

Tecnologie e Sistemi di Lavorazione I

Crediti: 5

Anno accademico: 2005-2006

Docente: Luca Lutterotti

Studio: 2 piano, ala N-O, # 250

e-mail: Luca.Lutterotti@ing.unitn.it - tel.: 0461-882414

Recapiti: lunedì, 11:30-12:30 - martedì, 10:30-12:30 - appuntamento

Esame: orale (+ home-works)

Testi consigliati:

S. Kalpakjian, Manufacturing Processes for Engineering Materials, IV edizione, Addison Wesley;
Appunti dalle lezioni e slides: <http://www.ing.unitn.it/~luttero/TecnologieSistemiLavorazione>

Introduzione, parte I

- Cosa si intende per produzione e lavorazione
- Design del prodotto e concurrent engineering
- Progettare in funzione della produzione e manutenzione
- Progettare in funzione dell'ambiente

Introduzione, parte I

- Cosa si intende per produzione e lavorazione
- Design del prodotto e concurrent engineering
- Progettare in funzione della produzione e manutenzione
- Progettare in funzione dell'ambiente

Cosa si intende per produzione e lavorazione

- In inglese si usa il termine completo: Manufacturing.
- E' l'intero processo di trasformazione dai materiali grezzi al prodotto finito.
- Ogni manufatto è passato attraverso un sistema completo di formatura di singoli pezzi e assemblaggio in un prodotto finito.
- Ogni singola parte può essere realizzata di un solo materiale o più materiali.
- Ogni singolo pezzo può aver subito processi di produzione differenti.

