



TECNOLOGIA DEI PROCESSI PRODUTTIVI



TECNOLOGIA DEI PROCESSI PRODUTTIVI

Docente F. Veniali

ORARIO

Lezioni:	Lunedì	13:00 – 15:00	Aula 10 Economia
	Martedì	14:00 – 16:00	Aula 10 Economia
Esercitazioni	Lunedì	15:00 – 16:00	Aula 10 Economia
Ricevimento:	Mercoledì	10:00 – 12:00	MEET

INDIRIZZI

telefono: 25239

ufficio: stanza #25, Dipartimento di Ingegneria Meccanica e
Aerospaziale

e-mail: francesco.veniali@uniroma1.it

sito web: <http://dma.ing.uniroma1.it/users/veniali/GPP.htm>



Propedeuticità -- Fisica Chimica
(Disegno di macchine, Metallurgia, Scienza delle costruzioni, Meccanica applicata alle macchine, Fisica tecnica)

Struttura corso -- 40-45 ore di lezioni teoriche
-- 10-15 ore di esercitazioni
-- 3-4 in officina

Esercitazioni -- in classe / a casa (esercizi)
-- in officina / MEET
-- a casa (analisi dati, stesura relazioni)

NB: ~~-- le esercitazioni devono essere realizzate in gruppi da 4 ± 1
-- ogni gruppo deve iscriversi alle esercitazioni, scegliendo un nome
-- ogni gruppo deve consegnare una copia di riferimento
-- i moduli per l'iscrizione saranno disponibili in rete
-- l'invio del modulo di iscrizione avviene per posta elettronica
-- ultima data di consegna: 10 gennaio 2021~~

Svolgimento e valutazione esame

-- esame scritto (esercizi e teoria)	70-75%
-- esercitazioni	15%
-- discussione orale dell'esame scritto	+ -15--30%



Esame scritto

75%

Valutazione_scritto = {0, 1, 30}

Peso_Valutazione_scritto = 0.75

Voto_scritto = {0, 1, 22.5}

Esercitazioni (se consegnate)

15%

Valutazione_esercitazioni = {0, 1, 30}

Peso_Valutazione_esercitazioni = 0.15

Voto_esercitazioni = {0, 1, 4.5}

Discussione orale (con esercitazioni)

±15%

Valutazione_discussione = {0, 1, 30}

Peso_Valutazione_esercitazioni = ±0.15

Voto_esercitazioni = {-4,5, -3, 4.5}

Discussione orale (senza esercitazioni)

±30%

Valutazione_discussione = {0, 1, 2, 30}

Peso_Valutazione_esercitazioni = ± 0.3

Voto_esercitazioni = {-9, -8, 9}

Voto_finale = Voto_scritto + Voto_esercitazioni + Voto_discussione_orale = {-9, -8, 32}



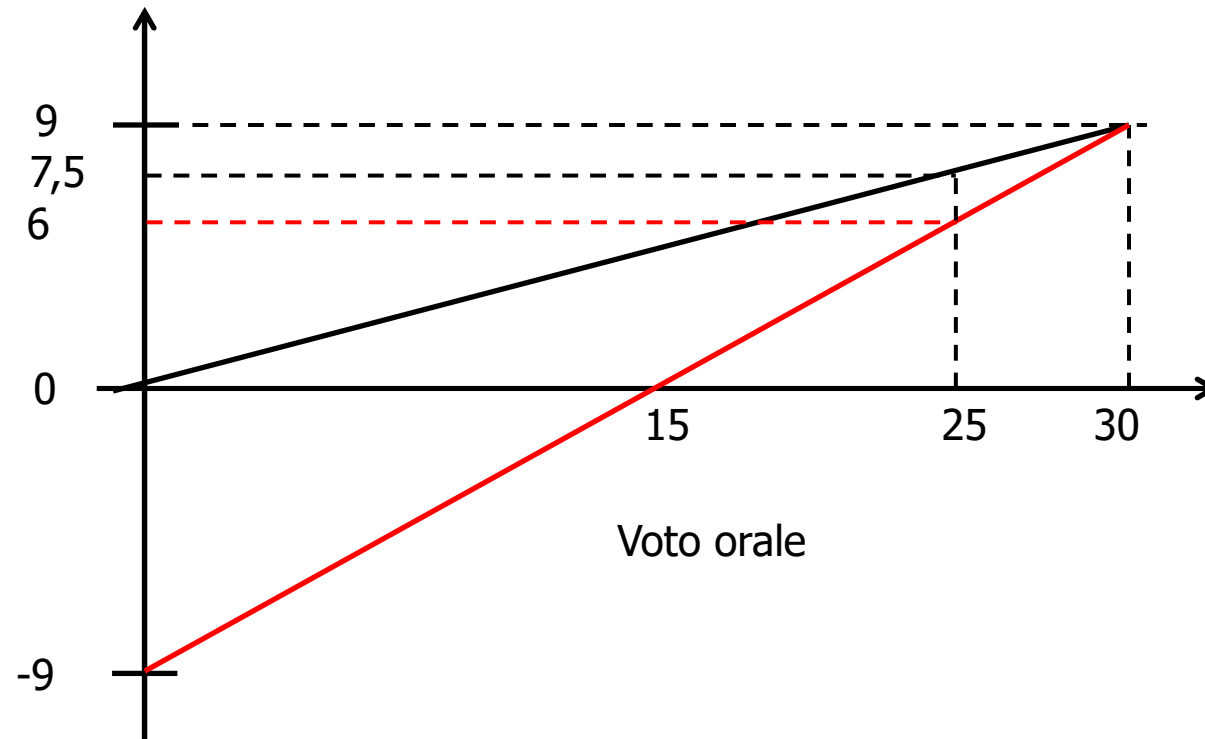
Esempio calcolo voto finale

prova	voto	coefficiente	voto	
scritto	24	0.73	$24 \times 0.73 =$	17.52
discussione	25	± 0.3	$(25-15) : 15 \times 30 \times 0.3 =$	6.0
totale				23.52
voto finale				24

prova	voto	coefficiente	voto	
scritto	24	0.73	$24 \times 0.73 =$	17.52
discussione	25	± 0.15	$(25-15) : 15 \times 30 \times 0.15 =$	3.0
esercitazioni	28	0.15	$28 \times 0,15 =$	4.2
totale				24.72
voto finale				25



