



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## COMPORTAMENTO MECCANICO DEI MATERIALI

MARCO BEGHINI

Academic year	2018/19
Course	INGEGNERIA MECCANICA
Code	637II
Credits	6

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
COMPORTAMENTO MECCANICO DEI MATERIALI	ING-IND/14	LEZIONI	60	MARCO BEGHINI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Gli argomenti chiave del corso sono la teoria della plasticità e i materiali compositi. Alla fine del corso lo studente è a conoscenza dei principali modelli costitutivi con cui è possibile descrivere il comportamento di materiali metallici in campo plastico. Sono inoltre presentati i modelli meccanici che descrivono il comportamento a rigidezza e a resistenza dei materiali con comportamento anisotropo, in particolare i compositi.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Nella discussione della prova d'esame sono richieste considerazioni relative ai materiali, alla loro realizzazione, alle loro proprietà e alla verifica sperimentale delle stesse. Queste abilità non possono prescindere dalla completa e approfondita conoscenza delle definizioni date nel corso (per esempio: fasi costituenti, lamina, laminato per i compositi, oppure snervamento, incrudimento, flusso plastico in teoria della plasticità).

#### *Capacità*

Lo studente è in grado di applicare lo strumento di calcolo Mathcad, appreso e approfondito nel corso, per sviluppare modelli di comportamento meccanico sulle classi di materiali esaminati. Lo studente è inoltre in possesso delle capacità che gli permettono di impostare una campagna di prove di caratterizzazione per misurare o identificare le grandezze fisiche alla base dei modelli costitutivi presentati.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

La prova d'esame comincia con la presentazione di un elaborato in Mathcad, su argomento scelto dallo studente, relativamente all'approfondimento di una esercitazione proposta nel corso o su un argomento di interesse per lo studente che verte su problematiche inerenti la meccanica dei materiali. All'esame possono essere inoltre proposti problemi di meccanica dei materiali di cui si chiede l'impostazione.

#### *Comportamenti*

Lo studente durante il corso sviluppa consapevolezza sull'importanza della selezione dei materiali, anche in relazione agli aspetti della loro intera vita, con particolare riferimento allo smaltimento o al riutilizzo. In molte attività svolte durante il corso, lo studente risolve problemi in gruppo e sviluppa attitudini collaborative. Quando possibile, la lezione è svolta con modalità flip-class per cui agli studenti è richiesta capacità di sintesi e di esposizione.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

I comportamenti sono valutati nel corso delle lezioni in base ai contributi dati alle discussioni aperte

#### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Nozioni basilari di Meccanica dei solidi (dalla triennale), di Metallurgia meccanica e di Costruzioni di macchine (dal primo anno della magistrale)

#### *Prerequisiti per studi successivi*

L'esame di CMM è necessario per la frequenza all'esame a scelta di Simulazione di strutture meccaniche nel quale sono affrontate applicazioni numeriche degli argomenti esaminati in CMM

#### *Indicazioni metodologiche*

Le lezioni sono spesso sviluppate in modo da stimolare la partecipazione attiva, possibilmente in modalità flip-class. Lo svolgimento di lezioni



## UNIVERSITÀ DI PISA

ed esercitazioni avviene sistematicamente in aula informatica dove è possibile sempre effettuare applicazioni Mathcad per verificare, con esempi numerici, la teoria. Sono previsti interventi di esperti (dell'industria o della ricerca) sia sugli aspetti generali relativamente alle competenze sui materiali richieste agli ingegneri in vari tipi di industrie sia con testimonianze di attività specifiche in certi settori della meccanica dei materiali.

Il corso è supportato su piattaforma E-Learning. Salvo alcuni argomenti, per i quali è fatto uso di slide, lo strumento più importante per la comunicazione è la lavagna. Nelle esercitazioni, il docente guida la soluzione, svolta individualmente o in gruppi di due, dell'esercizio tramite la proiezione del file mathcad in fase di sviluppo.

Anche se il corso è in italiano, i termini tecnici e specifici della disciplina sono presentati anche in Inglese.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

#### COMPLEMENTI DI MECCANICA DEI SOLIDI (ore 20)

Richiami sullo stato di tensione e di deformazione. Generalità sulle prove meccaniche: prove con tensioni monoassiali, biassiali e triassiali. Analisi completa della deformazione dal punto di vista matematico. Grandi deformazioni e relativi metodi per definirle. Basi per la modellazione numerica di fenomeni deformativi intensi. Modelli plane-stress e plane-strain e applicazioni. Approfondimenti sul comportamento dei materiali nelle zone di intaglio. I problemi di Kirsch e di Inglis.

#### TEORIA DELLA PLASTICITÀ (ore 14)

Analisi critica fisico-matematica della prova di trazione. Modelli per la rappresentazione della curva tensione-deformazione uniassiale. Studio della piegatura di una trave in regime elasto-plastico. Teoria incrementale della plasticità: leggi di snervamento, leggi di flusso plastico (Prandtl-Reuss) e leggi di incrudimento (isotropo, cinematico e combinato). Introduzione all'analisi limite: cerniere plastiche e relativo processo di collasso. Determinazione di carichi di collasso per strutture di travi isostatiche e iperstatiche.

#### TEORIA DEI MATERIALI NON OMOGENEI E NON ISOTROPI (ore 16)

Analisi del comportamento di elementi strutturali elastici non omogenei: il modello della trave bi-metallica. Fenomeni di accoppiamento flessomembranale ed effetti di bordo. Studio completo dell'anisotropia fisica e elastica: principio di Neumann, materiali triclini, monoclini, ortotropi, cubici, trasversalmente isotropi e isotropi. Elementi essenziali di tecnologia costruttiva dei materiali compositi. Teoria della lamina ortotropa: modello macromeccanico igro-termo-elastico della rigidità e relative misure. Resistenza della lamina ortotropa e relativa previsione con i criteri: della massima tensione, della massima deformazione, di Tsai-Hill e di Tsai-Wu. Laminati: classificazione e teoria classica della laminazione. Effetti di bordo nei laminati. Verifiche di resistenza dei laminati. Modelli mesomeccanici della rigidità e della resistenza per le lamine ortotrope.

### Bibliografia e materiale didattico

Materiale disponibile sul sito di E-Learning.

Testi consigliati per approfondimenti:

N.P.Suh, A.P.L.Turner, Elements of the mechanical behaviour of solids, McGraw-Hill

R.F.Gibson, Principles of composite material mechanics, McGraw-Hill

### Modalità d'esame

L'esame prevede una prova orale. All'esame l'allievo è tenuto a presentare un elaborato in linguaggio Mathcad, generalmente l'approfondimento di una esercitazione svolta durante il corso, che dimostri l'acquisita conoscenza del software.

### Pagina web del corso

<https://elearn.ing.unipi.it/course/view.php?id=1251>

Ultimo aggiornamento 26/02/2019 10:58