



UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

—
Facoltà di Ingegneria

**L'Additive Manufacturing per componenti in metallo:
prospettive, nuove opportunità e limitazioni nell'impiego
industriale**

20 giugno 2019- www.univpm.it

Stefano Spigarelli – Eleonora Santecchia



Come si costruisce un oggetto tridimensionale?

Tecnologie SOTTRATTIVE

Fresatura

Tornitura

Foratura

Taglio

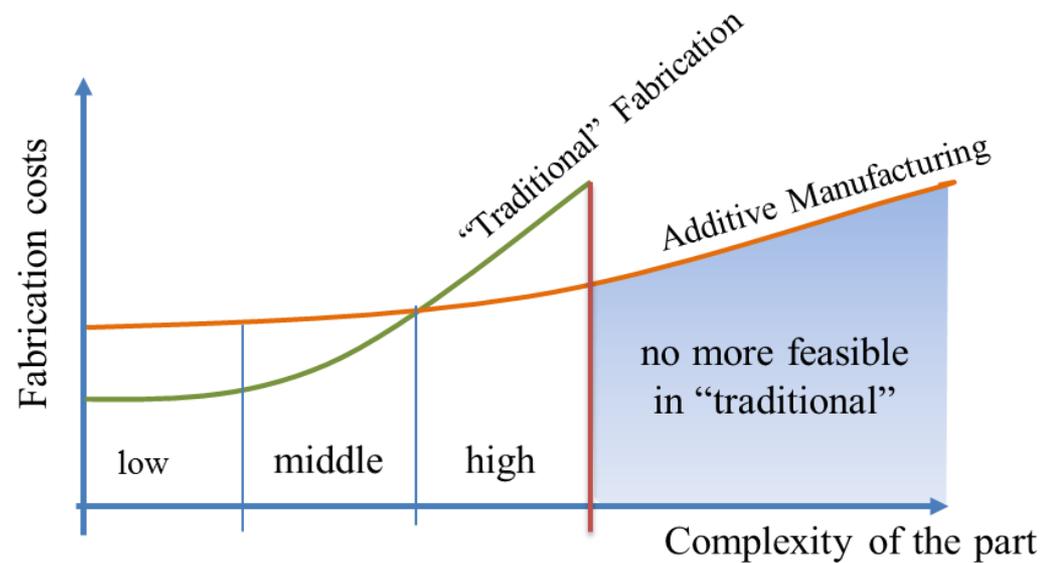
...

Tecnologie ADDITIVE

“Processo di giunzione di materiale per costruire un oggetto 3D partendo dal modello CAD, generalmente strato su strato, in opposizione alle tradizionali tecnologie di manifattura sottrattiva”

Nuovo concetto costruttivo: **METTERE IL MATERIALE SOLTANTO DOVE SERVE!**

Libertà di progettazione e complessità senza sovrapprezzo!
Pay by weight



Produzione di oggetti in un singolo processo

Ecosostenibile / Environmentally Friendly

Elevata riciclabilità delle materie prime

Redesign di componenti più leggero che risulta in minori emissioni per applicazioni automotive e aerospaziale

Produzione su richiesta

From just-in-time logistics to «just-in-place manufacturing»

Solo magazzino materie prime

Elevato grado di personalizzazione

Particolarmente adatta per applicazioni biomediche, aerospaziali, automobilistiche