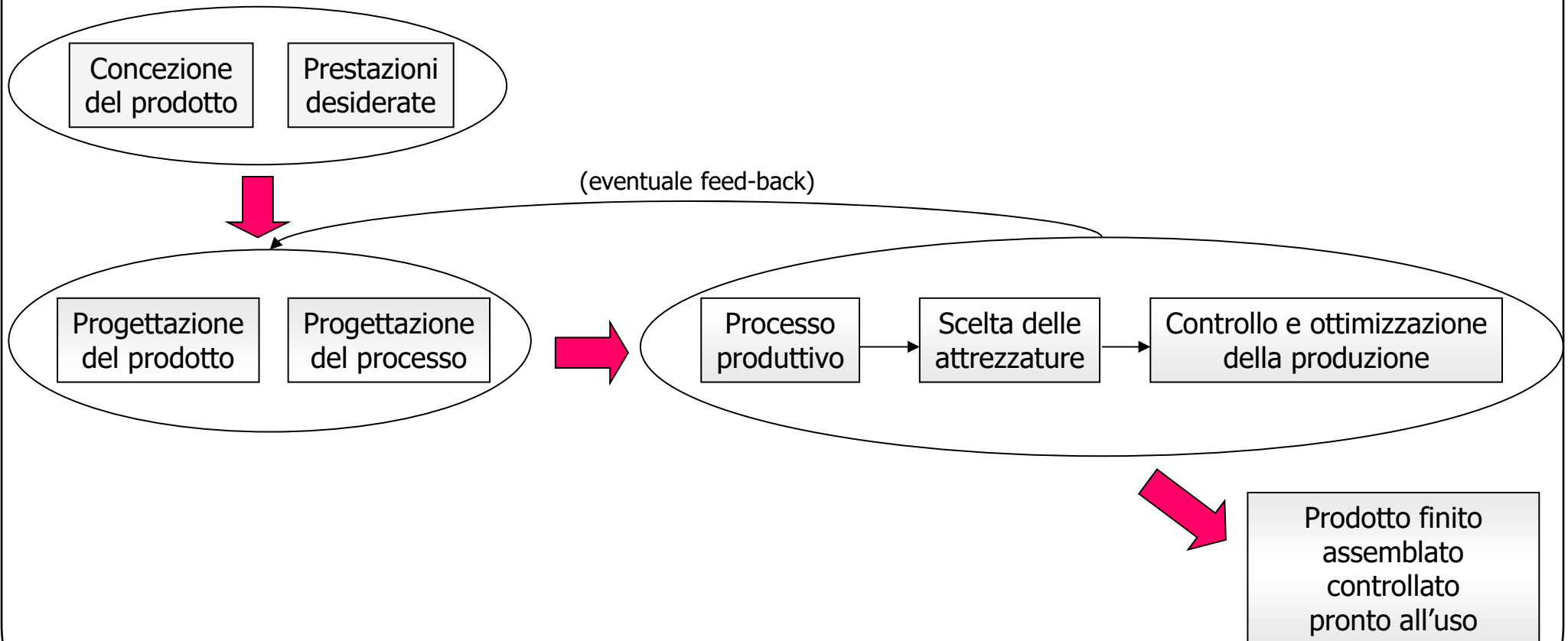
discussione orale dell'esame scritto $\pm 30\%$





Sistemi produttivi

dalla concezione del prodotto alla sua immissione nel mercato





La singola tecnologia di fabbricazione

**forma/dimensione
tolleranze
finitura superficiale**

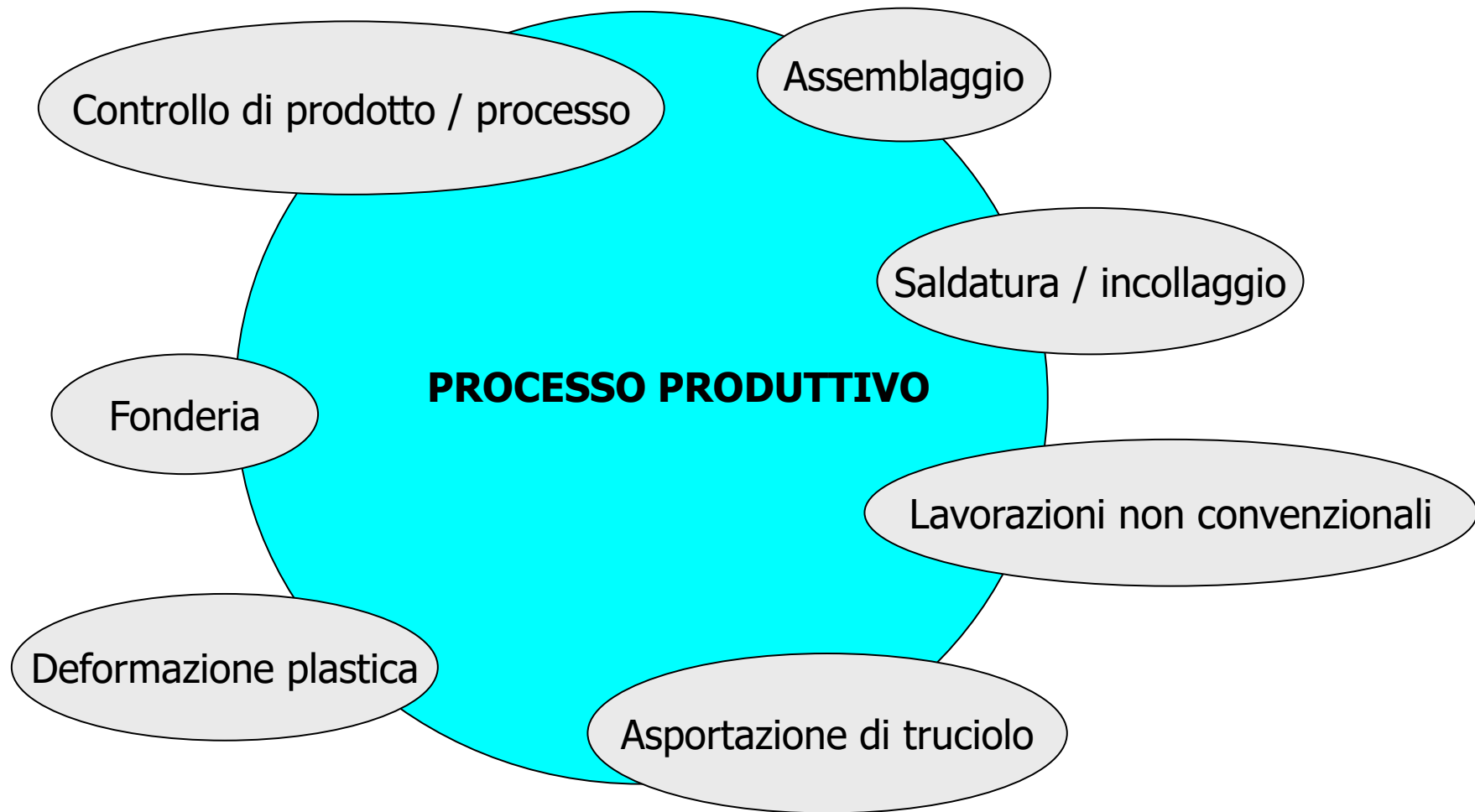
**Tecnologie meccaniche come
successione di cambiamenti
di forma**

Tecnologia [Ciclo] di fabbricazione

- disegno del finito
- analisi dei materiali e dei trattamenti
- analisi critica del progetto
- tecnica/e di fabbricazione



