

# TECNOLOGIA MECCANICA





## **TECNOLOGIA MECCANICA**

Docente F. Veniali

### **ORARIO**

Lezioni:	lunedì	8:00 – 11:00	Aula 1
	giovedì	8:00 – 10:00	Aula 1
	venerdì	8:00 – 11:00	Aula 1

Question time:	Sabato	xxxxx
	Sabato	xxxxx

Ricevimento:	Venerdì	11:00 – 13:00
--------------	---------	---------------

### **INDIRIZZI**

telefono: 25239

ufficio: stanza #26, Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale

e-mail: [francesco.veniali@uniroma1.it](mailto:francesco.veniali@uniroma1.it)

sito web: <http://www.ingmecc.uniroma1.it>



**Propedeuticità**

- Disegno di macchine
- Metallurgia meccanica
- Fisica tecnica
- Meccanica dei solidi
- Meccanica applicata alle macchine

**Struttura corso**

- ~ 75 ore di lezioni teoriche
- ~ 15 ore di esercitazioni
- ~ 2 - 4 ore officina

**Parte esercitativa**

- in classe
- a casa: completamento, correzione, revisione

**regole:**

- il lavoro deve essere realizzato in gruppi da  $4 \pm 1$  allievi
- ogni gruppo deve iscriversi scegliendo un nome
- ogni gruppo deve consegnare una copia di riferimento
- ogni allievo deve possedere la propria copia personale per la discussione orale
- i moduli per l'iscrizione sono disponibili in rete e devono essere inviati per e-mail

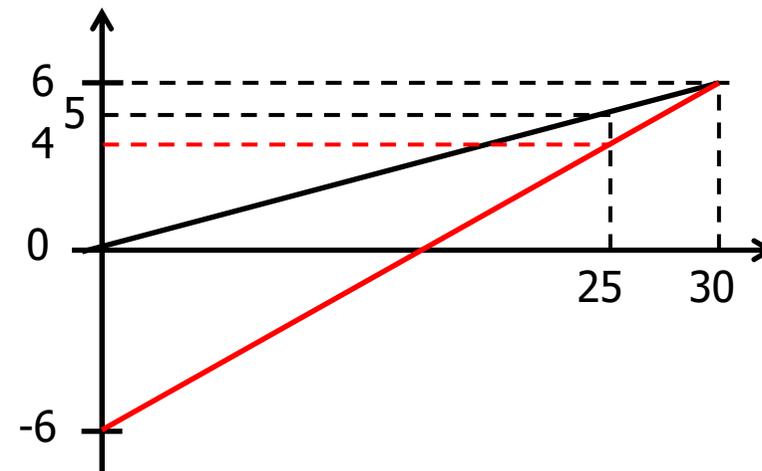
<b>Svolgimento e valutazione esame</b>	compito scritto	60-65 %
	esercitazioni	20-25 %
	discussione scritto e lavoro d'anno	$\pm 20$ %



<b>Svolgimento e valutazione esame</b>	-- compito scritto	60-65%
	-- esercitazioni	20-25%
	-- discussione orale prove scritte	+ - 20%

**Esempio calcolo voto finale**

prova	voto	coefficiente	voto
esercitazioni	28	0.2	$28 \times 0.2 =$ 5.6
scritto	24	0.65	$24 \times 0.65 =$ 15.6
discussione	25	+ - 0.2	$(25-15) : 15 \times 30 \times 0.2 =$ 4.0
totale			25.2
voto finale			25





## Storia dei materiali e dei processi produttivi

Period	Dates	Metals and casting	Various materials and composites	Forming and shaping	Joining	Tools, machining, and manufacturing systems
	Before 4000 B.C.	Gold, copper, meteoric iron	Earthenware, glazing, natural fibers	Hammering		Tools of stone, flint, wood, bone, ivory, composite tools
	4000–3000 B.C.	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 B.C.	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 B.C.	Wrought iron, brass				
	1000–1 B.C.	Cast iron, cast steel	Glass pressing and blowing	Stamping of coins	Forge welding of iron and steel, gluing	Improved chisels, saws, files, woodworking lathes
	1–1000 A.D.	Zinc, steel	Venetian glass	Armor, coining, forging, steel swords		Etching of armor
Egypt: 3100 B.C. to 300 B.C. Greece: 1100 B.C. to 146 B.C. Roman Empire: 500 B.C. to 476 A.D. Middle Ages: 476 to 1492 Renaissance: 14th to 16th centuries	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



Period	Dates	Metals and casting	Various materials and composites	Forming and shaping	Joining	Tools, machining, and manufacturing systems	
Industrial Revolution:	1700–1800	Malleable cast iron, crucible steel (iron bars and rods)		Extrusion (lead pipe), deep drawing, rolling			
	1750b	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)	
	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	
	WWI	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
	WWII	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; explosion welding	Electrical and chemical machining, automatic control



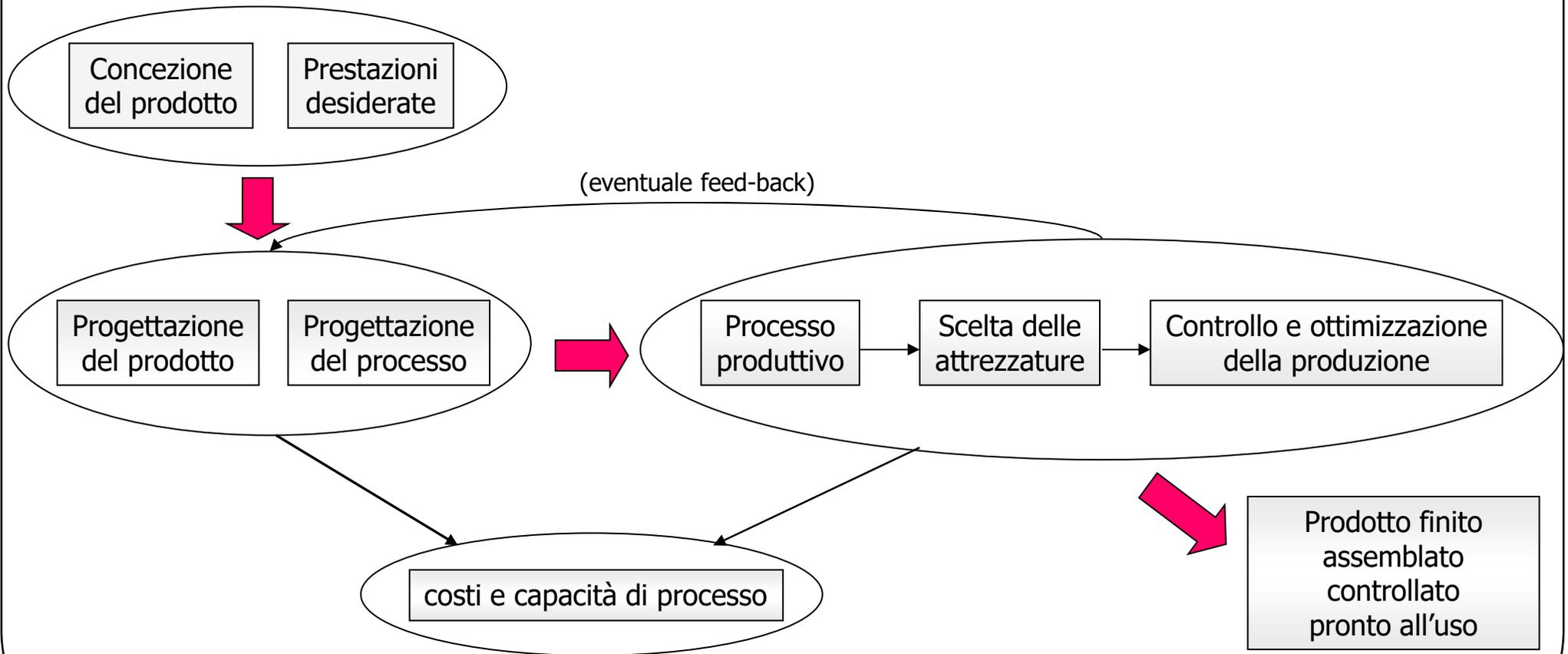
Period	Dates	Metals and casting	Various materials and composites	Forming and shaping	Joining	Tools, machining, and manufacturing systems
	1960–1970	Squeeze casting, single-crystal turbine blades	Acetals, polycarbonate, cold forming of plastics, reinforced plastics, filament winding	Hydroforming, hydrostatic extrusion, electroforming	Plasma-arc and electron-beam welding, adhesive bonding	Titanium carbide, synthetic diamond, numerical control, integrated circuit chip
Space Age	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

