UNIVERSITÀ DI PISA

TECNOLOGIA MECCANICA

MICHELE LANZETTA

Anno accademico	2022/23
CdS	INGEGNERIA DELL'ENERGIA
Codice	977II
CFU	6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
TECNOLOGIA MECCANICA	ING-IND/16	LEZIONI	60	MICHELE LANZETTA

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Il corso ha l'obiettivo di fornire le conoscenze sulle principali tecnologie metalmeccaniche ovvero quelle utilizzate dalla produzione di semilavorati a partire dal recupero dei rottami metallici, alla loro trasformazione in prodotti finiti e al relativo controllo e assemblaggio.
Tra gli argomenti trattati:
I principali **processi di lavorazione** dei metalli:

- per ***asportazione di truciolo***;
- di ***fonderia***;
- di ***deformazione plastica***;
- di ***saldatura***.

Per tali processi vengono trattati gli **utensili** utilizzati, le **macchine** manuali e automatiche, le **attrezzature**.
Metrologia: misure micro e macrogeometriche, caratterizzazione dei manufatti (tolleranze), strumenti manuali e automatici.

Modalità di verifica delle conoscenze

Durante le prove di esame scritte e orali, lo studente deve essere in grado di

- descrivere ciascuno dei processi di lavorazione e di controllo metrologico trattati nel corso;
- rappresentare graficamente con disegni e schemi, macchine, attrezzature, strumenti e utensili.

Lo studente deve inoltre essere in grado di descrivere tali processi attraverso modelli semplificativi, a partire da ipotesi coerenti con i casi reali e con riferimento alle implicazioni che riguardano la struttura della materia.
Per tali modelli descrittivi deve indicare i principali parametri (es. di lavorazione) e variabili (es. angoli dell'utensile) e come questi influenzano il risultato (es. la finitura superficiale).
Queste conoscenze devono essere acquisite da un punto di vista

- qualitativo: attraverso la conoscenza degli ordini di grandezza e delle relative unità di misura, utili per stime di massima e per la verifica dei calcoli progettuali;
- quantitativo: attraverso la conoscenza di metodi per stimarli.

Capacità

Il corso si prefigge di far acquisire la capacità professionale direttamente applicabile all'interno di una azienda manifatturiera di progettare un **ciclo di lavorazione** per la realizzazione di un componente meccanico dato.
Progettare un ciclo di lavorazione comporta

1. la selezione dei processi che permettono di ottenerlo;
2. la definizione della sequenza delle operazioni;
3. la scelta delle macchine, degli utensili e delle attrezzature.

Tale attività non ammette una soluzione unica, pertanto lo studente deve

- preliminarmente acquisire l'abilità di enumerare le diverse soluzioni (processi) apprese;
- applicare i metodi di progettazione descritti nelle lezioni e nelle esercitazioni;
- confrontare le diverse soluzioni attraverso stime qualitative e quantitative dal punto di vista tecnico ed economico;
- produrre la documentazione tecnica che contiene la soluzione (ottimale) scelta.

Modalità di verifica delle capacità

Gli studenti, in gruppi formati spontaneamente da tre membri, realizzaranno il ciclo di lavorazione relativo al componente meccanico di propria

scelta, previa approvazione del docente.
Dal 2020-21 al gruppo devono essere aggiunti uno o più studenti provenienti da istituti tecnici del territorio, guidati dai propri insegnanti, in apposito elenco per essere contattati e coinvolti in tutte le fasi dello sviluppo del progetto e che avranno il compito di realizzare il pezzo nell'ambito del programma Live tecnologie!
Per l'ammissione all'esame (scritto) è necessaria l'approvazione della **relazione tecnica** e della successiva discussione verbale (in gruppo).
Il progetto riguardante lo studio di un processo di fabbricazione di un componente appartenente ad un complessivo meccanico comprende:

- eventuale individuazione di un componente reale;
- disegno del componente, scelta delle quote critiche e stima delle relative tolleranze;
- eventuale modello CAD;
- eventuale formatura del semilavorato, tramite processo di colata in forma transitoria, con progettazione del modello, dimensionamento delle materozze e del sistema di colata, e calcolo della spinta metallostatica;
- eventuale simulazione della colata e del raffreddamento;
- eventuale processo alternativo per additive manufacturing;
- ciclo di lavorazione alle macchine utensili, con scelta delle fasi e sottofasi di lavorazione, scelta degli utensili, dei parametri di taglio, calcolo delle potenze assorbite, dei tempi di lavoro e costo;
- eventuale programmazione tramite linguaggio ISO (G-code) di una sottofase di lavorazione da effettuarsi tramite macchina utensile a controllo numerico;
- eventuale realizzazione del componente su fresatrice a controllo numerico (CN);
- eventuale verifica dimensionale con strumenti tradizionali e con macchina di misura a coordinate (CMM).

