



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2023/2024
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2023/2024
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	INGEGNERIA MECCANICA
INSEGNAMENTO	MECCANICA DEI MATERIALI COMPOSITI E CERAMICI
TIPO DI ATTIVITA'	C
AMBITO	20933-Attività formative affini o integrative
CODICE INSEGNAMENTO	04936
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ING-IND/14
DOCENTE RESPONSABILE	ZUCCARELLO Professore Ordinario Univ. di PALERMO BERNARDO
ALTRI DOCENTI	
CFU	6
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	96
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	54
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	1
PERIODO DELLE LEZIONI	1° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	ZUCCARELLO BERNARDO Lunedì 10:00 12:00 UFFICIO EDIFICIO 8

DOCENTE: Prof. BERNARDO ZUCCARELLO

PREREQUISITI	Conoscenza della Statica e della Meccanica dei Solidi.
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	1) Conoscenza e capacita' di comprensione: al termine del corso, lo studente avra' acquisito conoscenze e metodologie per affrontare e risolvere le problematiche legate alla progettazione meccanica con materiali compositi. 2) Capacita' di applicare conoscenza e comprensione: lo studente avra' acquisito conoscenze e metodologie per analizzare e risolvere problemi tipici dell'uso dei materiali compositi nel campo della progettazione e produzione industriale. 3) Autonomia di giudizio: lo studente avra' acquisito le metodologie di analisi proprie di componenti e strutture realizzate interamente o parzialmente in composito. 4) Abilita' comunicative: lo studente sara' in grado di comunicare con competenza e proprieta' di linguaggio a proposito di problematiche complesse di progettazione strutturale basata sull'uso dei compositi. 5) Capacita' d'apprendimento: lo studente sara' in grado di affrontare in autonomia le problematiche relative al corretto uso e dimensionamento di componenti e strutture in composito in qualsivoglia campo della progettazione meccanica.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	Esame orale con discussione delle esercitazioni svolte durante il corso. L'esame e' volto ad accertare le conoscenze e le competenze disciplinari acquisite dallo studente. L'esaminando dovra' rispondere a tre domande su argomenti oggetto del programma delle lezioni e discutere una esercitazione svolta in aula o in laboratorio. Il voto e' espresso in trentesimi. Elementi essenziali della valutazione sono nell'ordine: 1) conoscenza e padronanza degli argomenti; 2) capacita' di utilizzare le conoscenze acquisite per la soluzione dei quesiti proposti; 3) capacita' di commentare le esercitazioni svolte in aula o in laboratorio; 4) proprieta' di linguaggio nella esposizione. A ciascun elemento verra' assegnato un voto variabile tra 0 e 8 (eccellente=8, buono=7, sufficiente=6, discreto=5, scarso=3-4, molto scarso 0-3) ed il voto finale si otterra' dalla somma dei singoli voti; sara' assegnato il voto 30 e lode nei casi in cui la somma dei singoli voti superi il valore di 30.
OBIETTIVI FORMATIVI	Il corso si propone di formare lo studente affinche' sia in grado di risolvere le problematiche legate alla progettazione strutturale con materiali compositi, applicando le metodologie di calcolo e progetto attualmente disponibili e tenendo conto delle innovazioni teoriche e pratiche del settore materiali compositi.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali, esercitazioni in aula ed in laboratorio.
TESTI CONSIGLIATI	Zuccarello, B., Dispense di PROGETTAZIONE MECCANICA CON MATERIALI NON CONVENZIONALI, Palermo, 2002. Agarwal, B.D., Broutman, L.J., ANALYSIS AND PERFORMANCE OF FIBER COMPOSITES, Fourth Edition, John Wiley & Sons, New York, 2017, ISBN: 9781119389989. Barbero, E.J., INTRODUCTION TO COMPOSITE MATERIAL DESIGN, Third Edition, Taylor and Francis, New, York, 2017, ISBN 9781138196803. Wachtman, J.B., STRUCTURAL CERAMICS, Academic Press inc., Londra, 1989, ISBN: 9781461563396. Reddy, J.N., MECHANICS OF LAMINATED COMPOSITE PLATES, Second Edition, CRC Press, 2003, ISBN 9780849315923. Kaw, A. K., Mechanics of Composite Materials, Second Edition, CRC Press, 1997, ISBN 9780849313431. Musikant, S., CERAMICS, Marcel Dekker, New York 1991, ISBN 08247884987.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
4	MATERIALI COMPOSITI: definizioni, caratteristiche, classificazione. COMPOSITI CON PARTICELLE. COMPOSITI FIBROSI: a fibre lunghe, a fibre corte. MATRICI: resine epossidiche, poliestere, fenoliche, viniliche. FIBRE: vetro, carbonio, altre fibre.
5	LAMINA CON RINFORZO UNIDIREZIONALE: rapporto in volume, in peso, peso specifico, percentuale di vuoti. MICROMECCANICA: Modulo di elasticita' in direzione longitudinale, resistenza a trazione longitudinale, modulo di elasticita' in direzione trasversale, resistenza a trazione in direzione trasversale, modulo di taglio e coefficiente di Poisson, relazioni tra coefficienti di Poisson e moduli di Young. COEFFICIENTI DI DILATAZIONE TERMICA LINEARE: coefficiente longitudinale e coefficiente trasversale.