Dalla singola tecnologia al processo produttivo



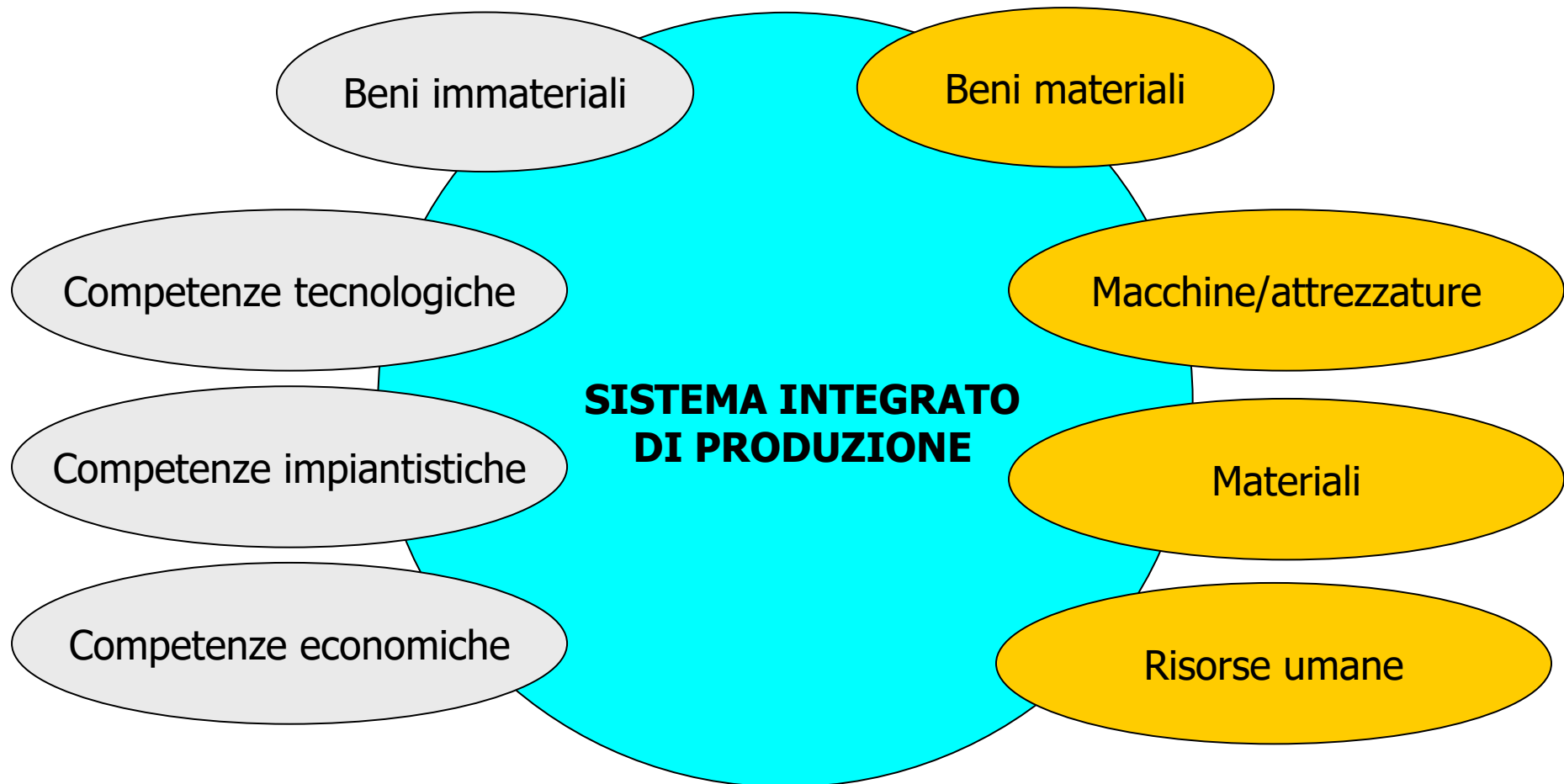


Dal processo produttivo al sistema produttivo





Dal sistema produttivo al sistema integrato di produzione





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

Laurea

Tecnologia meccanica

Tecnologia dei
processi produttivi

Laurea magistrale
Indirizzo produzione

Tecnologie speciali

Programmazione e controllo
della produzione

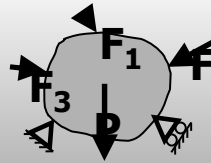
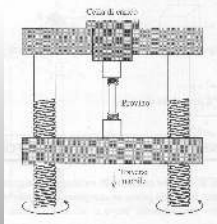
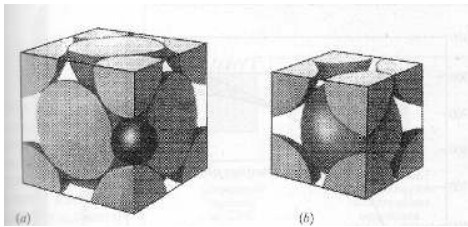
Additive manufacturing and
production systems

Tecnologie di
Additive manufacturing



Tecnologia meccanica
Tecnologia dei processi produttivi

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



Investment casting

Sand casting

Permanent-mold casting

Turning

Wire EDM

Surface grinding

Lost foam casting

Shell-mold casting

Die casting

Flat rolling

Open die forging

Direct extrusion

Single-crystal casting

Ceramic-mold casting

Centrifug

Shape rolling

Closed die forging

Cold extrusion

Melt-spinning process

Ring rolling

Heading

Drawing

Roll forging

Piercing

Tube drawing

less grinding

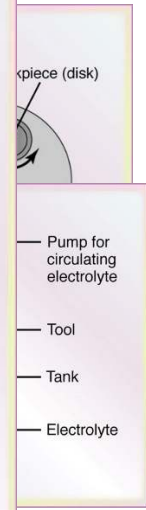
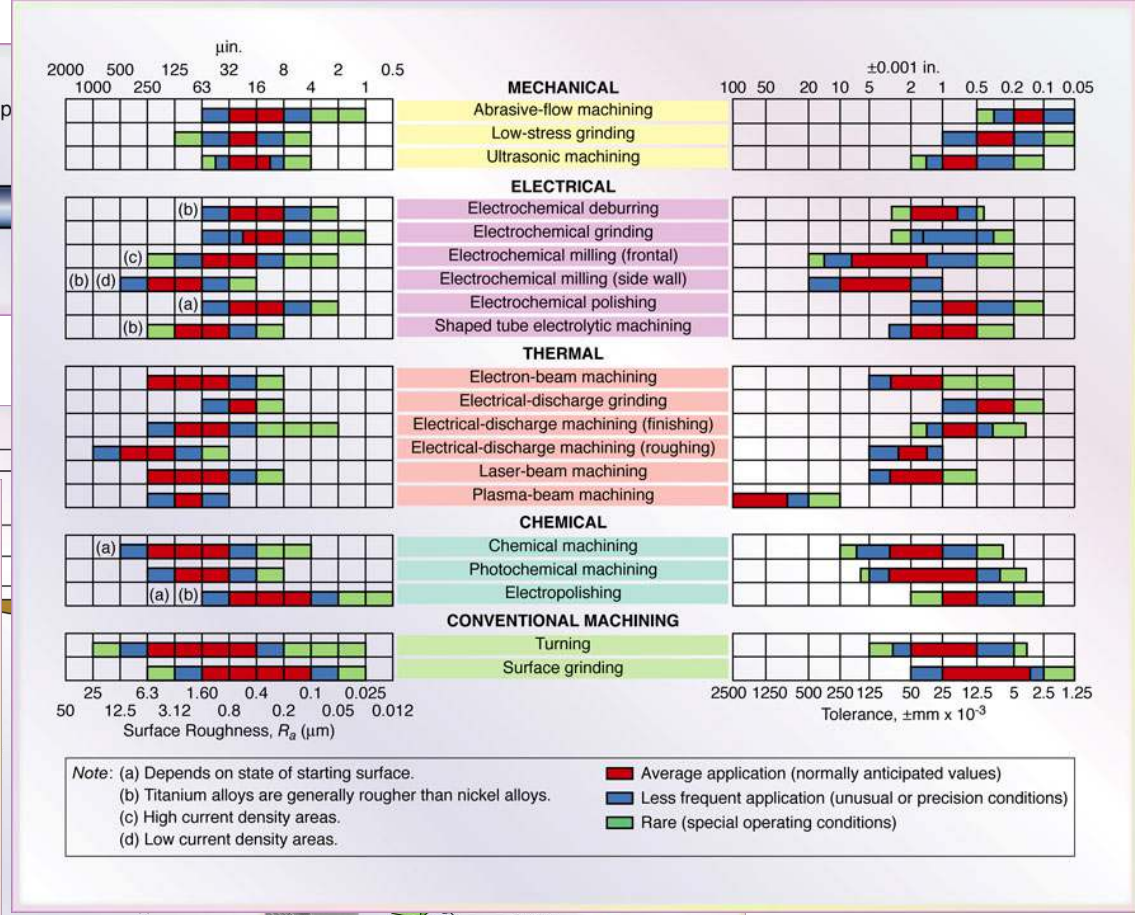
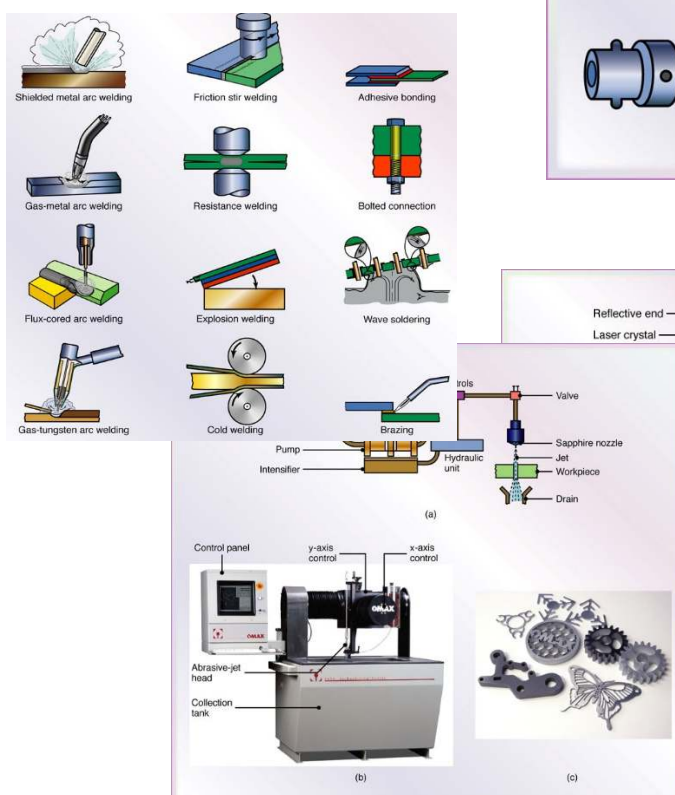
Lapping

