

Ottimizzazione sperimentale di componenti aerospaziali realizzati con tecnologia additiva ed esperienze di formazione



Gianluca Rossi

Partner pubblici Tucep



UNIVERSITIES



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PERUGIA



POLITECNICO DI BARI



UNIVERSITÀ PER STRANIERI DI PERUGIA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DEL MOLISE



LIBERO ISTITUTO UNIVERSITARIO CARLO CATTANEO



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI "LA TUSCIA" DI VITERBO



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MESSINA

PUBLIC ENTITIES

REGIONE UMBRIA



PROVINCIA DI PERUGIA





Partner privati Tucep



COLACEM S.P.A.



UMBRA GROUP



SVILUPPUMBRIA S.P.A.



MECCANOTECNICA UMBRA S.P.A.



**GRUPPO GRIFO AGROALIMENTARE SOCIETÀ
AGRICOLA COOPERATIVA A.R.L.**



CREDITO COOPERATIVO UMBRO



IDEA-RE SRL



PONTI ENGINEERING SCARL



CONFARTIGIANATO IMPRESE UMBRIA



FONDAZIONE "ENRICO PUCCINELLI"



PRAGMA ENGINEERING S.R.L.



CONFININDUSTRIA UMBRIA

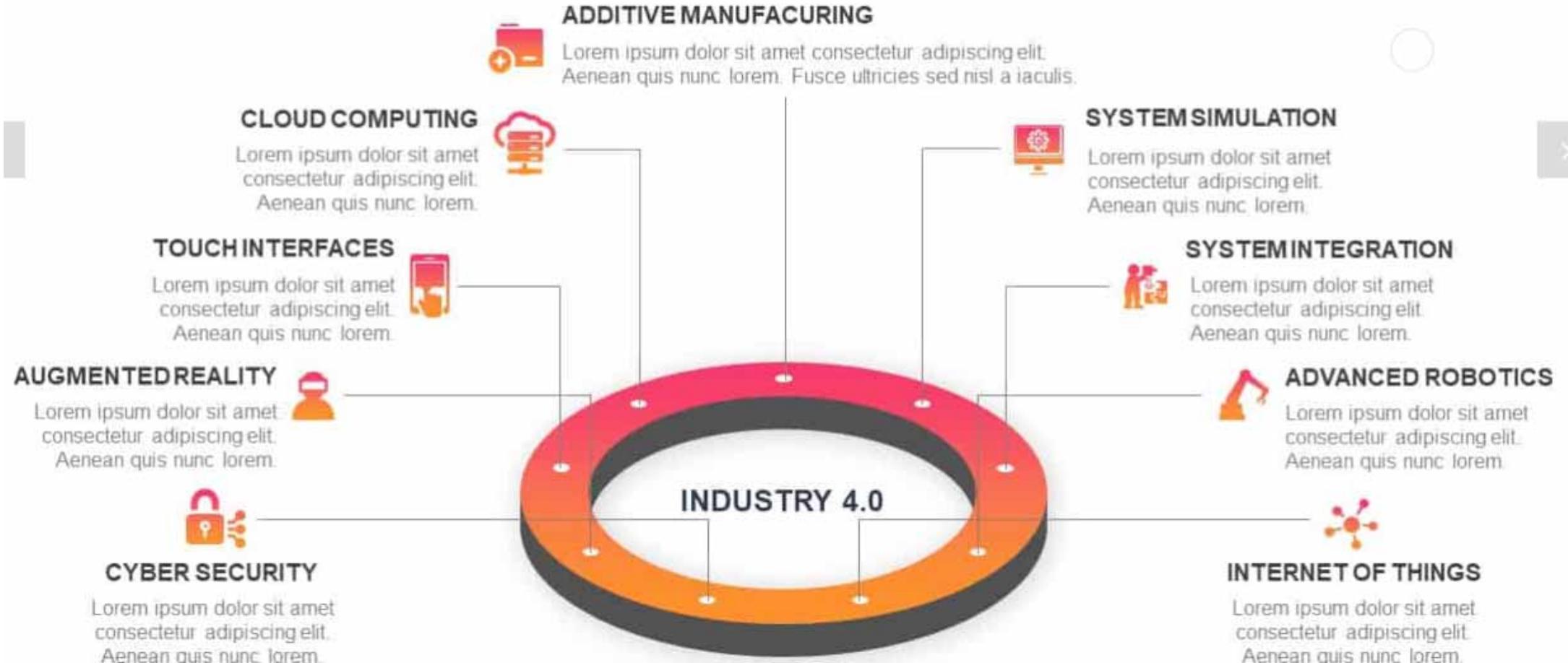


3DIFIC SRL

Tucep missions: Training, Technology transfer, research management



Ambito della tecnologia di cui parliamo : Industria 4.0



What is Additive Manufacturing ?

ISO/ASTM definition:

"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."

Different materials:

Polymers / Metals / Ceramics

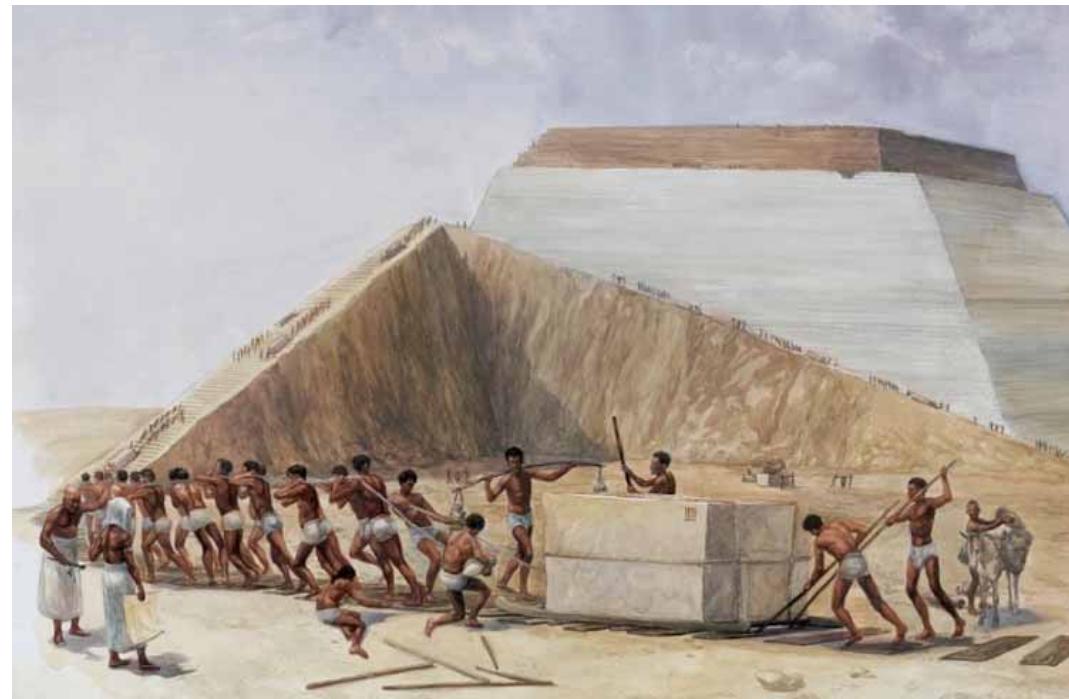
Different terms used since AM started:



Different technologies: SLA / SLS / 3D-Printers / FDM / DLP / DMLS / EBM / LMD / LC / ...

Nothing new !!!!!

