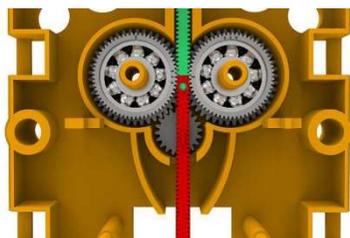
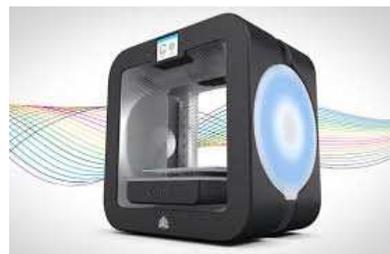
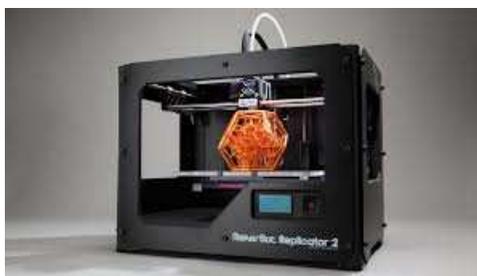
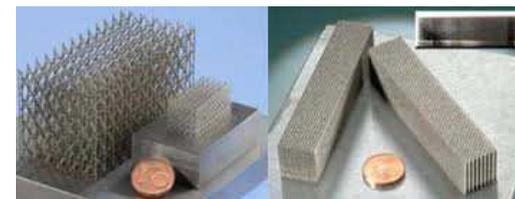


«Le opportunità industriali della Direct Digital Manufacturing; tecnologie e applicazioni, punti di forza e di debolezza, sfide future.»



Fabio Floreani
Consorzio Intellimech



Introduzione

Tecnologie

Applicazioni

SWOT e trend futuri

Conclusioni



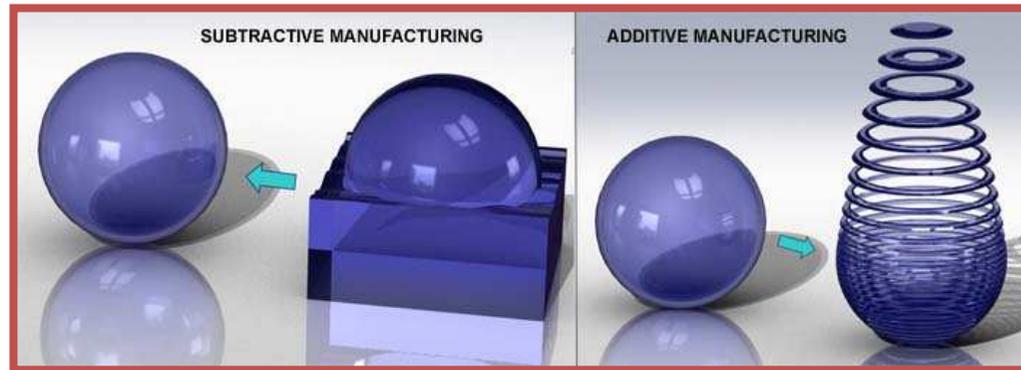
ASTM International (American Society for Testing and Materials) defines AM (Additive Manufacturing) as the

"process of joining materials to make objects from 3D model data, usually layer upon layer, as opposed to subtractive manufacturing methodologies, such as traditional machining."