Riduzione del tempo dall'idea al prodotto

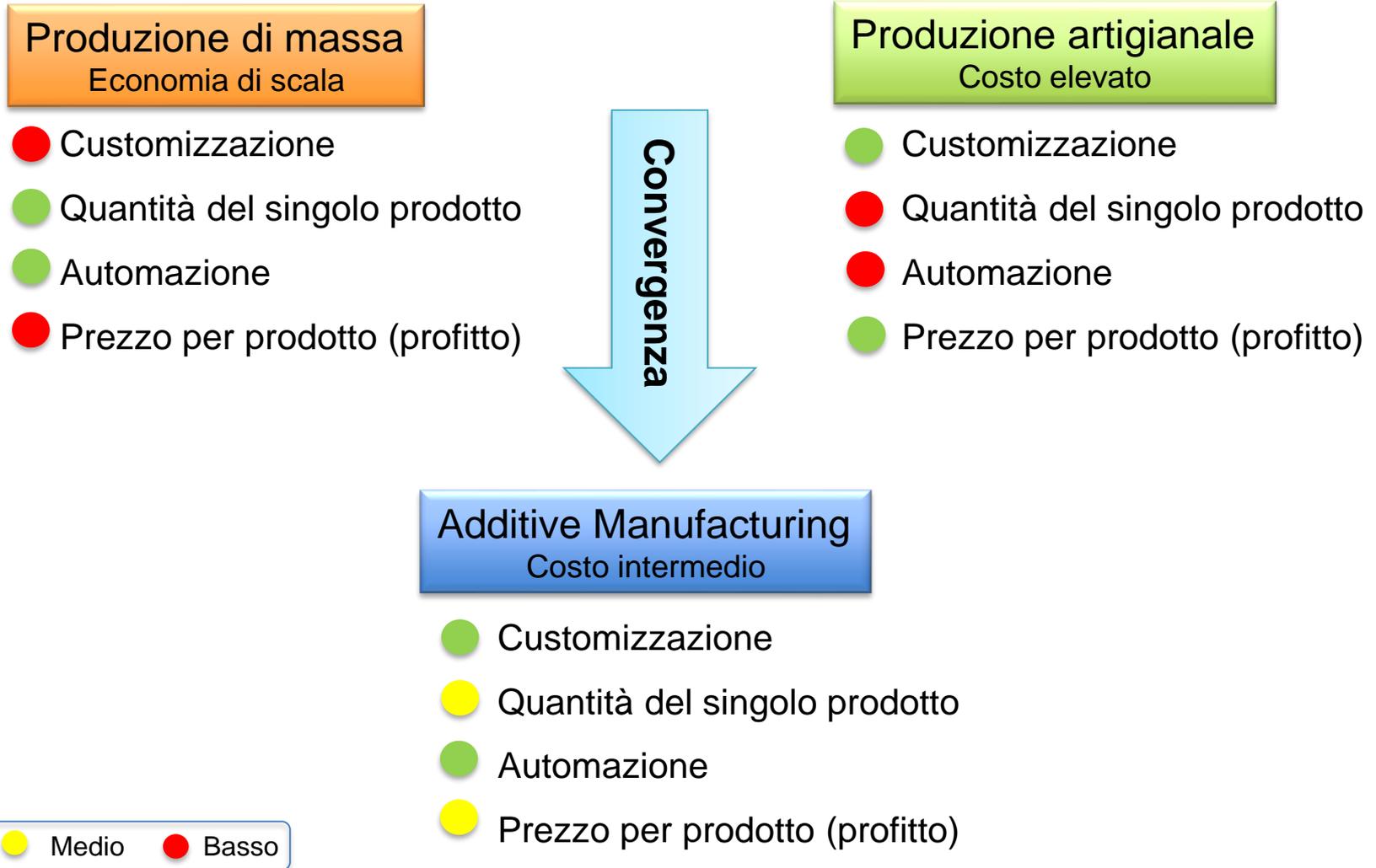
Passaggio da idea a prodotto senza dover necessariamente passare per lavorazioni intermedie

Produzione di piccole tirature di pezzi

- Prototipi
- Pre-serie
- Pezzi on-demand anche da impiegare in ulteriori lavorazioni
- De-localizzazione della produzione (più vicina al cliente)
- Ricambi



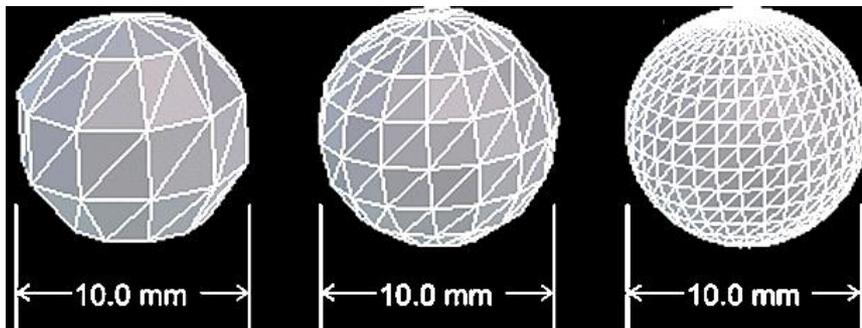
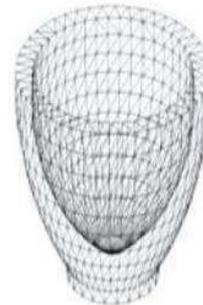
Tecnologia utilizzabile in una o più fasi di vita del prodotto!