Il lavoro in gruppo rappresenta un ulteriore valore aggiunto poiché richiede una suddivisione dei ruoli per evitare di svolgere operazioni duplicate, proprio come si verifica nelle omologhe situazioni aziendali. All'interno del gruppo lo studente ha l'opportunità di conoscere ed affinare le proprie capacità di relazione, collaborazione e coordinamento.
I progetti possono comprendere facoltativamente l'uso di software di simulazione dei processi (es. CAM, in fonderia o nella deformazione plastica) a partire da modello CAD del componente in studio.
Nella discussione orale del progetto vengono valutati analiticamente gli apporti di ciascuno dei membri del gruppo.
Il progetto viene valutato in trentesimi come pure l'apporto individuale al progetto.
Questi due voti pesano rispettivamente per 1/4 sul voto finale, insieme al voto alla prova scritta e alla prova orale (comprensivo del ciclo), che contano rispettivamente per 1/4 sul voto medio risultante.

Comportamenti
Lo studente dovrà acquisire la capacità di

- confrontare criticamente processi diversi attraverso stime preliminari e
- valutare la capacità di soddisfare i requisiti da un punto di vista tecnico/economico (precisione, costo, produttività ecc.).

Dovrà inoltre essere in grado di modellare un processo produttivo, proponendo ipotesi semplificative al fine di eseguire le citate stime e valutazioni.

Modalità di verifica dei comportamenti
Nel progetto didattico, nell'esame scritto e orale, lo studente dovrà risolvere problemi del tipo:

- dato un prodotto con determinate caratteristiche (tolleranze, volumi produttivi ecc.), proporre soluzioni realizzative per ottenerlo;
- con dati insufficienti o sovrabbondanti, scegliere e stimare i parametri e le variabili che governano il processo realizzativo;
- dato un processo nuovo, proporne per similitudine un modello approssimato.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

- conoscenze di matematica e geometria, quali integrali e derivate (Corsi di base di matematica)
- conoscenze di fisica generale, quali unità di misura e principi generali della meccanica (Fisica Generale)
- nozioni di base per interpretare e realizzare un disegno meccanico, tipi di tolleranze, tipici componenti meccanici, quali flange, ruote dentate, cuscinetti (Disegno Tecnico Industriale)
- conoscenze sulla struttura della materia, reazioni chimiche (Chimica e Chimica Applicata)

Indicazioni metodologiche
Informazioni dettagliate sono disponibili nella pagina elearn del corso.
Gli iscritti al corso elearn ricevono via mail

- notifica delle date delle esercitazioni in aula, dei ricevimenti collettivi, delle conferenze e delle visite all'officina/laboratorio,
- offerte di lavoro e tirocinio e
- varie altre comunicazioni di servizio (cambio aula, orario, scioperi ecc.).

Nella seguente cartella Google Drive sono disponibili:

- diapositive e dispense,
- software didattico,

- testi di esame (anche svolti) e
- esempi di progetti approvati

Tutte le lezioni e le esercitazioni si svolgono in aula con videoproiezione di materiale tratto dai libri di testo (diapositive non disponibili).
Sono disponibili le registrazioni integrali (non rielaborate) delle lezioni Teams organizzate per argomenti dei due corsi su Energia e Gestionale e di più anni accademici.
Sono previste visite all'officina/laboratorio in data indicata a lezione e comunicata agli iscritti al corso su elearn. I relativi video sono disponibili su canale YouTube Tecnologia Meccanica @ UniPI.
Le lezioni sono tenute in lingua italiana. Diapositive e testi sono anche in lingua inglese.
Sono previste conferenze da parte di esperti del settore in data indicata a lezione e comunicata agli iscritti al corso su elearn.
Il progetto viene illustrato a lezione, seguito nell'ambito di ricevimenti settimanali, valutato e approvato per accedere alla prova scritta dell'esam dal prof. Francesco Inglese, che riceve anche via mail, svolge lezioni teoriche sulla realizzazione del ciclo e del progetto didattico, ricevimenti collettivi e revisione progetti nelle date che comunica agli iscritti al corso su elearn.
Il docente svolge ricevimenti come indicato nella propria pagina Unimap.