Source: J.A. Schey, C.S. Smith, R.F. Tylecote, T.K. Derry, T.I. Williams, S.R. Schmid, and S. Kalpakjian.



## Sistemi produttivi

*dalla concezione del prodotto alla sua immissione nel mercato*



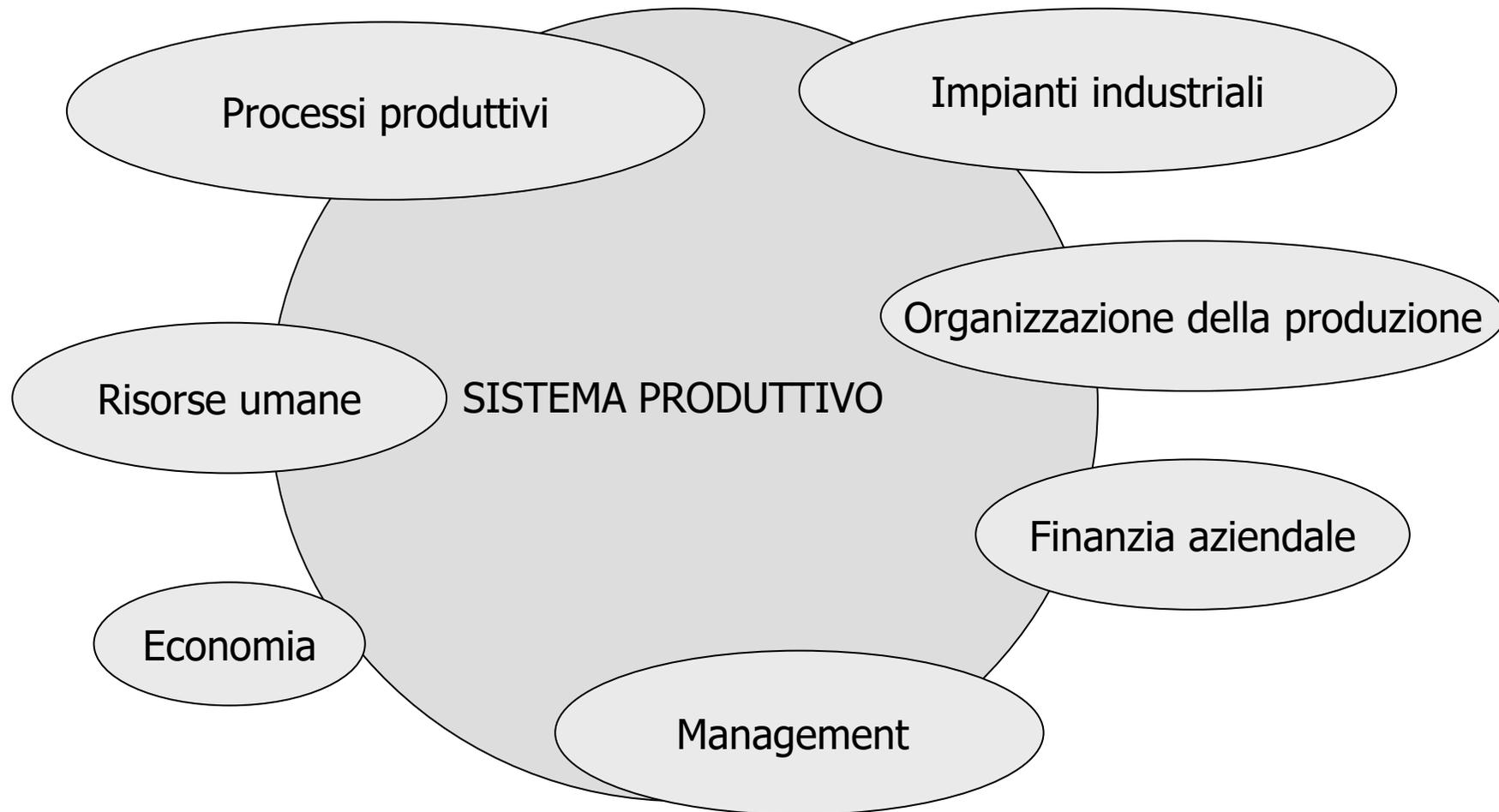


## Dalla singola tecnologia al processo produttivo





## Dal processo produttivo al sistema produttivo





**Offerta formativa SSD ING/IND-16  
Tecnologie e sistemi di lavorazione**

**Laurea**

Tecnologia meccanica

**Laurea magistrale**

ING-IND/17

o

Tecnologie speciali