1. Il prototipo è disegnato al CAD



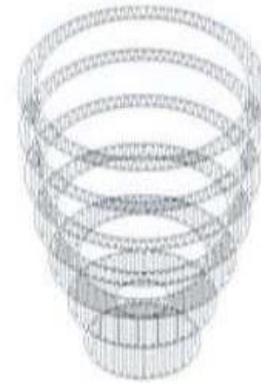
2. Il modello STL è elaborato dalla macchina per definire l'orientamento del pezzo, la direzione di accrescimento, i supporti.



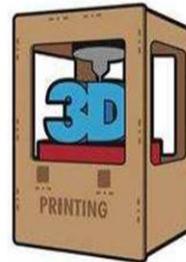
3. Il modello virtuale è sottoposto allo *slicing*.

Determinazione di:

- precisione dimensionale (spessore strati)
- Parametri di processo
- tempi e costi di produzione



4. Quando tutte queste operazioni sono state definite, la macchina può partire con la generazione del pezzo.



5. Eventuale post-trattamento per migliorare caratteristiche meccaniche ed estetiche



DATA IS DRIVING INDUSTRY 4.0

3D Printing is Data Driven Manufacturing – It's Made For Industry 4.0





ASTM Committee F42 on Additive Manufacturing Technologies

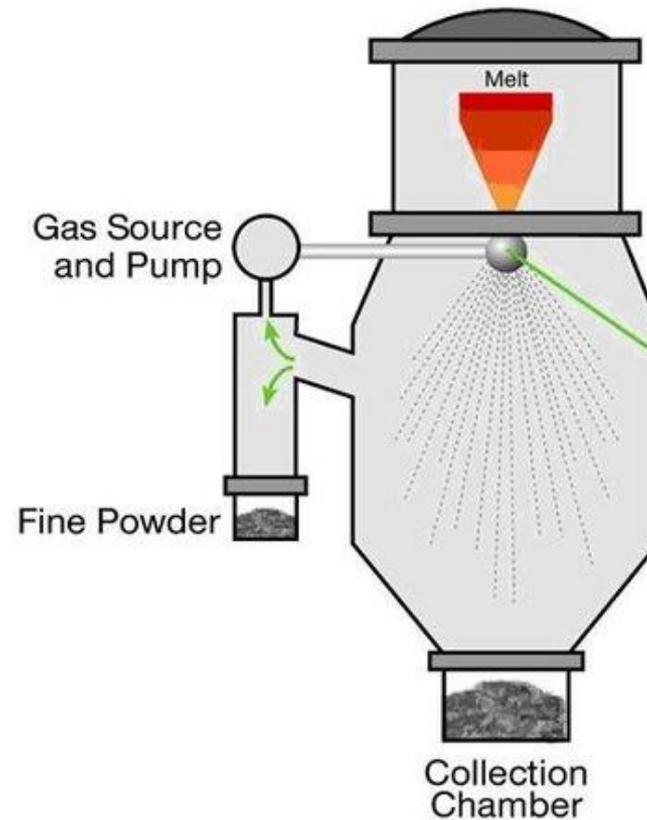
ASTM Categories	Main technologies	Material	Process
Binder Jetting	Binder Jetting (BJ)	Sand-Metal-Plastic	Joined with bonding agent
Powder Bed Fusion	Direct Metal Laser Sintering (DMLS)	Metal	Fused with laser
	Selective Laser Melting (SLM)	Metal	Fused with laser
	Electron Beam Melting (EBM)	Metal	Fused with electron beam
Direct Energy Deposition	Laser Metal Deposition (LMD)	Metal	Fused with laser
	Laser Engineering Net Shape (LENS)	Metal	Fused with laser
	Electron Beam Additive Manuf. (EBAM)	Metal	Fused with electron beam

