

FACOLTÀ	INGEGNERIA
ANNO ACCADEMICO	2013-14
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE	Ingegneria Meccanica
INSEGNAMENTO	Meccanica dei Materiali Compositi e Ceramiche
TIPO DI ATTIVITÀ	Caratterizzante
AMBITO DISCIPLINARE	Ingegneria Meccanica
CODICE INSEGNAMENTO	04936
ARTICOLAZIONE IN MODULI	NO
NUMERO MODULI	
SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI	ING-IND/14
DOCENTE RESPONSABILE	Bernardo Zuccarello Prof. Associato Università di Palermo
CFU	6
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	70
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE	80
PROPEDEUTICITÀ	
ANNO DI CORSO	II
SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali, esercitazioni, discussione di casi di studio e ricerca.
MODALITÀ DI FREQUENZA	Facoltativa
METODI DI VALUTAZIONE	Esame orale, Discussione in aula di casi di studio, Discussione in aula di casi di ricerca
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
PERIODO DELLE LEZIONI	Secondo semestre
CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	Da definire

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito conoscenze e metodologie per affrontare e risolvere in maniera originale le problematiche legate alla progettazione meccanica con materiali compositi.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente avrà acquisito conoscenze e metodologie per analizzare e risolvere problemi tipici dell'uso e dello sfruttamento della proprietà dei materiali compositi nel campo della progettazione e produzione industriale.

Autonomia di giudizio

Lo studente avrà acquisito le metodologie di analisi proprie di componenti e strutture realizzate interamente o parzialmente in composito.

Abilità comunicative

Lo studente sarà in grado di comunicare con competenza e proprietà di linguaggio a proposito di problematiche complesse di progettazione strutturale basata sull'uso di compositi avanzati.

Capacità d'apprendimento

Lo studente sarà in grado di affrontare in autonomia più le problematiche relative al corretto uso e dimensionamento di componenti e strutture in qualsivoglia campo della progettazione meccanica.

OBIETTIVI FORMATIVI

La conoscenza adeguata degli aspetti metodologici-operativi relativi agli argomenti oggetto del corso e la capacità di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria.

ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
5	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.
10	LAMINA CON RINFORZO UNIDIREZIONALE: rapporto in volume, in peso, peso specifico, percentuale di vuoti. MICROMECCANICA: Modulo di elasticità in direzione longitudinale E_L , resistenza a trazione longitudinale, modulo di elasticità in direzione trasversale E_T , resistenza a trazione in direzione trasversale, modulo di elasticità trasversale G_{LT} e coefficiente di Poisson ν_{LT} , relazioni tra coefficienti di Poisson e moduli di Young. COEFFICIENTI DI DILATAZIONE TERMICA LINEARE: coefficiente longitudinale e coefficiente trasversale.
5	COMPOSITI A FIBRE CORTE: definizioni, trasferimento delle tensioni, moduli di elasticità 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 elasticità, resistenza.
5	MACROMECCANICA DELLA LAMINA ORTOTROPA: definizioni, legge di Hooke, matrice di rigidezza e matrice di cedevolezza, relazioni tra costanti elastiche e matrici, matrici in un riferimento cartesiano arbitrario, determinazione delle costanti elastiche nella generica direzione.
10	TEORIA CLASSICA DEI LAMINATI: definizioni ed ipotesi, calcolo di deformazioni e curvatures del piano medio, calcolo di deformazioni e tensioni nella generica lamina. MATRICI CARATTERISTICHE DEL LAMINATO ED EQUAZIONI COSTITUTIVE: matrice di rigidezza estensionale, matrice di accoppiamento e matrice di rigidezza 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, deformazioni e tensioni termiche.
5	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.
10	ANALISI DEI LAMINATI, TENSIONI INTERLAMINARI E FATICA NEI COMPOSITI : definizioni, determinazione del carico di FPF, analisi post-FPF, analisi di laminati cross-ply, uso di codici di calcolo automatico. STIMA DELLA VITA A FATICA: sperimentazione e relazioni tensione-numero di cicli a rottura. COMPOSITI AD ELEVATO MODULO: aspetti peculiari, influenza del tipo di sollecitazione e delle condizioni ambientali.
6	MFLE E CRITERI DI RESISTENZA PER ELEMENTI INTAGLIATI, RESISTENZA

