



UNIVERSITÀ DI PISA CHIMICA E MATERIALI

MASSIMO DE SANCTIS

Anno accademico 2018/19
CdS INGEGNERIA AEROSPAZIALE
Codice 102CC
CFU 12

Moduli CHIMICA	Settore/i CHIM/07	Tipo LEZIONI	Ore 60	Docente/i 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

- Modulo Chimica: la verifica delle conoscenze sarà oggetto della valutazione dell'elaborato scritto previsto all'inizio di ogni sessione d'esame.
- Modulo Materiali: la verifica delle conoscenze si condurrà mediante prova orale.

Capacità

- Modulo Chimica: capacità di comprendere i più semplici processi e reazioni chimiche.
- Modulo Materiali: conoscenza delle proprietà e delle tecniche di produzione e lavorazione delle diverse classi di materiali (metallici, polimeri, ceramici, compositi). Comprensione delle relazioni tra microstruttura e proprietà meccaniche nei materiali e capacità di selezione e trattamento (solo metallici strutturali) in ragione dell'applicazione prevista.

Modalità di verifica delle capacità

- Modulo Chimica: la verifica delle capacità sarà oggetto della valutazione dell'elaborato scritto previsto all'inizio di ogni sessione d'esame.
- Modulo Materiali: la verifica delle capacità si condurrà attraverso una prova orale della durata media di 40 minuti. Le domande poste allo studente volgeranno alla verifica non solo dello studio degli argomenti del corso, ma anche della capacità di selezione e trattamento dei materiali strutturali in ragione dell'applicazione ed impiego proposto.

Comportamenti

- Modulo Chimica: risoluzione di problematiche legate a fenomeni chimici.
- Modulo Materiali: capacità di comprendere le proprietà richieste ad un materiale per un'applicazione reale e capacità di selezionare il materiale più idoneo al servizio.

Modalità di verifica dei comportamenti

- Modulo Chimica: la verifica dei comportamenti sarà oggetto della valutazione dell'elaborato scritto previsto all'inizio di ogni sessione d'esame.
- Modulo Materiali: la verifica delle capacità richieste avverrà durante lo svolgimento del corso tramite domande e discussione aperta in aula e nel corso della prova orale.



UNIVERSITÀ DI PISA

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

MODULO CHIMICA. Nessuna.

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

Indicazioni metodologiche

- **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/dN - delta K. Fattori influenzanti la resistenza a fatica di un componente: finitura superficie, autotensioni, geometria del pezzo, ambiente corrosivo. Trattamenti superficiali: carbocementazione, nitrurazione, 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 sbozzatori 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, nitrurazione, 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



UNIVERSITÀ DI PISA

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, 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-calce, al borosilicato, al piombo. Variazione della viscosità con la temperatura: fusione, punto di lavorazione, rammollimento, ricottura, deformazione. Vetro rafforzato per tempra o chimicamente. Vetroceramici. 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 Schrödinger 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 Brønsted, 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 Brønsted, 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



UNIVERSITÀ DI PISA

[Modalità d'esame](#)

MODULO CHIMICA: prova scritta.

MODULO MATERIALI: prova orale.

Ultimo aggiornamento 15/10/2018 10:12