Chemical polishing



Tecnologie speciali

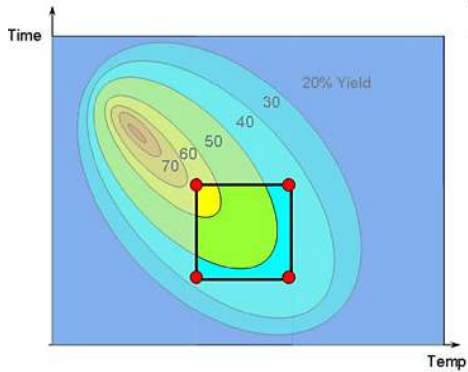
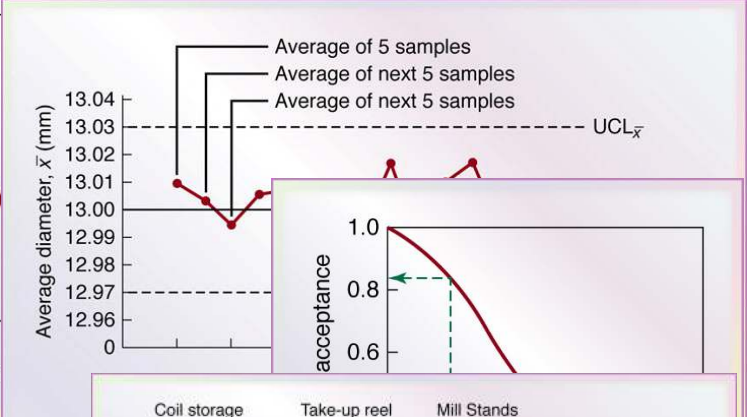
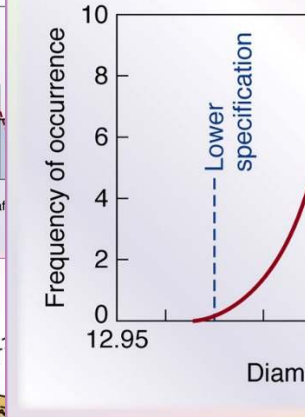
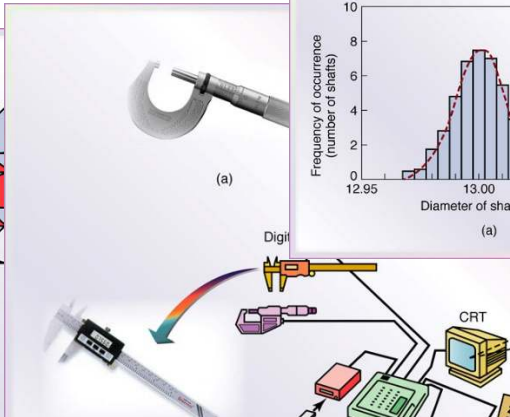
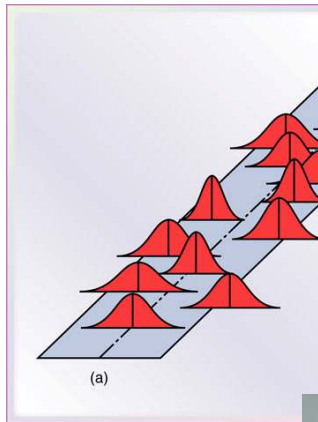
Offerta formativa SSD ING/IND-16
Tecnologie e sistemi di lavorazione





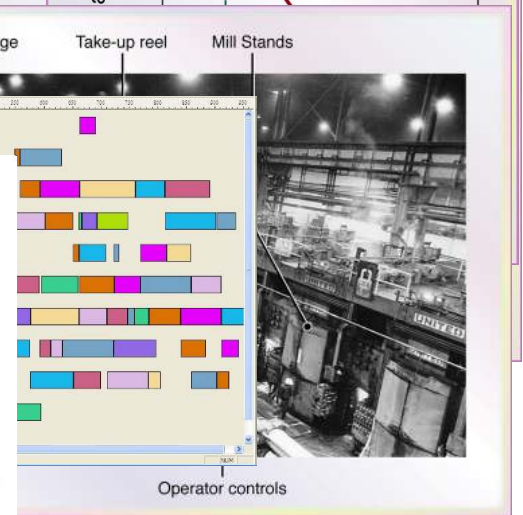
Programmazione e controllo
della produzione

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



① Factor Assignment

Main Effects	③ Interactions			④		
A	B	C	D (A-B)	E (A-C)	F (B-C)	G (A-B-C)
-	-	-	+	+	+	-
+	-	-	-	-	+	+
-	+	-	-	+	-	+
+	+	-	+	-	-	-
-	-	+	+	-	-	+
+	-	+	-	+	-	-
-	+	+	-	-	+	-
+	+	+	+	+	+	+

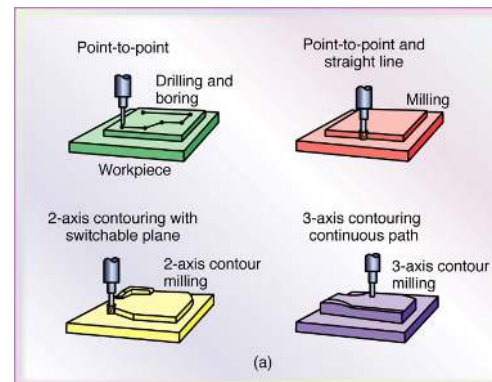


Design Of Experiments (DOE)



