

NANO INNOVATION 2017

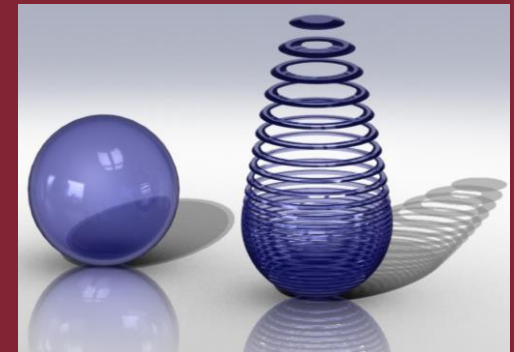
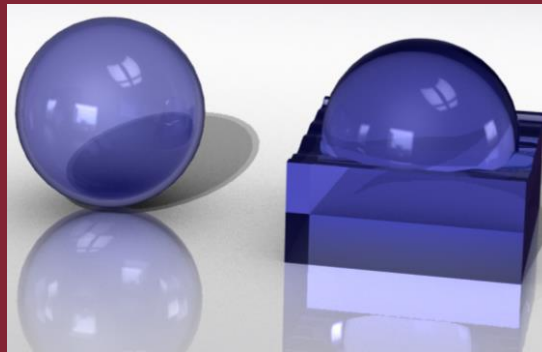
Smart Manufacturing (ALM) in Industry 4.0: where we stand?

Prospective application of ALM in recently established FAB LAB Sapienza

Prof. Paolo Gaudenzi, Direttore del Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



ADDITIVE MANUFACTURING

➤ Additive Manufacturing: più di una semplice tecnologia

- *L'Additive Manufacturing (AM) racchiude una serie di processi che consentono di realizzare oggetti tridimensionali a partire da un modello numerico 3D, depositando progressivamente materiale strato su strato.*

➤ Un nuovo paradigma produttivo

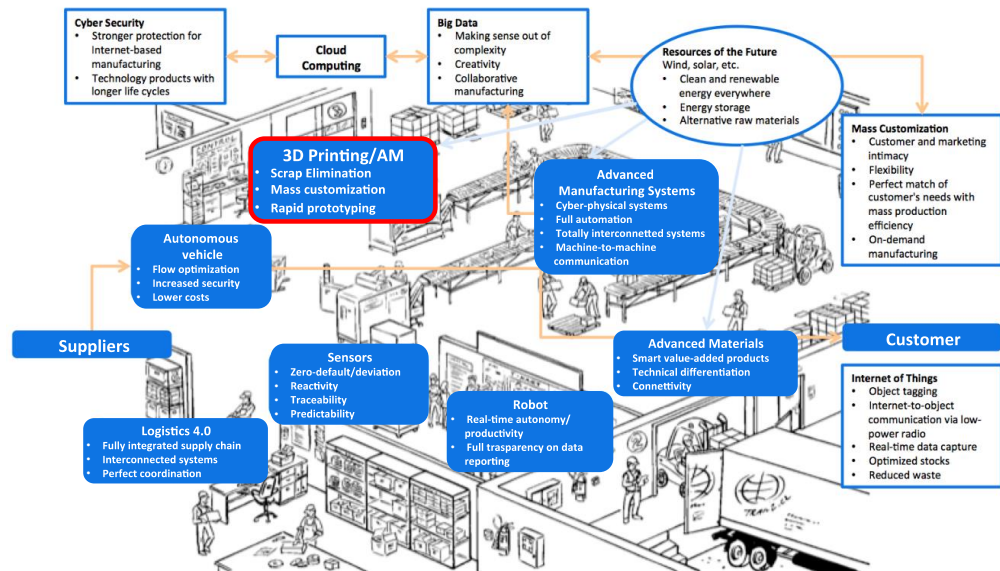
- *L'AM si pone come un ponte tra il digitale ed il reale, ridefinendo:*

- **Manifattura;**
- **Design;**
- **Logistica;**
- **Business model.**

- *L'AM apporta modifiche radicali nelle strutture sociali e aziendali;*
- *Centrale nelle strategie del digital manufacturing (Industry 4.0).*

➤ L'AM risulta conveniente rispetto ai processi produttivi convenzionali in presenza dei seguenti elementi:

- *Elevata complessità geometrica;*
- *Alto grado di personalizzazione richiesto;*
- *Lunghi tempi di sviluppo;*
- *Necessità di numerosi cambiamenti geometrici prima di raggiungere la configurazione definitiva.*



Industry 4.0 manufacturing nella general vision di Industry 4.0 [1].

