



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

CORSI DI INGEGNERIA

A.A. 2018/2019

Scienza e tecnologia dei materiali c.i. Chimica applicata (I3D)

- DANIELE VALERIA - Taglieri Giuliana -

(Aggiornato il 4-09-2018)

Contenuti del corso (abstract del programma):

Scienza e Tecnologia dei Materiali - Ordinamento atomico e difetti della struttura cristallina. Struttura atomica e legami; strutture cristalline e amorfe; concetti di cristallografia; trasformazioni allotropiche. Strutture cristalline dei materiali metallici, ceramici e polimerici. Difetti della struttura cristallina (difetti di punto, di linea, di superficie e di volume). Correlazione con le proprietà dei materiali. Movimento atomico nei materiali. Diffusione allo stato solido; energia di attivazione e percorsi diffusivi; leggi di Fick. Dislocazioni e deformazione meccanica - Proprietà meccaniche e prove meccaniche. Concetto di sforzo; prova di trazione; prova di compressione e di flessione; prove di durezza (Brinell, Rockwell, Vickers, Knoop tests); prova di resilienza e transizione duttile-fragile; modalità di rottura dei materiali; cenni sulla meccanica della frattura; prova di tenacità a frattura; fatica e scorrimento viscoso. - Soluzioni solide ed equilibrio di fase. Solubilità e soluzioni. Meccanismi di nucleazione e di crescita dei grani nella solidificazione di un metallo. Diagrammi di fase. Presenza di eutettico, eutettoide e trasformazioni peritettiche. Diagramma di fase Fe-Fe₃C. - Rafforzamento per dispersione e Trattamenti termici. Leghe rafforzate per soluzione solida, e per dispersione di precipitati. Cinetica delle trasformazioni di fase. Diagrammi TTT (tempo, temperatura, trasformazione); trasformazioni martensitiche. Diagrammi CCT (Continuous cooling transformation). Trattamenti convenzionali (ricottura, normalizzazione, tempra, rinvenimento, bonifica), isotermici e di superficie dell'acciaio. Trattamenti di tempra per precipitazione ed invecchiamento. Precipitati coerenti ed incoerenti. - Metalli. Lavorazioni dei materiali metallici: da fonderia, per deformazione plastica a freddo e a caldo, per saldatura, metallurgia delle polveri. Annealing. Leghe ferrose: designazione degli acciai, tecnologie di produzione, trattamenti termici e proprietà, acciai al carbonio e acciai legati, acciai inossidabili; ghise. Leghe non ferrose: leghe di alluminio, di magnesio, di rame, di nickel (designazione, proprietà, trattamenti termici. - Materiali ceramici. Tecniche di fabbricazione dei materiali ceramici (materie prime, formatura, trattamenti termici). Ceramici tradizionali ed avanzati; prodotti argillosi (silicati), refrattari, abrasivi, vetri, ceramici avanzati - Materiali polimerici. Classificazione dei polimeri; polimerizzazione, temperatura di transizione vetrosa. Deformazione e frattura di polimeri termoplastici. Elastomeri, Poliemi termoindurenti. Meccanismi di produzione dei polimeri. - Proprietà elettriche e termiche. Comportamento elettrico (teoria delle bande, conducibilità nei metalli e nei semiconduttori; isolanti e proprietà dielettriche. Capacità termica, coefficiente di espansione termica e conducibilità termica. Chimica Applicata (I modulo) - L'acqua. la chimica dell'acqua; proprietà chimiche e fisiche dell'acqua; il ciclo dell'acqua e le acque naturali. Inquinamento dell'acqua: principali contaminanti inorganici ed organici. Caratterizzazioni chimiche, fisiche e biologiche. (II modulo) -

Leganti aerei e idraulici. Il Cemento. Classi di resistenza dei cementi e Normativa. Reazione di idratazione del cemento. Introduzione al calcestruzzo. Mix Design. Proprietà meccaniche del calcestruzzo

Programma esteso:

Scienza e Tecnologia dei Materiali: - Introduzione alla scienza e tecnologia dei materiali. La Scienza e la Tecnologia dei materiali come disciplina integrata. Classi dei materiali: materiali metallici e ceramici, polimeri; materiali compositi e semiconduttori. Materiali intelligenti; Nanomateriali. Progettazione e selezione dei materiali. - Struttura e legami degli atomi. La struttura atomica; numeri quantici, configurazione degli atomi con più elettroni; richiami sul concetto di valenza, di elettronegatività, ionizzazione; transizioni elettroniche e spettri caratteristici degli atomi. Il legame atomico; legami primari (ionico, covalente, metallico) e legami secondari (interazioni di Van der Waals - forze di dispersione o forze di London, interazioni dipolo-dipolo, interazioni ione-dipolo, legame a idrogeno). Legami misti nei solidi. Caratteristiche dei solidi ionici, solidi metallici, solidi covalenti e solidi molecolari. Ibridizzazione; le forme allotropiche del carbonio. - Struttura e geometria cristallina. Gli stati di aggregazione della materia. Caratteristiche dello stato solido; solidi amorfi e cristallini e concetti di isotropia o anisotropia. Il reticolo cristallino: concetto di cella unitaria, parametri cristallografici. Sistemi cristallografici e reticoli di Bravais. Indici di Miller. La diffrazione a raggi X. Sistemi di scorrimento. Strutture cristalline dei materiali metallici: struttura cubica a corpo centrato, cubica a facce centrate ed esagonale compatta; fattori di impaccamento atomico; piani e direzioni a massima densità atomica, sistemi di scorrimento. Siti interstiziali: siti tetraedrici e siti ottaedrici. Le strutture cristalline dei materiali ceramici, ionici e covalenti. Le strutture cristalline dei polimeri. - Solidificazione e imperfezioni cristalline. Solidificazione e crescita dei cristalli; valutazione dell'energia libera totale del processo di nucleazione; raggio critico e sottoraffreddamento; nucleazione omogenea ed eterogenea; crescita dei grani equiassica e dendritica; macrostruttura: grani equiassici e colonnari. Cenni sulle tecnologie per la crescita di monocristalli. I difetti reticolari nelle strutture cristalline. Difetti di punto e dipendenza dalla temperatura; produzione di vacanze e di atomi auto interstiziali, difetti stechiometrici di punto in sistemi ionici (difetti di Frenkel e di Schottky); difetti puntuali per la presenza di impurezze; difetti non stechiometrici. Concetto di soluzione solida; soluzione solida sostituzionale e interstiziale. Diffusione atomica nei solidi: meccanismi di diffusione, dipendenza dalla temperatura, dal percorso di diffusione, dal reticolo; diffusione in materiali omogenei e in materiali eterogenei; prima e seconda legge di Fick. Difetti di linea: dislocazione a spigolo e a vite; vettore e circuito di Burgers; piani e direzioni di scorrimento di una dislocazione a spigolo e di una dislocazione a vite; movimento delle dislocazioni e processi di scorrimento. Equazione di Peierls-Navarro. Dislocazioni e deformazione meccanica; legge di Schmid; processi di scorrimento in un monocristallo e in un materiale policristallino. Interazioni tra dislocazioni; interazioni tra dislocazioni ed ostacoli puntiformi, atmosfera di Cottrell. Superamento di un ostacolo (meccanismo di Orowan, cross-slip). Dipendenza della resistenza meccanica dalla purezza di un metallo, in relazione alla struttura cristallina. I bordi di grano come ostacolo del moto delle dislocazioni. Meccanismi di produzione di dislocazioni (deformazione meccanica, meccanismo di Frank-Read). Dislocazioni nei materiali ceramici. Difetti di superficie: bordi di grano e geminati. Rafforzamento delle proprietà meccaniche dei materiali metallici per soluzione solida, per affinamento dei grani, e per lavorazioni a freddo. - Lavorazione dei materiali metallici. Lavorazioni di fonderia: colaggio in stampi (stampi ceramici e stampi metallici), colaggio continuo (caratteristiche dei semilavorati siderurgici). Lavorazioni per deformazione plastica: laminazione, forgiatura o fucinatura, trafilatura, estrusione, imbutitura, incurvatura e flessione; lavorazioni a freddo, relazione tra grado di lavorazione a freddo e resistenza meccanica (incrudimento per deformazione, variazioni microstrutturali); caratteristiche dei prodotti ottenuti per lavorazioni a freddo. Processo di annealing a seguito di lavorazione a