Tecnologie di
additive manufacturing

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



CNC



FDM



SLA

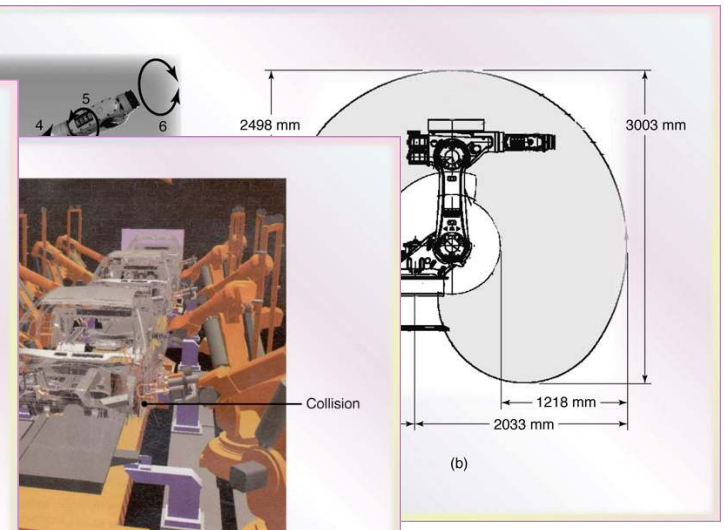
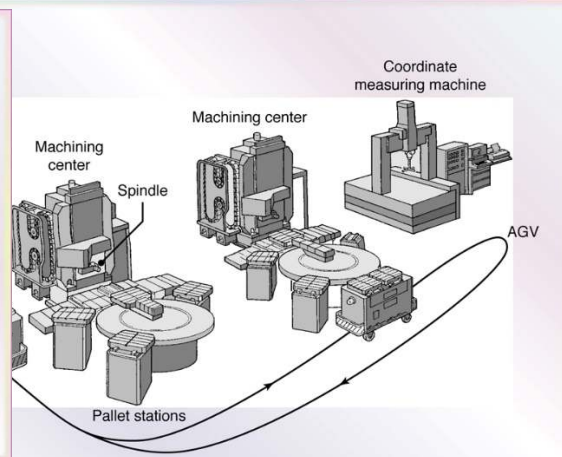
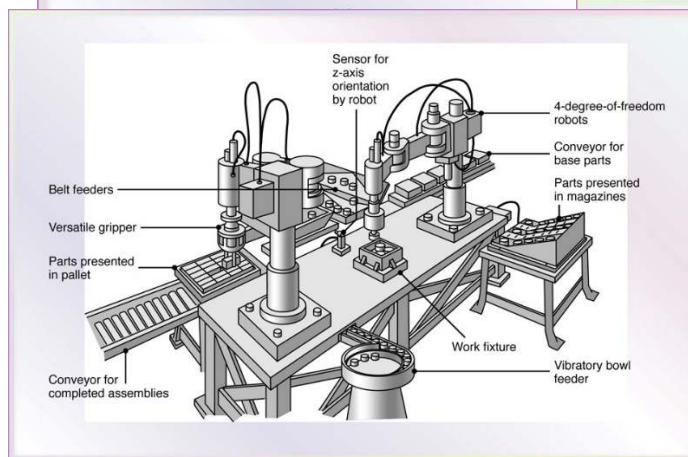
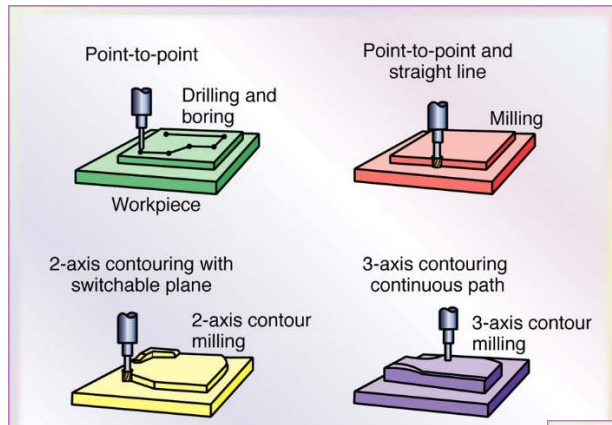


SLM



Additive manufacturing and
production systems

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





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
	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

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



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.