ADDITIVE MANUFACTURING: vantaggi sulle tecnologie tradizionali

L'AM rispetto alle tecnologie convenzionali	Impatto sui produttori	Impatto sui fornitori
Realizzazione di geometrie complesse		
Prodotti che superano limitazioni di design e manifattura		
Personalizzazione rispetto ai requisiti del cliente		
Facilità e flessibilità di design		
Semplificazione del design/riduzione di componenti		
Riduzione del tempo di commercializzazione		
Minimizzazione degli scarti di lavorazione		
Riduzione del peso		
Produzione prossima/al punto di impiego		
Produzione su richiesta		

Impatto potenziale	Molto alto	Alto	Medio	Basso

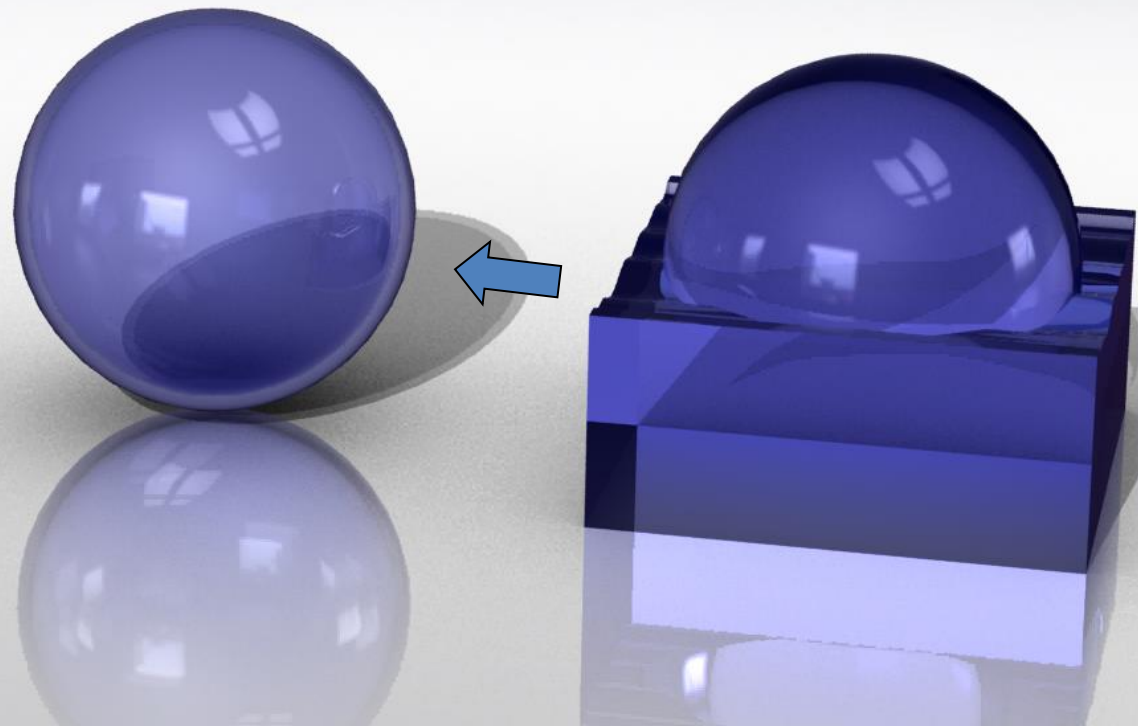
Subtractive Manufacturing

You want to make a sphere...