freddo: recupero, ricristallizzazione e crescita dei grani; temperatura di ricristallizzazione. Lavorazioni a caldo. Saldatura. Metallurgia delle polveri. - Proprietà meccaniche dei materiali. Concetto di sforzo. Prova di trazione: modalità di esecuzione della prova, grandezze ricavabili dalla prova di trazione (modulo elastico o modulo di Young, carico di snervamento, carico di rottura, energia di resilienza, tenacità, duttilità); tipici valori delle grandezze ottenute dalla prova di trazione per diversi materiali. Modulo di Poisson; dipendenza dalla temperatura e dal grado di lavorazione a freddo. La prova di compressione e la prova di flessione per i materiali ceramici: grandezze caratteristiche. Prove di durezza: concetto di durezza, scale di durezza, durezza Brinell, durezza Rockwell, durezza Vickers, microdurezza Knoop; campi di applicazione delle prove di durezza. Frattura fragile e frattura duttile. Indagini frattografiche: aspetti macroscopici e microscopici caratteristici delle superfici di frattura. La prova di resilienza (prova di Charpy-Izod): caratteristiche e modalità della prova, determinazione della transizione duttile-fragile. Cenni della meccanica della frattura: fattori di intensificazione degli sforzi, analisi di Inglis per materiali fragili; bilancio energetico di Griffith; estensione dei risultati nel caso di un materiale duttile. Prova di tenacità a frattura; fattore di intensificazione degli sforzi e tenacità a frattura per deformazione piana (K_{Ic}). Frattura per fatica: caratteristiche; iniziazione, propagazione di una cricca di fatica, frattura; tipico aspetto delle superfici di frattura di un materiale rotto per fatica; prova di resistenza alla fatica: curve di Wohler, limite di fatica; fattori che influenzano il comportamento a fatica, fatica termica, fatica da corrosione; velocità di crescita di una cricca da fatica. Frattura per scorrimento viscoso (creep): modalità della prova, creep primario, secondario e terziario; velocità di creep, tempo di rottura e dipendenza dalla temperatura e dallo sforzo applicato; parametro di Larsen-Miller. Scorrimento viscoso nei materiali ceramici. - Diagrammi di fase; trasformazioni di fase. Cinetica. Regola di Gibbs. Curve di Tamman. Sistemi a solubilità completa, parziale e nulla allo stato solido (esempi di sistemi solidi metallici e ceramici). Variazioni microstrutturali in condizioni di raffreddamento lento. Meccanismi di rafforzamento per soluzione solida e per dispersione di un precipitato. Caratteristiche dell'eutettico. Fusione congruente e incongruente; trasformazione peritettica. Diagramma Fe-C e diagramma Fe-Fe₃C; acciai eutettoidici, ipo- ed iper-eutettoidici; microstrutture ottenibili a seguito di raffreddamento lento; caratteristiche meccaniche dell'eutettico. Cinetica delle trasformazioni di fase; precipitazione di una fase solida: nucleazione e crescita. Relazione di Avrami. Diagrammi TTT. Diagrammi TTT per l'acciaio; procedure sperimentali. Trasformazioni per diffusione (trasformazioni perlitiche e bainitiche) e trasformazioni martensitiche; reticolo della martensite e microstruttura; dipendenza dal contenuto di carbonio. Diagrammi CCT. - Materiali metallici. Materiali metallici ferrosi: acciai e ghise. Acciai: produzione e classificazione degli acciai. Trattamenti termici convenzionali, isotermici, trattamenti termochimici di diffusione. Temprabilità, prova di Jominy. Acciai legati, effetti degli elementi in lega. Ghise: ghise grigie, bianche, malleabile, sferoidali. Materiali metallici non ferrosi: concetto di resistenza specifica. Leghe di alluminio: classificazione e produzione, tempra di solubilizzazione, zone di Guiner-Preston; precipitati coerenti. Leghe di magnesio, di rame (bronzi e ottoni) e di nickel. - Materiali ceramici tradizionali e avanzati. Proprietà. Lavorazioni e sintesi dei materiali ceramici: colaggio, estrusione, metodi allo stato solido. Trattamenti termici: essiccamento, sinterizzazione, vetrificazione. Vetri: definizione di vetro e struttura del vetro (elementi formatori e modificatori di reticolo, ossidi intermedi); temperatura di transizione vetrosa; produzione del vetro. - Materiali polimerici. Caratteristiche generali. Classificazione: polimeri lineari, ramificati e reticolati. Materie plastiche (termoplastici, termoindurenti), elastomeri. Polimerizzazione per addizione e per condensazione (esempi). Temperatura di transizione vetrosa. Cristallinità nei polimeri. Proprietà meccaniche: comportamento viscoelastico dei termoplastici, meccanismi di deformazione. Proprietà dei polimeri in relazione alla struttura (lunghezza della catena, tipo/i di monomero/i, ramificazione, tatticità). Elastomeri: processo di vulcanizzazione della gomma naturale; caratteristiche meccaniche. Polimeri termoindurenti. Chimica Applicata (I modulo) -

