

**PROGRAMMA DEL CORSO DI  
PROGETTAZIONE MECCANICA CAD/CAE INTEGRATA  
A.A. 2019/2020**

**Docente: Prof. Ing. Roberto Muscia**

**- Introduzione al corso**

Finalità ed impostazione generale: la progettazione meccanica con l'uso integrato dei modelli di calcolo tradizionale, con i modellatori solidi, con i software agli elementi finiti. Problematiche e vantaggi della progettazione integrata. Tecnica della sintesi progettuale basata sulle analisi ripetute. Obiettivi finali del corso: a) conoscenza di un approccio progettuale metodico per l'impostazione delle attività sequenziali da svolgere per eseguire in generale una progettazione meccanica, b) conoscenza di alcuni strumenti software CAD/CAE finalizzati alla progettazione meccanica, c) capacità di impostare un'attività di progettazione CAD/CAE coordinata, parallela e ripartibile su un gruppo di persone.

**- Elementi fondamentali della Modellazione Solida**

Entità geometriche per eseguire la modellazione solida: nozioni di piano ausiliario e di profilo tracciato su tale piano, elementi costitutivi del profilo e caratteristiche geometriche relative, vincoli geometrici imponibili sul profilo, definizione di profilo parametrico-variazionale, profilo sottovincolato, sovravincolato, esattamente vincolato. Estrusione virtuale di un profilo: analogie tra le operazioni di proiezione e rivoluzione della Geometria Descrittiva e generazione di solidi virtuali a partire dai profili. Vari tipi di estrusioni virtuali implementate nei modellatori solidi (appendice lineare, tasca lineare, appendice rotazionale, tasca rotazionale, appendice generica, appendice tubo, tasca tubo). Possibilità di generare solidi partendo dalla modellazione per superfici. Operazioni booleane (addizione, somma, sottrazione) per generare solidi virtuali di forma complessa a partire da solidi semplici e separati. Vincoli di posizionamento tra solidi distinti (parallelismo, concentricità, coincidenza).

**- Lavorazioni virtuali**

Modalità di modellazione offerte dai CAD 3D sui solidi generati con le estrusioni virtuali. Analogia con le lavorazioni per asportazione di truciolo. Principali tipi di lavorazioni virtuali offerte dai software di modellazione solida: foro e perno cilindrici, foro sagomato, foratura, raccordo di spigoli, facce e solidi, smussi di spigoli e facce, guscio, angoli di sformo, filettatura, operazione di taglio e pattern.

**- Indicazioni generali per la gestione dei solidi al fine di modellare complessivi, formati dei files**

Suggerimento di alcuni criteri operativi generali per eseguire modellazioni solide non elementari. Costruzione di complessivi 3D: organizzazione del lavoro. Modalità di salvataggio dei solidi modellati e del complessivo in relazione all'aggiornamento automatico di particolari presenti nello stesso assieme. Esportazione e importazione di solidi virtuali in formato IGES e STEP: alcune caratteristiche di tali formati e relativa utilizzazione nelle simulazioni numeriche (CAE). Formato STL e stereolitografia. Possibilità di conversione dei file in differenti formati per il trasferimento delle modellazioni tra CAD 3D di diverse case produttrici.

**- Illustrazione dei principali comandi e delle caratteristiche di un modellatore parametrico-variazionale di ultima generazione (SolidWorks)**

Tutti gli elementi di modellazione solida fin qui citati sono operativamente illustrati con l'ausilio di un CAD 3D di ultima generazione. Sono quindi presentati i comandi che permettono di mettere in pratica una modellazione in accordo ai concetti teorici precedentemente esposti.