**Laurea magistrale  
indirizzo produzione**

Tecnologie speciali

Additive manufacturing  
and production systems

Programmazione e controllo  
della produzione

Tecnologie di  
additive manufacturing

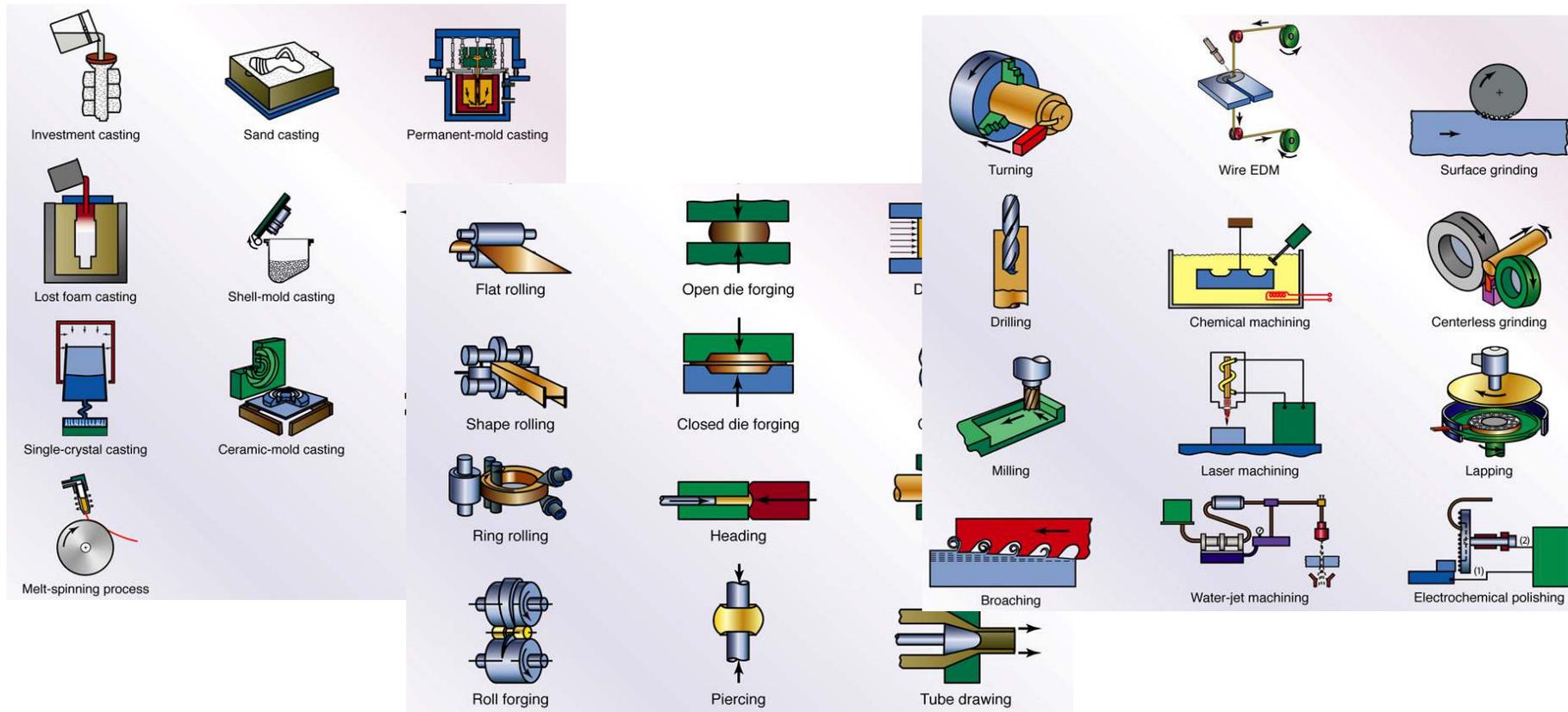
Laboratorio di innovazione  
tecnologica

Laboratorio di additive  
manufacturing



Tecnologia meccanica

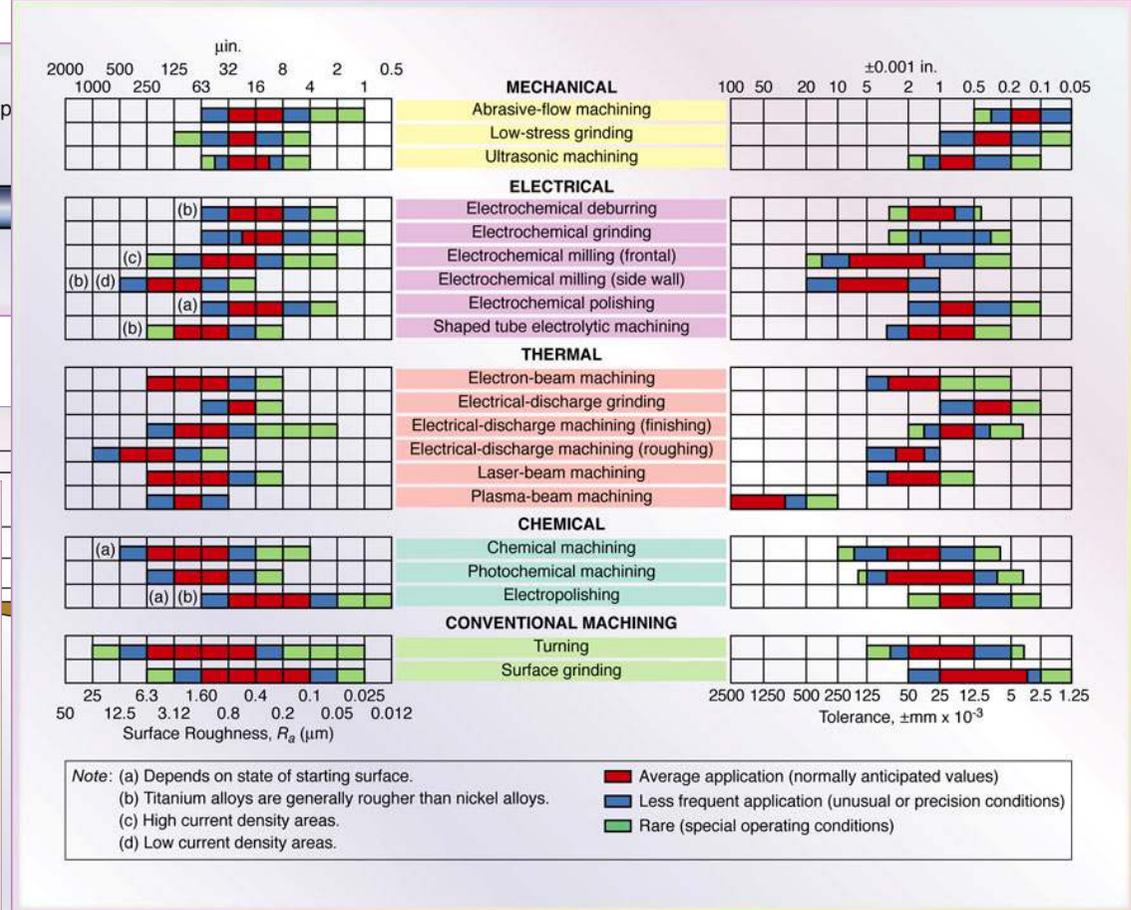
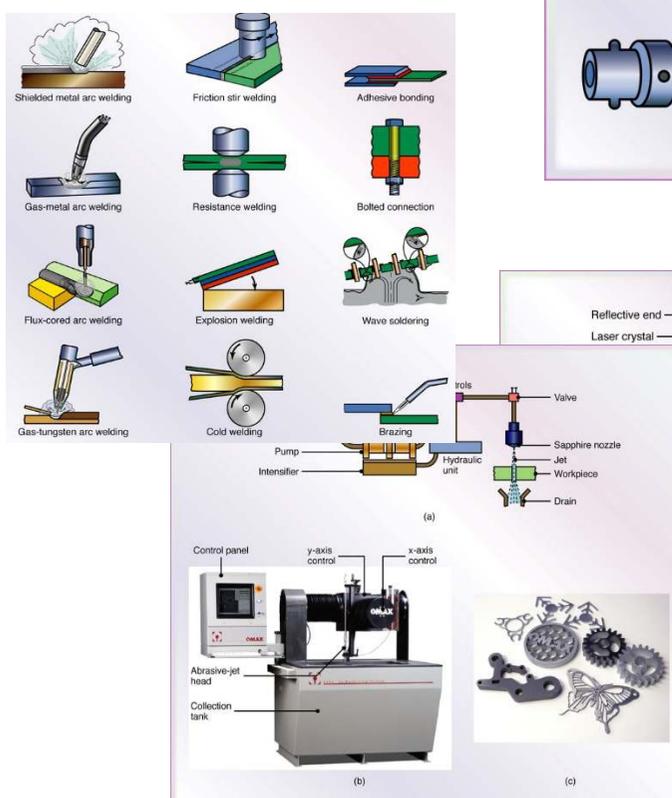
Offerta formativa SSD ING/IND-16  
Tecnologie e sistemi di lavorazione