Long time ago additive manufacturing
Before industry 1.0



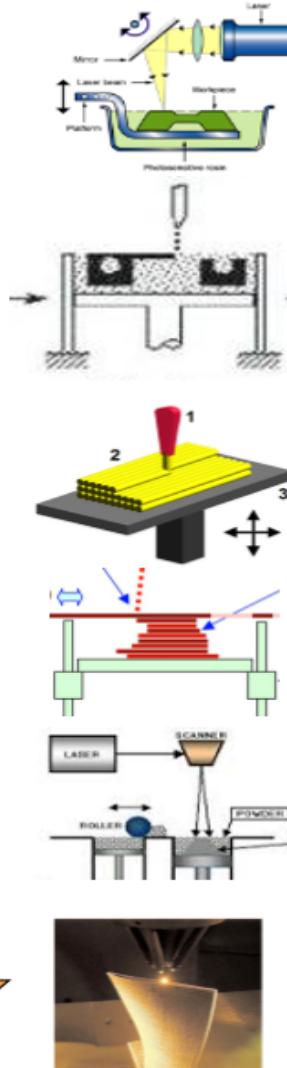
Today !!!



The 7 AM methods (from ASTM F42)

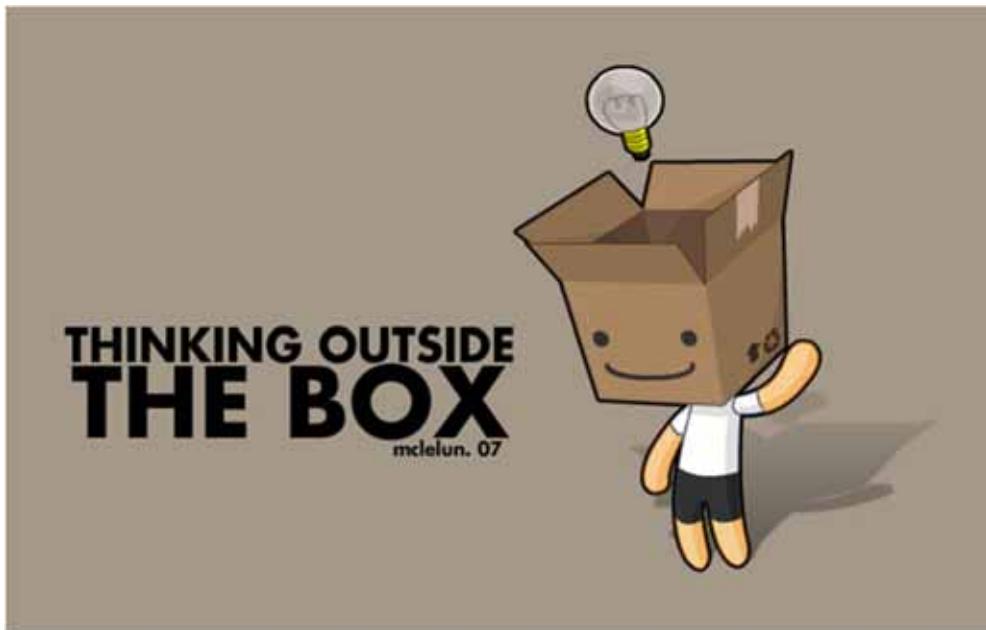


Low energy
High energy



- **Vat photopolymerization (→ SLA)**: material is cured by light-activated polymerization.
- **Material jetting (→ Objet)**: droplets of build material are jetted to form an object.
- **Binder jetting (→ 3DP)**: liquid bonding agent is jetted to join powder materials.
- **Material extrusion (→ FDM)**: material is selectively dispensed through a nozzle and solidifies.
- **Sheet lamination (→ LOM)**: sheets are bonded to form an object.
- **Powder bed fusion (→ SLS/SLM)**: energy (typically a laser or electron beam) is used to selectively fuse regions of a powder bed.
- **Directed energy deposition (→ LENS)**: focused thermal energy is used to fuse materials by melting as deposition occurs.

What we need



KNOW ADDITIVE

THINK ADDITIVE

DESIGN ADDITIVE

New young designer, in deep knowledge of traditional technology, of additive and thinking in a new way

**TUCEP training activity on
additive manufacturing since
2014**

Dissemination and training on AM



Università degli Studi di Perugia
Dip. di Ingegneria

In collaborazione con



Seminario

“Additive Manufacturing: fondamenti, prospettive, possibili applicazioni per la produzione di nuovi componenti meccanici”

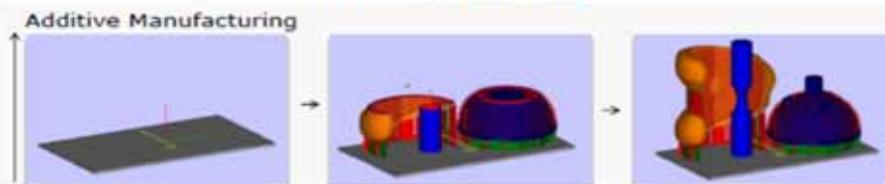
18 MARZO 2014 (8:30-10:30) - Aula Magna di Ingegneria a Perugia

Introdurranno Gianluca Rossi e Alessandro Castagnino

Relatore: Fausto Asvisio



www.arcam.com



PARTECIPAZIONE APERTA A TUTTI - NON RICHIESTA ISCRIZIONE

Per eventuali informazioni rivolgersi a Prof Gianluca Rossi - Tel 329 4103903, gianluca.rossi@unipg.it
o Dott.ssa Paola Sorbi - 075 5820222, p.sorbi@umbriamec.com

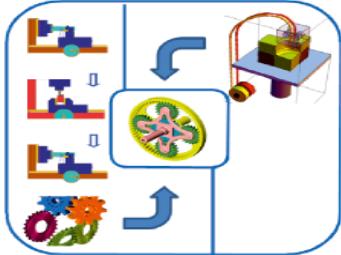


First initiative in 2014

About 100 participants

TUCEP – additive manufacturing education mission

From 2014 till today: seminars, short courses, a master



Da più di un anno TUCEP sta facendo formazione nell'ambito dell'Additive Manufacturing – Stampa 3D.

18 marzo 2014: Seminario Additive Manufacturing "Fondamenti, prospettive, possibili applicazioni per la produzione di nuovi componenti meccanici" svolto presso Ingegneria -UNIPG, in collaborazione con il Polo Meccatronico Umbro e Arcam AB.

18 settembre 2014: Corso breve "Manifattura additiva: una opportunità per la crescita dell'industria meccanica, manifatturiera e biomedicale dell'Umbria" tenutosi a Foligno in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria-UNIPG, Confindustria Umbria, GE Oil & Gas, Umbra Group, Dimension 4, Cad Manager, Avio Aero.

Aprile – giugno 2015: Corso trimestrale "PROGETTISTA PER LA MANIFATTURA ADDITIVA (stampa 3D)" finanziato dalla Regione Umbria tramite POR UMBRIA FSE 2007-2013 e POR UMBRIA FSE 2014-2020, con successivo stage di altri tre mesi in aziende del settore.

27-29 novembre 2015: Corso breve Additive Manufacturing "Nuovi progettisti per l'industria meccanica, manifatturiera e biomedica", tenutosi presso il TUCEP.