Additive Manufacturing

Rapid prototyping

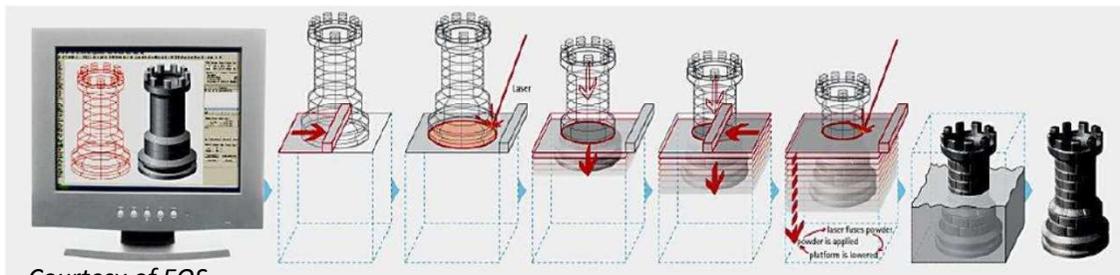
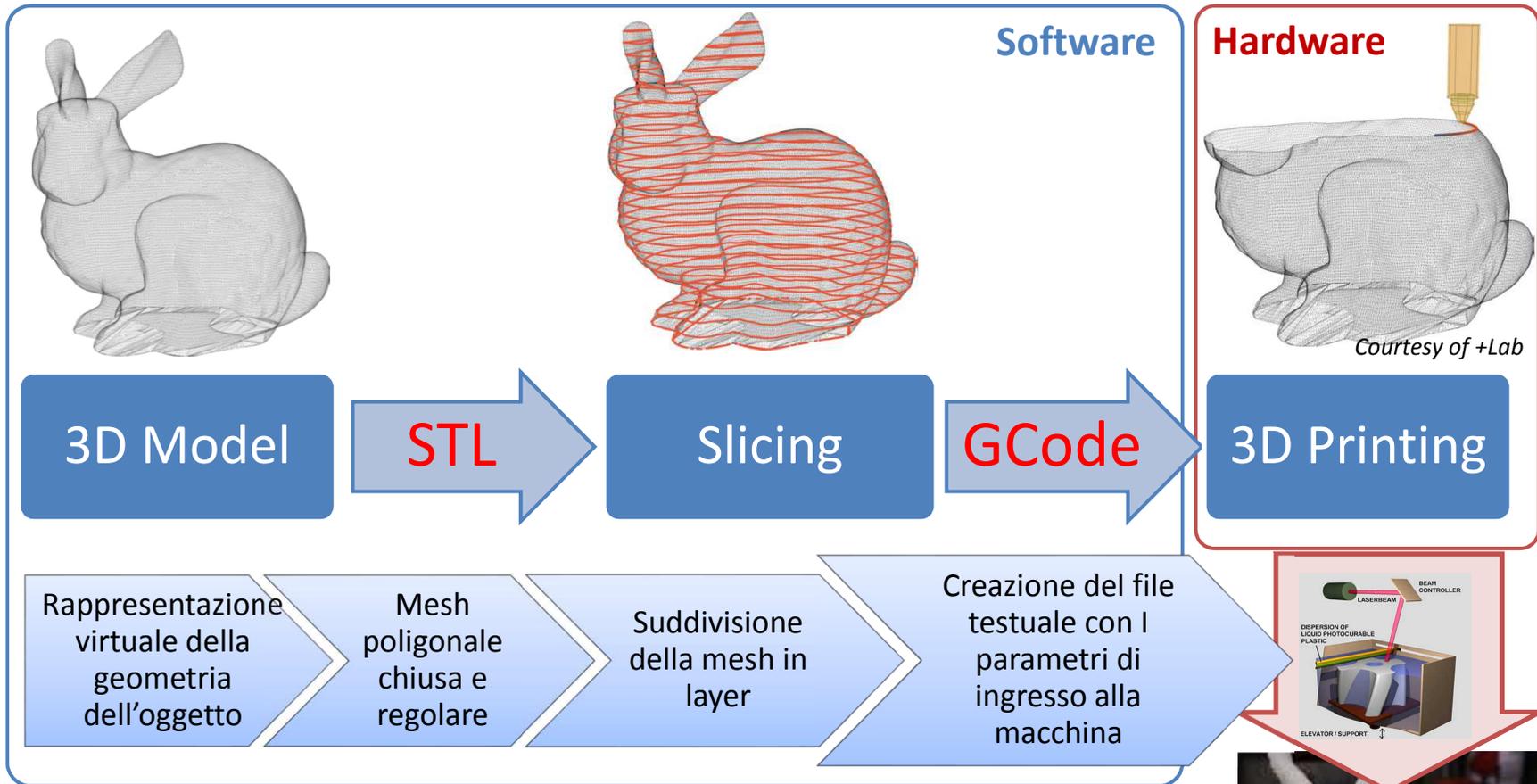
Direct Digital Manufacturing



3D printing

E-manufacturing

freeform fabrication



Introduzione

Tecnologie

Applicazioni

SWOT e trend futuri

Conclusioni

Light polymerization¹¹

Fotopolimerizzazione

In this process, liquid polymers are exposed to ultraviolet light, converting them into solids through a curing process. Layers in the object are solidified one cross-section at a time. The process is also referred to as photopolymerization.

Related AM technologies: *Digital light processing, stereolithography*

Extrusion deposition¹²

Estrusione

In this process, thermoplastic material is fed through a nozzle controlled by computer-aided manufacturing (CAM) software. The heated nozzle melts the material, which is then extruded to form layers. As the material solidifies after extrusion, the build platform moves down and additional layers are created. This process continues until the part is completed.

Related AM technologies: *Fused deposition modeling*

Granular materials binding¹³

Aggregazione di materiali granulari

In this process, particles of material are fused together using a laser or print head. Once a layer is formed, the platform is moved downward and another layer of particles is fused onto the first layer. This process is repeated until the object is formed. Unfused material is used to support the object being produced, thus reducing the need for support systems.

Laser-based approaches to granular materials binding include direct metal laser sintering, electron beam melting, and selective laser sintering. Plaster-based 3D printing, powder bed and inkjet head 3D printing, and selective heat sintering use a print head for the same purpose.

Related AM technologies: *Direct metal laser sintering, electron beam melting, selective laser sintering, plaster-based 3D printing, powder bed and inkjet head 3D printing, selective heat sintering*