Un materiale, un solo pezzo



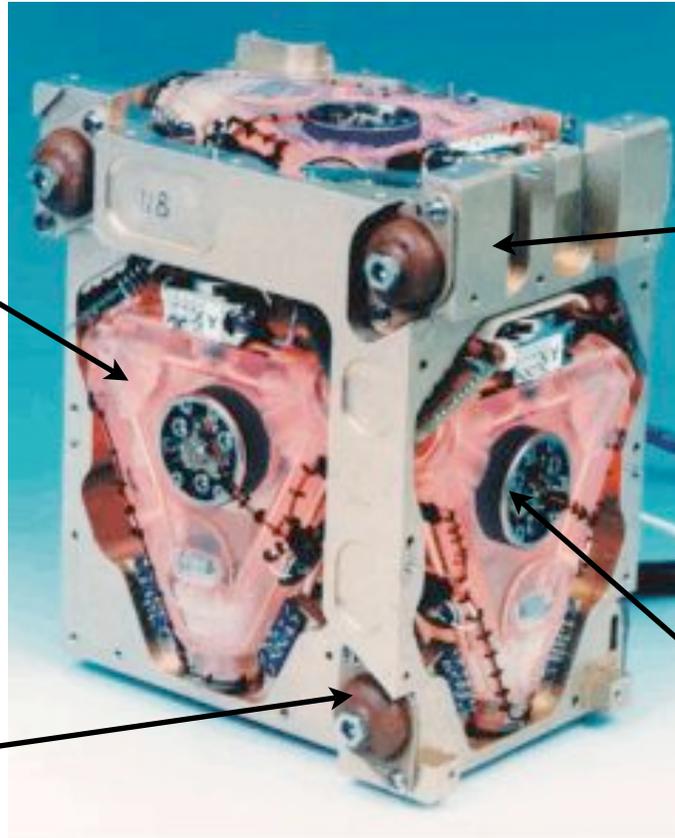
Sistema di navigazione: giroscopio

Vetroceramico

Alluminio

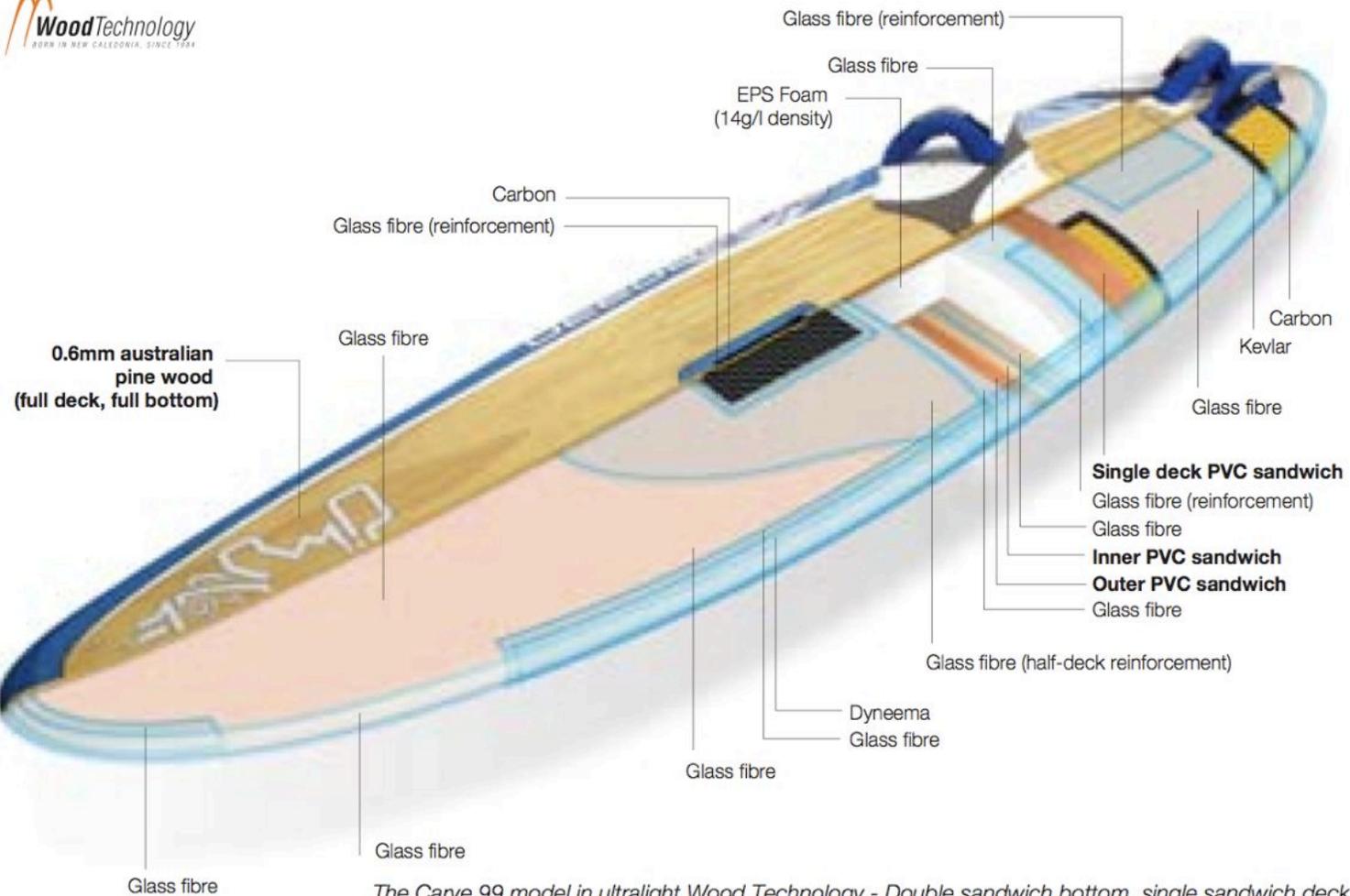
Elastomero

Acciaio



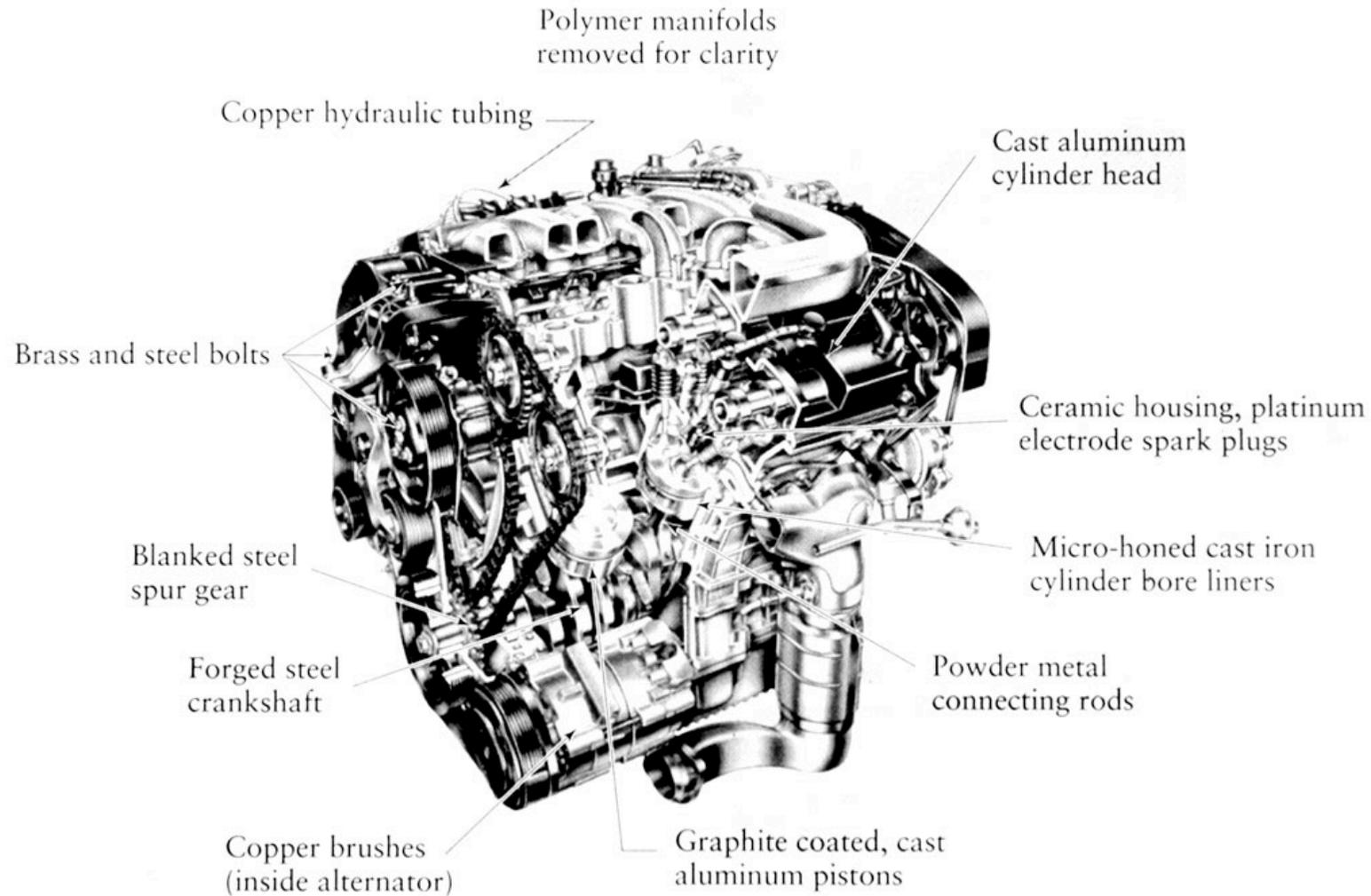
Combinare materiali differenti

Si possono combinare materiali anche a livello più complesso



The Carve 99 model in ultralight Wood Technology - Double sandwich bottom, single sandwich deck.

