



UNIVERSITÀ DI PISA

CHIMICA E MATERIALI

MASSIMO DE SANCTIS

Academic year	2017/18
Course	INGEGNERIA AEROSPAZIALE
Code	102CC
Credits	12

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
CHIMICA	CHIM/07	LEZIONI	60	NICCOLETTA BARBANI GIOVANNI POLACCO
MATERIALI	ING-IND/21	LEZIONI	60	MASSIMO DE SANCTIS

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

MODULO CHIMICA. Lo studente potrà acquisire le conoscenze di base nel campo della chimica inorganica, dalla comprensione della tavola periodica a quella di semplici processi chimici.

MODULO MATERIALI. Lo studente dovrà conoscere i principali strumenti di verifica delle caratteristiche meccaniche di un materiale, essere in grado di analizzare le cause di cedimento di un organo meccanico e saper selezionare in modo appropriato i materiali in funzione del loro impiego.

Modalità di verifica delle conoscenze

- La verifica delle conoscenze sarà oggetto della valutazione dell'elaborato scritto previsto all'inizio di ogni sessione d'esame

Capacità

capacità di comprendere i più semplici processi e reazioni chimiche

Modalità di verifica delle capacità

- La verifica delle capacità sarà oggetto della valutazione dell'elaborato scritto previsto all'inizio di ogni sessione d'esame

Comportamenti

risoluzione di problematiche legate a fenomeni chimici

Modalità di verifica dei comportamenti

- La verifica dei comportamenti sarà oggetto della valutazione dell'elaborato scritto previsto all'inizio di ogni sessione d'esame

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

MODULO CHIMICA. Nessuna.

MODULO MATERIALI. Termodinamica e cinetica chimica. Diagrammi di stato. Equilibri in soluzione acquosa. Elettrochimica.

Corequisiti

nessuno

Prerequisiti per studi successivi

nessuno

Indicazioni metodologiche

UNIVERSITÀ DI PISA

• MODULO CHIMICA E MODULO MATERIALI

- modo in cui si svolgono le lezioni: lezioni frontali alla lavagna e con ausilio di slides
- modo in cui si svolgono le esercitazioni in aula: esercizi svolti in aula dal docente
- tipo di uso del sito di elearning del corso: scaricamento materiale didattico e pubblicazione di test per esercitazioni a casa
- tipo di interazione tra studente e docente: uso di ricevimenti, uso della posta elettronica

Programma (contenuti dell'insegnamento)