Sulla base di queste esperienze, viene proposta una Scuola con corsi "a sportello" su questo tema.



segreteria organizzativa
TUCEP

Maria Grazia Valocchia

Via Martiri 28 Marzo, 35
C/O Villa Capitini
06129 Perugia
C.F./P.IVA: 01980760548

Tel: +39/075 5733102-88
Fax:+39/075 5738252
Web site: www.tucep.org
E-mail: tucep@tucep.org

Sede legale:
Piazza dell'Università, 1
06123 Perugia

grafica ABA Fablab



TUCEP
TIBER UMBRIA COMETT EDUCATION PROGRAMME
International network
for knowledge and job

**SCUOLA DI PROGETTISTA DI
PRODOTTI REALIZZATI
MEDIANTE LA
MANIFATTURA ADDITIVA
(STAMPA 3D)**

Rivolta a Ingegneri e tecnici di aziende che vogliono orientarsi alla manifattura additiva

TUCEP
1° edizione dei corsi:
20-21 / 27-28 MAGGIO 2016

La Scuola si avvarrà di Docenti Universitari e
Professionisti di lunga e comprovata esperienza didattica
e pratica nel settore.

TUCEP – additive manufacturing education mission

From 2014 till today: seminars, short courses, a master

PROGRAMMA DEL CORSO

- Progettazione del prodotto mediante ottimizzazione funzionale con specifici software;
- Metodi di produzione additiva e materiali impiegati;
- Efficienza ed economia dei processi additivi;
- Tecniche di misura e prova per la manifattura additiva;
- Casi applicativi e prospettive future.

Alcuni interventi potranno essere via web e si prevedono a completamento visite in realtà operativa del settore con esercitazioni pratiche.

OBIETTIVI DEL CORSO

Il Corso permette di:

- fornire ai partecipanti le conoscenze sui nuovi processi produttivi e di progettazione con tecnologia di produzione additiva (stampa 3D);
- sviluppare abilità e competenze per la nuova industria 4.0 per la "personalizzazione di massa".

Con l'impiego delle stampanti 3D o meglio, delle nuove macchine utensili additive, si modificano le modalità produttive legate ai tradizionali concetti, sostituendole con l'operatività di un minor numero di macchine, che, in poche fasi, realizzano i prodotti, con complessità e personalizzazione a costo zero.

MATERIE	DOCENTI	ORE	CALENDARIO DEL CORSO
Progettazione del prodotto mediante ottimizzazione funzionale con specifici software 1. ottimizzazione per la manifattura additiva 2. nuovi strumenti sia per la manifattura additiva	Paolo Ganti, Dipartimento Ingegneria UniPG ALTAIR Engineering Inc.	5	Venerdì 8.00 - 8.15: Saluti ai partecipanti dal Prof. Gianluca Rossi Presidente TUCEP 8.15 - 8.30: Presentazione del corso e dei docenti 8.30 - 13.30: Metodi di produzione additiva e materiali impiegati 14.30 - 17.30: Efficienza ed economia dei processi additivi
Metodi di produzione additiva e materiali impiegati 1. Tecnologie di produzione A. prodotti in metallo B. prodotti in materiali plastic C. materiali impiegati	Michele Moretti, Dipartimento Ingegneria UniPG	5	Sabato 9.00 - 13.00: Casi Applicativi: prodotti in metallo
Efficienza ed economia dei processi additivi 1. confronto tra tecniche tradizionali di produzione e tecniche additive 2. il futuro della Manifattura Additiva 3. temi di ricerca in Horizon 2020	Domenico Pausini, Dipartimento Ingegneria UniPG Luca Beltrametti, Dipartimento di Economia UniGE Gianluca Rossi, Dipartimento Ingegneria UniPG	3	Venerdì 8.30 - 13.30: Progettazione 14.30 - 17.30: Tecniche di misura e prova per la manifattura additiva Sabato 9.00 - 13.00: Casi Applicativi: impiego di prodotti plastici, applicazioni nei settori aeronautico e biomedicale
Tecniche di misure e prova per la manifattura additiva 1. misure di forma 2. Verifiche strutturali, funzionali, caratteristiche materiali	Roberto Marsili, Dipartimento Ingegneria UniPG	3	Sede: TUCEP - Via Martiri 29 Marzo, n.35 - 06129 Perugia
Casi applicativi	Massimo Varelli, ex avto aero: Francesco S. Crisafi, Iac Co., a ruote Francesco Zaninelli, aero car racing G.Battista Tempini, CAD Manager Andrea Ricci, Dimension 4	8	NUMERO MINIMO DI PARTECIPANTE: Sette. MATERIALE DIDATTICO: Saranno fornite dispense. QUOTA DI PARTECIPAZIONE: Per singolo partecipante: € 980,00 + Iva. Le Aziende che iscriveranno più di un dipendente, avranno uno sconto del 10% sulla quota base a partire dal secondo iscritto successivo al primo. Sono previste quote agevolate per i Soci TUCEP. MODALITÀ DI PAGAMENTO: Il pagamento, anticipato rispetto alla data di iscrizione, verrà effettuato tramite bonifico sul cc bancario intestato a: TUCEP - CCU - Banca di Montagna di Perugia Filiale di Perugia - Via M. del Lager - Settevilli IBAN IT03B006300300000000614434
Durata totale del corso		24	ISCRIZIONE: La domanda di iscrizione scaricabile dal sito potrà essere inviata: <input type="checkbox"/> via fax allo 0756738252; <input type="checkbox"/> via e-mail a tucep@tucep.org In allegato dovrà essere inviata copia dell'avvenuto pagamento.



DISDETTA: Eventuale disdetta da parte dell'Azienda dovrà essere comunicata via fax entro il 16/05/2016 per aver diritto al rimborso. Dopo tale data, la disdetta non si accetterà e il rimborso non sarà più dovuto da parte del TUCEP.

TUCEP si riserva inoltre la facoltà di variare i docenti in caso di sopravvenuti imprevisti o le date del corso in caso di mancato raggiungimento del numero minimo dei partecipanti.



Università degli Studi di Perugia
Dipartimento di Ingegneria



Confindustria Umbria
Sezione di Foligno

In collaborazione con:



General Electric
Oil & Gas



Umbra Group



Dimension 4



Cad Manager



Avio Aero

18 settembre 2014

Presso CNOS-FAP Casa del Ragazzo
Via Isolabella, 18 - Foligno

Programma

09:30 - 10:30

SALUTI DELLE AUTORITÀ'

S.E. Gualtiero Sigismondi, Vescovo di Foligno

Prof. Umberto Desideri, Direttore del Dipartimento di Ingegneria
Dott. Giuseppe Metelli, Presidente Confindustria Umbria - sezione territoriale di Foligno

10:30 – 13:00

FONDAMENTI SULLE TECNOLOGIE ATTUALI

Prof. Gianluca Rossi, Università degli Studi di Perugia, Fac. Ingegneria
Prof. Paolo Conti, Università degli Studi di Perugia, Fac. Ingegneria

Dott. Andrea Bucci, Dimension 4

Ing. Michele Moretti, Dimension 4

Ing. Lorenzo Lorenzi, General Electric Oil & Gas

Ing. Giovan Battista Semplici, Cad Manager

Ing. Carolina De Fazio, Avio Aero

13:00 – 14:00

PAUSA PRANZO

14:00 – 16:00

APPPLICAZIONI INDUSTRIALI

Ing. Lorenzo Lorenzi, General Electric Oil & Gas

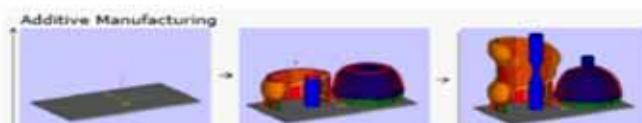
Ing. Daniele Zaroli, Umbra Group

Ing. Giovan Battista Semplici, Cad Manager

Ing. Carolina De Fazio, Avio Aero

Dott. Andrea Bucci, Dimension 4

Ing. Michele Moretti, Dimension 4



Logistica e organizzazione a cura di:



Corso breve Foligno - Umbria News

<https://www.youtube.com/watch?v=b8ncWwPv5-0&feature=youtu.be>

Short course in Nov 2014



Corso di formazione in **Additive manufacturing**

Nuovi progettisti per
l'industria meccanica, manifatturiera e biomedica

PROGRAMMA

27 Novembre C/O TUCEP, Villa Capitini - Via Martiri 28 Marzo n. 35, Perugia

Orario	Contenuti	Docente
9:00-10:00	Introduzione e storia della tecnologia	Prof. Gianluca Rossi Università degli Studi di Perugia
10:00-13:00	Tecniche e strumenti di produzione additiva di componenti metallici, casi industriali	Ing. Mauro Varetti Aviosero
14:00-16:00	Tecniche e strumenti di produzione additiva di componenti metallici, casi industriali	Ing. Mauro Varetti Aviosero
16:00-18:00	Tecniche e strumenti di produzione additiva con materiali non metallici	Ing. Michele Moretti Dimension 4

28 Novembre C/O TUCEP, Villa Capitini - Via Martiri 28 Marzo n. 35, Perugia

Orario	Contenuti	Docente
9:00-10:00	Applicazioni di sistemi per produzioni in materiali plasticci	Ing. Giovan Battista Semplici CAD Manager
10:00-13:00	Sistemi CAD e software per la definizione e ottimizzazione strutturale delle geometrie	Prof. Paolo Conti Ing. Stefano Baglioni Università degli Studi di Perugia
14:00-15:00	Software per la definizione ed ottimizzazione fluidodinamica delle geometrie	Prof. Francesco Mariani Università degli Studi di Perugia
15:00-18:00	Dal prototipo ottimizzato alla geometria ottimale per la produzione, definizione di oggetti da realizzare	Ing. Michele Moretti Dimension 4

29 Novembre C/O Dimension 4, Via Georges Sorel, Città di Castello

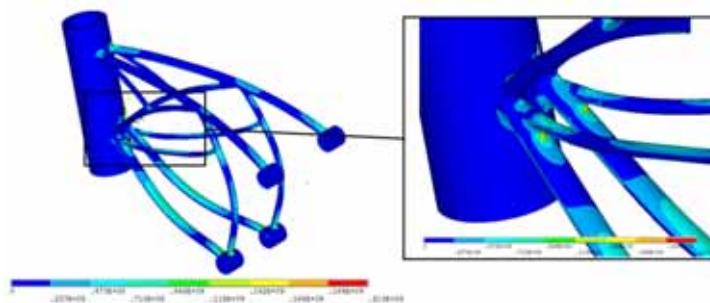
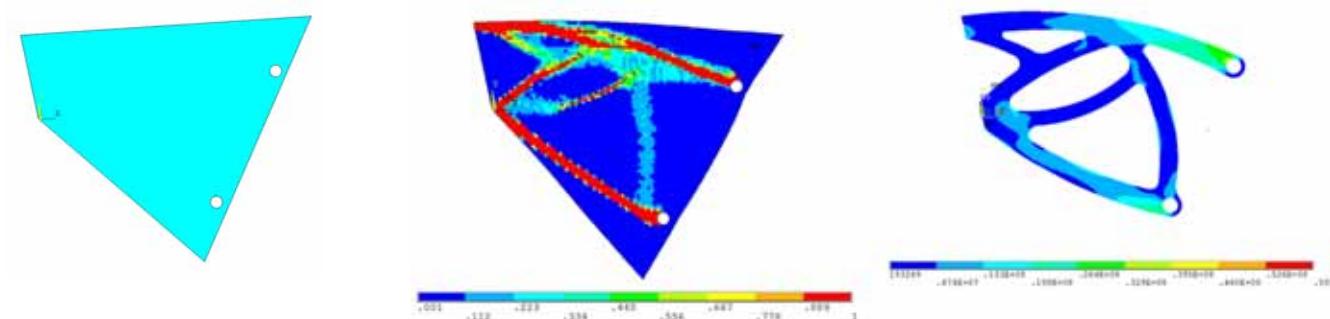
Orario	Contenuti	Docente
9:00-12:00	Realizzazione prototipi in plastica sviluppati nel corso	Ing. Michele Moretti Ing. Andrea Bucci Dimension 4

A mechanical component designed and realized by participants

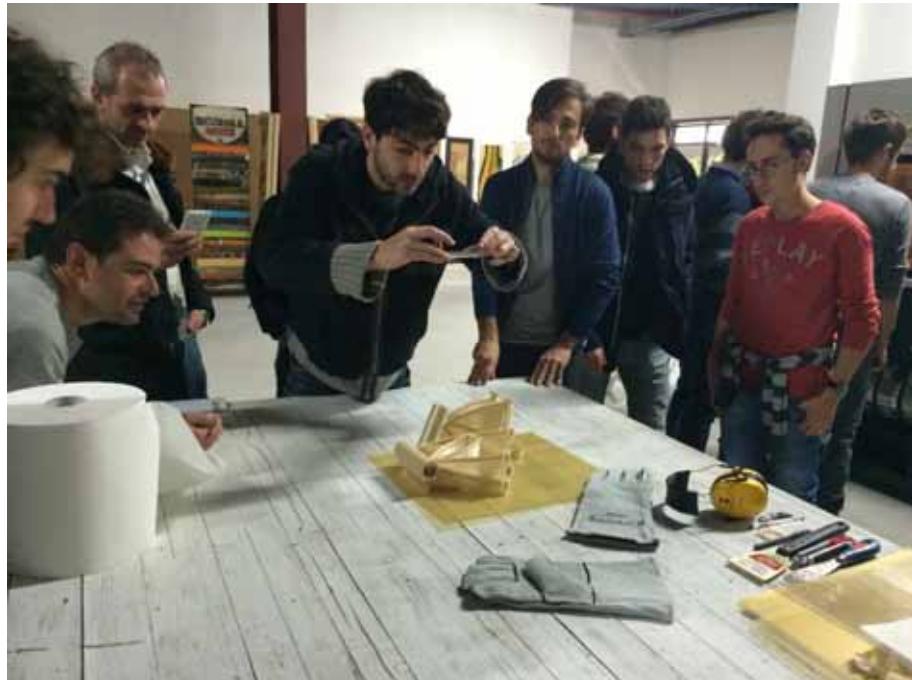
Il componente in esame è l'elemento strutturale di collegamento fra seduta e telaio della bici. Pertanto il primo obiettivo dell'analisi è la definizione delle condizioni al contorno del problema cioè del volume di controllo e delle condizioni di carico e vincolo alle quali il componente è sottoposto.