Sezione del Duravec V-6 della Ford Motor Co.



Materiali e processi differenti

L. Lutterotti - Tecnologie e sistemi di lavorazione I - anno 2005-2006

Quanti pezzi in una lattina?

4



E in una penna?



> 12

Circa 15000 pezzi in un automobile





**6 milioni di parti per un 747-400
Molte di più per lo Shuttle**

L. Lutterotti - Tecnologie e sistemi di lavorazione I - anno 2005-2006

Produzione di asce in rame nel 4000 a. C.



L'uomo del Simulaun



La parte in rame dell'ascia: si notino i bordi ben rifiniti e la simmetria della forma. Prodotta per fusione in stampo bivalve.

Sviluppi storici nei sistemi di lavorazione

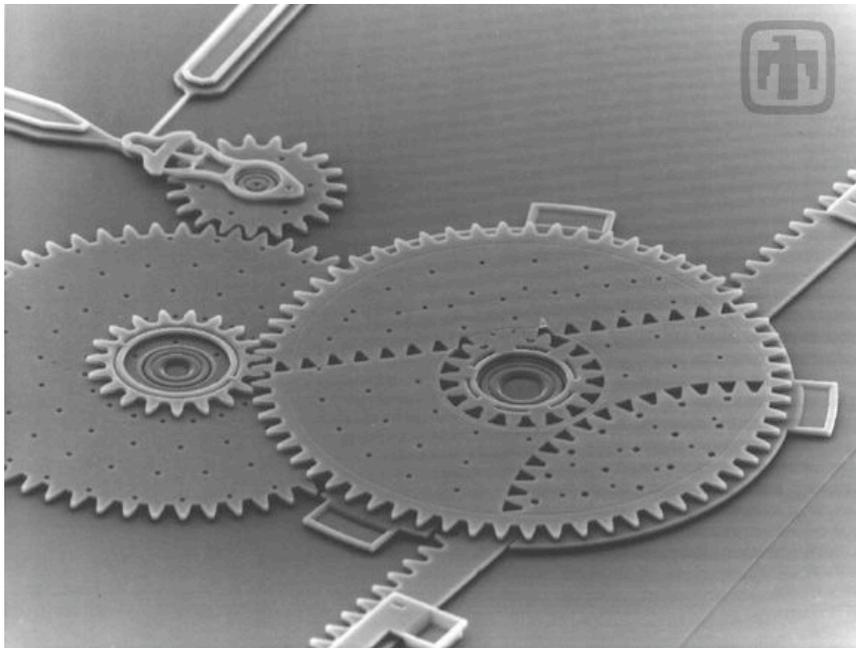
Period	Dates	Metals and casting	Various materials and composites	Forming and shaping	Joining	Tools, machining, and manufacturing systems
Egypt: ~3100 BC to ~300 BC Greece: ~1100 BC to ~146 BC Roman Empire: ~500 BC to AD 476 Middle Ages: ~476 to 1492 Renaissance: 14th to 16th centuries	Before 4000 BC	Gold, copper, meteoric iron	Earthenware, glazing, natural fibers	Hammering		Tools of stone, flint, wood, bone, ivory, composite tools
	4000–3000 BC	Copper casting, stone and metal molds, lost-wax process, silver, lead, tin, bronze		Stamping, jewelry	Soldering (Cu–Au, Cu–Pb, Pb–Sn)	Corundum (alumina, emery)
	3000–2000 BC	Bronze casting and drawing, gold leaf	Glass beads, potter's wheel, glass vessels	Wire by slitting sheet metal	Riveting, brazing	Hoe making, hammered axes, tools for ironmaking and carpentry
	2000–1000 BC	Wrought iron, brass				
	1000–1 BC	Cast iron, cast steel	Glass pressing and blowing	Stamping of coins	Forge welding of iron and steel, gluing	Improved chisels, saws, files, woodworking lathes
	AD 1–1000	Zinc, steel	Venetian glass	Armor, coining, forging, steel swords		Etching of armor
	1000–1500	Blast furnace, type metals, casting of bells, pewter	Crystal glass	Wire drawing, gold- and silversmith work		Sandpaper, windmill-driven saw
	1500–1600	Cast-iron cannon, tinplate	Cast plate glass, flint glass	Water power for metalworking, rolling mill for coinage strips		Hand lathe for wood
	1600–1700	Permanent-mold casting, brass from copper and metallic zinc	Porcelain	Rolling (lead, gold, silver), shape rolling (lead)		Boring, turning, screw-cutting lathe, drill press