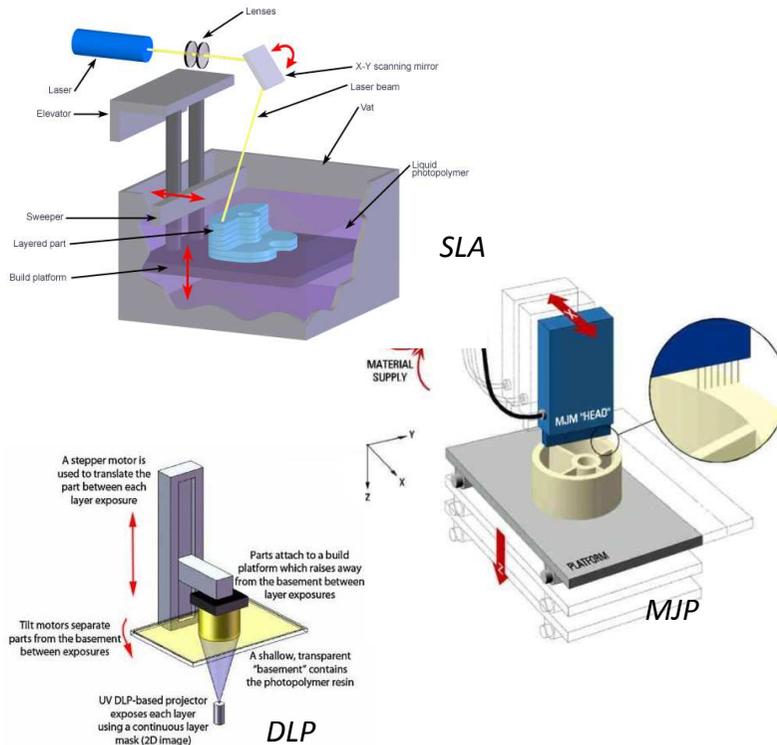
Sheet lamination¹⁴

Altro

In this process, thin sheets of material—plastic or metal—are bonded to one another in order to form an object. The sheet of laminated material is placed over previous layers and bonded using a heated roller. A laser or knife then cuts a border around the desired part and unneeded material is removed. This process is repeated until the part is completed.

Related AM technologies: *Laminated object manufacturing*

Graphic: Deloitte University Press | DUPress.com



Le tecniche di stampa attraverso fotopolimerizzazione prevedono l'**esposizione di strati di resine polimeriche liquide a luce ultravioletta** opportunamente trattata in maniera da incidere il liquido solo in zone utili alla realizzazione dei vari *slices* estratti dal modello 3D dell'oggetto.

La luce UV induce il processo di polimerizzazione, quindi solidificazione del materiale liquido.

L'oggetto viene accresciuto strato per strato fino al completamento della geometria.

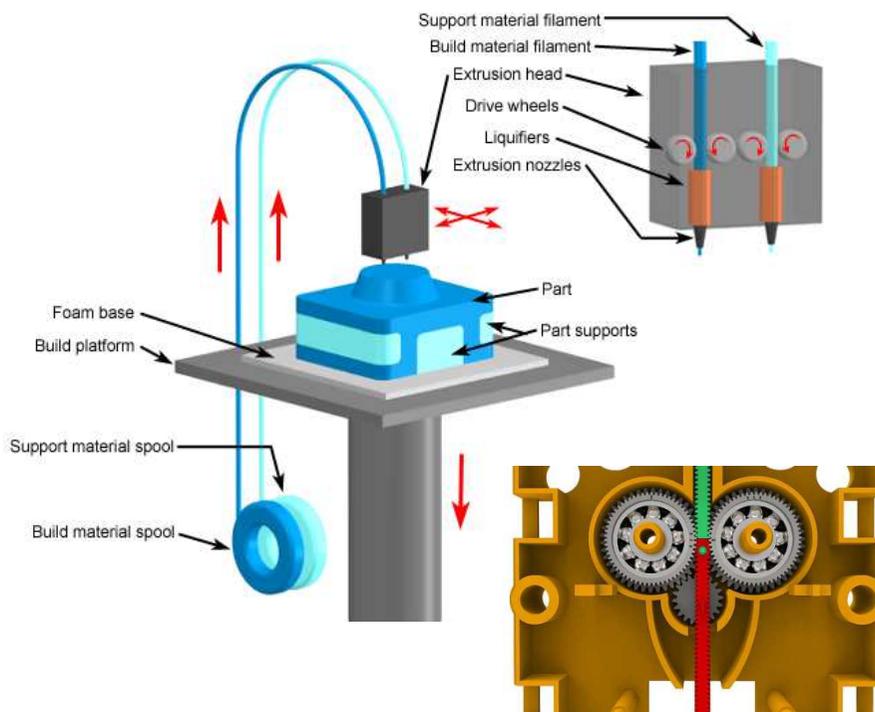
Polimerizzazione: reazione chimica che porta alla formazione di una catena polimerica, ovvero di una molecola costituita da monomeri che si ripetono in sequenza.

SLA/STL (Stereolithography)

MJP (Multi Jet Plastic)/MJM (Multi Jet Modeling)

DLP (Digital Light Processing)/SS (Sliding Separation)

FTI (Film Transfer Imaging)



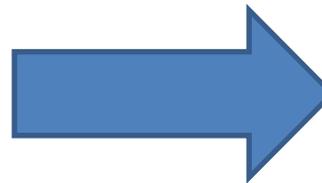
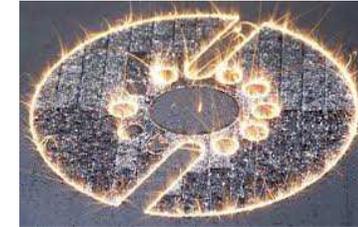
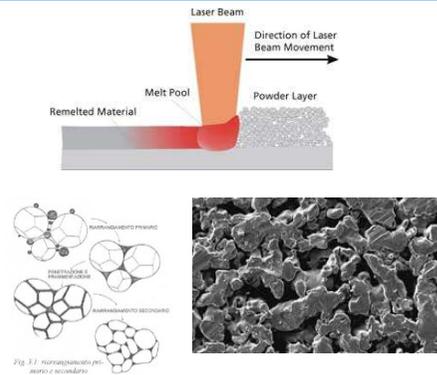
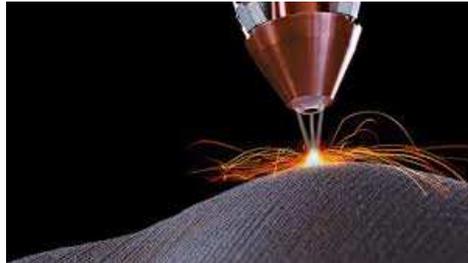
FDM (Fused Deposition Modeling)

Le tecniche di stampa attraverso estrusione prevedono la **deposizione del materiale di stampa attraverso l'ugello di un estrusore** che viene mosso nello spazio in modo da ricreare la forma desiderata.