Programma (contenuti dell'insegnamento)

Il registro delle lezioni svolte nei precedenti anni accademici è disponibile online.

Introduzione
Sbocchi professionali, la missione dell'ingegnere tecnologo, obiettivi del corso, modalità di esame (progetto e prova scritta/orale), libri di testo. Le rivoluzioni industriali. Modellazione del processo, il caso SLS. La progettazione del prodotto, il CAD, il CAE, la simulazione e le verifiche sperimentali e FEM. Complessità. Produzione di serie e di massa. Volumi e produttività. Automazione rigida e flessibile. Le fasi dello sviluppo prodotto. Le specifiche. Processo e macroprocesso. Time to market. Design for. I principali macroprocessi di trasformazione.

Asportazione di truciolo
Il modello del taglio ortogonale. Tipi di truciolo. Tagliente di riporto. Mappa termica e lubrorefrigerazione. Il taglio obliquo, designazione angoli dell'utensile e sistemi di riferimento. Forze e energia specifica di taglio, moti e parametri di lavorazione, qualità e produttività di una lavorazione: finitura, tempi, volume asportato, potenza. Gli angoli standardizzati dell'utensile, definizione e influenza sul processo di taglio. Materiali per utensili e codifica ISO. Durata e criteri di usura. Legge di Taylor (generalizzata). Calcolo dei tempi e dei costi di lavorazione; costi fissi e variabili; ammortamento, manodopera e setup; ottimizzazione della velocità di taglio. Le lavorazioni di tornitura (cilindratura, sfacciatura, filettatura, gole, esecuzioni interne ecc.). Lavorazioni dei fori; punte. Lavorazioni di fresatura, frese e moti. Tornio, trapani (sensitivo, a colonna, radiale, plurimandrino), fresatrice universale: principali organi e attrezzature. Divisore. Tracciatura. Lavorazioni a moto rettilineo: stozzatura e brocciatura. Mole e processo di rettifica. Fresatura a taglio periferico e cilindrico/frontale: calcolo della forza e della potenza. Alesatrice, rettificatrice: organi, moti, attrezzature e configurazioni

Ciclo di lavorazione
Descrizione del progetto didattico a gruppi. Studio del ciclo di lavorazione: analisi delle informazioni di partenza; criteri di selezione dei processi di lavorazione; sequenza delle fasi. Esempi di cicli di lavoro, progetti svolti e discussione di nuove proposte.

Fabbricazione per fusione
Progettazione dei modelli e delle anime, piano di divisione, sovrametalli, angoli di sformo, raggi di raccordo, moduli di raffreddamento, tipi di materozza e dimensionamento; effetto di estremità e raffreddatori; solidificazione direzionale e tempo; cerchi di Heuvers e diagramma di Caine; tipi di sistema di colata, tempo e dimensionamento. Processi in forma transitoria; in terra sintetica e in gesso; in fossa; con agglomerazione chimica (al CO2 e SO2); shell-moulding; microfusione. I processi di fusione in forma permanente; pressofusione, macchina a camera calda e fredda, conchiglia a gravità. Confronto economico tra processi da fonderia. Principali difetti di fonderia e cause. Criteri di Design for Manufacturing; costi delle modifiche. CAE e simulazione; esempi in fonderia (colata e solidificazione).

Deformazione plastica
Velocità di deformazione. Tensioni normali e tangenziali. Lavoro di deformazione nell'estrusione diretta. Effetto dell'attrito, metodi slab analysis e upper bound in laminazione. Metodi agli elementi finiti (FEM). Tipi di laminatoi e profili di velocità. Condizioni di imbocco e di trascinamento; rapporto di laminazione; calibratura; metodo Mannessman e a passo di pellegrino. Estrusione diretta e inversa, estrusione per urto, trafilatura. Magli e presse: principali organi, caratteristiche e impieghi. Stampaggio: progettazione stampi e fasi di lavorazione. Fucinatura, ricalcatura e elettroricalcatura. Lavorazione delle lamiere: tranciatura e tranciatura fine; piegatura; imbutitura.