The really old way: Take a block of material and carve it out

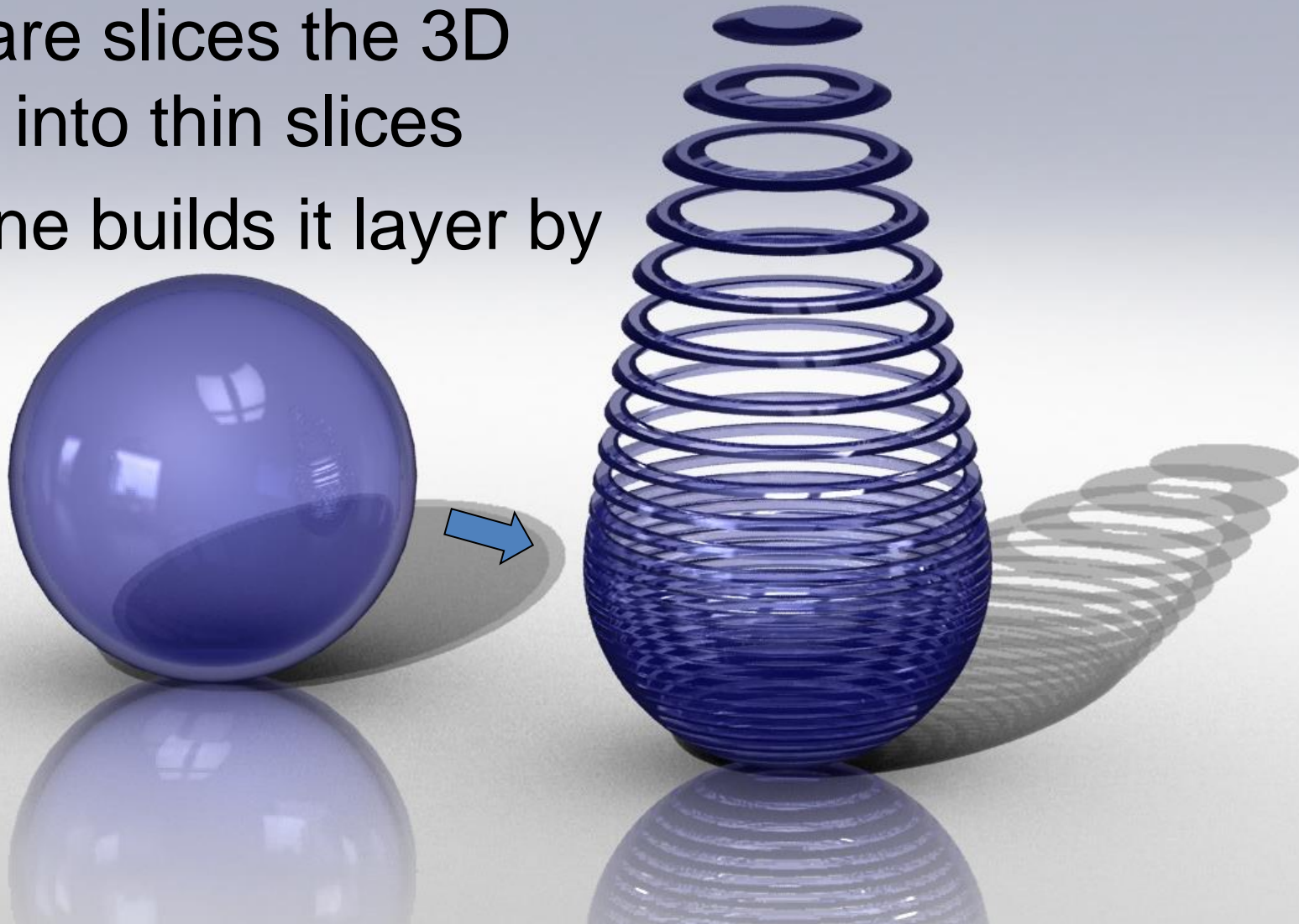
The more modern way:

- Generate 3D model
- Generate CNC program
- Machine away unwanted material
- If possible, recycle waste



Additive Manufacturing

- Generate a 3D model
- Software slices the 3D model into thin slices
- Machine builds it layer by layer



L'approccio di Sapienza: multidisciplinarietà ed integrazione dei gruppi di ricerca

➤ Dip. di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale

– Gruppo di Costruzioni Aerospaziali

- Prof. Paolo Gaudenzi
- Prof. Luca Lampani
- Dr. Michele Pasquali
- Ing. Davide Nardi
- Ing. Luciano Pollice
- Ing. Gabriel Graterol
- Ing. Paolo Izzo

– Gruppo di Disegno di Macchine

- Prof. Francesca Campana
- Ing. Michele Bici

– Gruppo di Tecnologie Meccaniche

- Prof. Francesco Veniali
- Prof. Alberto Boschetto
- Dr. Luana Bottini

– Gruppo di Meccanica Applicata

- Prof. Nicola Pio Belfiore

➤ Dip. di Fisica (Prof. Silvia Masi)

➤ Dip. di Ingegneria Chimica e dei Materiali

● Gruppo di Scienza e Tecnologia dei Materiali

- Prof. Teodoro Valente
- Prof. Marco Valente
- Prof. Jacopo Tirillò
- Prof. Fabrizio Sarasini

➤ Dip. di Ingegneria Strutturale e Geotecnica (Prof. Achille Paolone)

➤ Dip. di Chirurgia generale e specialistica (Prof. F. Venuta)

➤ Dip. di Pianificazione design tecnologia dell'Architettura (Prof. S. Lucibello)

IL PROCESSO DI PROGETTAZIONE INTEGRATA

➤ Il processo di design per AM

- *Caso di studio: l'Ala Oacco della sospensione formula 1 SAE:*
- Processo di design standard
-50% massa in 3 anni, con CNC tecnologia vincolante;
- Design per AM: -75% di massa in 2 mesi.