#### **- Una tecnica di analisi per pianificare le attività (di progettazione)**

Vantaggi e svantaggi della progettazione basata sull'uso di metodologie. La metodologia SADT/IDEFO (Structured Analysis and Design Technique/Integration Definition for Functional Modelling): principio di un metodo per svolgere analisi di attività strutturate, elementi della tecnica SADT nativa (metodo, tecniche, linguaggio grafico). Sintassi e dettagli di SADT: scomposizione top-down delle attività, livelli di analisi, blocchi, diagrammi, collegamenti, ICOMs (Input Control Output Mechanism) e relative regole di numerazione, rappresentazione grafica, modalità di collegamento delle attività, regole sintattiche associate, il feed-back in SADT, concetto di dominanza e diagonalizzazione delle attività, ricerca della sequenza funzionale e non necessariamente di esecuzione delle attività. Limiti temporali di esecuzione di un'analisi SADT per trarne effettiva utilità. Ciclo lettore/scrittore in SADT. Limiti operativi di leggibilità di un'analisi SADT.

#### **- Pianificazione delle attività per svolgere un progetto CAD/CAE**

Esemplificazione d'uso di SADT per pianificare un'attività di progettazione meccanica: esecuzione di un'analisi completa per eseguire la progettazione di un bozzello col relativo gancio. Iter da seguire in termini di scelta opportuna dei dati input, output, dei meccanismi e dei controlli SADT adeguati nel caso specifico. Modalità di correzione per miglioramento dei diagrammi SADT prodotti con simulazione di un ciclo lettore/scrittore durante la stesura dell'analisi stessa. Riferimenti generali ad attività simili a quelle considerate nell'esempio di analisi svolto al fine di eseguire la progettazione meccanica di generici sistemi meccanici.

#### **- Modalità di applicazione operativa dei risultati di pianificazione raggiunti con l'analisi SADT: dimensionamento dell'organo meccanico e verifiche nominali**

Esempio di ricerca documentativi per bozzelli e ganci nel panorama industriale corrente in funzione dei dati di progetto fissati. Identificazione dei componenti standard di interesse disponibili in commercio, reperimento dati di bibliografia per predimensionamenti. Scelta della tipologia adatta di bozzello e gancio da progettare in funzione ai dati fissati e primo dimensionamento del dispositivo sulla base dei dati di letteratura e dell'attuale produzione industriale dei componenti. Indicazioni per generalizzare i criteri di scelta nel caso di tipologie di dispositivi meccanici da progettare differenti dal caso specifico del bozzello col gancio. Verifica strutturale nominale del gancio: uso dei modelli di calcolo tradizionali con evidenziazione dei loro limiti, suggerimenti per trarre il massimo delle indicazioni da questi modelli anche per problemi simili a quelli specificatamente trattati nell'esempio applicativo. Verifica strutturale nominale del gambo del gancio, della traversa, dei lamoni, dei piastroni e dell'asse delle carrucole con impostazione analoga a quella seguita per la verifica nominale del gancio. Suggerimenti per trarre il massimo delle indicazioni dai modelli strutturali nominali utilizzati in questi casi e per problemi simili a quelli trattati esplicitamente. Aggiornamento dei dimensionamenti del sistema in fase di progettazione in funzione dell'esito delle verifiche strutturali sviluppate, in accordo ai risultati ottenuti con l'applicazione della metodologia SADT.

#### **- Modalità di applicazione operativa dei risultati di pianificazione raggiunti con l'analisi SADT: modellazione solida e verifiche strutturali FEM con software commerciali integrati**

Interazione delle attività di modellazione solida e di verifica strutturale con gli elementi finiti (FEM) utilizzando software commerciali integrati. Caratteristiche e possibilità di utilizzo di tali software. Comandi operativi. Criteri di organizzazione delle due attività di modellazione solida e calcolo FEM per eseguire la progettazione di un dispositivo meccanico a partire dai dimensionamenti verificati con i modelli strutturali nominali. Esempificazione dei citati criteri con riferimento al caso specifico del bozzello col gancio precedentemente dimensionati e verificati con modelli nominali. Modellazione

solida e verifica interattiva FEM del complessivo bozzello e gancio fino alla completa definizione del progetto, in accordo con le attività funzionali previste nell'analisi SADT inizialmente svolta. Interpretazione dei risultati dell'analisi FEM con specifico riferimento alle sollecitazioni spurie e singolari riscontrabili in presenza di vincoli e contatti.