<https://www.astm.org/COMMITTEE/F42.htm>

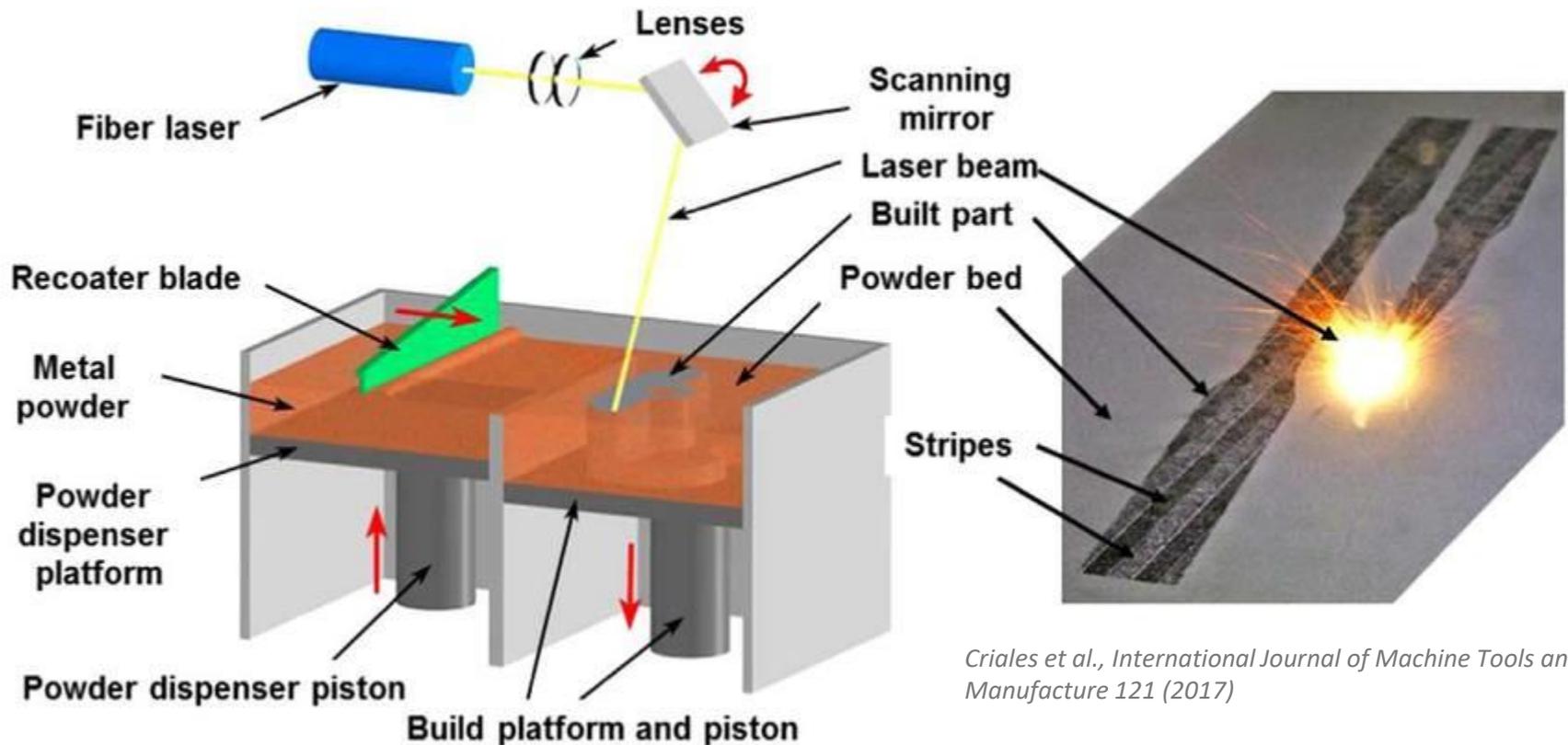
Il processo usa polveri metalliche ottenute per atomizzazione (gas / plasma / PREP...)



- Granulometrie tipiche diverse a seconda del processo
- Particelle sferiche
- Composizione chimica omogenea



L'energia termica derivante da fascio **laser** o di **elettroni fonde selettivamente** regioni di un **letto di polvere**, strato su strato, seguendo un modello CAD



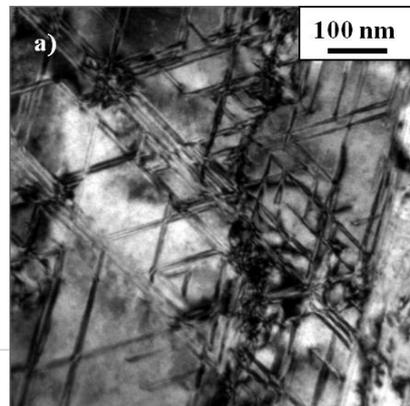
*Criales et al., International Journal of Machine Tools and
Manufacture 121 (2017)*

Velocità di raffreddamento molto elevate 10^3 - 10^5 °C/s

- Formazione di complesse fasi metalliche nuove, in alcuni casi mai osservate prima
- Microstruttura tipicamente fine
- Modificazione delle proprietà meccaniche