MODULO MATERIALI

- 1 - **Panoramica sui materiali strutturali** esistenti e principali proprietà fisico-meccaniche: metallici, polimerici, ceramici, compositi. Materiali avanzati: semiconduttori, biomateriali, smart materials, nanomateriali.
- 2 - **Prove meccaniche:** statiche, impulsive, cicliche, a carico costante. Prova di trazione. Curva sforzo-deformazione ingegneristica e curva sforzo reale - deformazione reale. Modulo elastico, carico unitario di snervamento, carico di rottura e allungamento percentuale a rottura. Duttilità e tenacità a frattura dei materiali. Effetti della temperatura. Prova di durezza Brinell (HB), Rockwell (HR), Vickers (HV).
- 3 - **Struttura dei cristalli.** Ordinamento a corto e lungo raggio. Solidi cristallini e solidi amorfi. Cristallografia: celle unitarie e reticoli, sistemi cristallini e reticoli di Bravais. Strutture c.c.c., c.f.c., e.c.. Numero di coordinazione, numero di atomi per cella, fattore di impacchettamento. Indici di Miller e di Miller-Bravais per piani e direzioni cristallografiche. Densità planari e lineari. Calcolo della densità teorica. Sequenza di impilamento del c.f.c. ed e.c.. Allotropia. Isotropia e anisotropia. Solidi non cristallini. Legge di Bragg e determinazione parametri cristallini e distanze interplanari.
- 4 - **Difetti nei cristalli.** Difetti di punto, di linea, di volume. Teoria delle dislocazioni: sforzi associati alle dislocazioni. Moti di scorrimento per glide. Geminazione. Difetti planari (bordi di grano) e volumetrici (microvuoti, microcricche). Tecniche di analisi metallografica: inglobatura, levigatura, attacco metallografico e microscopia ottica. Dimensione del grano e numero ASTM. Diffusione allo stato solido: movimento di vacanze reticolari e movimento di interstiziali. Prima e seconda legge di Fick.
- 5 - **Meccanismi di deformazione plastica.** Movimento delle dislocazioni: sistemi di scorrimento per c.f.c, c.c.c., e.c. Sforzo critico di taglio. Moti conservativi (cross-slip) e non conservativi (climb). Intersezione tra dislocazioni: kinks e jogs. Legge di Schmid e sforzo critico di taglio risolto (snervamento monocristallo e materiale policristallino). Movimento e moltiplicazione delle dislocazioni (sorgenti di Frank-Read). Fenomeno dell'incrudimento e teoria della foresta di dislocazioni. Snervamento: atmosfere di Cottrell e formazione delle bande di Luders negli acciai dolci da stampaggio. Relazione di Hall-Petch: indurimento per soluzione solida, per deformazione plastica, per precipitazione e per riduzione del grano cristallino. Ricristallizzazione. Fattori influenzanti la temperatura di ricristallizzazione. Recovery, ricristallizzazione primaria e secondaria.
- 6 - **Meccanismi di rottura.** Meccanismo della rottura duttile e fragile (clivaggio, intergranulare) dei materiali. Aspetto delle superfici di frattura. Meccanica della frattura: intensificatore degli sforzi all'apice di un difetto. Criterio di frattura di Griffith e di Irvin. Criterio basato sul raggiungimento di K_{Ic} . Modalità di apertura di una cricca. Stato piano di tensioni e stato piano di deformazioni all'apice di una cricca. Prova di K_{Ic} . Progettazione con l'uso della meccanica della frattura.
- 7 - **Diagrammi di stato.** Regola delle fasi di Gibbs. Sistemi binari isomorfi. Liquidus, solidus, sulvus. Tie-line e regola della leva. Raffreddamento di equilibrio e di non equilibrio per una lega binaria isomorfa. Micro- e macro segregazione di soluto. Trasformazione eutettica, peritettica, eutettoidica. Diagramma di stato eutettico e meccanismo di solidificazione eutettica. Diagramma di stato Ferro-Carbonio. Acciai e ghise. Ferrite, austenite, cementite, temperature e curve di trasformazione. Trasformazione eutettoidica. Raffreddamento acciaio ipo- e iper-eutettoidico. Proprietà meccaniche delle leghe Fe-C. Trasformazioni isoterme e curve TTT. Trasformazione perlitica, bainitica, martensitica. Struttura e caratteristiche della martensite negli acciai. Curve CCT di raffreddamento anisotermo. Fattori che influenzano le curve di Bain.
- 8 - **Rottura per fatica:** prova di flessione rotante e curve di Wohler (S/N). Meccanismi di innesco, propagazione sub-critica e rottura di schianto. Curve di avanzamento di una cricca a fatica da d/dN - delta K. Fattori influenzanti la resistenza a fatica di un componente: finitura superficiale, autotensioni, geometria del pezzo, ambiente corrosivo. Trattamenti superficiali: carbocementazione, nitruazione, pallinatura.
- 9 - **Scorrimento viscoso (creep).** Effetti dello sforzo e della temperatura. Creep primario, secondario, terziario. Espressione della velocità di creep stazionario in funzione della sollecitazione e della temperatura. Cenni sulle mappe dei meccanismi di deformazione e frattura. Parametro di Larson-Miller e metodi previsionali.
- 10 - **Produzione degli acciai.** Ciclo integrale. Altoforno, convertitore, forni elettrici. Colata continua, laminatoi sbizzatori e finitori. Gli elementi degli acciai: impurezze, aggiunte standard, elementi di lega ed effetto sulla composizione e temperatura eutettoide. Classificazione degli acciai UNI EN 10027-1. Acciai designati in base alla composizione chimica. Esempi. Normativa AISI degli acciai inossidabili. Classificazione pratica: Acciai da costruzione per uso generale, a. speciali da costruzione (da bonifica, cementazione, nitruazione, per molle), a. per cuscinetti, a. rapidi.
Acciai inox: diagramma di stato Fe-Cr e Fe/Ni. Diagramma di Shaeffler. Classificazione e caratteristiche degli acciai inox austenitici, ferritici, martensitici, duplex e indurenti per precipitazione (PH). Caratteristiche meccaniche e resistenza a corrosione. lavorabilità alle macchine utensili. Acciai maraging al cobalto e al titanio. Caratteristiche microstrutturali e meccaniche. Trattamenti termici.
Leghe di Alluminio: Classificazione Aluminium Association e CEN. Principali famiglie di leghe e loro caratteristiche generali. Leghe di alluminio da fonderia e da lavorazione plastica. Trattamento termico di solubilizzazione, tempra di soluzione e invecchiamento artificiale. Struttura di sottoinvecchiamento, di picco e sovrainvecchiamento. Evoluzione microstrutturale durante invecchiamento ed effetto della temperatura.
Rame e sue leghe: classificazione americana e codice alfanumerico ISO 1190-1. Rame puro. Ottoni monofasici rossi e gialli, ottoni binari, bronzi al fosforo, bronzi al silicio, bronzi all'alluminio. leghe cupronickel.
Titanio e sue leghe industriali. Microstruttura e proprietà meccaniche.
Superleghe per alte temperature. Base cobalto e base nickel. Indurimento per soluzione solida e per precipitazione fase gamma primo e fase gamma secondo. leghe base nickel per palettature turbina a grano colonnare e monocristalline.
- 11 - **Materiali polimerici.** Caratteristiche generali e proprietà. Polimerizzazione per addizione e condensazione. Grado di polimerizzazione e funzionalità. Forma delle molecole e struttura (omopolimeri, copolimeri). Isomerie di posizione, struttura, steriche. Peso molecolare ponderale e numerale. Polimeri termoplastici. Modulo elastico vs. temperatura, temperatura di fusione e di transizione vetrosa. Teflon, PVC, PP, LDPE, HDPE, PET. Solidificazione termoplastici e grado di cristallinità. Modelli morfologici termoplastici semicristallini. Deformazione termoplastici elastica e plastica. Stiramento. Deformazione dipendente dal tempo. Polimeri termoindurenti. Reticolazione resine epossidiche. Elastomeri, molle entropiche. Vulcanizzazione. Gomme siliconiche. Metodi di produzione.
- 12 - **Materiali ceramici.** Caratteristiche generali. Ceramici tradizionali e innovativi. Disposizioni ioniche e strutture cristalline. Silicati, silice, vetri,