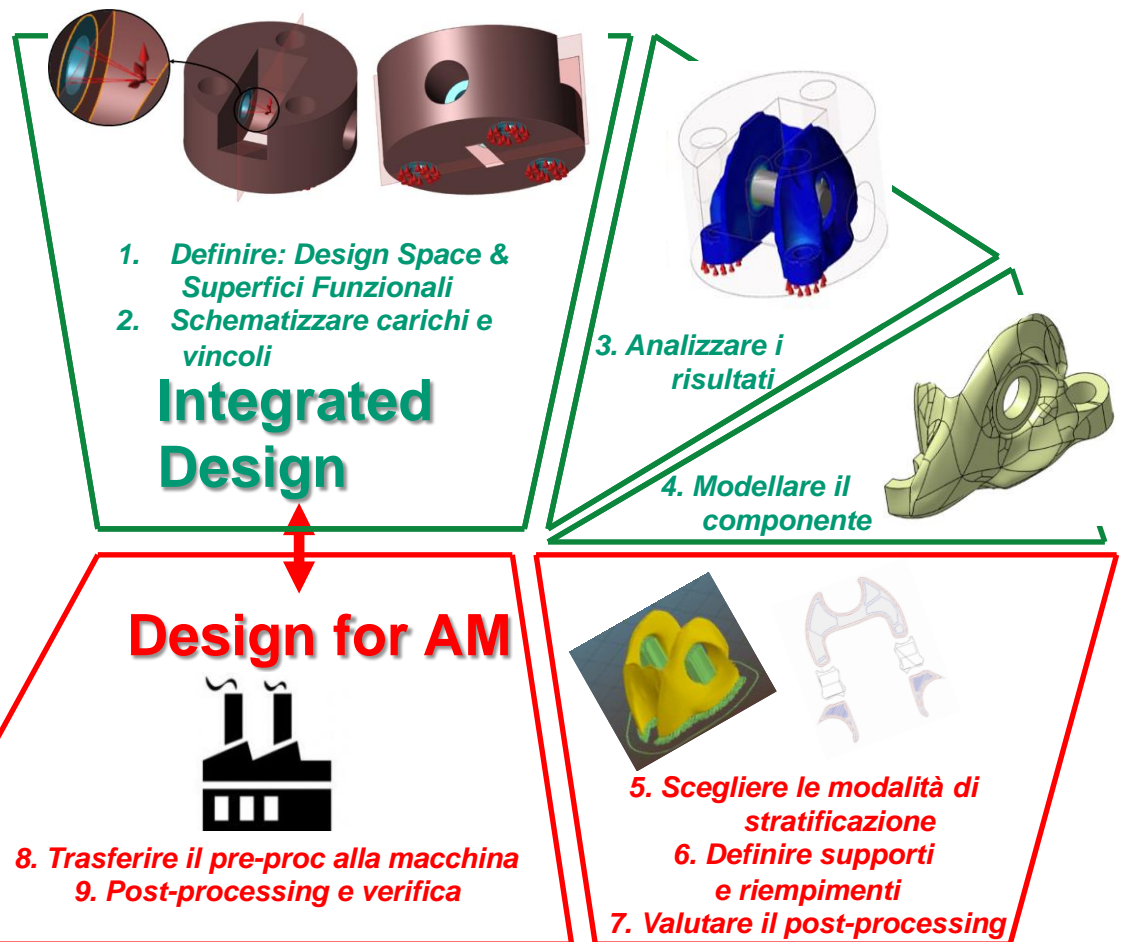
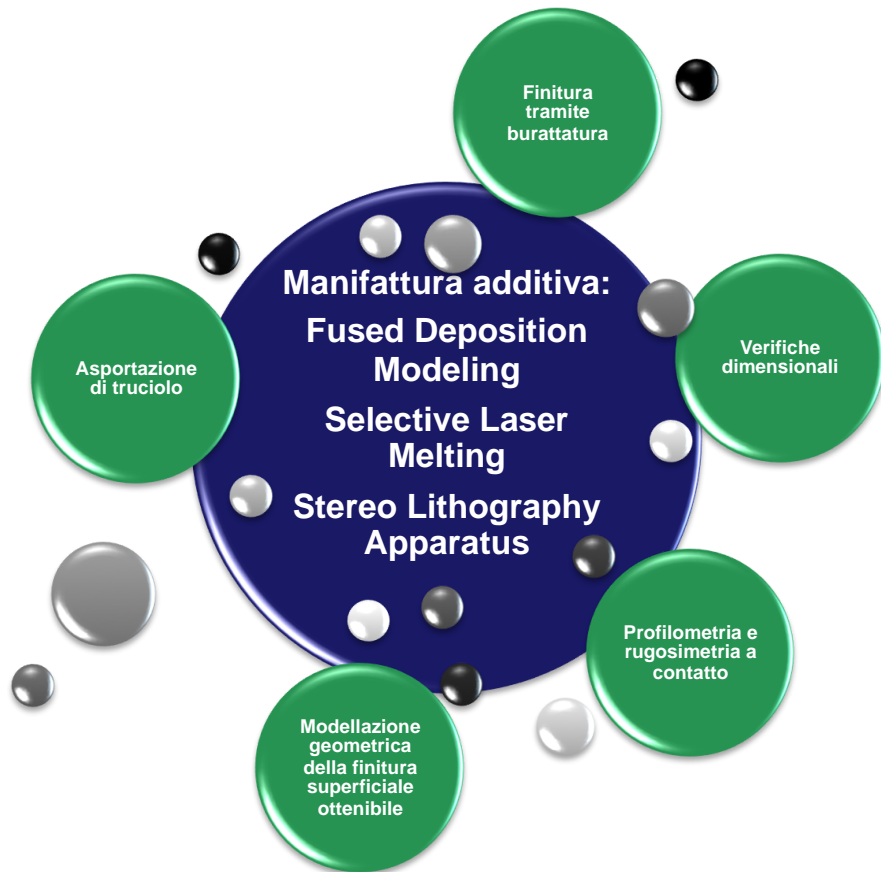


Fig. 9: Diagramma riassuntivo delle varie fasi del processo di design per AM.