Tecniche di giunzione
Saldatura e taglio a gas. Saldature ad arco elettrico, con elettrodo rivestito, TIG, MIG, arco sommerso. Saldature a resistenza: per punti, a rulli, a scintillio. Brasature. Saldatura e taglio al plasma. Zona termicamente alterata. Tipi di difetti.

Metrologia
Tolleranze, errori macro e microgeometrici. Tessitura, rugosità e relativi parametri, funzionamento del rugosimetro, acquisizione ed elaborazione di un segnale digitale, curve di densità delle ordinate e di Abbot. Calibro, micrometro, comparatore. Sensore a triangolazione. Durometro. Proiettore di profili. La macchina di misura a coordinate (CMM), strutture e componenti. Qualifica del tastatore e programmazione.

Esercitazioni
Esempi di domande scritte e orale di esame.

Laboratorio
Video su canale YouTube Tecnologia Meccanica @ UniPI
Visita all'officina del DICI: Esempi di macchine, utensili, attrezzature e lavorazioni. Postazioni di tracciatura, foratura, tornitura, fresatura e rettifica su tre postazioni a rotazione.
Dimostrazione sulla formatura in terra sintetica, per shell-moulding e in conchiglia, procedimento e attrezzature.
Visita al laboratorio di metrologia del DICI: rugosimetro, strumenti manuali, durometro, CMM

Bibliografia e materiale didattico

Testo ufficiale di riferimento
Tecnologia meccanica e studi di fabbricazione
Marco Santochi, Francesco Giusti, 2° ed., 2000, Casa Editrice Ambrosiana Milano, pp. 674, ISBN 88-408-1028-5

Diapositive utilizzate a lezione dal docente non disponibili per ragioni di copyright

Altri testi consigliati
In aggiunta, ma anche in alternativa al testo ufficiale
Vi sono due Kalpakjian
http://media.pearsoncmg.com/intl/asia/kalpakjian_bridging_page/
il primo è più esteso (40 capitoli contro 20)
Manufacturing Engineering and Technology
SI (Student International) Edition, 7th Edition, Serope Kalpakjian, Stephen Schmid, Sep 2013, Paperback, 1224 pages, ISBN13: 9789810694067, ISBN10: 9810694067, £55.99
Collegamento al sito dell'editore
Edizioni precedenti: 2a ed. 1992, 3a ed. 1995 ~€7, 4a ed. 2000 ~€17, 5a ed. 2006, 6a ed. 2009 ~€45
Manufacturing Processes for Engineering Materials
SI Edition, 5th Edition, Serope Kalpakjian, Stephen Schmid, Chih-Wah Kok, Apr 2008, Paperback, 1021 pages, ISBN13: 9789810679538, ISBN10: 981067953X, £62.99
Collegamento al sito dell'editore
Esiste anche una versione in italiano
Tecnologia meccanica
Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid, 5a Edizione italiana, a cura dei proff. Stefania Bruschi ed Enrico Savio, e dei dott. Simone Carmignato, Andrea Ghiotti e Giovanni Lucchetta, 2008 Pearson Paravia Bruno Mondadori S.p.A., pp. 864, €57,00, ISBN 9788871924625 Collegamento al sito dell'editore, anche in versione digitale
Acquisto online
Introduction to Manufacturing Processes
Groover, Mikell P., ISBN-13: 978-0-470-63228-4, eText: ISBN-10 1-118-21559-1, ISBN-13 978-1-118-21559-3, Print: ISBN-10 0-470-63228-3, ISBN-13 978-0-470-63228-4, John Wiley & Sons, 2012, Pages: 700, digital rental: £28.19
Collegamento al sito dell'editore

Anteprima del testo (solo la metà superiore di ciascuna pagina è visibile)

Indicazioni per non frequentanti

Tutto l'anno iniziano progetti, anche al di fuori delle lezioni.
E' fortemente consigliato svolgere il progetto in gruppi da tre, per suddividere in maniera ottimale tra i vari componenti il carico di lavoro di un progetto che abbia un grado di difficoltà tale da presentare un minimo di valenza didattica.
Chi ha difficoltà a formare un gruppo ha diverse possibilità

- passaparola;
- presentarsi a lezione e sollecitare adesioni per alzata di mano;
- mandare un messaggio pubblico sul Forum del corso su elearn;
- i vari canali di comunicazione tra studenti;
- incontrare colleghi o allacciare nuove conoscenze agli esami.