L'estrusore compie un'azione di compressione del materiale di stampa che quindi viene deposto con le dimensioni imposte dal foro dell'ugello.

Nei casi in cui il materiale di stampa si presenta in stato solido l'estrusore provvede a renderlo estrudibile attraverso l'azione riscaldante delle resistenze elettriche poste sulle sue pareti.

SDM (Stick Deposition Moulding)



Il materiale di partenza (polimeri, metalli, sabbia, gesso) si presenta **sotto forma di polveri** o granuli

DMLS (Direct Metal Laser Sintering)

CJP (Color Jet Printing)/**CPP** (Color Plastic Printing)

SLM (Selective Laser Melting)/**DLM** (Direct Laser Melting)

L'aggregazione selettiva avviene attraverso un collante o trattamenti **termici** (sinterizzazione o fusione)

SHS (Selective Heat Sintering)

SLS (Selective Laser Sintering)/**LSS** (Laser Sintering System)

LMD (Laser Metal Deposition)

Introduzione

Tecnologie

Applicazioni

SWOT e trend futuri

Conclusioni

- Realizzazione di componenti prototipali utilizzabili in vettura, con tempi e costi inferiori rispetto alle tecniche realizzative tradizionali.
- Produzione di stampi per la realizzazione di prototipi.
- Sperimentazione di forme e strutture non realizzabili con altre tecniche.



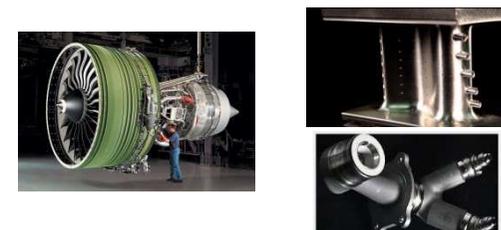
Rapid prototyping



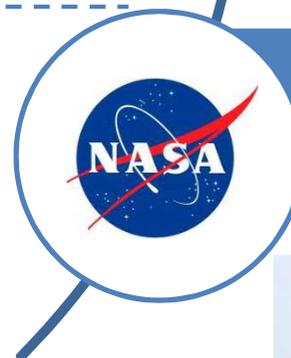
- Produzione diretta di piccole/mini serie
- Manutenzione/riparazione e service



Direct Digital Manufacturing (DDM)



- Stampa in assenza di gravità (produzione ricambi nello spazio annullando scorte e trasporti).
- Produzione di componenti per razzi e veicoli da impiegare in missioni spaziali.
- Produzione di cibo nello spazio.