20/07/2016

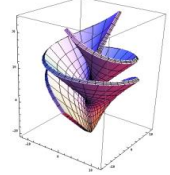
TECNOLOGIE DI PRE E POST PROCESSING

➤ *Ricerca di base e applicata su varie tecniche additive e relative tecnologie sussidiarie*



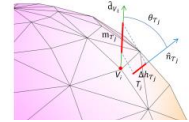
Modellazione solida

➤ Ispessimento di superfici



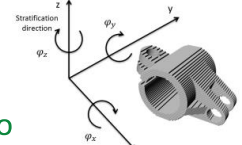
Traduzione in formato STL

➤ Offset anisotropo tridimensionale per migliorare le tolleranze



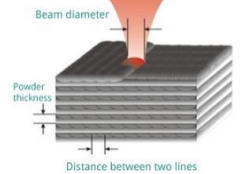
Computer Aided Manufacturing

➤ Studio dell'orientazione in tavola e delle strategie di riempimento



Processo fisico di addizione

➤ Studio dei parametri di processo



Operazioni di post-processing

➤ Operazioni di distacco e trattamenti finali



Operazioni di finitura secondaria

➤ Lavorazioni di asportazione



Fig. 16: Aree di ricerca del settore tecnologie meccaniche.

20/07/2016

3D MANUFACTURING: IL PROGETTO DI RICERCA DI SAPIENZA

INTRODUZIONE

- La **ricerca** si inquadra nel campo dell'additive manufacturing e punta a configurare la Sapienza quale riferimento accademico nel settore strategico del 3D prototyping, con applicazioni che spaziano dall'elettronica alla scienza dei materiali, dal design alla sensoristica, dall'innovazione dei processi produttivi alle biotecnologie e alla bioingegneria.
- In questi settori, nella Sapienza, **operano gruppi di diversa estrazione culturale e disciplinare, accumulati da una riconosciuta eccellenza internazionale**. E' dalla cooperazione di tali gruppi che nasce l'esigenza di dotare la Sapienza della strumentazione richiesta per sviluppare, in modo determinante, conoscenze trasversali e all'avanguardia inerenti, sia in termini di prodotti che di processi, al 3D prototyping su micro e macro scale.
- La necessità di operare simultaneamente su scale differenti con tecnologie differenti, è infatti dettata dalla crescente integrazione di competenze e conoscenze multidisciplinari richiesta nei differenti settori delle scienze applicate, dall'ingegneria all'architettura alla medicina. La trasversalità culturale di tale iniziativa è confermata dalla multidisciplinarietà del gruppo di professori e ricercatori in partecipanti, **affidenti a 13 Dipartimenti di 4 diverse Facoltà**.



Figura 1: Compressore aeronautico.

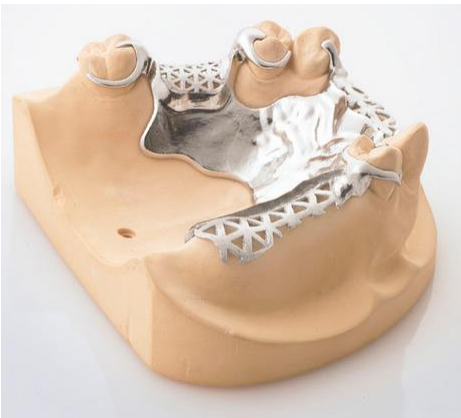


Figura 2: Protesi dentaria.



Figura 3: Plastico 3D.

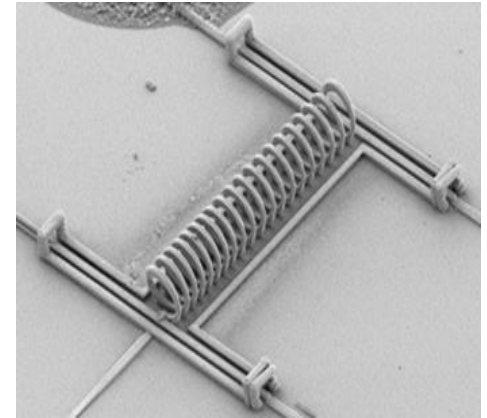


Figura 4: Componente elettronico.