Modalità d'esame

Progetto didattico
Per partecipare all'esame è necessario avere il progetto approvato. Per l'approvazione, la relazione tecnica deve essere inviata circa 10 giorni prima dell'esame (o quando diversamente comunicato) per permetterne l'approvazione e per permettere di fissare la data della discussione, in tempo per iscriversi all'esame.

Prova scritta
E' necessario iscriversi sul portale Valutami.
Non è possibile consultare testi e appunti di alcun tipo e collaborare con i colleghi come indicato dal codice etico dell'Ateneo.
Una domanda è sufficiente se contiene elementi grafici, stime e calcoli tali da dimostrare una conoscenza basilare pertinente al processo in esame.
Per essere ammessi all'orale è necessario raggiungere la sufficienza in tutte le domande che trattano i principali macroprocessi (copertura).
La prova orale può essere sostenuta anche in uno degli appelli successivi.
L'appello scritto per i fuori corso è a Novembre, come richiesto dai rappresentanti degli studenti (non ad Aprile).
Il compito è composto da un foglio fronte retro con il testo della domanda (ed eventuali sottodomande) e lo spazio per inserire la risposta.
Esempi di testi d'esame (anche con soluzione) sono disponibili nella cartella Google Drive.
Sono presenti circa 5 domande sui principali argomenti:

- fonderia
- deformazione plastica
- asportazione di truciolo (macchine/processo e utensili)
- saldature
- metrologia

Per le domande che richiedono una risposta di tipo grafico, questa deve essere autoesplicativa, SENZA l'aggiunta di testo descrittivo. Questo tipo di risposta è solitamente una figura presentata a lezione e presente nei testi d'esame, con eventuale adattamento al caso specifico.

Pertanto per acquisire la preparazione necessaria lo studente è invitato a studiare l'argomento, chiudere il libro e tentare di riprodurre in schemi quanto appreso.
Nelle domande che richiedono calcoli, il candidato deve

- identificare le ipotesi di lavoro, che devono essere coerenti con il caso esaminato;
- definire tutti i simboli utilizzati e le relative unità di misura;
- introdurre eventuali dati mancanti nel testo;
- commentare eventualmente il risultato.

La durata della prova è di circa un'ora, quindi la rapidità di esecuzione è un criterio di merito. Inoltre, le soluzioni da applicare devono essere già state oggetto di elaborazione da parte dello studente, attraverso il progetto e lo studio autonomo.

Discussione orale
Segue di norma la prova scritta e prevede una domanda del medesimo tipo di quelle dello scritto, al fine di completare la valutazione del candidato.
In caso di non superamento dell'esame orale (o di rifiuto del voto da parte dello studente) deve essere nuovamente sostenuto lo scritto.

Criteri di valutazione

- grado di conoscenza: estensione (argomenti conosciuti) e profondità (livello di dettaglio);
- capacità acquisite: abilità a trattare criticamente il problema posto, applicazione a casi reali, individuare e confrontare i diversi processi;
- comunicazione: esprimersi in linguaggio tecnico appropriato, chiarezza espositiva, conoscenza della corrispondente terminologia anglosassone, rapidità di esecuzione e capacità di sintesi.

La media della prova scritta e di quella orale pesa per 1/3 sul voto finale, assieme alle valutazioni del progetto, come su indicato.

Numero di prove
Come da regolamento è possibile sostenere l'esame fino a quattro (4) volte per anno accademico.
Un compito corretto e valutato dal docente equivale ad una consegna.
Dopo la consegna del compito il docente esegue immediatamente una correzione pubblica offrendo la possibilità di ritirare il compito.
La consegna sostituisce l'esito di un eventuale scritto precedente.
La correzione del compito viene resa disponibile anche online insieme al compito.

Disegno Tecnico Industriale e Tecnologia Meccanica
La sequenza tra i due esami non è vincolata, ma è fortemente consigliato acquisire le basi del Disegno, sostenendo il relativo esame, prima di sostenere Tecnologia, per la capacità necessaria ad interpretare e rappresentare le lavorazioni. All'esame di Tecnologia possono capitare domande con implicazione sulla parte di Disegno.

Note
Si prega di segnalare al docente, assieme alla richiesta di chiarimenti, eventuali punti poco chiari o esaustivi di questo programma d'esame.

Ultimo aggiornamento 05/08/2022 05:21