Sviluppi storici nei sistemi di lavorazione

Period	Dates	Metals and casting	Various materials and composites	Forming and shaping	Joining	Tools, machining, and manufacturing systems
Industrial Revolution: ~1750 to 1850	1700–1800	Malleable cast iron, crucible steel (iron bars and rods)		Extrusion (lead pipe), deep drawing, rolling		
	1800–1900	Centrifugal casting, Bessemer process, electrolytic aluminum, nickel steels, babbitt, galvanized steel, powder metallurgy, open-hearth steel	Window glass from slit cylinder, light bulb, vulcanization, rubber processing, polyester, styrene, celluloid, rubber extrusion, molding	Steam hammer, steel rolling, seamless tube, steel-rail rolling, continuous rolling, electroplating		Shaping, milling, copying lathe for gunstocks, turret lathe, universal milling machine, vitrified grinding wheel
	1900–1920		Automatic bottle making, bakelite, borosilicate glass	Tube rolling, hot extrusion	Oxyacetylene; arc, electrical-resistance, and thermit welding	Geared lathe, automatic screw machine, hobbing, high-speed-steel tools, aluminum oxide and silicon carbide (synthetic)
WW I	1920–1940	Die casting	Development of plastics, casting, molding, polyvinyl chloride, cellulose acetate, polyethylene, glass fibers	Tungsten wire from metal powder	Coated electrodes	Tungsten carbide, mass production, transfer machines
WW II	1940–1950	Lost-wax process for engineering parts	Acrylics, synthetic rubber, epoxies, photosensitive glass	Extrusion (steel), swaging, powder metals for engineering parts	Submerged arc welding	Phosphate conversion coatings, total quality control
	1950–1960	Ceramic mold, nodular iron, semiconductors, continuous casting	Acrylonitrile-butadiene-styrene, silicones, fluorocarbons, polyurethane, float glass, tempered glass, glass ceramics	Cold extrusion (steel), explosive forming, thermomechanical processing	Gas metal arc, gas tungsten arc, and electroslag welding; explosive welding	Electrical and chemical machining, automatic control

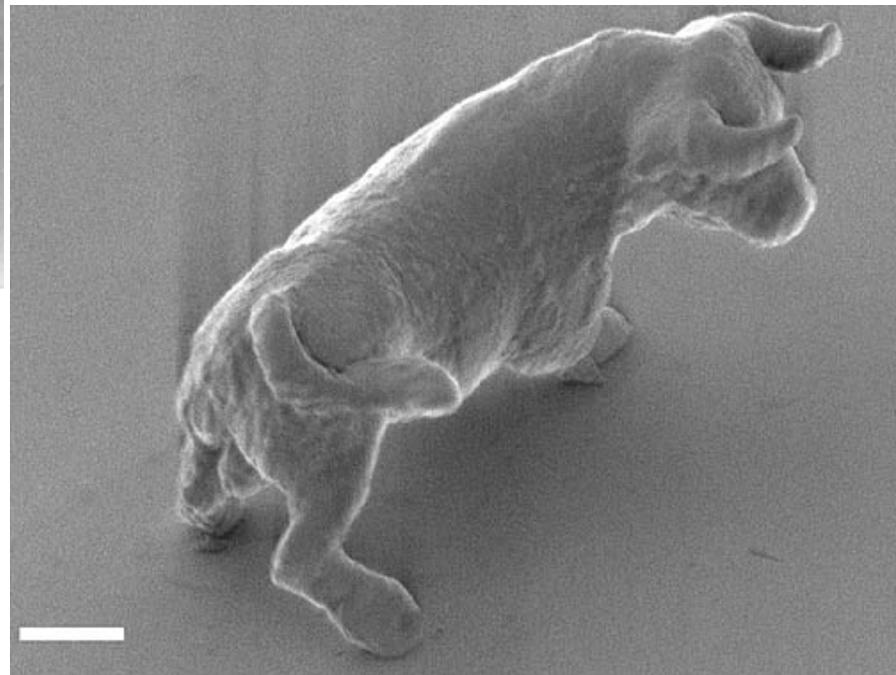
Sviluppi storici nei sistemi di lavorazione

Period	Dates	Metals and casting	Various materials and composites	Forming and shaping	Joining	Tools, machining, and manufacturing systems
Space Age	1960-1970	Squeeze casting, single-crystal turbine blades	Acetals, polycarbonate, cold forming of plastics, reinforced plastics, filament winding	Hydroforming, hydrostatic extrusion, electroforming	Plasma-arc and electron-beam welding, adhesive bonding	Titanium carbide, synthetic diamond, numerical control, integrated circuit chip
	1970-1990	Compacted graphite, vacuum casting, organically bonded sand, automation of molding and pouring, rapid solidification, metal-matrix composites, semisolid metalworking, amorphous metals, shape-memory alloys (smart materials), computer simulation	Adhesives, composite materials, semiconductors, optical fibers, structural ceramics, ceramic-matrix composites, biodegradable plastics, electrically conducting polymers	Precision forging, isothermal forging, superplastic forming, dies made by computer-aided design and manufacturing, net-shape forging and forming, computer simulation	Laser beam, diffusion bonding (also combined with superplastic forming), surface-mount soldering	Cubic boron nitride, coated tools, diamond turning, ultraprecision machining, computer-integrated manufacturing, industrial robots, machining and turning centers, flexible-manufacturing systems, sensor technology, automated inspection, expert systems, artificial intelligence, computer simulation and optimization
Information Age	1990-2000s	Rheocasting, computer-aided design of molds and dies, rapid tooling	Nanophase materials, metal foams, advanced coatings, high-temperature superconductors, machinable ceramics, diamondlike carbon	Rapid prototyping, rapid tooling, environmentally friendly metalworking fluids	Friction stir welding, lead-free solders, laser butt-welded (tailored) sheet-metal blanks, electrically conducting adhesives	Micro- and nano-fabrication, LIGA (a German acronym for a process involving lithography, electroplating, and molding), dry etching, linear motor drives, artificial neural networks, six sigma