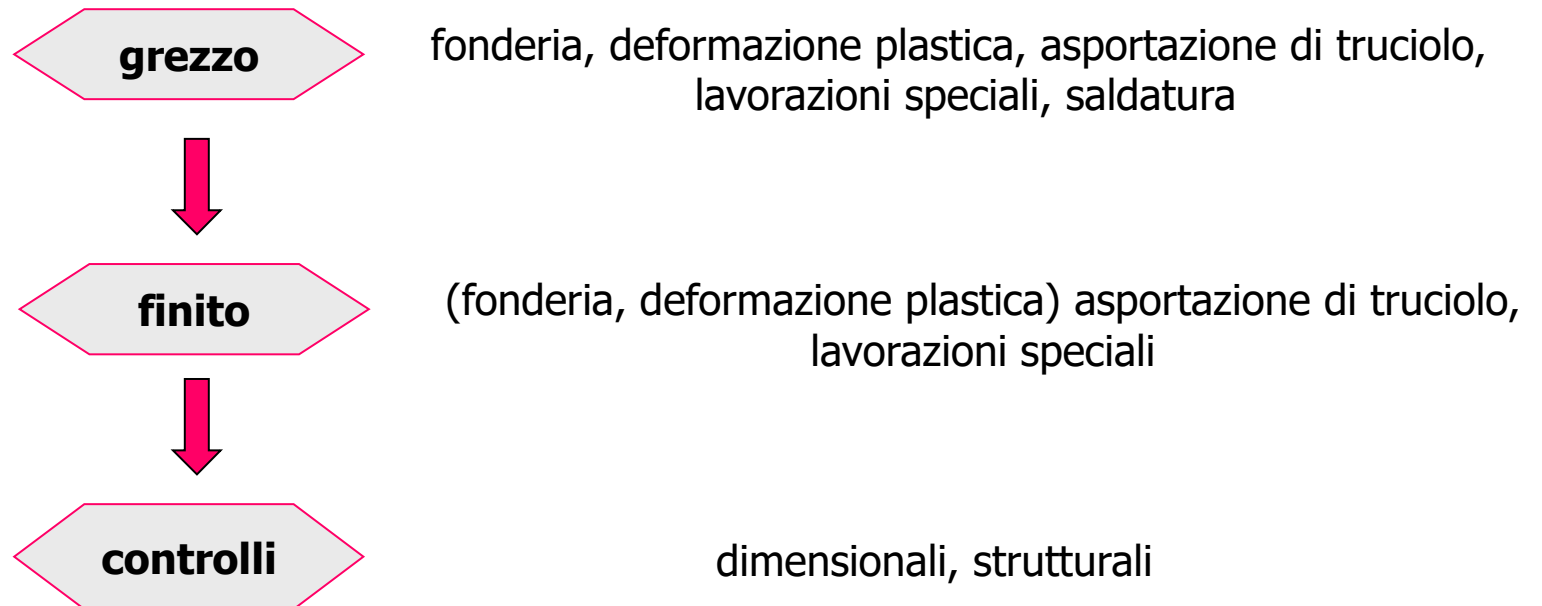


La filiera produttiva dell'industria meccanica

Progettazione
prodotto/processo

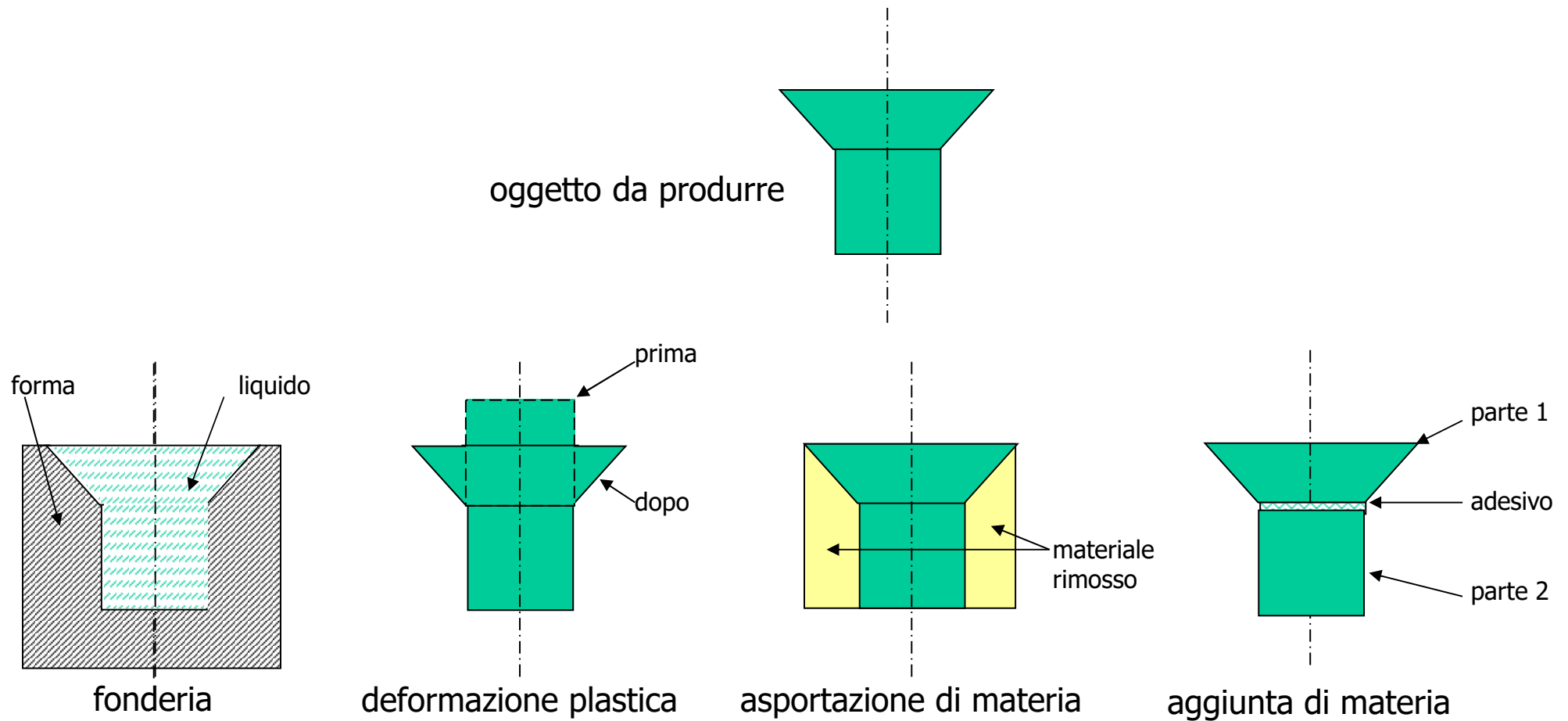


Realizzazione
prodotto





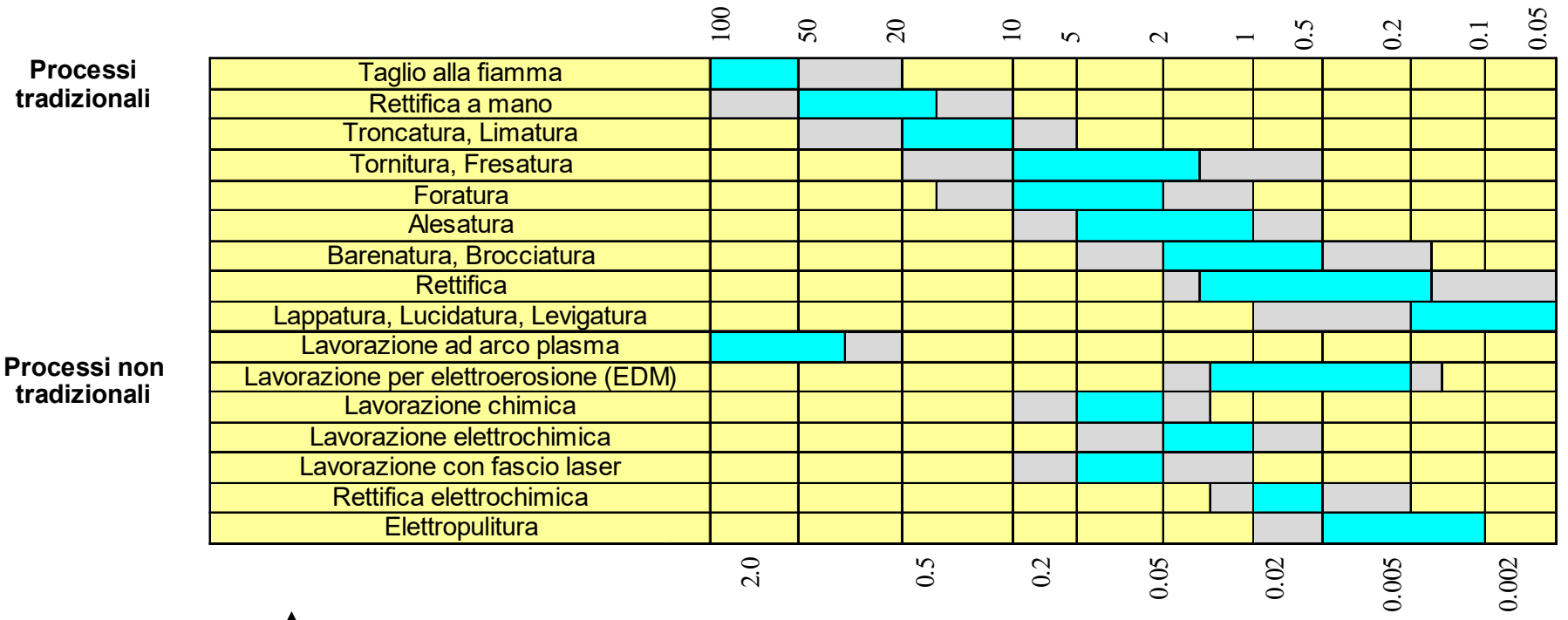
Scelta della tecnologia al fine di ottenere una determinata forma finale



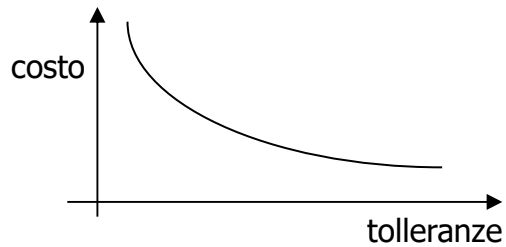


± Tolerance, .001 in.