Tecnologie speciali

Offerta formativa SSD ING/IND-16  
Tecnologie e sistemi di lavorazione





Additive manufacturing  
and production systems

Offerta formativa SSD ING/IND-16  
Tecnologie e sistemi di lavorazione

Start →

Machine 1: Mill

Machine 2: Mill, drill, ream, plunge mill

Machine 12: Bore

Machine 11: Drill, ream, bore

Wash

Machine 13: Finish hollow mill, finish gun ream, finish generate

Machi Rear

Point-to-point  
Drilling and boring  
Workpiece

2-axis contouring with switchable plane  
2-axis contour milling

Point-to-strai

3-axis c  
contini

2498 mm

3003 mm

Collision

Lathe

Milling

Drilling

Grinding

Shipping

Machining center

Machining center

Coordinate measuring machine

Tool magazine

Spindle

AGV

Pallet stations



Tecnologie di  
additive manufacturing

Offerta formativa SSD ING/IND-16  
Tecnologie e sistemi di lavorazione



**FDM**



**SLA**



**SLM**



Programmazione e controllo  
della produzione

Offerta formativa SSD ING/IND-16  
Tecnologie e sistemi di lavorazione

(a) Digit

Frequency of occurrence (number of shafts)

Diameter of shaft

Frequency of occurrence

Lower specification

Average diameter,  $\bar{x}$  (mm)

Average of 5 samples

Average of next 5 samples

Average of next 5 samples

$UCL_{\bar{x}}$

acceptance

Coil storage

Take-up reel

Mill Stands

Operator controls

Design Of Experiments (DOE)

① Factor Assignment						
③ Interactions						
B	C	D (A-B)	E (A-C)	F (B-C)	G (A-B-C)	
-	-	+	+	+	-	
-	-	-	-	+	+	
+	-	-	+	-	+	
+	-	+	-	-	-	
-	+	+	-	-	+	
-	+	-	+	-	-	
+	+	-	-	+	-	
+	+	+	+	+	+	



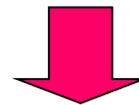
## La filiera produttiva dell'industria meccanica

forma/dimensione  
tolleranze  
finitura superficiale

### *Ciclo di fabbricazione*

- disegno del finito
- analisi dei materiali e dei trattamenti
- analisi critica del progetto
- tecniche di fabbricazione
  - del grezzo
  - del finito