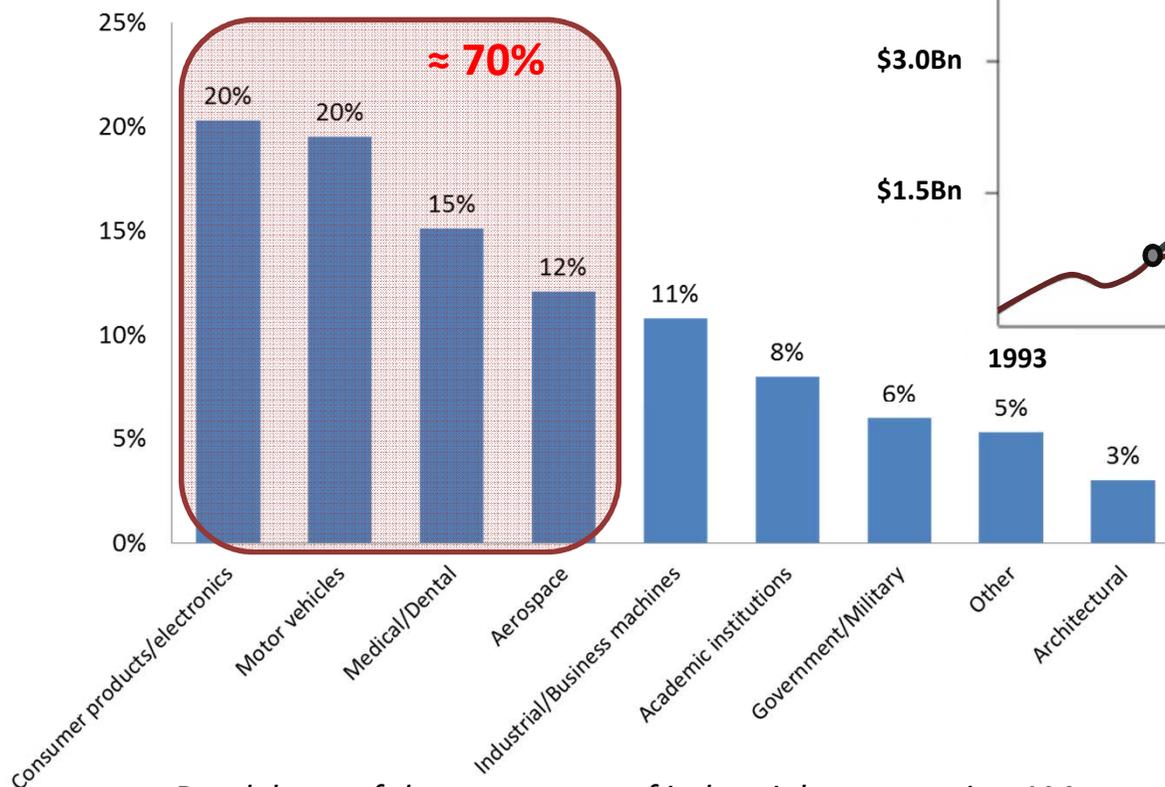


Other special applications

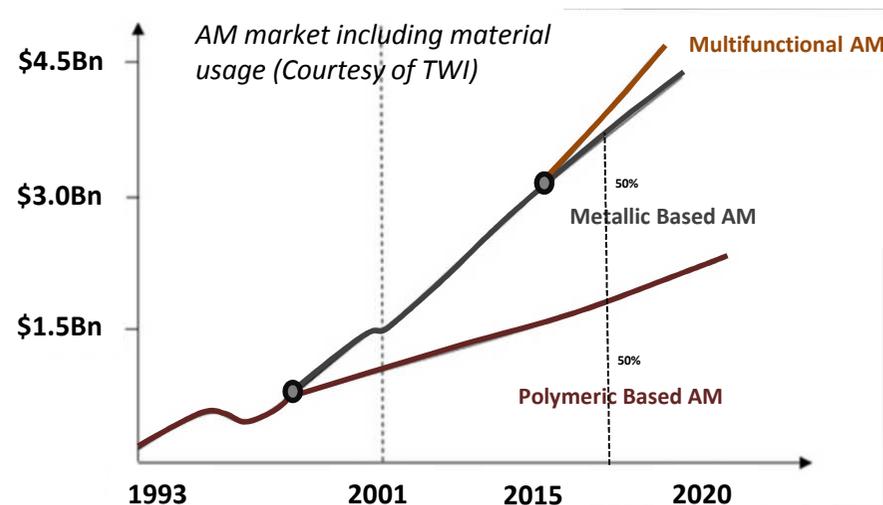


Si prevede una forte crescita nel medio-lungo termine. Il **mercato dell'AM** era stimato a **1,7 miliardi di dollari nel 2011** con una stima di vendita di prodotti/ servizi che raggiungerà i **3,7 miliardi di dollari entro il 2015**. Il **mercato attuale** per la fabbricazione digitale diretta (**DDM**) è stimato attorno ai **\$ 1,1 miliardi**.

Additive Manufacturing



Breakdown of the percentage of industrial sectors using AM
(Adapted from Wohlers, 2012).



Odontotecnico/Medico (applicazioni)

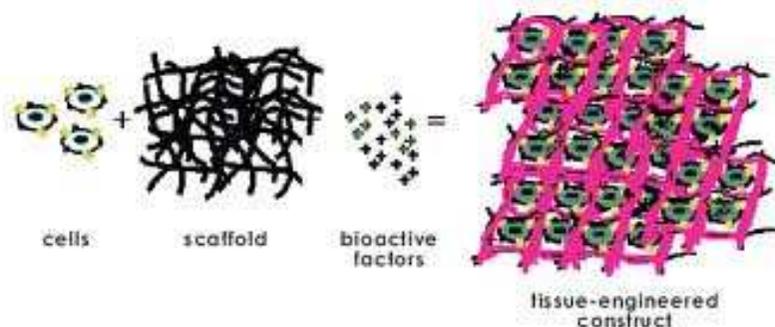
Additive Manufacturing



**Impianti ortopedici
(protesi)**



Apparecchi acustici



**Strutture di supporto per l'ingegneria
biomedica**

Mass customisation is key in the medical industry. As with EOS dental copings and bridges solutions, where individualised parts can already be economically built, other applications will follow (Lenz, 2013)



**Odontotecnica: ponti e corone
Guide chirurgiche (dentali)**

Odontotecnico/Medico (Esempi & Produttori)

Additive Manufacturing



EOS - EOSINT M270

Direct Metal Laser Sintering (DMLS)



Protesi dentale
Accuratezza di +/- 20 micron,
3 minuti per unità (corone e
ponti)

ARKAM - ARKAM Q10

Electron Beam Melting process
Accuracy of +/- 130 microns

Protesi
Maxillo-
Facciale



Protesi
ginocchio

Aerospaziale (applicazioni)



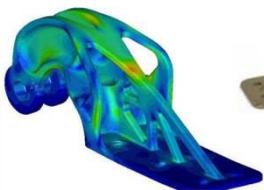
Boeing 777 (progetto della Loughborough University)

Produzione di particolari di tenuta delle cabine.



Prototipo di uno statore (Morris technology)

Prototipazione rapida di particolari in metallo (principale applicazione).



Cerniere per copertura nacelle, motore per A380 (EADS)

In fase di valutazione la produzione di alcuni particolari ottimizzati (es. leggeri).

“AM perfectly matches the challenges of lightweighting in the aerospace industry. The industry already invests heavily to qualify AM for production purposes. Even though this will still take a lot of time and effort, the impact will be huge”. (Lenz, 2013)



Segmenti di tenuta delle turbine (Rolls-Royce)



Riparazione di particolari delle turbine con tecnologia LMD



Ugello di un iniettore (GE)

Piccole serie di componenti per aero engines: iniettori, camere di combustione, spray bar.