UNIVERSITÀ DI PISA

carbonio. Meccanismi di deformazione plastica. Viscosità. Proprietà meccaniche, prova a flessione e influenza porosità. Prodotti argillosi: strutturali (mattoni, piastrelle) e porcellane. Preparazione manufatti ceramici: formatura per colaggio e formatura idroplastica. Il vetro: sodio-calcico, al borosilicato, al piombo. Variazione della viscosità con la temperatura: fusione, punto di lavorazione, rammollimento, ricottura, deformazione. Vetro rafforzato per tempra o chimicamente. Vetrocereami. Malte aeree e idrauliche. Meccanismo di presa dei cementi (Portland). Calcestruzzo.

13 - Materiali compositi. Caratteristiche generali. Rinforzati con particelle di grandi o piccole dimensioni. Regola delle miscele. Rinforzati con fibre. Fibre corte e lunghe, lunghezza critica. Disposizione delle fibre. Curva sforzo-deformazione fibre continue e allineate: modulo elastico e carico di rottura nel caso di comportamento elastico con carico longitudinale e con carico trasversale. Fibre discontinue casualmente orientate. Fibre di rinforzo: whiskers, fibre, fili. Caratteristiche matrici. Compositi a matrice polimerica (PMC) con fibre di vetro, fibre di carbonio, fibre aramidiche. Compositi a matrice metallica e ceramica. Processi produttivi: poltrusione, prepreg, filament winding.

14 - Corrosione materiali metallici: corrosione ad umido e a secco. Aspetti termodinamici. Areazione differenziale. Aspetti cinetici: relazione tra sovratensione e correnti elettrodiche, equazioni di Tafel, curve di Evans. Potenziale e corrente di corrosione. Fenomeno della passività. Curva di polarizzazione anodica di un metallo a comportamento attivo-passivo. Corrosione uniforme: velocità di corrosione e penetrazione media. Corrosione localizzata: pitting e indice PREN, c. interstiziale, tensocorrosione (SCC). Corrosione selettiva: sensibilizzazione e corrosione intergranulare acciai inox e rimedi.

Modulo Chimica

Natura della materia, passaggi di stato. Leggi di Lavoisier e Proust. Bilanciamento delle reazioni chimiche.