### *ESERCITAZIONI*

Il 50% del tempo complessivo del corso è riservato alle esercitazioni. Tali esercitazioni prevedono l'esecuzione da parte degli studenti di un progetto bozzello con gancio con portata utile diversa da quella utilizzata per l'esemplificazione durante le ore di teoria (la tipologia del dispositivo varia sensibilmente da portata a portata) applicando la tecnica SADT.

Durante le esercitazioni sono illustrati in dettaglio i principali comandi dei software di modellazione solida e FEM utilizzati durante le spiegazioni teoriche. Gli studenti, con i loro notebook, possono eseguire passo passo gli esempi di modellazione solida e calcolo FEM illustrati. E' previsto l'uso di un modellatore solido (SolidWorks) e di un software FEM, Simulation, integrato in SolidWorks ma suscettibile di importare file IGES e STEP.

Il modellatore SolidWorks con il software FEM Simulation è installabile nei calcolatori degli studenti che ne fanno richiesta.

### *TESTI CONSIGLIATI*

- [1] *Manuale in linea di SolidWorks (modellatore solido)*, SolidWorks Corporation 300 Baker Avenue, Concord MA 01742 USA, Sito Internet: <http://www.solidworks.com>
- [2] *Manuale in linea di Simulation (FEM integrato in SolidWorks)*, SRAC division of SolidWorks Corporation, 12121 Wilshire Blvd, Suite 700 Los Angeles, CA 90025 USA, Sito Internet: <http://www.solidworks.com/pages/products/cosmos/cosmosworks.html>
- [3] *Principles of CAD/CAM/CAE Systems*, Kunwoo Lee, Addison-Wesley, 1999.  
(Testo con ampia impostazione contenente uno spettro delle applicazioni CAD 2D/3D nell'ingegneria, anche con trattazioni matematiche di dettaglio degli algoritmi implementati nella modellazione 3D, adatto per approfondimento culturale della conoscenza CAD/CAM/CAE).
- [4] *Modelli Geometrici in Computer Graphics*, Michael E. Mortenson, McGraw-Hill, 1989.  
(Testo classico di computer graphics, fornisce definizioni di base e le trattazioni matematiche dettagliate su cui è basato il funzionamento dei moderni modellatori solidi).
- [5] *Disegno Meccanico, Vol.I,II,II*, G. Manfé, R. Pozza, G. Scarato, Principato Editore, Milano, Ultima edizione.  
(Testo ricco di disegni tecnici meccanici ed esempi di soluzioni progettuali, tabelle, ecc.).
- [6] *Vademecum per l'ingegnere costruttore meccanico*, C. Malavasi, Hoepli, Milano, Ultima Edizione.  
(Manuale classico per l'ingegneria meccanica).
- [7] *Manuale dell'ingegnere*, Nuovo Colombo, Hoepli, Milano, Ultima Edizione.  
(Manuale classico per l'ingegneria in generale).
- [8] *Costruzione di Macchine*, E. Massa, Tamburini Edizioni Scientifico Tecniche, Masson Italia Editori, Milano, Ultima Edizione  
(Testo classico di Costruzione di Macchine).
- [9] *Elementi costruttivi delle macchine*, U. Pighini, Edizioni Scientifiche Associate, Roma, Ultima Edizione.  
(Testo classico di Costruzione di Macchine).
- [10] *Scienza delle Costruzioni*, O. Belluzzi, Zanichelli Editore, Bologna, Ultima Edizione.  
(Testo classico di Scienza delle Costruzioni).
- [11] *Catalogo Tabelle UNI in rete*: <http://store.uni.com/magento-1.4.0.1/index.php/home/#>
- [12] *Dispensa del corso*.