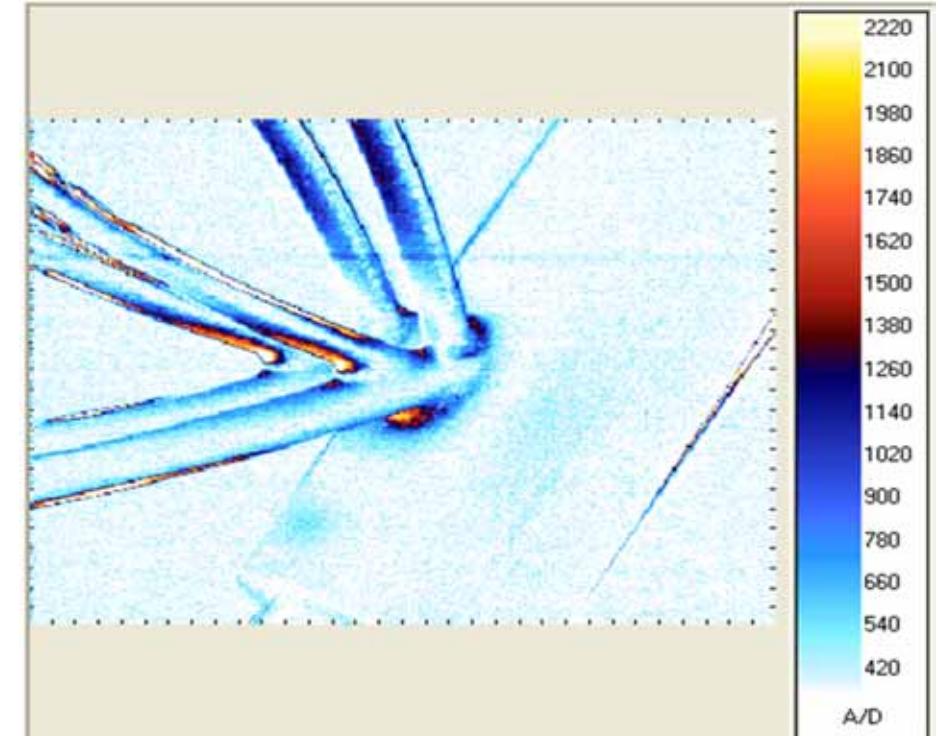
Volume/superficie di controllo

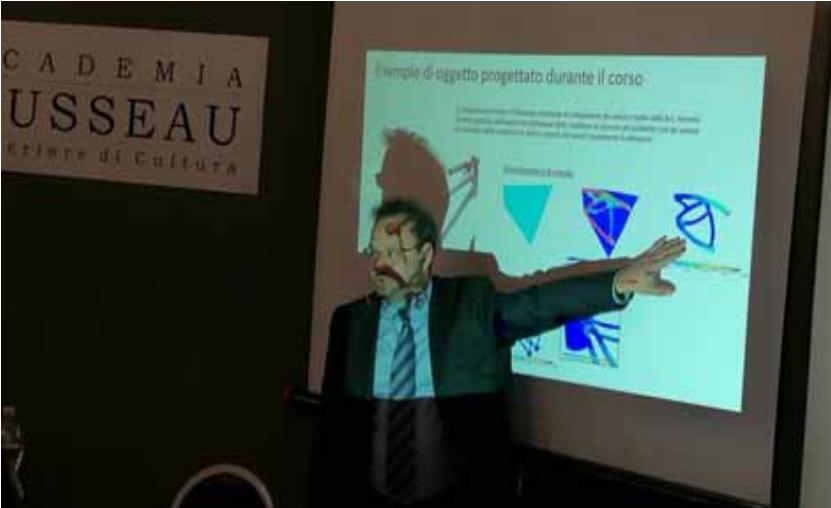


A mechanical component designed and realized by participants



And tested measuring stress distribution on it





Una recente iniziativa a Terni Corso Additive per 12 allievi all'accademia Rousseau Marzo-Giugno 2018 Finanziato da Cassa di Risparmio di Terni



SMART INDUSTRY

**Alta formazione per l'innovazione dei processi produttivi mediante manifattura additiva
Corso GRATUITO per la formazione di progettisti per la manifattura additiva (stampa 3 D)**
Sede: Accademia Rousseau – Terni, P.zza San Francesco n.2



DATA	ORARIO	MODULO	CONTENUTI	DOCENTE	PROGRESSIVO ORE
17/03/2018	9:00-13:00	Introduzione e storia della tecnologia	Introduzione e storia della tecnologia	Prof. Rossi	4
24/03/2018	9:00-13:00	Tecniche e strumenti di produzione additiva di componenti metallici e con materiali non metallici	Tecniche di misura di stress e strain per la caratterizzazione di strutture realizzate in AM	Prof. Roberto Marsili	8
07/04/2018	9:00-13:00	Tecniche e strumenti di produzione additiva di componenti metallici e con materiali non metallici	La Lean Organization nel contesto dell'Industria 4.0	Ing. Bartolini	12
14/04/2018	9:00-13:00	Tecniche e strumenti di produzione additiva di componenti metallici e con materiali non metallici	Principali tecniche di AM su materiali plastici: SLA e FDM	Prof. Rossi	16
21/04/2018	9:00-13:00	Tecniche e strumenti di produzione additiva di componenti metallici e con materiali non metallici	La Lean Organization nel contesto dell'Industria 4.0	Ing. Bartolini	20
28/04/2018	9:00-13:00	Tecniche e strumenti di produzione additiva di componenti metallici e con materiali non metallici	Polveri di leghe metalliche	Prof. Di Schino	24

**Alcuni progetti europei finanziati
attualmente in corso sul tema
additive**

Uno dei progetti Tucep e UniPG attualmente in corso finanziati da UE

www.smeart.eu

Be a part of the SMEART Community and benefit from the project results by visiting our website:
www.smeart.eu



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

SMeART
Making Europe's SMEs Smart



IPH Intelligente Produktion Hannover



DIMENSION 4
research Concept Design Additive



INTERROGARE



Program: Erasmus+ Knowledge Alliances

Project lifetime: January 1, 2017 - December 31, 2019

Project co-ordinator: Fachhochschule des Mittelstands (FHM)

Project reference number: 575932-EPP-1-2016-1-DE-EPPKA2-KA



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



KNOWLEDGE ALLIANCE FOR UPSKILLING EUROPE'S SMEs TO
MEET THE CHALLENGES OF SMART ENGINEERING

Un altro progetto Di base !!! Sull'Additive x volare ... Alto



<http://euda.eu/funscience/>



FUN@SCIENCE - Exploiting 3D printing for science education and scientific careers



Partner Italiani
Tucep
Uni PG
IC PG4

**Coordinatore - Agrupamento
de Escolas Emídio Navarro -
Portugal**



Tecniche di misura per l'ottimizzazione sperimentale di componenti meccanici realizzati in additive

Effetto termoelastico

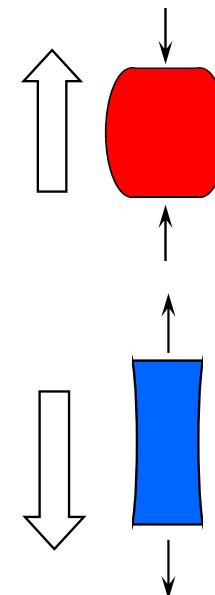
*"Stress generating volume variation on a material,
also generates temperature variation"*