Aerospaziale (Esempi & Produttori)

Additive Manufacturing



EOS – EOSINT M 270

Tecnologia DMLS

EOS In718



Progettazione e produzione di Fuel Injection Swirlers con drastica riduzione delle tempistiche (Morris Technology).



Camere di combustione per turbine a gas (Morris Technology).



Piccoli lotti per produzione sostegno luce di emergenza per Boeing 777 (materiali M270 & inox 17 4)

Automotive (applicazioni)



Particolari da stampa additiva (BMW)

*“Individuality or mass customisation are important trends driving change so increased **product diversity** is important for the future and **for meeting individual customer requirements**. AM has great potential for freedom of design that can cope with these challenges”. (Wall, 2013)*

Prototipazione rapida di componenti (design, controllo di qualità, modelli concettuali & estetici).



Alloggiamento per i filtri del monossido di carbonio (JGR)

Case dei sensori di temperatura, base degli specchi delle portiere (MINI-Cooper)



Produzione di componenti e parti finali di veicoli (speciali).



Tool di supporto per l'assemblaggio (BMW)

Attrezzi e tool per la produzione.

Automotive (Esempi & Produttori)

Additive Manufacturing



STRATASYS – FORTUS 900 mc
Tecnologia FDM



Gli alloggiamenti dei filtri della JGR sono realizzati in policarbonato (PC) con proprietà termiche maggiori rispetto al precedente materiale utilizzato.



La MINI JOHN COOPER WORKS WRC monta 15 componenti fabbricati con tecnologia FDM

Consumer (applicazioni)



*Vestito in Nylon
concepito da
Michael Schmidt e
disegnato da
Shapeways*

**Moda & Fashion; tipicamente
allestimenti di vetrine.**



*Lampada
MGX di
materialize*

**Design & «life style» :
produzione di oggettistica**



*Inkjet printed OLED
display by Cambridge
Display
Technology.*

**Elettronica: stampa di
componenti passivi.**

*Scarpe Nike
Vapor Laser
Talon*



**Sport: prototipi e produzione
di calzature sportive**

*“The market niche (home and school) is foreseen as a huge market when **small systems at affordable price for individuals** can bring useful and usable parts to play, to eat, to repair, to substitute.....” (Anguera, 2013)*

Consumer (Esempi & Produttori)

Additive Manufacturing



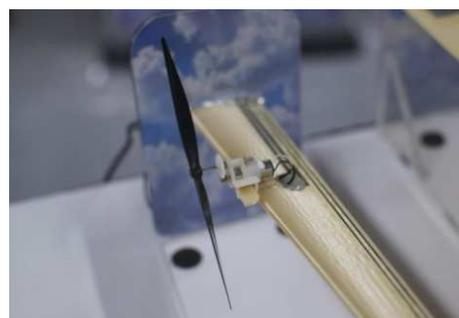
STRATASYS – OBJECT500 Connex
Tecnologia MJP



Esempio di vestito
prodotto con
tecnologia MJP.



STRATASYS – FORTUS 900 mc
Tecnologia FDM



Unmanned Aerial Vehicle
(UAV) prodotto con
tecnologia di stampa
FDM.

Altri esempi

Additive Manufacturing



EOS – FORMIGA P100

Tecnologia SLS

Materiale PA 2200



Supporto specchio laser:

- Dispositivo di aggiustamento fascio laser in direzione Y e Z
- Sedi eccentriche per movimenti di centraggio (integrazione funzionale senza assemblaggi)
- Bordo di chiusura elastico con effetto guarnizione



Unità rotore per sistema di lavaggio farmaceutico:

- Progetto tradizionale comprende assemblaggio di 32 componenti
- Integrazione: solo tre parti (2x Laser-sinterizzate, 1x anello tenuta)

Altri esempi

Additive Manufacturing



EOS – EOSINT M 270
Tecnologia DMLS
EOS Aluminium AlSi10Mg



Design study di uno scambiatore di calore

- Massimizzazione dello scambio termico.
- Ottimizzazione degli spazi a disposizione