Tecnologie meccaniche come  
successione di cambiamenti  
di forma



### *Processo produttivo*

Inserimento delle singole fasi della lavorazione  
in un processo produttivo

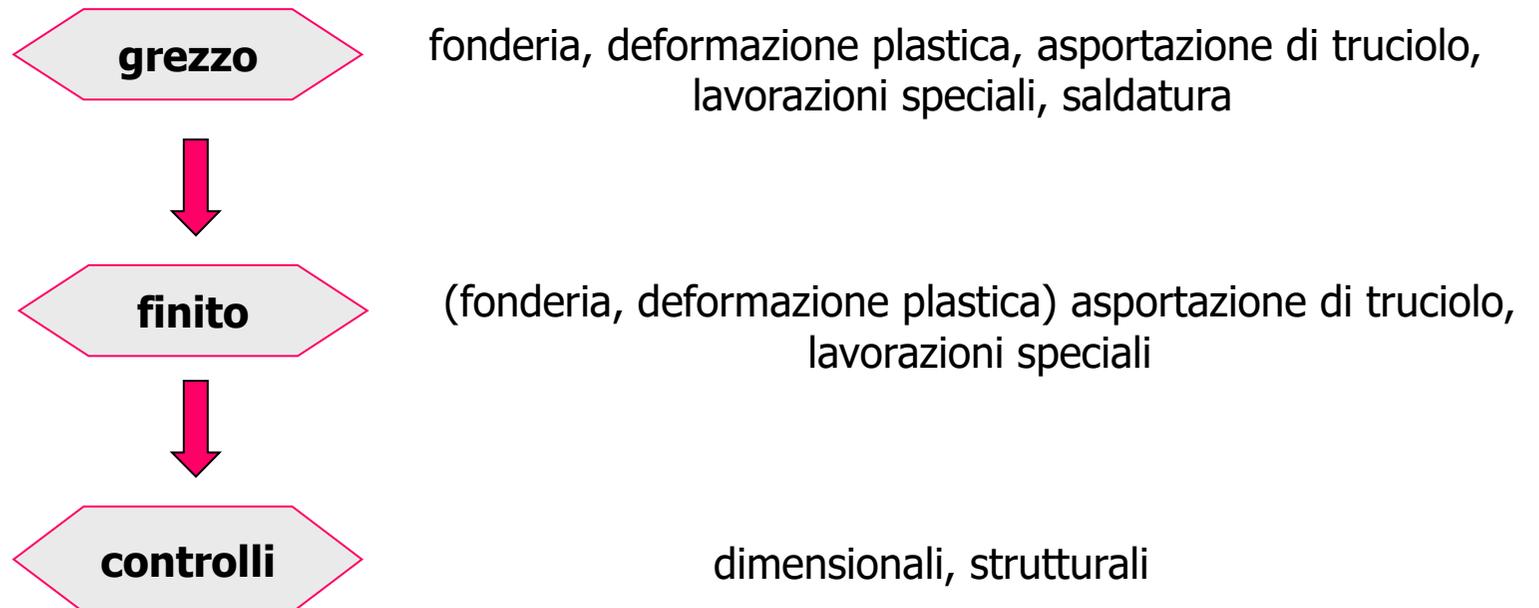


## Tecniche di fabbricazione

Progettazione  
prodotto/processo

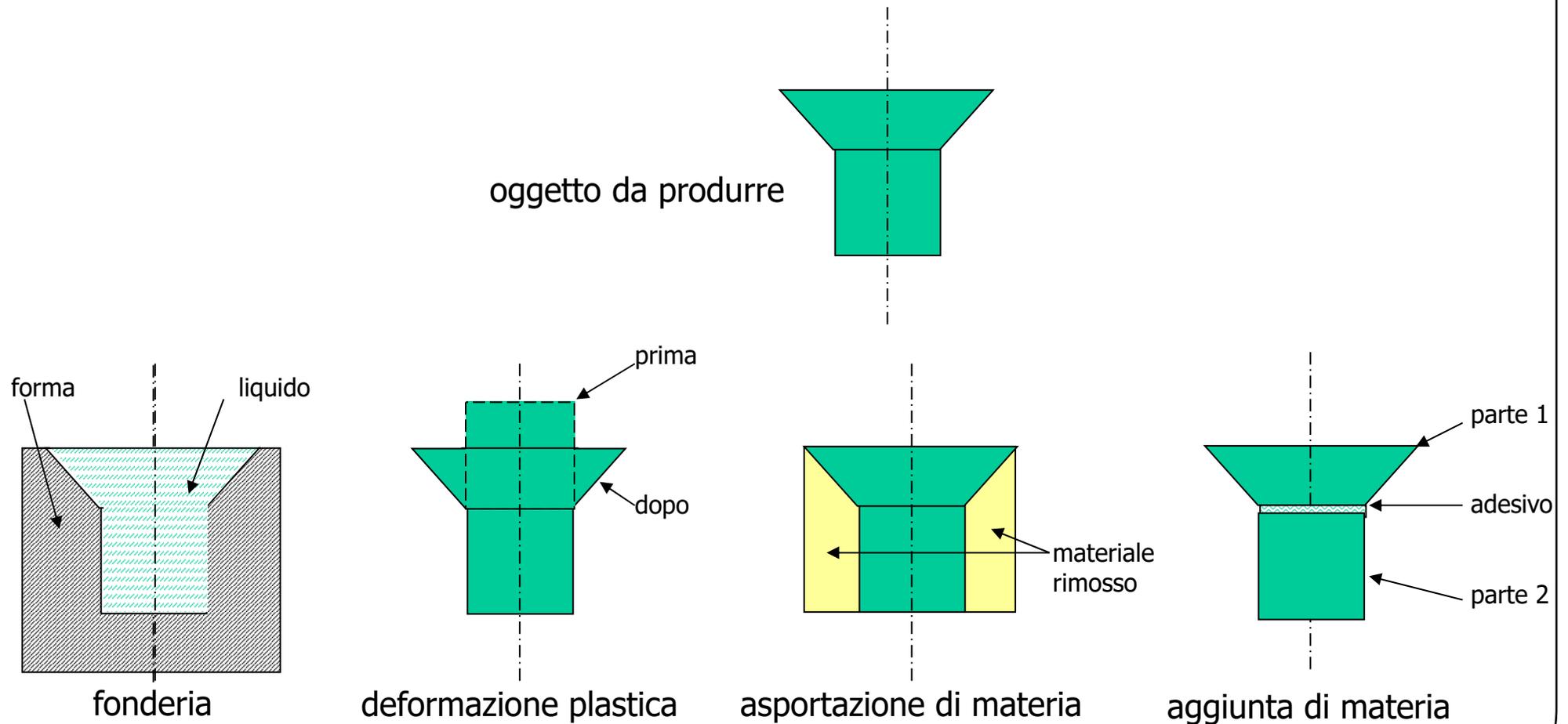


Realizzazione  
prodotto



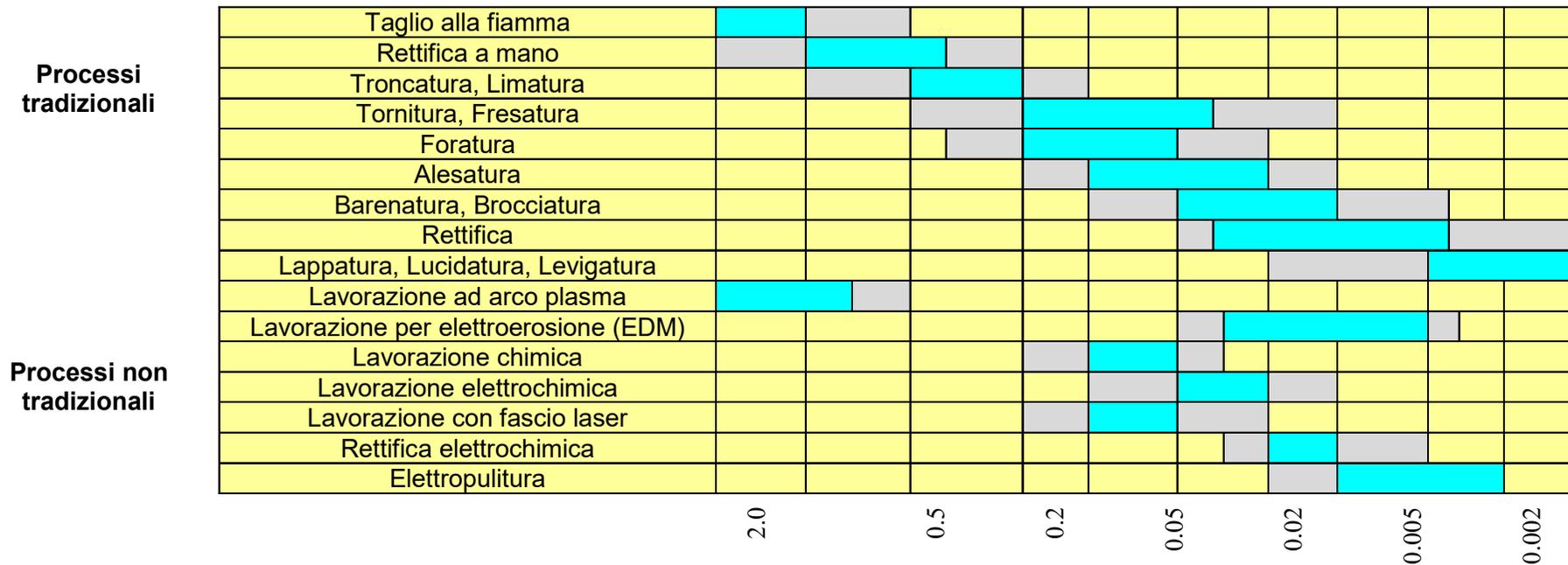


**Scelta della tecnologia al fine di ottenere una determinata forma finale**



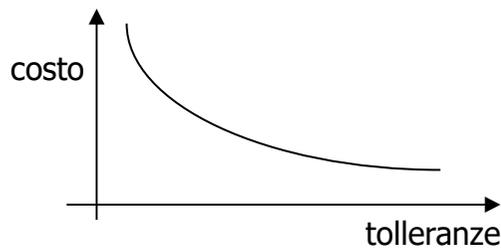


## Tolleranze e tecnologie



± Tolerance, mm

Costo delle tolleranze



tipica

possibile

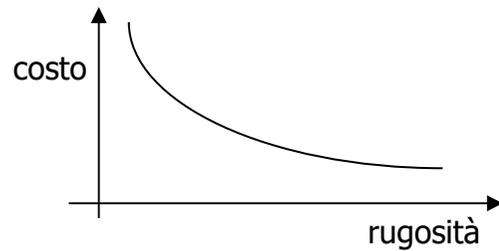


## Rugosità e tecnologie

Processo	Rugosità (µm)												
	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.80	0.40	0.20	0.10	0.05	0.025	0.012
Taglio con il canello	█	█	█										
Sbavatura alla mola	█	█	█	█	█								
Segatura	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Piallatura, limatura													
