata allo stato solido: analisi dell'energia libera di Gibbs per sistemi eutettici, peritettici e monotettici. Tutte le trasformazioni invarianti. Fasi intermedie: analisi dell'energia libera di Gibbs. Esempi di diagrammi di stato binari più complessi.
- Cenni ai diagrammi di stato per sistemi ternari.
- Risoluzione di problemi sui diagrammi di stato.
- Leghe ferrose. Diagramma Ferro-Carbonio. Acciai e ghise.
- Diagrammi di Bain (o TTT). Trasformazioni perlitiche, austenitiche, bainitiche, martensitiche. Effetto elementi di lega.
- Curve CCT e prova di Jominy. Tempra e Rinvenimento.
- Cenni di produzione degli acciai ed introduzione alle normative.
- Definizione dei principali tipi di acciaio (bonifica, molle, inossidabili, austenitici).
- Leghe di alluminio ed invecchiamento.
- Materiali per applicazioni con alta temperatura.

#### I polimeri

- Generalità sui materiali polimerici. Architetture molecolari, grado medio di polimerizzazione e massa molare media nei polimeri polidispersi. Classificazione: termoplastici di uso generale e tecnopolimeri, termoindurenti, elastomeri.
- Metodi di polimerizzazione. Reazioni di polimerizzazione radicalica a catena e a stadi. Conversione di una reazione chimica. Gelazione.
- Cristallinità nei polimeri e difetti nei cristalli polimerici. Fattori che controllano la temperatura di fusione. Transizione vetrosa nei polimeri e fattori che controllano la T<sub>g</sub>.
- Elasticità delle gomme. Gomma naturale. Processo di vulcanizzazione. Gomme sintetiche.
- Comportamento meccanico dei polimeri. Risposta viscoelastica: modelli principali, principio di sovrapposizione di Boltzmann, moduli complessi, dipendenza dalla frequenza. Analisi dinamico-meccanica-termica (DMTA), collegamenti con la dinamica molecolare e la transizione vetrosa, sovrapposizione tempo-temperatura, l'equazione WLF.
- Meccanismi di deformazione. Irrigidimento e rinforzo dei termoplastici. Creep nei materiali polimerici. Rilassamento dello stress. Frattura.
- Ciclo industriale: polimerizzazioni in massa, soluzione, sospensione ed emulsione. Tecniche di lavorazione dei polimeri.

#### I materiali ceramici

- Classificazione funzionale dei materiali ceramici. Generalità su ceramici tradizionali ed avanzati.
- Struttura dei ceramici: coordinazione nei solidi ionici, siti interstiziali nei reticoli CFC, CCC ed EC, cristalli con coordinazione cubica, ottaedrica e tetraedrica. Cristalli ceramici più complessi: strutture della perovskite e dello spinello. Materiali generati dal carbonio. Strutture dei silicati: silicati a strati, reticoli di silicati, silice cristallina e non cristallina.
- Produzione dei materiali ceramici. Formatura per pressatura, colaggio ed estrusione. Trattamenti termici, sinterizzazione.
- Proprietà meccaniche e meccanismi di deformazione nei ceramici. Fattori determinanti per la resistenza meccanica. Durezza dei ceramici.
- Vetri inorganici: ossidi vetrosi, modificatori e intermedi. Tipi di vetri. Viscosità dei vetri. Lavorazione del vetro. Tecniche di rinforzo del vetro.  
Introduzione al calcestruzzo. Coefficiente di omogeneizzazione.



## UNIVERSITÀ DI PISA

### I materiali compositi

---

- Introduzione e classificazione dei materiali compositi. Compositi a matrice metallica (MMC): materiali di rinforzo e proprietà. Compositi a matrice ceramica (CMC). Compositi a matrice polimerica (PMC) rinforzata con fibre. Proprietà delle fibre di rinforzo per polimeri: fibre di vetro, di carbonio ed aramidiche (Kevlar).
- Condizioni di isodeformazione e isosollecitazione in un composito laminato. Frattura nei compositi.
- Produzione dei materiali compositi PMC. Processi a stampo aperto e tecniche di lavorazione a stampo chiuso.
- Cenni sui cementi, calcestruzzi. Coefficiente di omogeneizzazione.

#### Materiali legnosi

- struttura e composizione
- applicazione in campo edilizio
- caratteristiche fisico-meccaniche
- problematiche dovute al ritiro e alla presenza di umidità.

#### La degradazione dei materiali

- Fenomeno della frattura. Cenni sulla meccanica della frattura.
- Cedimento a fatica e metodi per limitarne i danni.
- Fenomeno del creep.
- Fenomeni di corrosione. Reazioni chimiche fondamentali. Aspetti termodinamici. Introduzione alla cinetica di corrosione.
- Fenomeni di ossidazione a caldo. Sovratensioni e polarizzazione. Rimedi contro la corrosione.

#### Bibliografia e materiale didattico

Testi di riferimento:

- W.F.Smith, Scienza e Tecnologia dei Materiali (V ed.)
- McGraw-Hill. W.D. Callister and D.G. Rethwisch, Scienza e ingegneria dei materiali (3.ed.), Edises

Tuttavia il docente suggerisce di prendere appunti durante la lezione.

#### Indicazioni per non frequentanti

Studenti non frequentanti verranno valutati usando le stesse modalità descritte per i frequentanti.

#### Modalità d'esame

L'esame finale consiste in una prova orale della durata variabile fra i 30 ed i 40 minuti. Durante la prova orale, lo studente dovrà essere in grado di dimostrare, con spirito critico e proprietà di linguaggio, una conoscenza almeno sufficiente degli argomenti trattati nel corso. Verranno inoltre sottoposti semplici problemi pratici dove verranno valutate le capacità di analisi ed interpretazione di dati provenienti da prove sperimentali in vista di specifiche applicazioni ingegneristiche.

L'esame non verrà considerato sufficiente se lo studente non sarà in grado di esprimersi correttamente sulle tematiche di base svolte nel corso.

Ultimo aggiornamento 31/07/2023 11:35