Lega Co-Cr-Mo-W

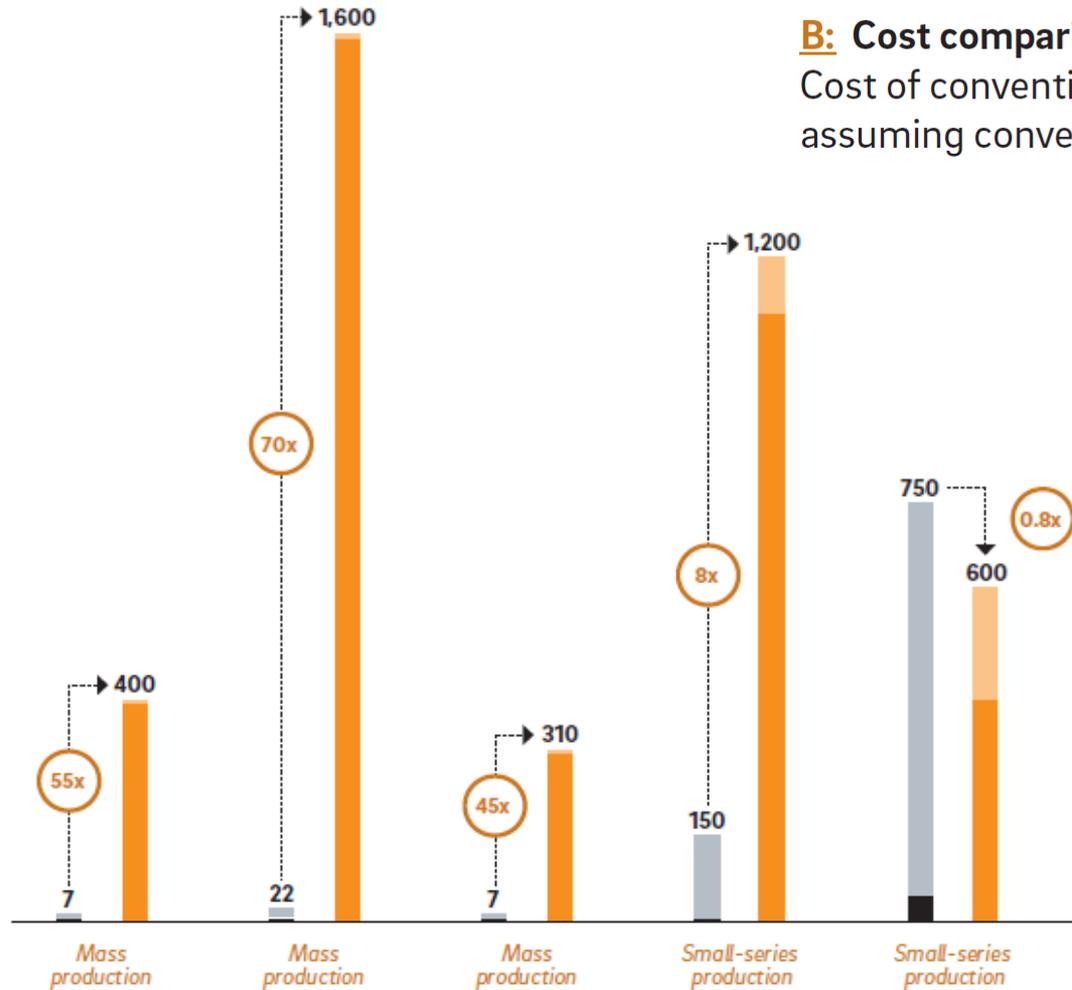
	Tecniche tradizionali	AM
Carico di rottura (MPa)	700 - 800	1340
Allungamento a rottura (ε_b %)	8 - 11	13
Durezza (HRA)	25 - 35	73



G. Barucca, E. Santecchia et al., *Materials Science and Engineering C*, 48, 263–269 (2015)

B: Cost comparison

Cost of conventional manufacturing vs. PBF-L, approximation assuming conventional geometries (EUR, schematic)



NOTE:

Suitable alternative additive manufacturing material chosen where necessary

- Conventional process: material
- Conventional process: process
- AM: post processing
- AM: material and process