4	COMPOSITI A FIBRE CORTE: definizioni, trasferimento delle tensioni, moduli di elasticita' per fibre parallele e con orientamento random, resistenza a trazione, resistenza a fatica, resistenza all'urto, resistenza alla frattura. COMPOSITI A FIBRE NASTRIFORMI: definizioni, moduli di elasticita, resistenza.
4	MACROMECCANICA DELLA LAMINA ORTOTROPA: definizioni, legge di Hooke, matrice di rigidezza e matrice di cedevolezza, relazioni tra costanti elastiche e matrici, determinazione delle costanti elastiche nella generica direzione.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
5	TEORIA CLASSICA DEI LAMINATI: definizioni ed ipotesi, calcolo di deformazioni e curvature del piano medio, calcolo di deformazioni e tensioni nella generica lamina. MATRICI CARATTERISTICHE DEL LAMINATO ED EQUAZIONI COSTITUTIVE: matrice di rigidità estensionale, matrice di accoppiamento e matrice di rigidità flessionale. LAMINATI PARTICOLARI: laminati simmetrici ($B=0$), laminati ortotropi ($A_{13}=A_{23}=0$), laminati con $D_{13}=D_{23}=0$, laminati quasi isotropi. ANALISI DELLE TENSIONI: inversione delle matrici ed equazioni matriciali risolventi. TENSIONI TERMICHE: forze e momenti termici apparenti, deformazioni e tensioni termiche.
3	MECCANISMI DI ROTTURA E CRITERI DI RESISTENZA: rottura per trazione longitudinale, compressione longitudinale, trazione trasversale, compressione trasversale, taglio. Criterio della massima tensione, criterio della massima deformazione, criterio di Tsai-Hill, criterio di Tsai-Wu, influenza del segno della tensione tangenziale.
4	ANALISI DEI LAMINATI: definizioni, determinazione del carico di FPF, analisi post-FPF, analisi di laminati cross-ply, uso di codici di calcolo automatico. TENSIONI INTERLAMINARI. FATICA DEI COMPOSITI: sperimentazione e relazioni tensione-numero di cicli a rottura, grandezze di influenza. COMPOSITI AD ELEVATO MODULO: aspetti peculiari, influenza del tipo di sollecitazione e delle condizioni ambientali.
5	MFLE E CRITERI DI RESISTENZA PER ELEMENTI INTAGLIATI: Teoria di Griffith, teoria dell'elasticità. CRITERI DI WHITNEY-NUSIMER: criterio della tensione puntuale, criterio della tensione media, validità limitazioni ed estensioni. , RESISTENZA ALL'URTO : definizioni, parametri di influenza (velocità di impatto, dimensione e geometria del componente, orientamento fibre e sequenza di impacchettamento), resistenza alla delaminazione. MECCANISMI DI ROTTURA: rottura delle fibre, della matrice, pull-out, delaminazione. INFLUENZA DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI: temperatura, umidità, altre grandezze. COMPOSITI IBRIDI: resistenza delle fibre e tempo di applicazione del carico, degrado termico della matrice (peso, resistenza e rigidità), effetti dell'acqua.
4	CARATTERIZZAZIONE SPERIMENTALE DEI COMPOSITI: prova di trazione, prova di compressione, prova di taglio, prova di flessione, prova di delaminazione, prova di frattura. CONTROLLI NON DISTRUTTIVI: esigenze, ricerca dei difetti tipici, raggi X, ultrasuoni, altre tecniche, tecniche di valutazione dell'integrità strutturale.
5	GIUNZIONI DI MATERIALI COMPOSITI: definizioni, classificazione, vantaggi e svantaggi dei vari tipi di giunto. GIUNTO A DOPPIA SOVRAPPOSIZIONE: distribuzione delle tensioni, lunghezza del giunto e carico massimo, effetto dello spessore del giunto, effetto dello spessore dell'adesivo, effetto dello sbilanciamento, effetto del mismatch del coefficiente di dilatazione termica, tensioni di sfogliamento, resistenza allo sfogliamento. ALTRI TIPI DI GIUNTO: giunto a semplice sovrapposizione, giunto a sovrapposizione rastremato, giunto a doppia sovrapposizione a gradini, giunti misti. MATERIALI E PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI: orientamento delle lamine, adesivi, preparazione delle superfici. MANIFATTURA DEL GIUNTO E CONTROLLI: compositi pre-curati, compositi non curati. GIUNTI MECCANICI: resistenza a sforzo normale, taglio del labbro, compressione superficiale, resistenza a fatica, mezzi per migliorare la resistenza.
ORE	Esercitazioni
5	Progettazione di elementi semplici in composito. Analisi della concentrazione critica di compositi multi-rinforzati. Micromeccanica: valutazione della affidabilità dei modelli teorici. Impiego di compositi a fibre corte e nastriformi. Applicazioni elementari della Teoria Classica dei Laminati. Uso dei criteri di resistenza per materiali compositi.
ORE	Laboratori
6	Realizzazione di laminati compositi mediante laminazione manuale e sacco a vuoto. Caratterizzazione meccanica di laminati compositi rinforzati con fibre di vetro, carbonio e aramidiche mediante prove di trazione e taglio.