Scelta della tecnologia in funzione delle tolleranze



Costo delle tolleranze



± Tolerance, mm

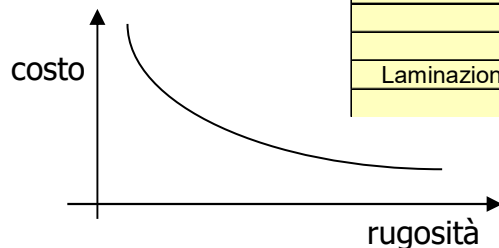
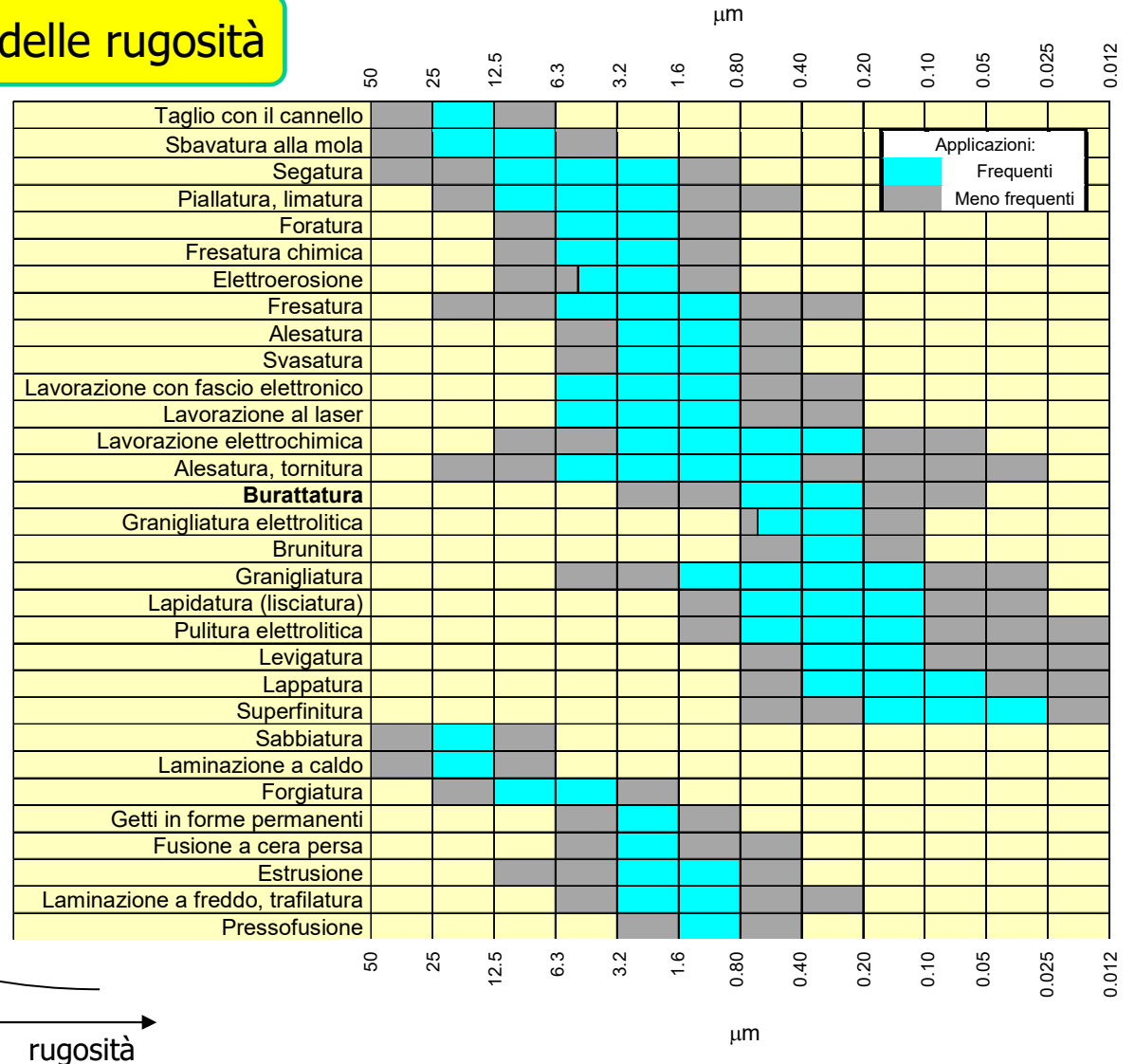
tipica

possibile



RUGOSITA' MEDIA DEI VARI METODI DI FINITURA

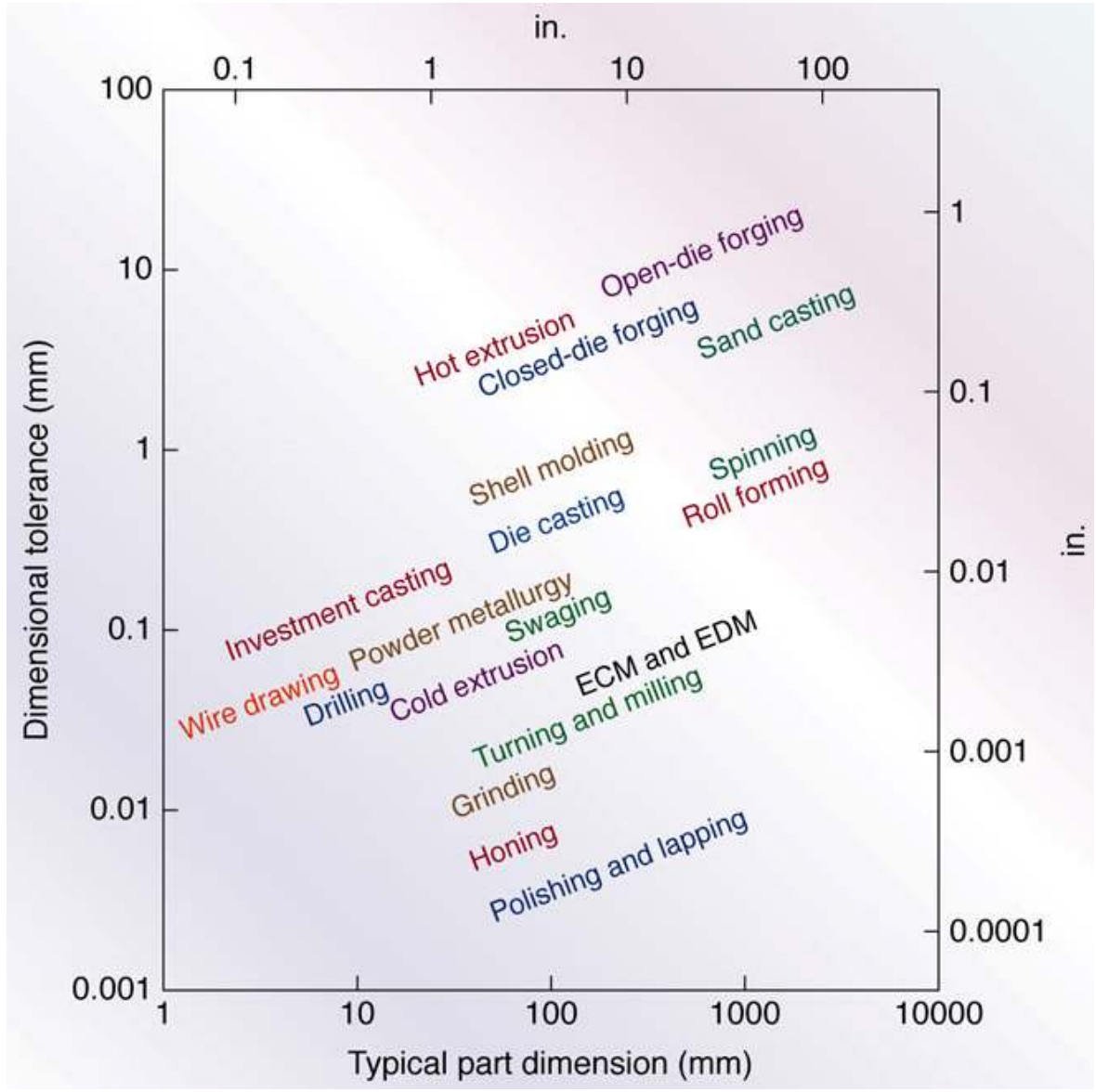
Scelta della tecnologia in funzione delle rugosità