$$\Delta T = \frac{-\alpha T}{\rho C_p} (\Delta \sigma_I)$$

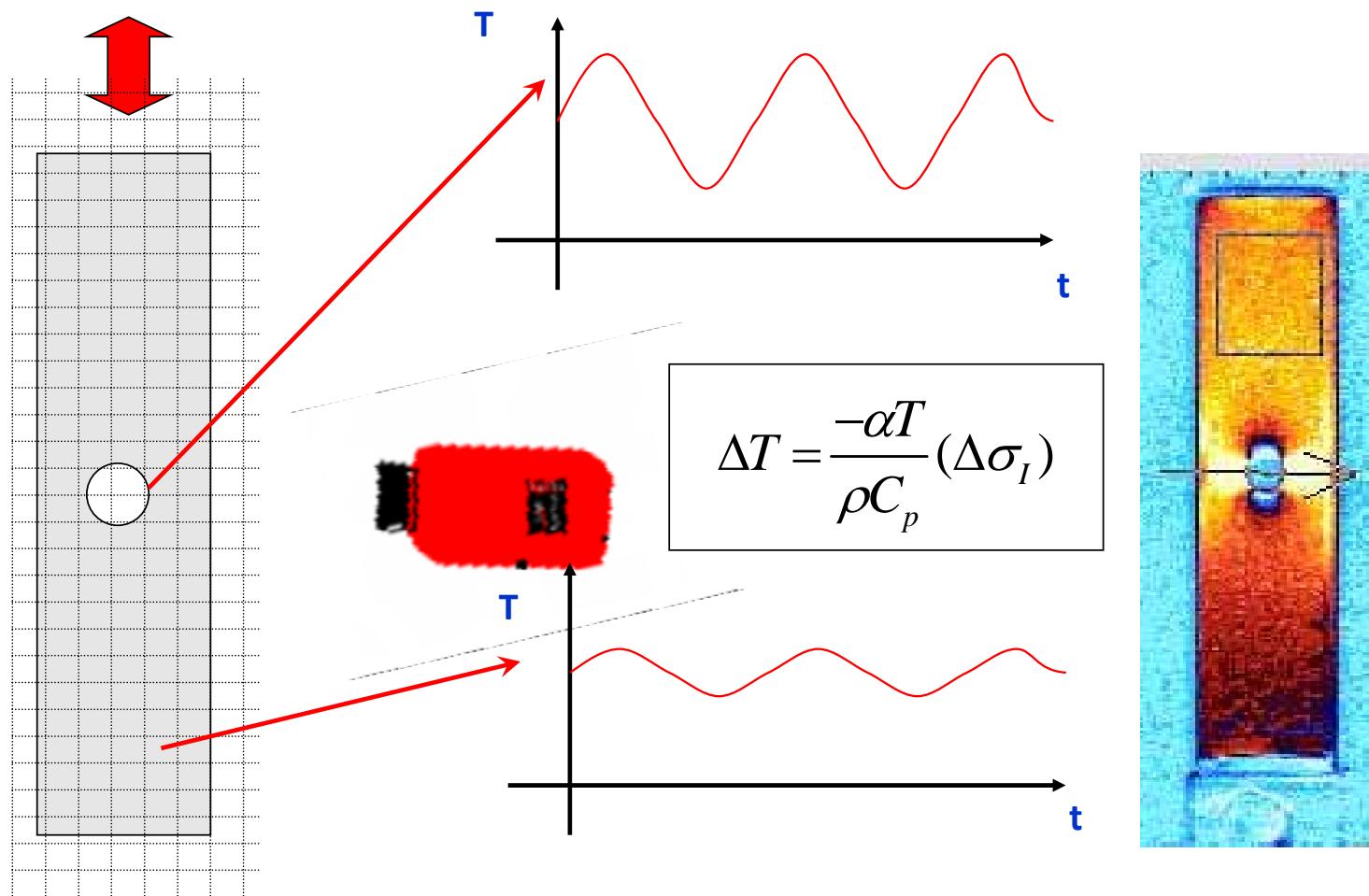
α : coefficient di dilatazione termica
 T : temperatura assoluta
 ρ : densità del materiale
 C_p : calore specifico a pressione costante

Generalmente, la compressione genera un aumento di temperatura e viceversa.

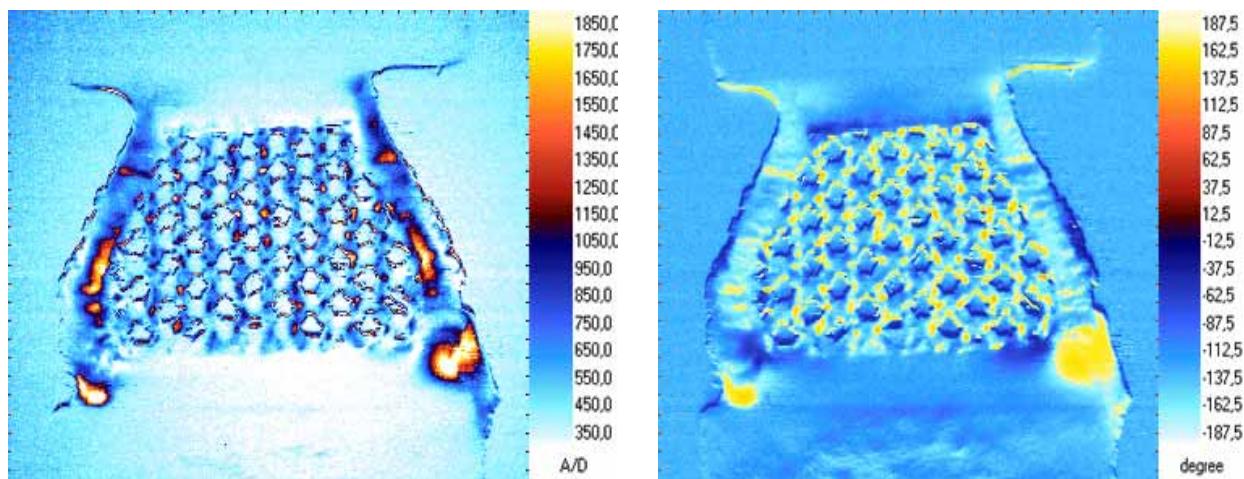
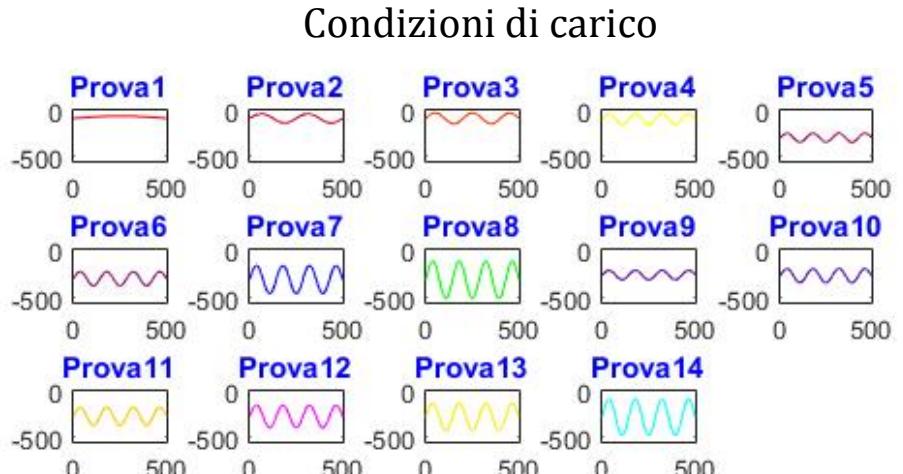
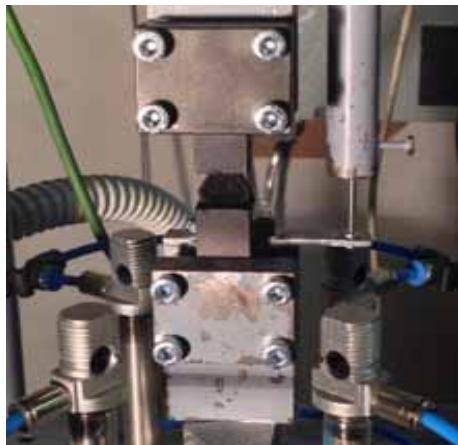
Questo effetto è particolarmente noto nei gas. Gough osservò questo fenomeno nella gomma nel 1802 e Weber, nel 1830, nell'acciaio.