IL PROGETTO DI RICERCA DI SAPIENZA

DESCRIZIONE DELL'INVESTIMENTO INFRASTRUTTURALE DI SAPIENZA NEL 3D MANUFACTURING

- L'acquisizione di attrezzature di punta nel campo 3D AM ha come scopo quello di configurare la **Sapienza quale punto di riferimento nel settore strategico del 3D prototyping**, con applicazioni che spaziano dall'elettronica alla scienza dei materiali, dal design alla sensoristica, dall'innovazione dei processi produttivi alla bioingegneria ed alle biotecnologie.
- **La proposta di finanziamento in oggetto si inquadra in una strategia di integrazione, potenziamento e completamento delle realtà preesistenti del nostro Ateneo** al fine di offrire un unico policentrico punto di accesso alla prototipazione rapida dalla scala sub-micrometrica alla scala macro-decimetrica per il mondo della ricerca, dell'industria e della medicina e di sviluppare approcci innovativi che mirano ad attività formativi (Fab Lab e Laboratori On Demand). **Il riferimento è alla Sapienza FAB LAB, un progetto di Sapienza sviluppato dal pro Rettore alla Ricerca Prof. Teodoro Valente e supportato da diversi Dipartimenti dell'Ateneo.**
- La richiesta vuole quindi incrementare la cooperazione scientifica di gruppi di diversa estrazione culturale e disciplinare, accumulati da una riconosciuta eccellenza internazionale ed operanti nelle differenti aree di ricerca, integrando e completando la capacità di 3D AM micro e macro presso la Sapienza. La necessità di operare simultaneamente su scale diverse con tecnologie e materiali differenti è dettata dalla crescente integrazione di competenze e conoscenze multidisciplinari richiesta **nei molteplici settori delle scienze applicate, dall'ingegneria all'architettura alla medicina.**



Figura 5: Alcuni degli ambiti di interesse del Sapienza Design Factory.

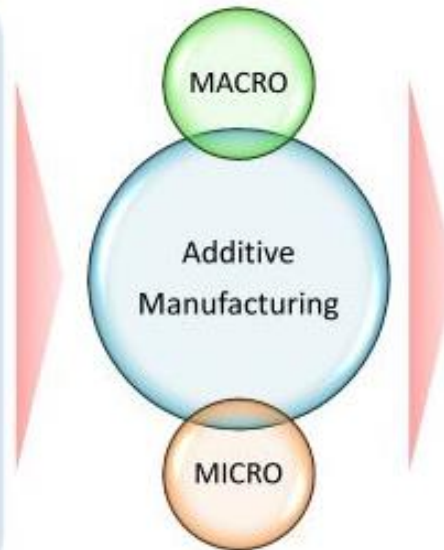
IL PROGETTO DI RICERCA DI SAPIENZA

I PARTECIPANTI

- Responsabili della ricerca: prof. Paolo Gaudenzi (Prof. Ordinario presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale) , Prof. Silvia Masi (Prof. Associato Dipartimento di Fisic)
- Co- Respoansabili: prof. Federico Venuta (Medicina), prof. Sabrina Lucibello (Architettura), prof. Achille Paolone (ingegneria civile)
- Partecipanti:
 - 115 Strutturati
 - 13 Dipartimenti:
 - 4 Facoltà

Dipartimenti

Ingegneria meccanica e aerospaziale
Ingegneria chimica, materiali, ambiente
Ingegneria astronautica, elettrica ed energetica
Ingegneria dell'informazione, elettronica e telecomunicazioni
Ingegneria informatica, Automatica e Gestionale
Antonio Ruberti
Ingegneria strutturale e geotecnica
Informatica
Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura
Chirurgia generale e specialistica
Scienze anatomiche, istologiche, medico-legali e dell'apparato locomotore
Scienze odontostomatologiche e maxillo-facciali
Scienze e biotecnologie medico-chirurgiche
Scienze di base e applicate per l'ingegneria



Applicazioni

Componenti meccanici
Aerospace
Automotive
Design
Chirurgia
Ortopedia
Odontoiatria
Ingegneria tissutale
Fotonica
Elettronica
Elettrotecnica
MEMS
Microfluidica
Micro droni
Biologia cellulare

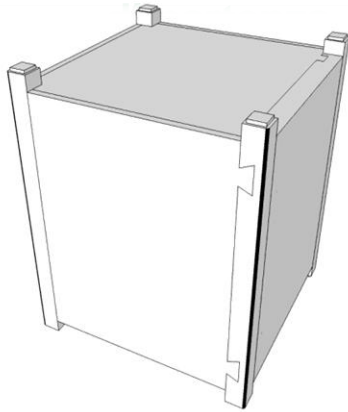
Design per AM

(Costruzioni e strutture aerospaziali Prof. P. Gaudenzi)