Foratura													
Fresatura chimica													
Elettroerosione													
Fresatura													
Alesatura													
Svasatura													
Lavorazione con fascio elettronico													
Lavorazione al laser													
Lavorazione elettrochimica													
Alesatura, tornitura													
Burratura													
Granigliatura elettrolitica													
Brunitura													
Granigliatura													
Lapidatura (lisciatura)													
Pulitura elettrolitica													
Levigatura													
Lappatura													
Superfinitura													
Sabbatura	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Laminazione a caldo	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Forgiatura													
Getti in forme permanenti													
Fusione a cera persa													
Estrusione													
Laminazione a freddo, trafilatura													
Pressofusione													

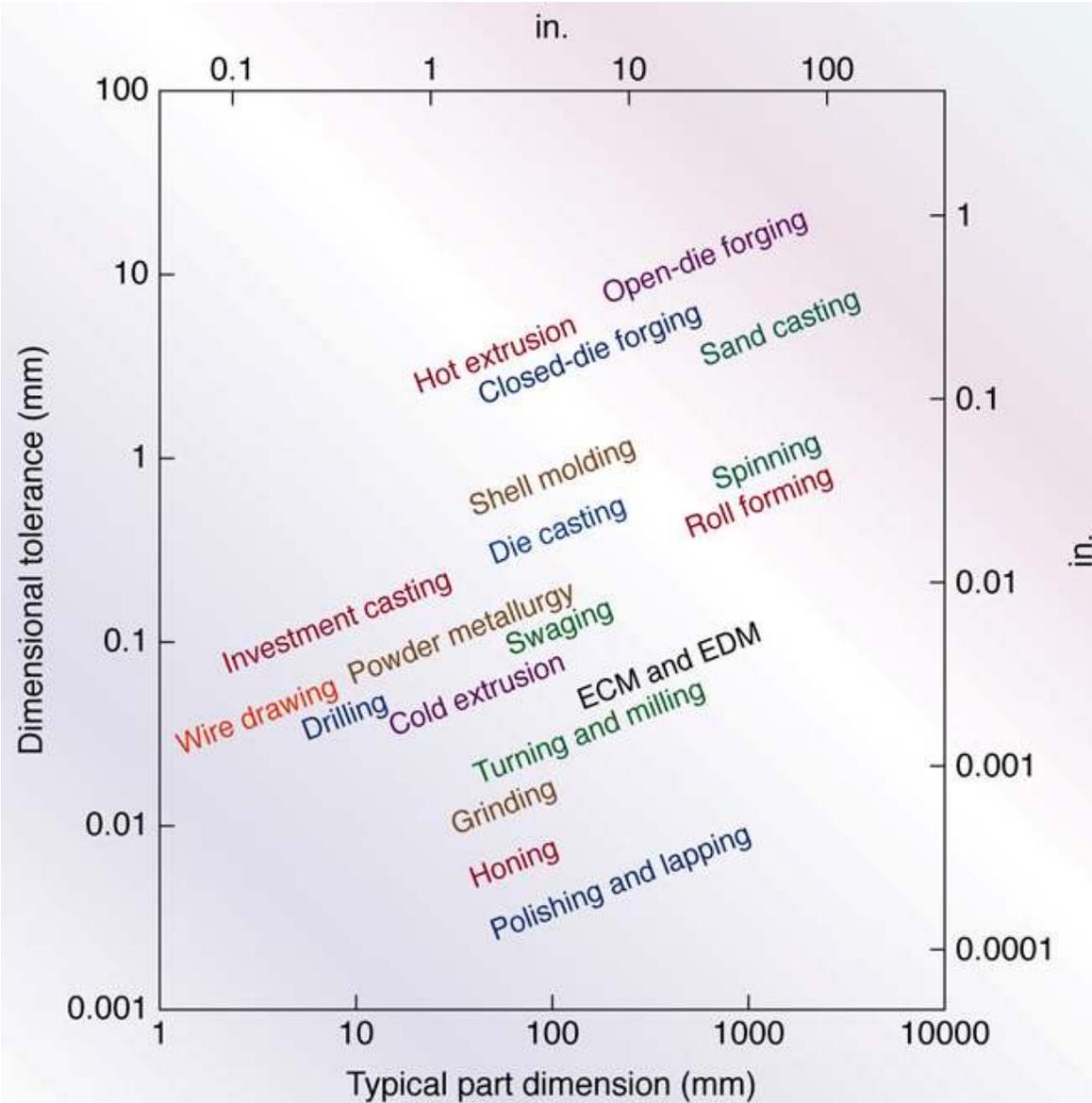
Applicazioni:  
 Frequenti  
 Meno frequenti