MEMS

Micro-toro



Processi di produzione micro (in Si) attuali

Caratteristiche dei manufatti

- I manufatti si dividono in:
 - prodotti o pezzi discreti (lattine, chiodi etc.)
 - prodotti o pezzi continui (cavi, laminati, tubi, barre etc.)
- Oppure si possono suddividere in:
 - semilavorati (barre, laminati etc.)
 - lavorati (prodotti finiti)
- Il processo di produzione conferisce un certo valore aggiunto al pezzo o prodotto finito:
 - il pezzo finito aggiunge valore al semilavorato
 - alta tecnologia -> maggior valore aggiunto

Requisiti per un'ottima manifattura I

- Il prodotto deve soddisfare i requisiti, specifiche e standards del progetto.
- Il processo di fabbricazione deve essere il più economico e allo stesso tempo rispettoso dell'ambiente.
- La qualità va costruita con il prodotto a partire dal progetto fino all'assemblaggio.
- Processo produttivo flessibile per rispondere in tempo reale ai cambiamenti del mercato.
- Nuovi materiali, processi e integrazioni al computer vanno costantemente valutati per mantenere competitività del prodotto/processo.

Requisiti per un'ottima manifattura 2

- Considerare l'intero processo produttivo nel suo insieme. I sistemi integrati di questo tipo possono essere simulati per valutare gli effetti dei cambiamenti di mercato, materiali, processi, costi e richieste sulla qualità.
- Contatto diretto con il cliente per valutare in tempo reale lo sviluppo continuo del prodotto.
- L'organizzazione del processo produttivo deve puntare costantemente alla più alta produttività intesa nell'ottimizzare l'uso di tutte le risorse comprese quelle umane.

Introduzione, parte I

- Cosa si intende per produzione e lavorazione
- **Design del prodotto e concurrent engineering**
- Progettare in funzione della produzione e manutenzione
- Progettare in funzione dell'ambiente

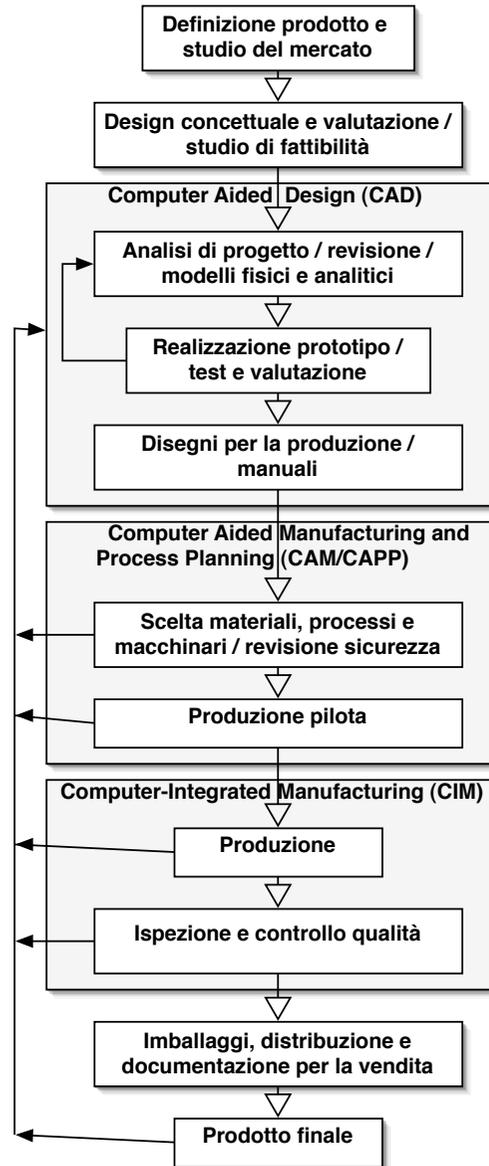
Progettazione di un prodotto

- La fase di progettazione è determinante.
- Spesso 70-80% dei costi di sviluppo e produzione di un prodotto sono determinati dal progetto iniziale.
- Per un progetto di successo bisogna:
 - conoscere perfettamente le funzioni e prestazioni che ci si aspetta dal prodotto;
 - che sia un nuovo prodotto o miglioramento di un prodotto esistente;
 - il mercato del prodotto deve essere ben definito con l'aiuto di esperti del settore e venditori.

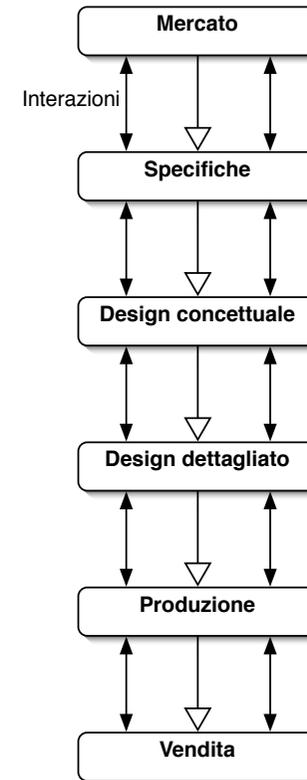
Progettazione tradizionale e Concurrent Engineering

- Tradizionalmente la progettazione e i successivi step produttivi avvengono in sequenza. Ogni reparto elabora la sua fase che procede al reparto successivo.
- Nel “concurrent engineering” tutte le fasi dalla definizione del progetto alla produzione vengono implementate simultaneamente. Tutti i reparti concorrono simultaneamente alla progettazione.

Progettazione e produzione classica



Concurrent Engineering



Vantaggi e svantaggi approccio classico

- Vantaggi:
 - processo logico e di facile applicabilità;
 - processo sequenziale;
 - revisioni e ottimizzazioni previste.
- Svantaggi:
 - difetti e cambi nelle ultime fasi richiedono una ripetizione di quasi tutto il processo;
 - intero processo dispendioso in termini di tempo e risorse.