Massa atomica, numero di Avogadro, massa molare di un elemento, massa molecolare. Formula minima e molecolare. Il numero atomico Z. La tavola periodica di Mendeleev: gruppi e periodi. La struttura dell'atomo: il modello a panettone di Thomson ed il modello planetario di Rutherford. Il modello di Bohr e la quantizzazione dell'energia di Planck. Lo spettro di emissione dell'atomo di idrogeno secondo il modello atomico di Bohr. Il dualismo onda-particella e la lunghezza d'onda di De Broglie. Il principio di indeterminazione di Heisenberg. Equazione di Schroedinger e concetto di orbitale e probabilità. Il numero quantico principale n, il numero quantico azimutale l ed il numero quantico del momento magnetico m. Lo spin elettronico ed il numero quantico di spin. Gli orbitali atomici e la configurazione elettronica degli elementi. Il riempimento degli orbitali atomici e la costruzione della tavola periodica. Le proprietà periodiche degli elementi: dimensioni del raggio atomico, energia di ionizzazione, affinità elettronica e elettronegatività.

I legami chimici: ionico, covalente (puro o polare), metallico. La teoria del legame di valenza ed il legame sigma e pi-greco. Il simbolismo di Lewis per la rappresentazione degli elettroni di valenza degli atomi. La rappresentazione dei legami chimici secondo le regole di Lewis e la regola dell'ottetto. La violazione della regola dell'ottetto quando $n > 2$. Gli orbitali d e l'espansione dell'ottetto. La geometria molecolare: la teoria VSEPR e le geometrie lineare, trigonale planare, tetraedrica, bipiramide trigonale e ottaedrica. Un altro metodo per descrivere la geometria molecolare: la teoria dell'ibridazione degli orbitali atomici. L'ibridazione sp^3 del carbonio, dell'azoto e dell'ossigeno, l'ibridazione sp^2 ed sp del carbonio e la formazione dei legami multipli. I legami secondari: interazioni dipolo-dipolo e legame a idrogeno.

I gas: leggi dei gas, equazione dei gas ideali, miscele di gas, legge delle pressioni parziali di Dalton. Teoria cinetica dei gas.

Numeri di ossidazione. Nomenclatura, composti e formula minima. Tipi di reazioni chimiche. Le reazioni redox: bilanciamento con il metodo diretto e delle semireazioni.

Le soluzioni: concetto di concentrazione.

Termodinamica delle reazioni chimiche. Il sistema termodinamico. L'energia interna di un sistema e la prima legge della termodinamica. Le funzioni di stato. L'entalpia e la legge di Hess. Capacità termica molare e calore specifico. La bomba calorimetrica. Trasferimento di calore con o senza variazione di stato. L'entropia. La seconda e terza legge della termodinamica. L'energia libera e la spontaneità delle reazioni chimiche. La determinazione della costante di equilibrio dalla variazione di energia libera standard.

Equilibri omogenei ed eterogenei. I fattori che influenzano l'equilibrio chimico: il principio di Le Chatelier: effetto della variazione di concentrazione, pressione e volume. Le reazioni esotermiche ed endotermiche. L'entalpia.

Cinetica: definizione di velocità di reazione e sua espressione empirica. Dipendenza della cinetica dalla concentrazione dei reagenti e dalla temperatura. Energia di attivazione ed espressione di Arrhenius. Effetto dei catalizzatori.

Acidi e basi: acidi e basi di Bronsted, proprietà acido-base dell'acqua. Il pH delle soluzioni acquose. Proprietà colligative delle soluzioni. I sali, prodotto di solubilità. Soluzioni elettrolitiche. Equilibri acido-base: acidi e basi di Bronsted, l'autoprotolisi dell'acqua, concetto di pH, il pH di acidi e basi forti, acidi e basi deboli, idrolisi salina. Soluzioni tampone.

Elettrochimica: le reazioni di spostamento, la costruzione della pila, l'elettrodo standard ad idrogeno e la tabella dei potenziali standard di riduzione. La f.e.m. di una pila. Equazione di Nernst. Determinazione della costante di equilibrio dai potenziali standard di reazione.

Bibliografia e materiale didattico

MODULO CHIMICA: Manotti Lanfredi, Tiripicchio, fondamenti di chimica, casa editrice ambrosiana

MODULO MATERIALI: W.D.Callister, D.G. Rethwisch "Materiali per l'Ingegneria Civile e Industriale", Ed. EDISES S.r.l. Napoli, 2015.

Indicazioni per non frequentanti

nessuna

Modalità d'esame

MODULO CHIMICA: prova scritta.

MODULO MATERIALI: prova orale.

Stage e tirocini

no