L'acqua e le sue caratteristiche; le forme dell'acqua; caratteristica del legame a idrogeno. Il diagramma di fase dell'acqua; struttura esagonale e struttura cubica del ghiaccio; struttura dell'acqua liquida. - Proprietà dell'acqua (valori insoliti delle condizioni di trasformazione, galleggiamento del ghiaccio, effetto Mpemba, elevata tensione superficiale). L'acqua come solvente. Effetti del pH sulla solubilità. - Il ciclo dell'acqua. Sostanze contenute nelle acque naturali: materiali sospesi, sostanze di natura gassosa o di natura colloidale, sostanze in sospensione colloidale). - Le acque naturali: acque meteoriche, acque del sottosuolo, acque superficiali. Esempi della composizione chimica delle acque meteoriche; costituenti principali delle acque del sottosuolo. Acque superficiali: acque di fiume, di lago, di mare. Confronto del diverso grado di salinità tra acque sotterranee e acque superficiali; salinità dell'acqua di mare. - Determinazioni principali delle acque naturali. Equilibrio carbonato-acido carbonico; acqua aggressiva e acqua incrostante. Principali determinazioni delle acque: pH, temperatura, torbidità, conducibilità elettrica, sali disciolti totali, durezza (durezza totale, durezza temporanea, durezza permanente), gas disciolti, determinazione dei cationi e degli anioni, determinazione della silice colloidale. Principali contaminanti biologici. - L'acqua potabile. Caratteristiche principali in relazione alla legislazione italiana; valori ed indicazioni di riferimento delle caratteristiche organolettiche, fisiche, chimiche, biologiche. Le acque minerali. Determinazioni microbiologiche di campioni di acqua potabile. - Determinazione della durezza; analisi degli anioni e dei cationi mediante la tecnica della cromatografia ionica (HPLC). Assorbimento atomico per la determinazione dei metalli. Determinazione dell'azoto nitroso nell'acqua potabile mediante UV-visibile (II modulo) - Il gesso: materie prime e caratteristiche principali. - La calce aerea e idraulica: ciclo di produzione e principali impieghi. - Il cemento come protagonista del calcestruzzo; Normativa europea sui cementi; Classi di resistenza dei cementi; Il cemento Portland; Reazione di idratazione del cemento Portland: presa e indurimento; Il ruolo del gesso della presa nel cemento; L'idratazione dei silicati e degli alluminati; Il ruolo della calce; Gli altri ingredienti per la formulazione di diversi tipi di cemento- - Introduzione al calcestruzzo; Gli ingredienti del calcestruzzo; Il ruolo dell'inerte; Il ruolo dell'acqua; Mix-Design. Proprietà meccaniche del calcestruzzo; Prove meccaniche di laboratorio; Visita ad un cementificio.

Modalità d'esame:

Colloquio Orale

Risultati d'apprendimento previsti:

Lo studente, al termine del corso, dovrà essere in grado di correlare struttura/microstruttura e proprietà dei materiali appartenenti alle diverse classi, anche in relazione alle differenti tecnologie di produzione. In particolare, lo studente conoscerà i principi base utilizzati per ottenere i diagrammi di fase, le proprietà (soprattutto meccaniche) dei vari materiali e come queste siano correlate alla loro microstruttura. Conoscerà inoltre i principi dei trattamenti termici per ottenere o variare una microstruttura. Lo studente dovrà essere in grado di valutare, optando tra le varie possibilità, la scelta del materiale più adatto per la produzione di un componente meccanico o una costruzione e, con proprietà di linguaggio, di descrivere le caratteristiche meccaniche dei vari materiali e i trattamenti termici più adatti a variare la loro microstruttura. In relazione ai contenuti di Chimica Applicata, dovrà dimostrare di conoscere correlazione tra struttura e proprietà dell'acqua anche in relazione alla presenza di contaminanti ed alle modalità di indagini analitiche. Inoltre dovrà dimostrare di conoscere la differenza tra i vari tipi di leganti, i meccanismi alla base dei processi di presa e indurimento e la definizione delle caratteristiche delle diverse classi di resistenza dei cementi

Testi di riferimento:

W.D. Callister, Scienza e Ingegneria dei Materiali. Una introduzione, EdiSES

D.R.Askeland The Science & Engineering of Materials, Ed. PWS-Kent Publishing Company, Boston

W.F. Smith Scienza e Tecnologia dei Materiali. Ed. McGraw-Hill, Milano

M.F.Ashby, D.R.Jones, Engineering Materials. Ed. Pergamon Press

Masotti, Depurazione della acque reflue, Calderini Editore

M.Collepari, Il Nuovo Calcestruzzo - Quarta Edizione, Edizioni Tintoretto, 2006.

D. R. Askeland, Scienza e Tecnologie dei Materiali, Città Studi Edizioni

ISBN:978-880251 7415 - 1