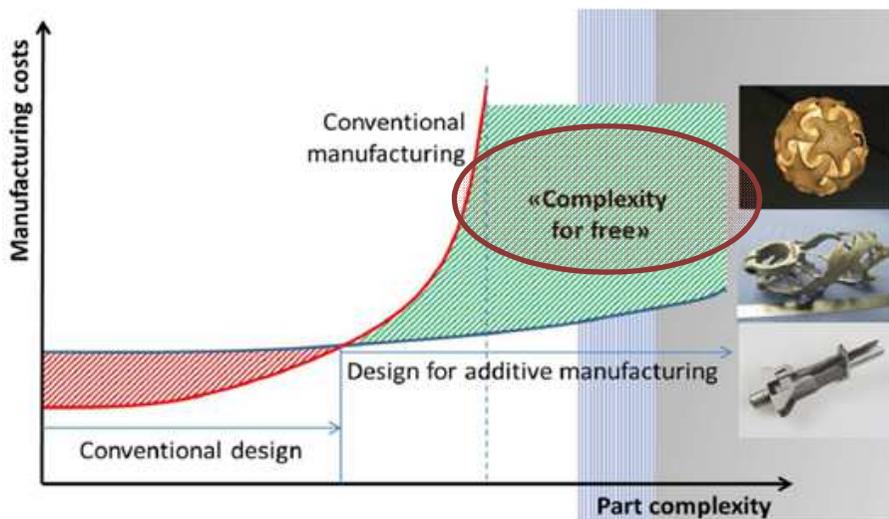
Introduzione

Tecnologie

Applicazioni

SWOT e trend futuri

Conclusioni

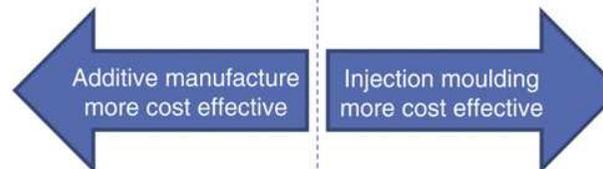
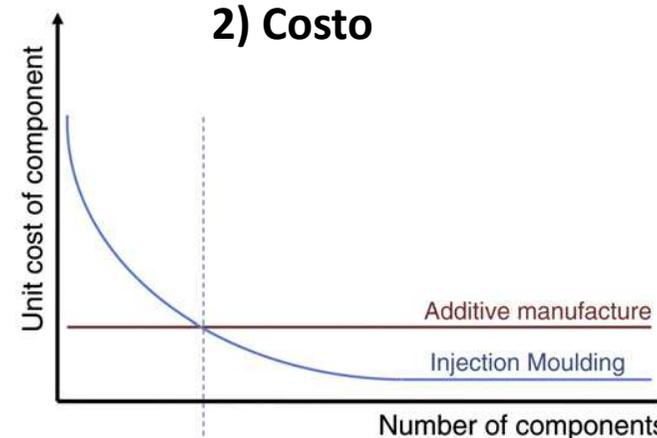


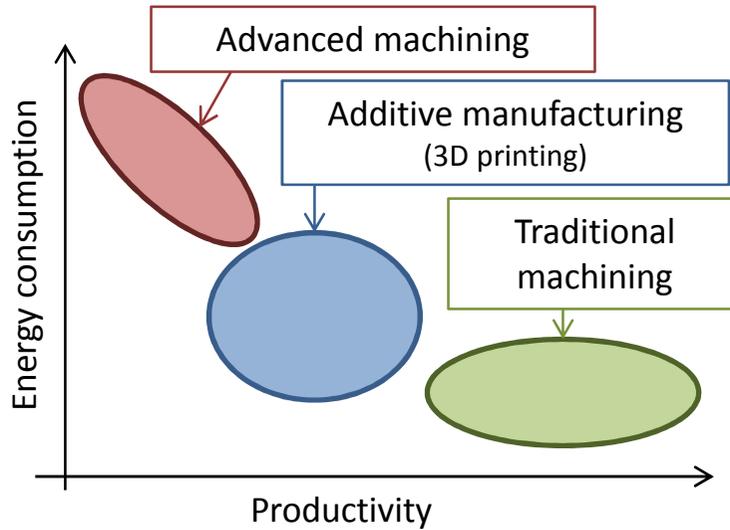
1) Complexity for free

3) Estrema customizzazione (valore aggiunto del prodotto).



2) Costo





4) Consumo energetico

5) Time-to-Market flessibile



6) Possibile riduzione del Lead-Time.



- Dove vi sono **piccoli volumi di produzione** con **geometrie complesse** o poco adatte alle tradizionali tecnologie manifatturiere.
- Dove è possibile risparmiare sul **numero di componenti da assemblare** e quindi sul relativo tempo di assemblaggio (possibilità di ragionare in termini di “design for functionality” e non in termini di “design for manufacture”)
- Dove si vuole **aumentare la complessità del pezzo (es. design for light-weighting)** da produrre senza penalizzazioni in termini di costo.
- Dove è necessario **ridurre il lead-time**.
- Dove è necessaria una spinta **personalizzazione del prodotto (“ design for customisation “)**.
- Dove i **materiali costituiscono un vincolo** nelle tradizionali tecnologie produttive.
- Dove **il lancio del prodotto può rappresentare un rischio**.
- Se si vogliono **minimizzare gli sprechi della materia prima**.

*“As a comparatively young technology, AM already today raises high expectations. Since **AM is NOT just another technology to replace conventional ones but requires a new thinking in entire business models**, progress is needed in various elements of such a chain. Ignoring that and **pushing AM too hard into traditional rules at this early stage may inflict damage on the technology and also ruin market reputation**”*
(Lenz, 2013)

Aspetti tecnici rilevanti:

- *Produttività (velocità...).*
- *Stabilità del processo (ripetibilità: materiali, macchina e operatore).*
- *Materiali (costo, qualità...).*
- *Qualità del processo e del prodotto.*
- *Dati di produzione (cataloghi per materiali & applicazioni)*
- *Costi.*

*“**AM today is understood by many parties (media, press, public and politics) as a low end 3D printing technology for smart “home printing” application rather than as a future production technology.** Although both ways will find their way in the future, trends, barriers and research priorities differ fundamentally. **Topics like standardization, intellectual property rights and liability must be considered completely different depending on what technology and applications you look at**”* (Lenz, 2013)

Aspetti generali rilevanti:

- *Educazione e formazione.*
- *Standard e certificazione.*
- *Ambiente (eff. Energetica & riciclo).*
- *Aspetti legali (responsabilità e PI)*

Piattaforma Europea sull'AM, strategic research agenda

Introduzione

Tecnologie

Applicazioni

SWOT e trend futuri

Conclusioni



Ceramici

*Livello di
maturità medio*

Metalli &
Polimeri (alta
qualità)



Polimeri
(bassa qualità)