Vantaggi e svantaggi Concurrent Engineering

- Vantaggi:
 - maggior integrazione tra tutte le fasi del processo;
 - prodotto finale ottimizzato in tempi rapidi e a costo inferiore;
 - maggior produttività grazie alla maggior integrazione tra fase di progetto e produzione.
- Svantaggi:
 - difficile applicabilità;
 - richiede tempo e notevoli energie nella transizione dall'approccio classico.

Concurrent Engineering (CE)

Verrà affrontato in Tecnologie e Sistemi di Lavorazione 2

- Il CE per essere applicato con successo richiede:
 - supporto del management;
 - un team di lavoro multifunzionale e gruppi di supporto;
 - utilizzo di tutte le tecnologie disponibili.
- In particolare il CE è possibile grazie ad un uso estensivo di modelli e simulazioni al computer, in particolare:
 - Computer Aided Design Engineering and Manufacturing
 - Simulazioni al computer dell'intero processo produttivo
 - Tecniche di Rapid Prototyping

Introduzione, parte I

- Cosa si intende per produzione e lavorazione
- Design del prodotto e concurrent engineering
- **Progettare in funzione della produzione e manutenzione**
- Progettare in funzione dell'ambiente

Design for Manufacture (DFM) and Assembly (DFMA)

- Ogni prodotto deve essere progettato non solo in funzione delle specifiche di progetto, ma anche in funzione del processo di produzione della sua economicità e facilità.
- Il processo di progettazione deve integrare la scelta dei materiali, i metodi di processo, la pianificazione del processo, l'assemblaggio, il testing e controlli qualità.
- Progettisti e ingegneri devono lavorare insieme e conoscere non solo le caratteristiche, capacità e limiti dei materiali, ma i metodi di produzione, operazioni correlate e macchinari.
- Devono poter valutare tutti i costi connessi.

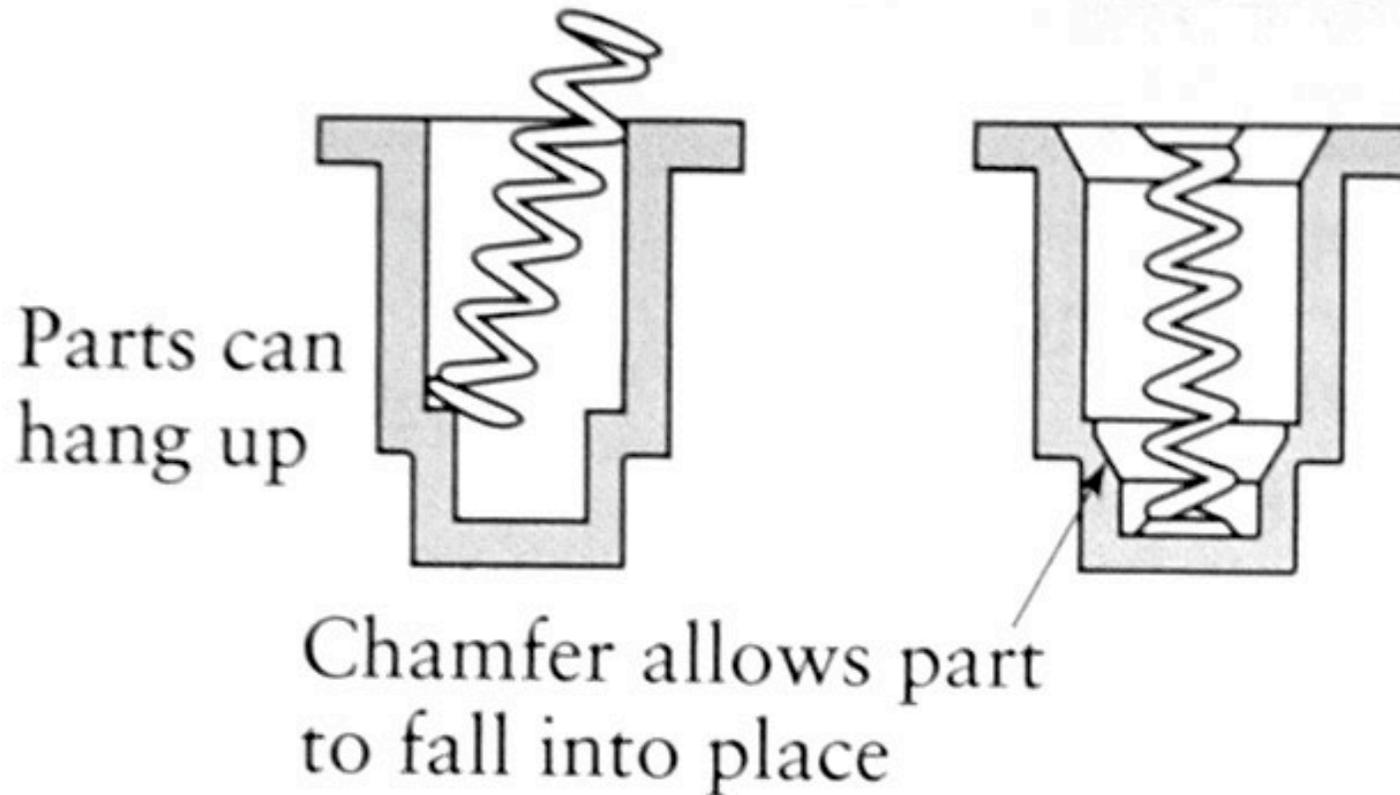
Forme e modi di produzione più frequenti