Costo della rugosità

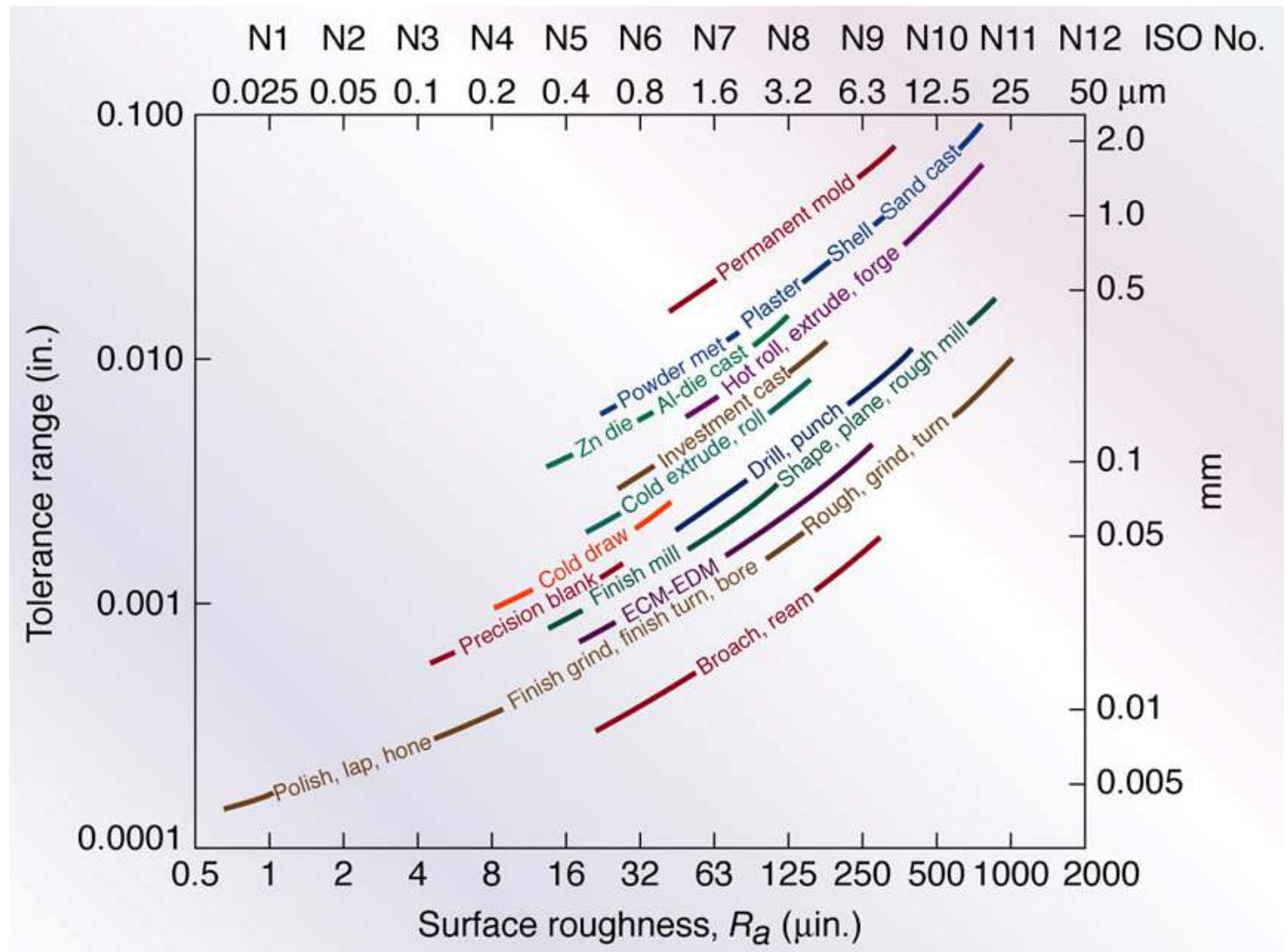


Tolleranze e dimensioni





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

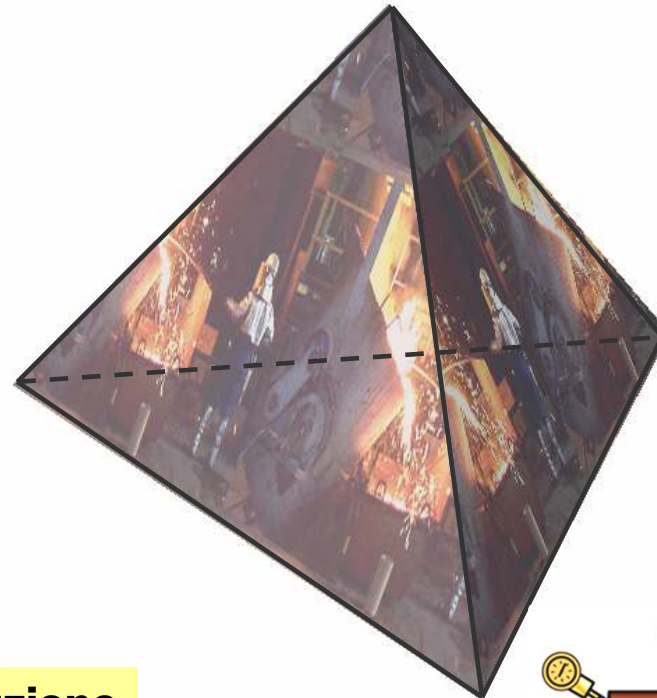
- costi
- tempi
- flessibilità
- qualità

tetraedro della produzione

costi



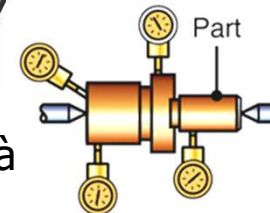
tempi



flessibilità



qualità





equazioni tecnologiche
equazioni economiche

- processi
- macchine
- parametri
- materiali

modelli

tecnoeconomici

variabili decisionali



tempi

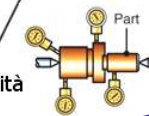
costi



flessibilità



qualità

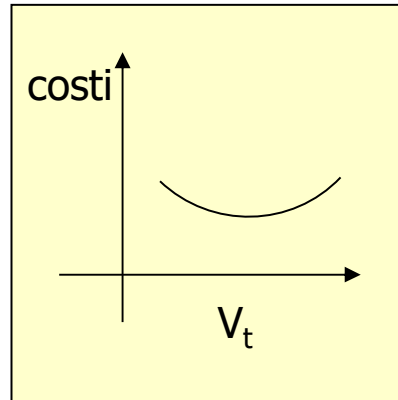


attributi decisionali



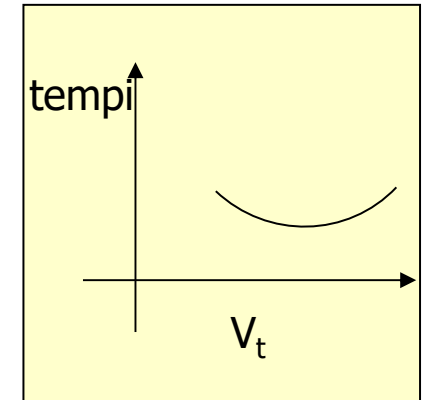
costi

attrezzature
materiali
manodopera
manutenzione
infrastrutture
capitali



tempi

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



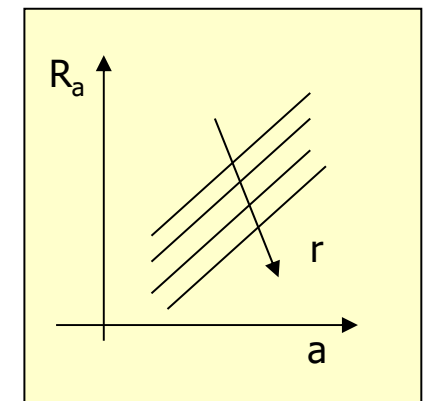
flessibilità

macchine
processi
prodotti
quantità
espandibilità
ordinativi

$PPC = \text{penale} * \text{probabilità}$
(PPC = penale per il cambio)

qualità

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





Progetto del corso

TEORIA

ESERCITAZIONI

Introduzione le tecnologie produttive

1) metrologia dimensionale e
superficiale

Materiali struttura e comportamento
prove dei materiali

2) struttura dei materiali
3) prova di durezza

Fonderia studio del processo
tecniche di fonderia

4) progetto di un grezzo

Taglio dei metalli meccanismi di taglio,
utensili ed usura degli utensili,
lavorazioni, macchine, materiali

5) visita in officina
lavorazione di semplici
oggetti
6) progettazione di un ciclo di
lavorazione



Testi

S. Kalpakjian, S.R. Schmid, ***Manufacturing Processes and Technology***, Prentice Hall
Tecnologia meccanica (ed.italiana), Pearson Prentice Hall

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

F. Gabrielli, R. Ippolito, F. Micari, ***Analisi e tecnologia delle lavorazioni meccaniche***, McGraw Hill

Lucidi delle lezioni, disponibili sul sito WEB



Produrre un manufatto non è difficile

Difficile è produrre un manufatto

- *di alta qualità*
- *a basso costo*
- *in tempi brevi*