	<p>ALL'URTO E INFLUENZA DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI. Teoria di Griffith, teoria dell'elasticità. CRITERI DI WHITNEY-NUSIMER: criterio della tensione puntuale, criterio della tensione media, validità limitazioni ed estensioni. PARAMETRI DI INFLUENZA NELL'URTO: 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. COMPOSITI IBRIDI: resistenza delle fibre e tempo di applicazione del carico, degrado termico della matrice (peso, resistenza e rigidità), effetti dell'acqua.</p>
6	<p>CARATTERIZZAZIONE SPERIMENTALE DEI COMPOSITI: prova di trazione, prova di compressione, prova di taglio, prova di flessione, prova di delaminazione, prova di frattura.</p> <p>CONTROLLI NON DISTRUTTIVI: esigenze, ricerca dei difetti tipici, raggi X, ultrasuoni, altre tecniche, tecniche di valutazione dell'integrità strutturale.</p>
6	<p>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, mezzi per aumentare la resistenza. 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 sforzo normale, taglio del labbro, compressione superficiale, resistenza a fatica, mezzi per migliorare la resistenza. ACCORGIMENTI PER UNA CORRETTA ESECUZIONE DEL GIUNTO: esecuzione del foro, realizzazione del collegamento, protezione contro la corrosione.</p>
ESERCITAZIONI	
3	<p>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.</p>
6	<p>LAMINA CON RINFORZO UNIDIREZIONALE: rapporto in volume, in peso, peso specifico, percentuale di vuoti. MICROMECCANICA: Modulo di elasticità in direzione longitudinale E_L, resistenza a trazione longitudinale, modulo di elasticità in direzione trasversale E_T, resistenza a trazione in direzione trasversale, modulo di elasticità trasversale G_{LT} e coefficiente di Poisson ν_{LT}, relazioni tra coefficienti di Poisson e moduli di Young. COEFFICIENTI DI DILATAZIONE TERMICA LINEARE: coefficiente longitudinale e coefficiente trasversale.</p>
3	<p>COMPOSITI A FIBRE CORTE: definizioni, trasferimento delle tensioni, moduli di elasticità 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 elasticità, resistenza.</p>
3	<p>MACROMECCANICA DELLA LAMINA ORTOTROPA: definizioni, legge di Hooke, matrice di rigidità e matrice di cedevolezza, relazioni tra costanti</p>

	elastiche e matrici, matrici in un riferimento cartesiano arbitrario, determinazione delle costanti elastiche nella generica direzione.
6	TEORIA CLASSICA DEI LAMINATI: definizioni ed ipotesi, calcolo di deformazioni e curvatures del piano medio, calcolo di deformazioni e tensioni nella generica lamina. MATRICI CARATTERISTICHE DEL LAMINATO ED EQUAZIONI COSTITUTIVE: matrice di rigidezza estensionale, matrice di accoppiamento e matrice di rigidezza 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, 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.
6	ANALISI DEI LAMINATI, TENSIONI INTERLAMINARI E FATICA NEI COMPOSITI : definizioni, determinazione del carico di FPF, analisi post-FPF, analisi di laminati cross-ply, uso di codici di calcolo automatico. STIMA DELLA VITA A FATICA: sperimentazione e relazioni tensione-numero di cicli a rottura. COMPOSITI AD ELEVATO MODULO: aspetti peculiari, influenza del tipo di sollecitazione e delle condizioni ambientali.
3	MFLE E CRITERI DI RESISTENZA PER ELEMENTI INTAGLIATI, RESISTENZA ALL'URTO E INFLUENZA DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI. Teoria di Griffith, teoria dell'elasticità. CRITERI DI WHITNEY-NUSIMER: criterio della tensione puntuale, criterio della tensione media, validità limitazioni ed estensioni. PARAMETRI DI INFLUENZA NELL'URTO: 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. COMPOSITI IBRIDO: resistenza delle fibre e tempo di applicazione del carico, degrado termico della matrice (peso, resistenza e rigidezza), effetti dell'acqua.
3	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.
3	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, mezzi per aumentare la resistenza. 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 sforzo normale, taglio del labbro, compressione superficiale, resistenza a fatica, mezzi per migliorare la resistenza.

	ACCORGIMENTI PER UNA CORRETTA ESECUZIONE DEL GIUNTO: esecuzione del foro, realizzazione del collegamento, protezione contro la corrosione.
TESTI CONSIGLIATI	<p>Zuccarello, B., Dispense di PROGETTAZIONE MECCANICA CON MATERIALI NON CONVENZIONALI, Palermo, 2002.</p> <p>Agarwal, B.D., Broutman, L.J., ANALYSIS AND PERFORMANCE OF FIBER COMPOSITES, John Wiley & Sons, New York, 1980.</p> <p>Barbero, E.J., INTRODUCTION TO COMPOSITE MATERIAL DESIGN, Taylor and Francis, New, York, 1999.</p> <p>Wachtman, J.B., STRUCTURAL CERAMICS, Academic Press inc., Londra, 1989.</p> <p>Reddy, J.N., MECHANICS OF LAMINATED COMPOSITE PLATES, CRC Press, 1997.</p> <p>Kaw, A. K., Mechanics of Composite Materials, CRC Press, 1997.</p> <p>Musikant, S., CERAMICS, Marcel Dekker, New York 1991.</p>