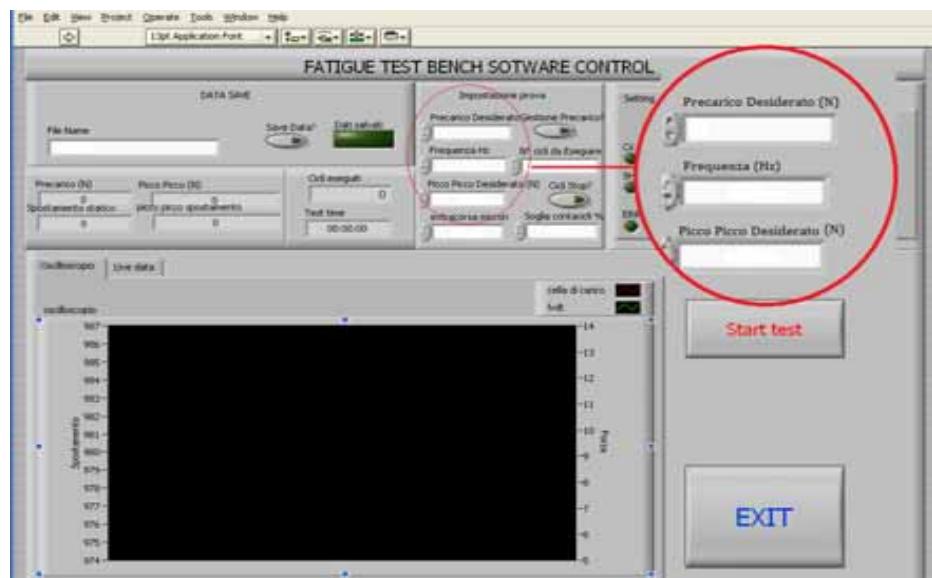
Tecnica di misura di campi di stress mediante una termocamera: la termoelasticita



Analisi di concentrazioni di stress su una struttura trabecolare realizzata in additive



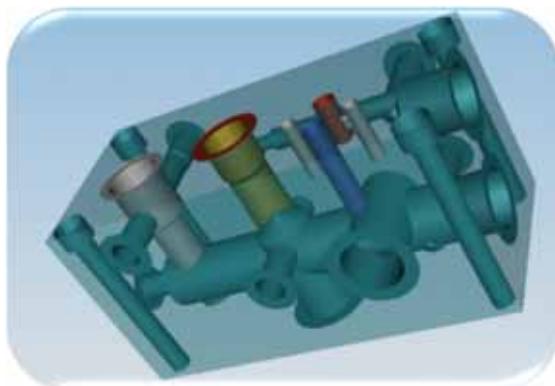
Modulo e fase della fluttuazione di temperatura: prova 7
Caratterizzata da Precarico -312 N, Picco Picco 300 N Frequenza 70 Hz



CASE STUDY additive manufacturing EOS M290

PROGETTAZIONE OTTIMIZZATA DI UN BLOCCO OLEODINAMICO
REALIZZATO MEDIANTE MANIFATTURA ADDITIVA

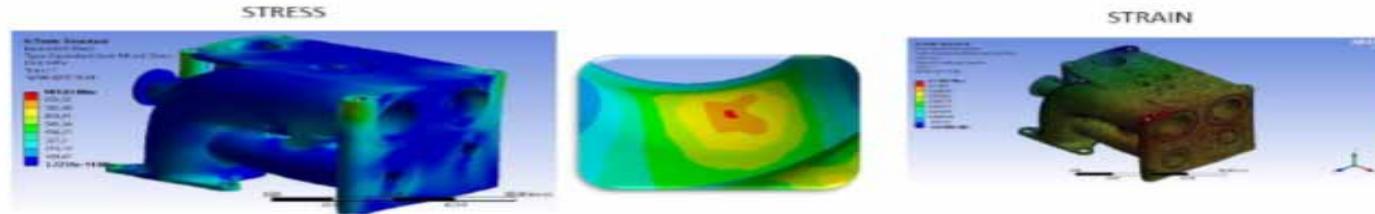
Distributore olio riprogettato per Additive



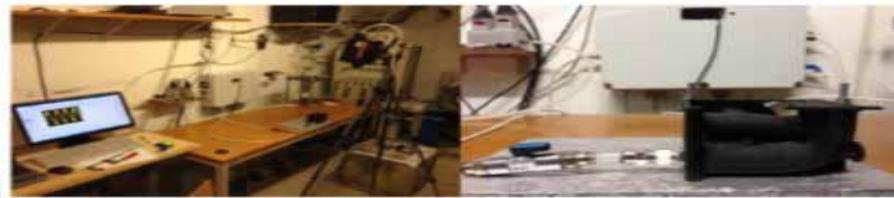
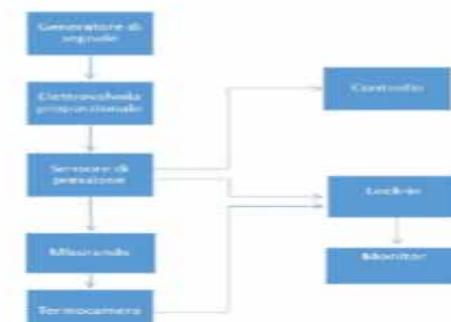
- Peso: 7,6 kg
- Dimensioni: 87 x 78 x 170 mm³
- Volume di materiale: 961 cm³
- 53 forature

- Peso: 1,8 kg
- Dimensioni: 90 x 80 x 120 mm³
- Volume di materiale: 239 cm³
- Lavorazione CNC solo per *post-processing*
- Miglioramento fluidodinamico

Ottimizzazione sperimentale del distributore con tecniche di misura termoelastiche delle distribuzioni di stress



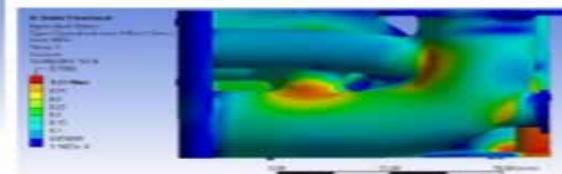
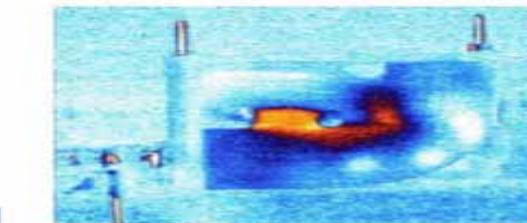
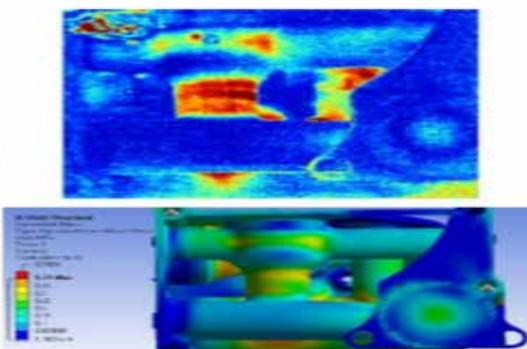
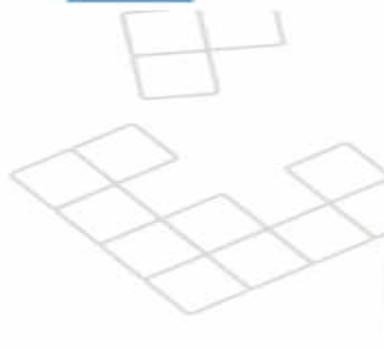
Verifica sperimentale termoelastica - Banco prova