➤ B) Ottimizzazione della configurazione individuata in termini di massa

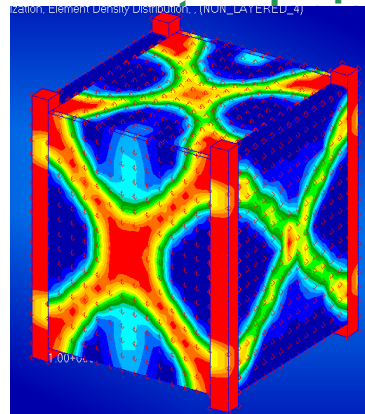
CAD

Configurazione



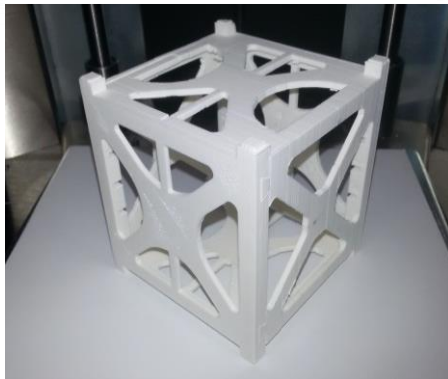
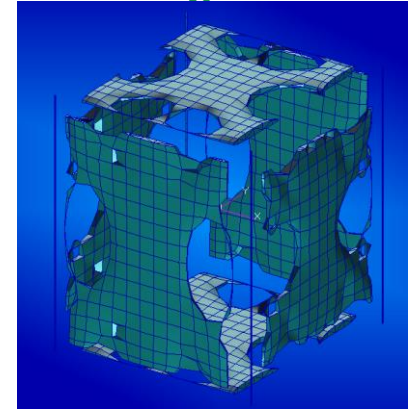
CAE

Ottimizzazione



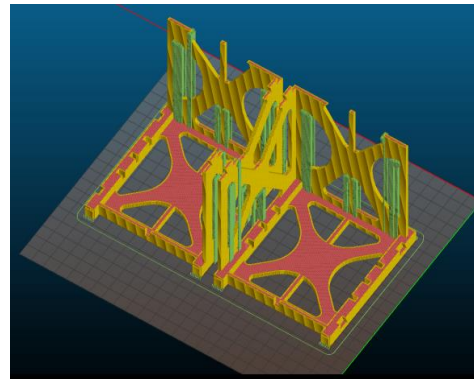
CAE

Smoothing



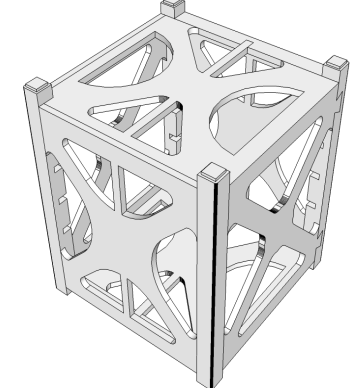
3D Print

Configurazione
e finale



CAM

Slicing



CAD

Modellazione
per stampa
3D

Fig. 13: Diagramma di flusso del processo di ottimizzazione topologica.

LE LINEE DI RICERCA DI SAPIENZA

DESCRIZIONE DELLE LINEE DI RICERCA PER SETTORE DISCIPLINARE

- Le linee di ricerca, individuate nel corso di una ricognizione delle eccellenze esistenti all'interno degli afferenti alla proposta, riguardano le seguenti aree:
 - Aerospazio
 - Sviluppo di componenti strutturali di ali, fusoliere, strutture ed elementi di satelliti e payload. Componenti di motori aeronautici e spaziali.
 - Interazioni multi-scala nei meccanismi di danneggiamento in strutture composite
 - Realizzazione di strutture in composito multifunzionali per autodiagnosi, generazione di potenza elettrica e morphing
 - Tecnologie Meccaniche
 - Sviluppo di formulazioni predittive per l'accuratezza dimensionale e la rugosità superficiale ottenibile
 - Sviluppo di sistemi di diagnostica online per il controllo continuo del manufatto durante la fabbricazione
 - Lo studio dell'accoppiamento di micro componenti con enfasi alle proprietà tribologiche e funzionali
 - Materiali
 - Realizzazione di nanomateriali con resistenza alle alte temperature
 - Definizione di leghe di titanio nanorinforzate per combinare osteointegrazione e resistenza all'usura in unico materiale
 - Sviluppo di nanocompositi polimerici additivati con nanoparticelle conduttive
 - Medicina e Bio-Ingegneria
 - Realizzazione di strumenti chirurgici minimamente invasivi con precisione sub millimetrica
 - Produzione di protesi personalizzate specificamente progettate a servizio della chirurgia ricostruttiva
 - Generazione di opportuni scaffold tramite cui consentire l'organizzazione in 3D di sistemi di cellule funzionali presupposto per creare organi completi
 - Disegno Industriale
 - Realizzazione di piccole serie di artefatti, a partire dall'utilizzo delle tecnologie 3dPrinting
 - Valorizzazione dei materiali agendo su stratificazione, morbidezza, leggerezza, colore, texture
 - Integrazione della fase tecnico-produttivo con quella progettuale
 - Elettronica ed Elettrotecnica
 - Realizzazione di micro-strutture a cedevolezza selettiva sia di materiale polimerico e sia di materiale metallico
 - meta-materiali per la sintesi di strutture con costanti dielettriche negative e strutture radar assorbenti, micro-induttori, micro-attuatori e complesse geometrie di micro-membrane per sensori