### Costo della rugosità



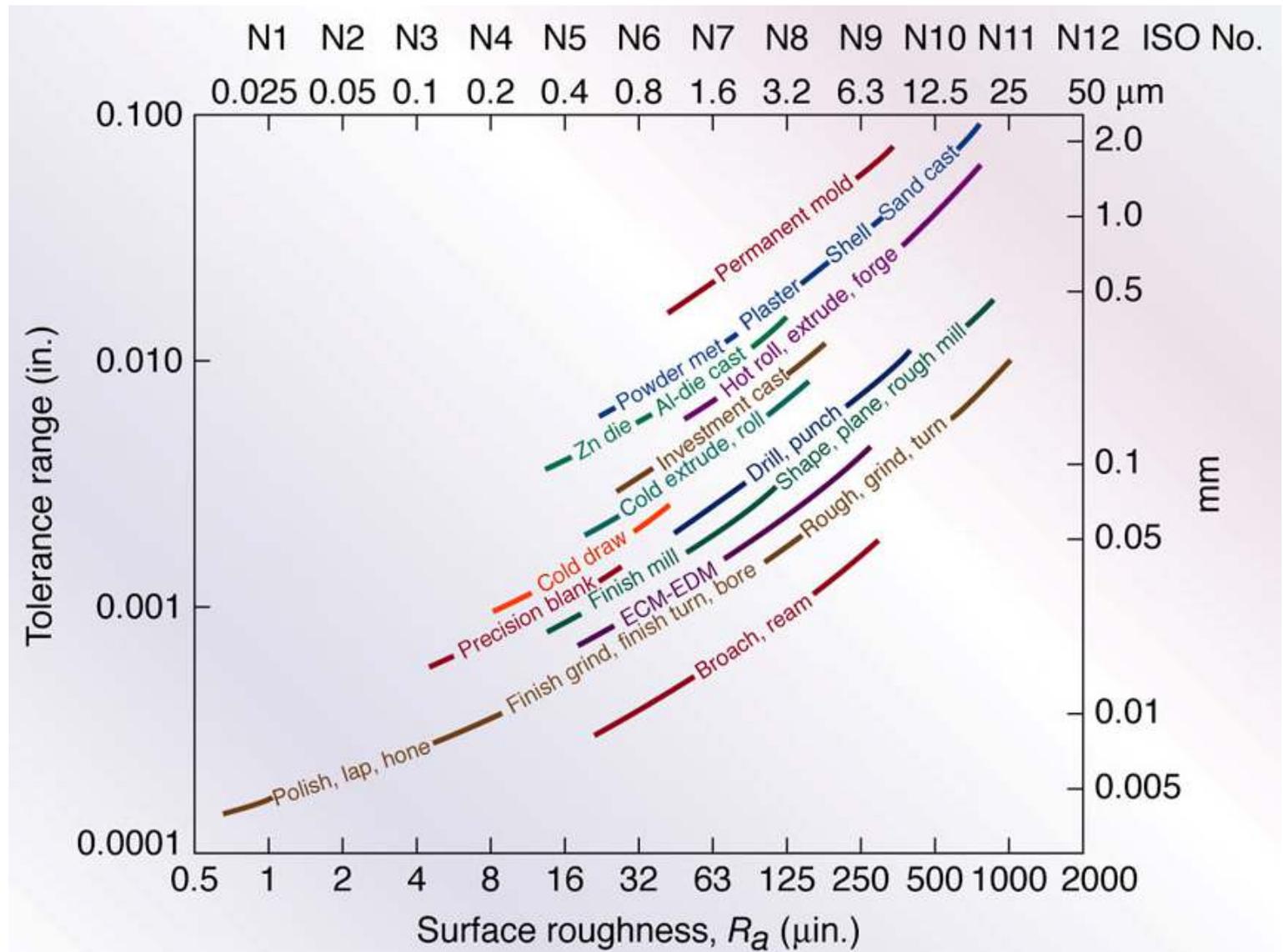


Tolleranze e dimensioni





Tolleranze e rugosità





Processi e materiali

Manufacturing Processes for Commonly Used Metals and Alloys

Type of part	Material													
	Iron	Carbon steel	Alloy steel	Stainless steel	Tool steel	Aluminum alloys	Copper alloys	Magnesium alloys	Nickel alloys	Zinc alloys	Tin alloys	Lead	Titanium	Precious metals
Extrusions	—	○	○	○	—	●	●	●	○	○	○	○	○	—
Metal stampings	—	●	●	○	—	●	●	○	○	○	—	—	—	●
Metal spinings	—	●	○	●	—	●	●	○	●	○	○	○	—	—
Cold-headed parts	—	●	○	○	—	●	●	—	○	—	—	○	—	—
Impact extrusions	—	●	○	—	—	●	●	●	○	●	●	●	—	—
Swaged and bent tubing	—	●	●	●	—	●	●	○	●	○	○	—	○	—
Roll-formed sections	—	●	●	●	—	●	●	—	—	●	—	—	—	—
Powder-metal parts	●	○	○	○	○	○	●	—	○	—	—	—	○	—
Forgings	—	●	●	●	○	●	●	●	○	—	—	—	○	—
Screw-machine parts	○	●	○	○	—	●	●	○	○	○	—	—	○	—
Electrical-discharge-machined parts	—	○	○	○	●	○	○	—	○	—	—	—	○	—
Electrochemically machined parts	—	○	●	○	●	—	○	—	●	—	—	—	●	—
Chemically machined parts	—	●	○	●	○	●	●	●	○	—	—	—	○	—
Sand-mold castings	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○	○	○	—	—
Permanent-mold castings	●	○	—	—	—	●	●	●	○	○	○	○	—	—
Ceramic-mold castings	●	●	●	●	●	○	●	○	●	○	—	—	—	—
Plaster-mold castings	—	—	—	—	—	●	●	○	—	●	○	○	—	—
Centrifugal castings	●	●	●	—	—	●	●	—	●	—	—	—	—	—
Investment castings	—	●	●	●	●	●	●	○	●	—	—	—	—	○
Die castings	—	—	○	○	○	●	○	○	—	●	○	○	—	—

Note: ●, frequently processed with this method; ○, sometimes processed with this method; —, seldom or never processed with this method.



In conclusione

ampia scelta di tecnologie possibili

ampia versatilità delle singole tecnologie

ampia disponibilità di materiali

La domanda nasce spontanea: qual'è la migliore combinazione?

La risposta a questa domanda è un'altra domanda: migliore per che cosa?

Costi?

Finiture?

Tolleranze?

Qualità?

Tempi?

Flessibilità?

.....?



## Decision making framework for manufacturing

Le decisioni devono essere prese con una adeguata combinazione di competenze tecnologiche e gestionali

basate su

4 attributi

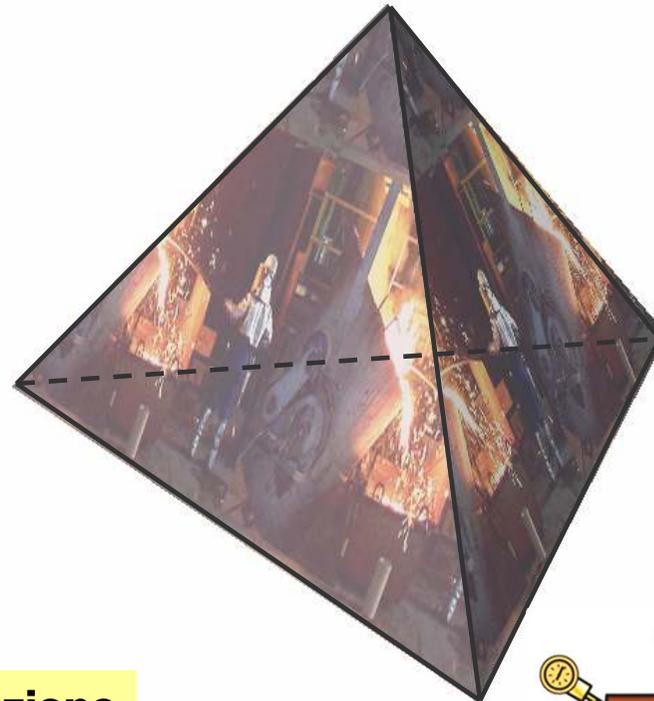
- costi
- tempi
- flessibilità
- qualità