Common rail
m = 1.1 kg
v = 140 cm³
1.4307



Brake caliper
m = 3.1 kg
v = 1150 cm³
3.3211



Sun gear
m = 0.9 kg
v = 110 cm³
1.7223



Fan impeller
m = 2.9 kg
v = 370 cm³
1.4832

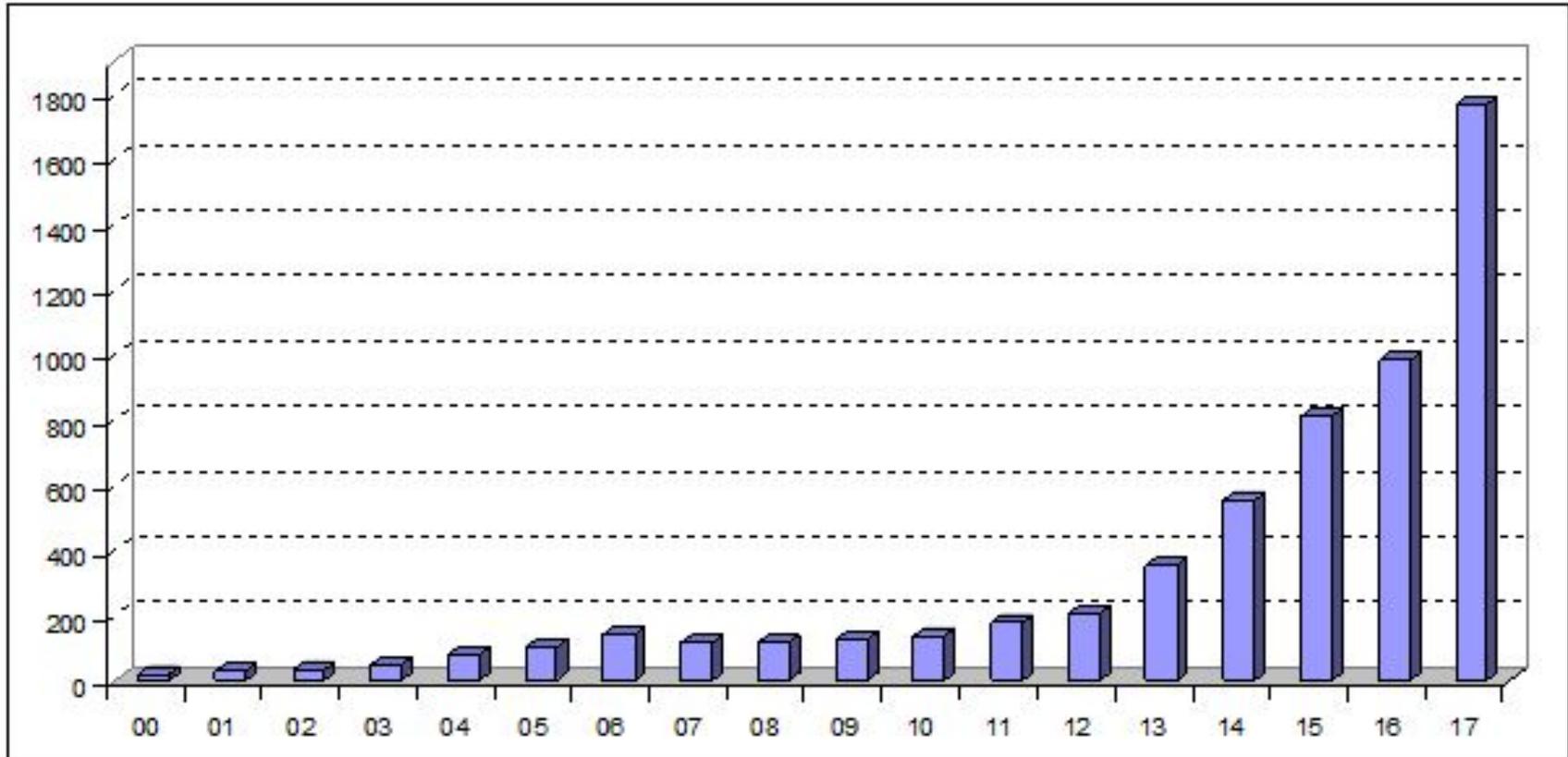


Turbine blade
m = 0.8 kg
v = 90 cm³
MAR-M-509

Source: Roland Berger



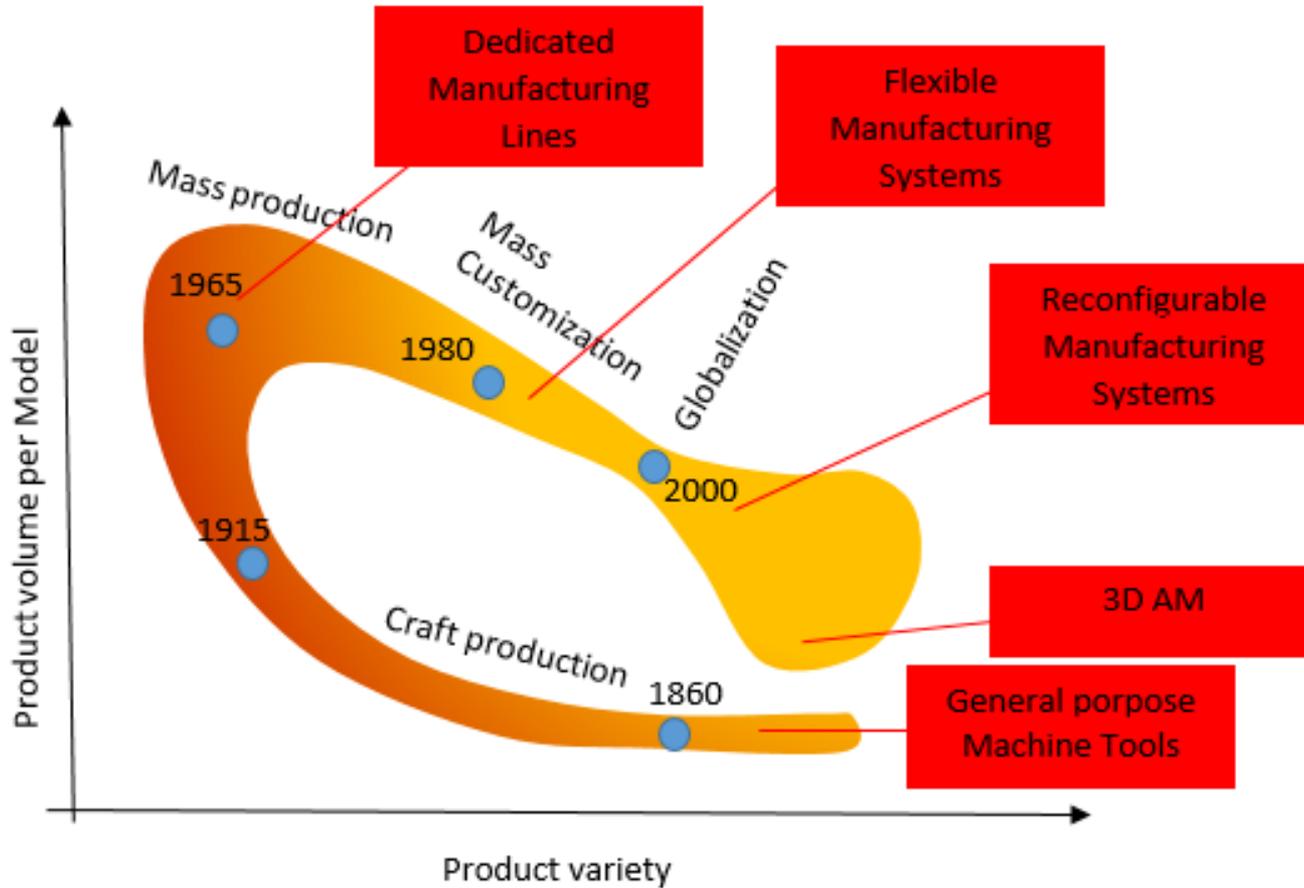
- Elevata rugosità superficiale
- Porosità
- Stress residui
- Microstruttura
- Limiti geometrici
- Range limitato di materiali



Dramatic rise in metal AM system sales

Source: Wohlers Report 2018

“An estimated 1,768 metal AM systems were sold in 2017, compared to 983 systems in 2016, an increase of nearly 80%”



UNIVPM: Laboratorio AM-metals

Laboratorio articolato in: Macchine additive metalli (2)
macchina sottrattiva a 5 assi

Sistemi di controllo qualità (forma, tomografia, ecc.)

Sistemi di movimentazione componenti (robot)

Sistemi di simulazione/ottimizzazione prodotti e per il Design for AM
(software)

Sistemi di sensori per efficienza energetica dei processi

Sistemi per tracciabilità di processo