Forma o caratteristica	Metodo di produzione
Superficie piatta	Laminazione, piallatura, formatura, spillatura, rettifica, fresatura
Parti con cavità	Fresatura cieca, elettro-erosione/-chimica, ultrasuoni, fusione
Parti con spigoli	Fusione in stampo, lavorazione mecc., fresatura, montaggio, PM
Forme cave sottili	Slush casting, elettroformatura, montaggio
Forme tubolari	Fusione centrifuga, estrusione, trafilatura, formatura a rullo, spinning
Parti tubolari	Rubber forming, idroformatura, spinning, formatura per eplos.
Curvature su parti sottili	Stiratura, imbutitura, montaggio
Aperture in lamine	Asportazione, rim. chimica, fotochimica, laser
Spigoli a 90°	Rettifica, taglio, fresatura, asportazione di truciolo
Piccoli buchi	Laser, elettroerosione, elettrochimica, micromachining
Parti molto grosse	Fusione, forgiatura, montaggio
Parti molto piccole	Colata cera persa, lav. per asportazione, etching, PM, nano-microfab.
Superfici lavorate	Zigrinatura, spazzolatura, fresatura, sabbiatura, etching, laser, depos.
Superfici dettagliate	Brocciatura, colata in stampi, lavorazione per asportazione

L'assemblaggio

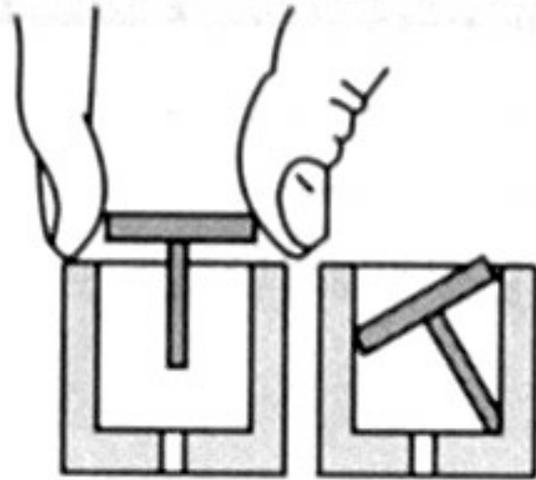
- E' una fase fondamentale per l'ottimizzazione di un processo produttivo e relativi costi.
- Prodotti complessi con molti pezzi richiedono procedure di assemblaggio perfette sia per l'ottimizzazione dei tempi che per la qualità finale del prodotto.
- L'assemblaggio deve essere automatizzato il più possibile. Questo richiede quasi sempre una progettazione ad hoc del prodotto.
- Riduzione di parti in genere diminuisce i tempi e costi di assemblaggio e migliora l'affidabilità del prodotto finale.

Progettare per un'assemblaggio automatico: esempio I

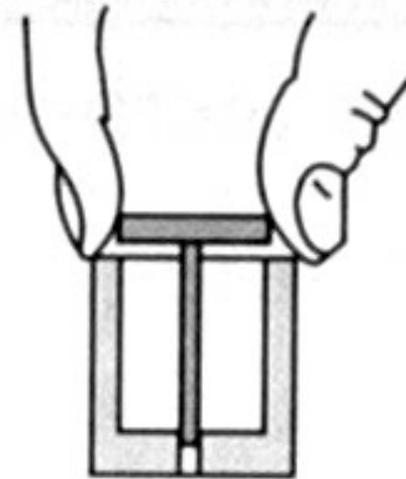


Facilitare con degli inviti il posizionamento della molla permette di ridurre gli errori nel montaggio automatico e richiede sistemi di minore precisione e maggior velocità, abbassando i costi sia per i macchinari meno costosi che per i ridotti tempi di assemblaggio.

Progettare per un'assemblaggio automatico: esempio 2



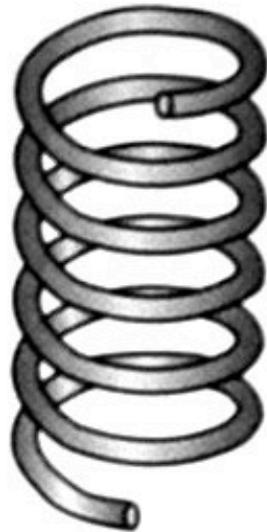
Part must be released
before it is located



Part is located
before release

In questo caso l'assemblaggio è facilitato riprogettando il pistoncino con un gambo più lungo in modo da poter essere posizionato facilmente senza errori dall'alto con un semplice meccanismo di trattenimento altrimenti non utilizzabile.

Progettare per un'assemblaggio automatico: esempio 3



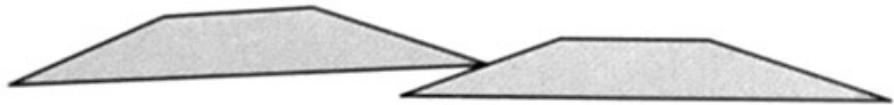
Can easily tangle



Will tangle only
under pressure

Le parti finali della molla vengono deformate in modo da ottenere una superficie di appoggio piana che permette alla molla di mantenere facilmente una posizione verticale e/o una pressione sulle superficie di lavoro più uniforme. Nel caso di assemblaggio automatico non richiede sistemi di posizionamento complicati.