Phase	TRLs	Description
Technology assessment and proving (PILLAR 1)	TRL 1,2	Process concept proposed. Applicability and validity of the concept is demonstrated.
	TRL 3	Proof of concept
	TRL 4	Process validated in laboratory using representative development equipment
	TRL 5	Basic capability demonstrated using production equipment
Pre-Production (PILLAR 2)	TRL 6	Process optimized for capability and rate using production equipment
	TRL 7	Capability and rate confirmed via economic run lengths on production parts
Production implementation (PILLAR 3)	TRL 8	Fully production capable process qualified on full range of parts over significant run lengths
	TRL 9	Fully production capable process qualified on full range of parts over extended period (all business case metrics achieved)

Piataforma Europea sull'AM, strategic research agenda

Phase	TRLs	Description
Technology assessment and proving (pillar 1)	TRL 1,2	Process concept proposed. Applicability and validity of the concept is demonstrated.
	TRL 3	Proof of concept
	TRL 4	Process validated in laboratory using representative development equipment
Pre-Production (pillar 2)	TRL 5	Basic capability demonstrated using production equipment
	TRL 6	Process optimized for capability and rate using production equipment
Production implementation (pillar 3)	TRL 7	Capability and rate confirmed via economic run lengths on production parts
	TRL 8	Fully production capable process qualified on full range of parts over significant run lengths
	TRL 9	Fully production capable process qualified on full range of parts over extended period (all business case metrics achieved)

Es. Settore Aerospaziale

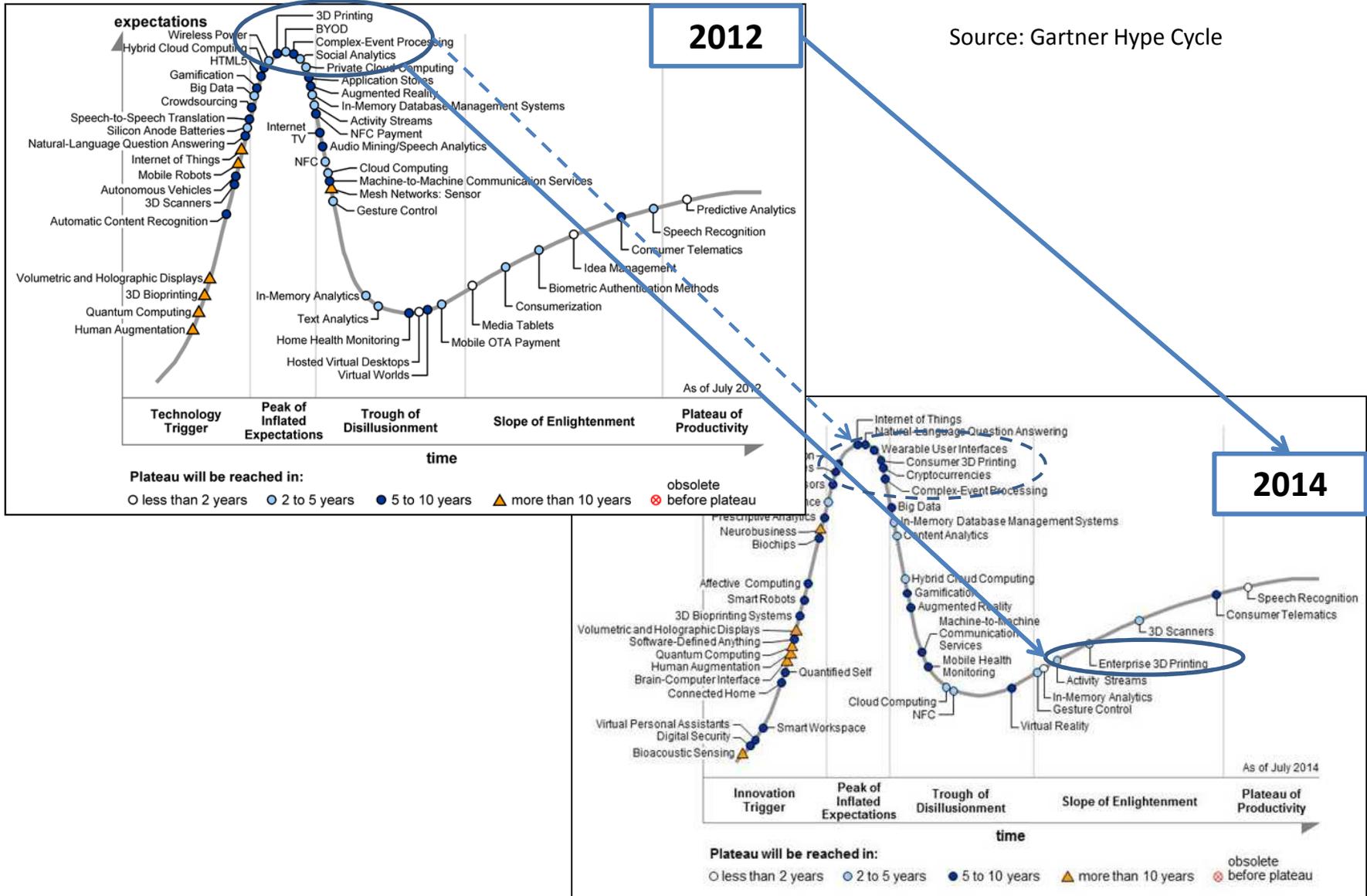
Livello di maturità medio

Produzione



Manutenzione e service





Grazie per l'attenzione!

Fabio Floreani
(fabio.floreani@intellimech.it)