**tetraedro della produzione**

costi



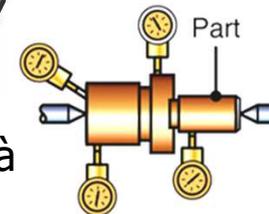
tempi



flessibilità



qualità





equazioni tecnologiche  
equazioni economiche

- processi
- macchine
- parametri
- materiali

modelli

tecnoeconomici

**variabili decisionali**



tempi

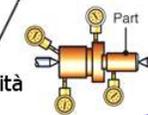
costi



flessibilità



qualità

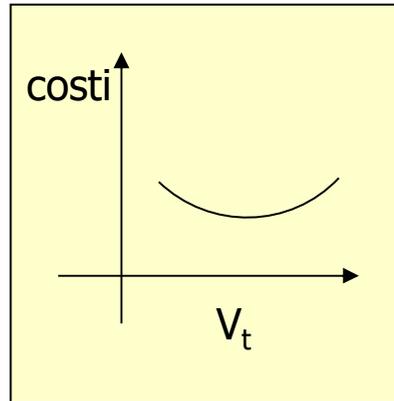


**attributi decisionali**



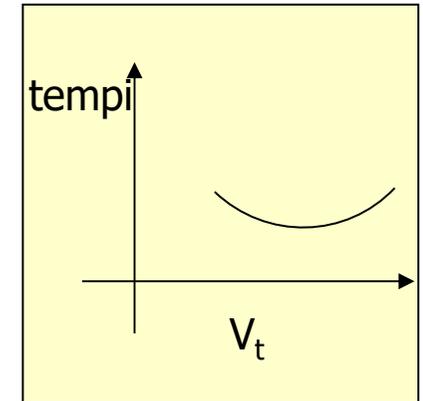
### costi

attrezzature  
materiali  
manodopera  
manutenzione  
infrastrutture  
capitali



### tempi

tempo di lavorazione  
cambio utensili  
attrezzaggio  
manutenzione  
capacità di reagire a  
perturbazioni (volute  
o non volute)



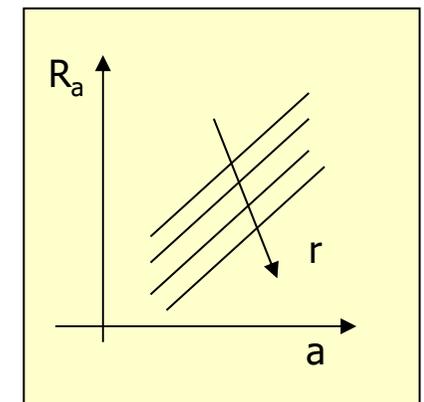
### flessibilità

macchine  
processi  
prodotti  
quantità  
espandibilità  
ordinativi

PPC = penale \* probabilità  
(PPC = penale per il cambio)

### qualità

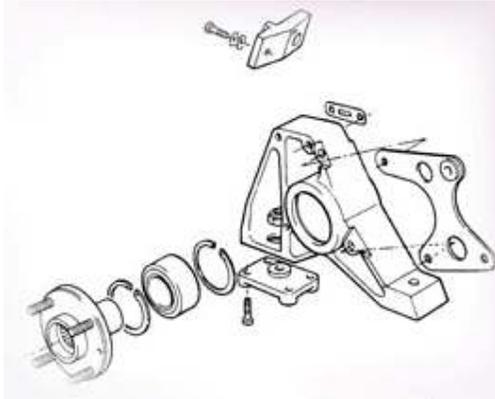
finitura superficiale  
tolleranze  
ripetibilità  
ciclo di vita  
accettazione/rifiuto  
soddisfazione del cliente





## Progetto del corso

	TEORIA	Parte esercitativa
<b>Metrologia dimensionale e superficiale</b>	Richiami: tolleranze e rugosità nei processi di fabbricazione	uso del calibro uso del rugosimetro
<b>Fonderia</b>	solidificazione, analisi termica, sovrametalli, tensioni residue, tecniche di fonderia, forni fusori	progettazione del processo produttivo di un grezzo di fonderia
<b>Taglio dei metalli</b>	meccanismi di taglio, forze di taglio, utensili ed usura degli utensili, lavorazioni, macchine utensili, parametri di lavorazione	visita in officina lavorazione di semplici oggetti progettazione di un ciclo di lavorazione
<b>Deformazione plastica</b>	meccanismi di deformazione, lavoro di deformazione, attrito, lavorazioni, macchine	progettazione di un ciclo di stampaggio



## PARTE ESERCITATIVA

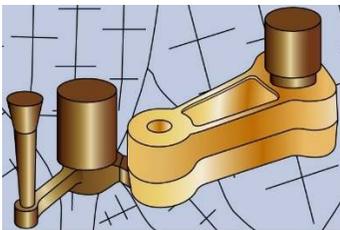
*progettazione del processo produttivo di alcuni componenti a partire dal complessivo di un organo meccanico*



grezzo di fonderia



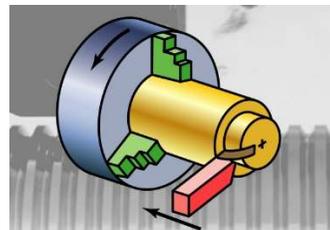
studio termico  
sovrametalli  
spinte metallostatiche  
canali di colata  
disegno del grezzo



lavorazioni per asportazione di truciolo



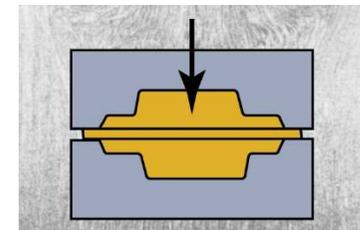
ciclo di lavorazione  
utensili  
macchine  
parametri di taglio  
forze / potenze



deformazione plastica



scelta processo  
sovrametalli  
forze  
potenze





## Testi

F. Mazzoleni, *Tecnologia dei Metalli*, UTET

T. Spur, T. Stoferle, *Enciclopedia delle Lavorazioni Meccaniche*, Tecniche Nuove

F. Giusti, M. Santochi, *Tecnologia Meccanica e Studi di Fabbricazione*, Ambrosiana

S. Kalpakjian, S.R. Schmid, *Tecnologia Meccanica*, Prentice Hall

M. P. Groover, *Tecnologia meccanica*, Cittàstudi

Lucidi delle lezioni disponibili su file



*Produrre un manufatto non è difficile*

*Difficile è produrre un manufatto*

- *di alta qualità*
- *a basso costo*
- *in tempi brevi*
- *con grande flessibilità*