Progettare per un'assemblaggio automatico: esempio 4



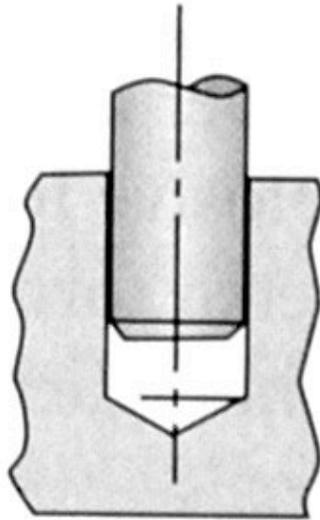
Difficult to feed - parts overlap



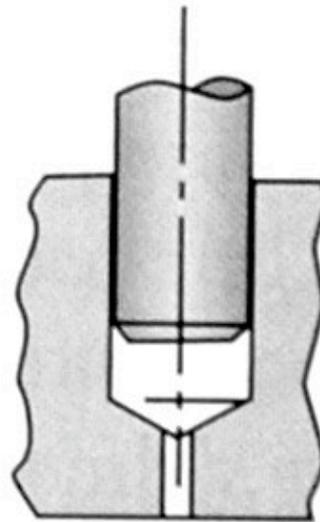
Easy to feed

In questo sistema di rivestimento a mosaico, la realizzazione di bordi a 90° premette un accostamento rapido dei pezzi con sistemi di scarsa precisione, in quanto il corretto accostamento è garantito dal bordo. Nel caso di bordi affilati si richiederebbe un sistema di assemblaggio molto più preciso e di conseguenza anche molto meno veloce. Inoltre si riducono notevolmente gli errori di montaggio.

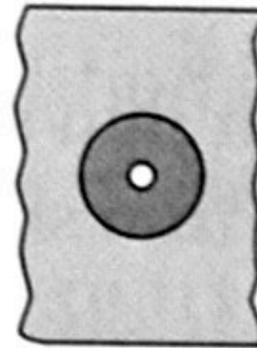
Progettare per un'assemblaggio automatico: esempio 5



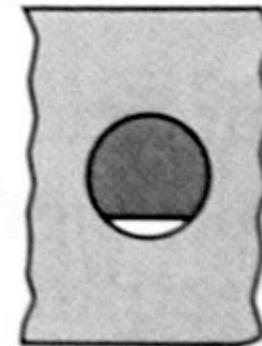
Insertion
difficult



Air-relief hole
in workpiece



Air-relief
hole in pin



Air-relief
flat on pin

L'inserimento di un pezzo in una cavità chiusa richiede sempre lo sfogo dell'aria presente. Se non è presente uno sfogo, l'inserimento risulta difficile e richiede tempi maggiori per il rilascio dell'aria attraverso le minime aperture nelle zone di contatto, sempre se possibile.

Basta la realizzazione di fori o aperture opportune per facilitare l'inserimento.

Vale anche nel caso di bulloni e barre filettate.

Progettare per lo smontaggio

- Nel costo di un prodotto vanno inclusi anche i costi di supporto, manutenzione e riciclo.
- La facilità di smontaggio è importante per contenere tali costi.
- Progettare per la manutenzione implica anche ottimizzare il prodotto per ridurre gli interventi e i costi di manutenzione. E' importante ottimizzare l'accessibilità e ispezionabilità del prodotto (Design for Service).

Principi di progettazione, sommario

- Il prodotto deve essere progettato per la più semplice produzione, assemblaggio, smontaggio, manutenzione, supporto e riciclaggio.
- I materiali devono essere scelti anche per le loro caratteristiche di lavorazione e vita utile in servizio.
- Le specifiche dimensionali e finitura superficiale devono essere le meno stringenti possibili.
- Poichè sono molto costose le operazioni secondarie e di finitura devono essere evitate e minimizzate il più possibile.

Introduzione, parte I

- Cosa si intende per produzione e lavorazione
- Design del prodotto e concurrent engineering
- Progettare in funzione della produzione e manutenzione
- **Progettare in funzione dell'ambiente**

Progettare per l'ambiente

- Ogni anno solo negli Stati Uniti vengono buttati 5 miliardi di Kg di prodotti plastici. Ogni 3 mesi l'equivalente in alluminio per ricostruire l'intera flotta aerea.
- Automobili, televisioni, apparati elettronici, lavatrici, computer vengono buttati ogni anno e spesso il riciclo non viene effettuato in quanto impraticabile dal punto di vista economico.
- Olii, prodotti chimici, scarti di lavorazione, fumi, lubrificanti, prodotti per la pulizia, solventi e fluidi vari vengono impiegati e buttati in quantità impressionante dalle industrie. Non solo è uno spreco di risorse preziose ma anche una fonte di inquinamento notevole.

Progettazione in funzione dell'ambiente

- Design for Recycling (DFR):
 - punta all'ottimizzazione del prodotto in funzione del suo riciclo a fine vita
 - anche il processo produttivo deve essere considerato riguardo al riciclo degli scarti di lavorazione nonché di altri prodotti utilizzati.
- Design for the Environment (DFE):
 - prende in considerazione l'intero impatto ambientale dei materiali e processi utilizzati; dall'energia richiesta per l'ottenimento di un materiale al suo approvvigionamento e impatto durante tutto il ciclo di produzione e utilizzo del prodotto.

Linee guida per un design ambientale

- Ridurre lo spreco di materiale tramite una progettazione mirata a ridurre l'ammontare di materiale usato.
- Utilizzare quanto più possibile materiali riciclabili.
- Ridurre al minimo l'uso di materiali pericolosi nei prodotti e nel processo produttivo
- Assicurarsi che il processo produttivo provveda all'appropriata dismissione di tutti i rifiuti.
- Migliorare il riciclo, il trattamento dei rifiuti e il riuso dei materiali e risorse.