La tecnologia Laser Sintering/Melting per componenti metallici

La tecnologia **macro-3D AM** individuata è il **Selective Laser Sintering (SLS)\Selective Laser Melting (SLM)**: a partire da un modello solido virtuale, esse prevedono la generazione, strato dopo strato, di un oggetto fisico tramite parziale o totale fusione del materiale in forma di polvere, fornendo energia con una sorgente laser. L'esposizione controllata e la fase di raffreddamento molto rapida conferiscono al manufatto delle caratteristiche di resistenza meccanica elevate (le più alte nell'AM) analoghe a quelle ottenibili con tecnologie convenzionali. La tecnologia si presta a realizzare componenti in leghe di Alluminio, acciaio, titanio ed altre leghe metalliche.



Protesi realizzata tramite tecniche SLS.

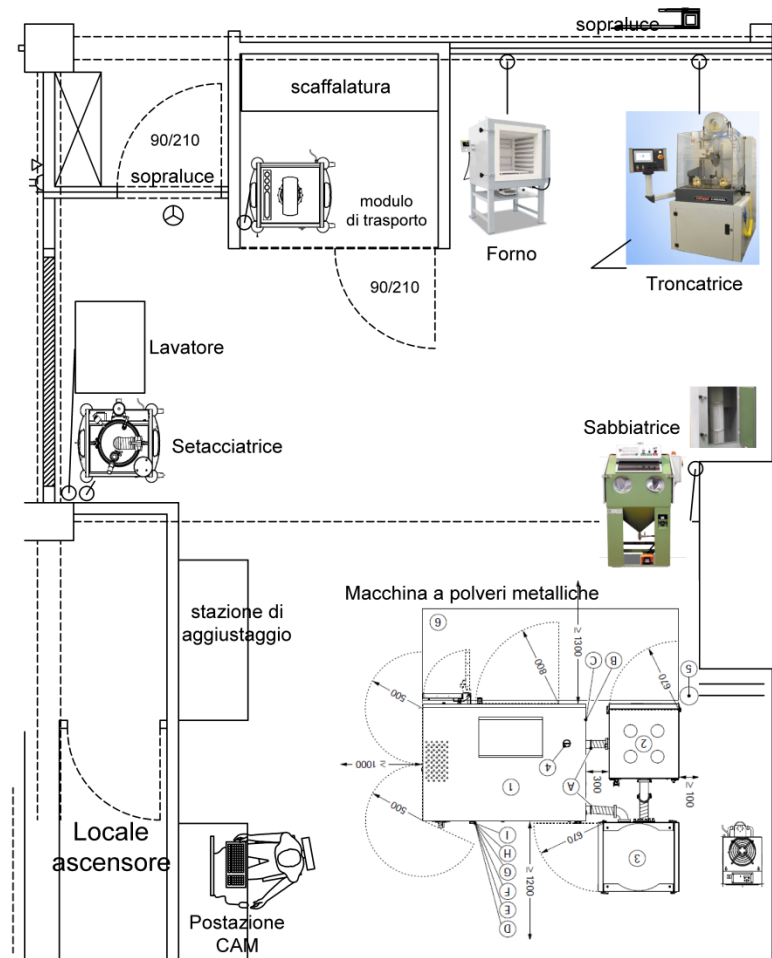
IL MACCHINARIO ED IL LABORATORIO IN VIA DI SVILUPPO

EOSINT M290



Technical Data EOS M 290

Building volume	250 mm x 250 mm x 325 mm (9.85 x 9.85 x 12.8 in)
Laser type	Yb-fibre laser; 400 W
Precision optics	F-theta-lens; high-speed scanner
Scan speed	up to 7.0 m/s (23 ft./sec)
Focus diameter	100 µm (0.004 in)
Power supply	32 A
Power consumption	max. 8.5 kW / typical 3.2 kW
Nitrogen generator	Integrated
Compressed air supply	7,000 hPa; 20 m³/h (102 psi; 706 ft³/h)
Dimensions (W x D x H)	
System	2,500 mm x 1,300 mm x 2,190 mm (98.4 x 51.2 x 86.2 in)
Recommended installation space	min. 4,800 mm x 3,600 mm x 2,900 mm (189 x 142 x 114 in)
Weight	approx. 1,250 kg (2,756 lb)
Data preparation	
Software	EOS RP Tools; EOSTATE; EOSPRINT; Materialise Magics RP with 5G+ and further modules
CAD Interface	STL. Optional: converter for all standard formats
Network	Ethernet



NANO INNOVATION 2017

Smart Manufacturing (ALM) in Industry 4.0: where we stand?

Prospective application of ALM in recently established FAB LAB Sapienza

Prof. Paolo Gaudenzi, Direttore del Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