È stata eseguita una simulazione FEM utilizzando lo stesso modello precedente sostituendo solamente il materiale con il PC-ABS:

- Modulo di Young = 1.810 MPa
- Rapporto di Poisson = 0,4

LA CONCENTRAZIONE DI STRESS
è LOCALIZZATA SULLE STESE
ZONE DELL'ACCIAIO

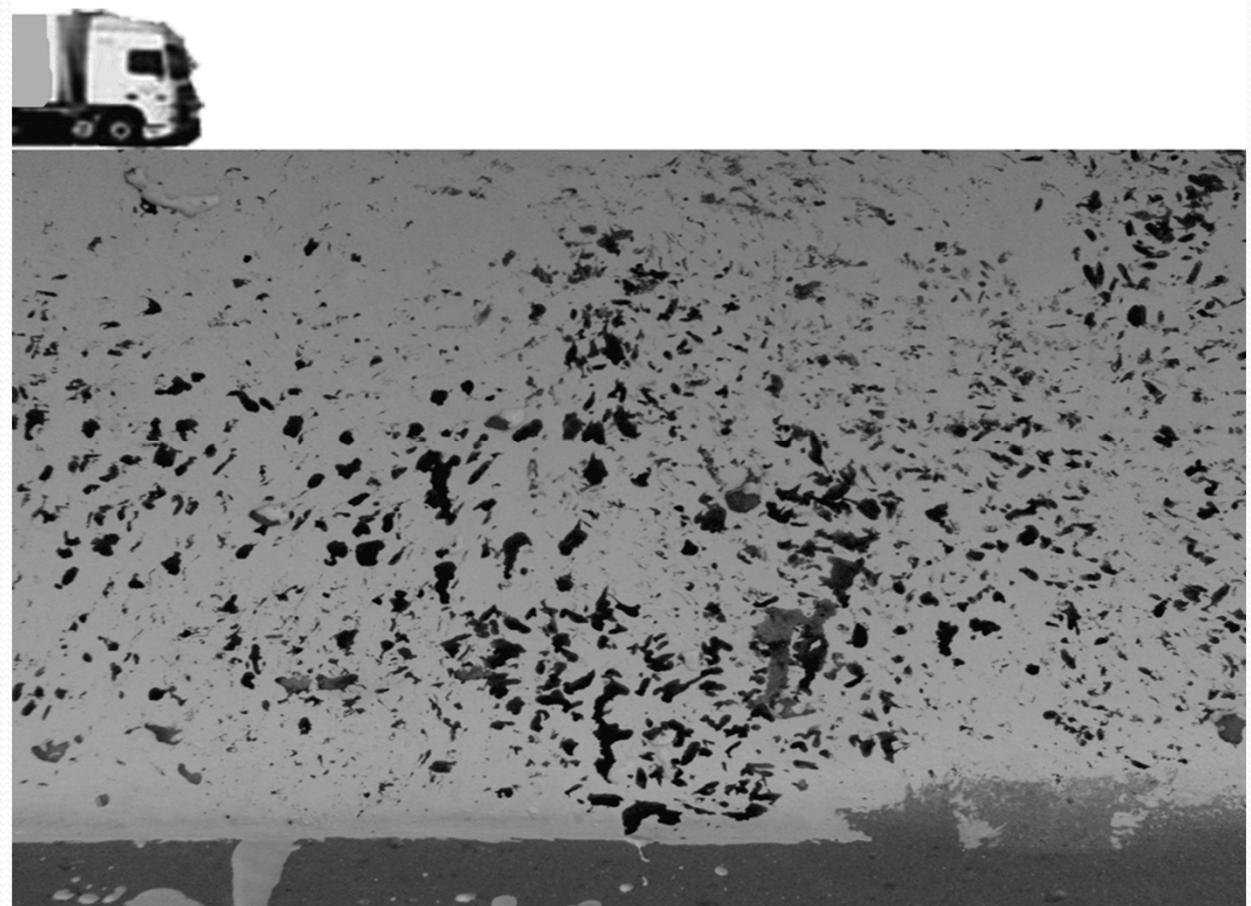


EXCOGITA s.r.l.

Z. Ind. - Via Renare, n.12 - 06031 Bevagna (PG) - Italy.
tel. +39 0742 362134 - fax. +39 0742 369658
www.ex cogita.eu - info@ex cogita.eu - piva: 02649290547

Principio di misura di campi di deformazione mediante digital image correlation - DIC

- Utilizzo di una camera veloce per acquisire immagini della superficie di un oggetto in configurazione indeformata e deformata
- Elaborazione delle sequenze di immagini mediante software



Analisi DIC in 5 passi:

a) Acquisizione delle immagini: indeformata e deformata su superfici con speckle

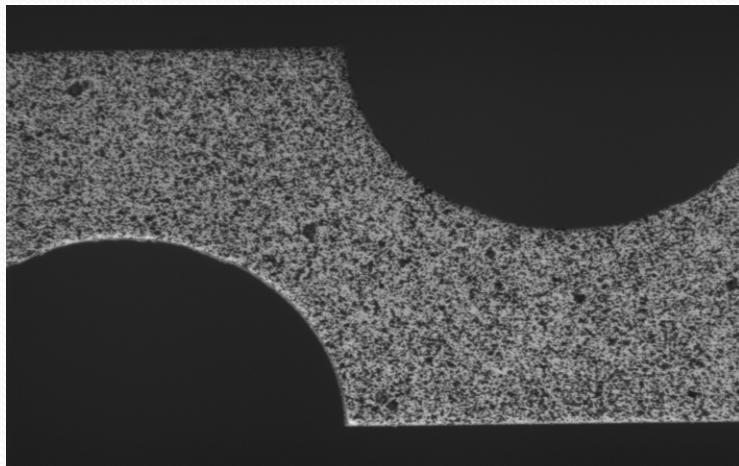


IMMAGINE INDEFORMATA

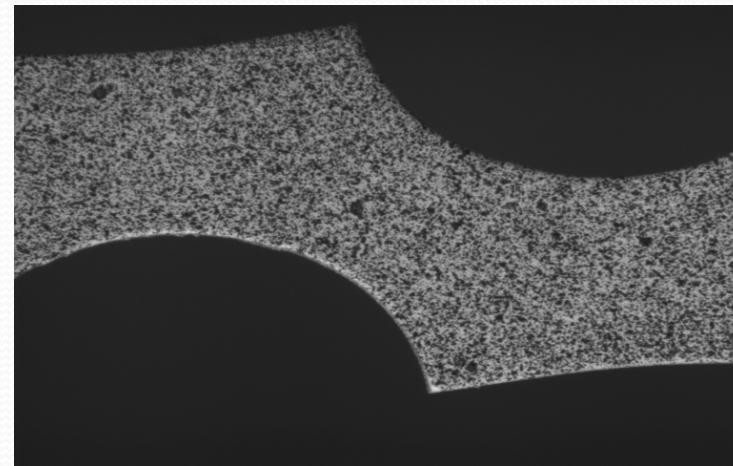


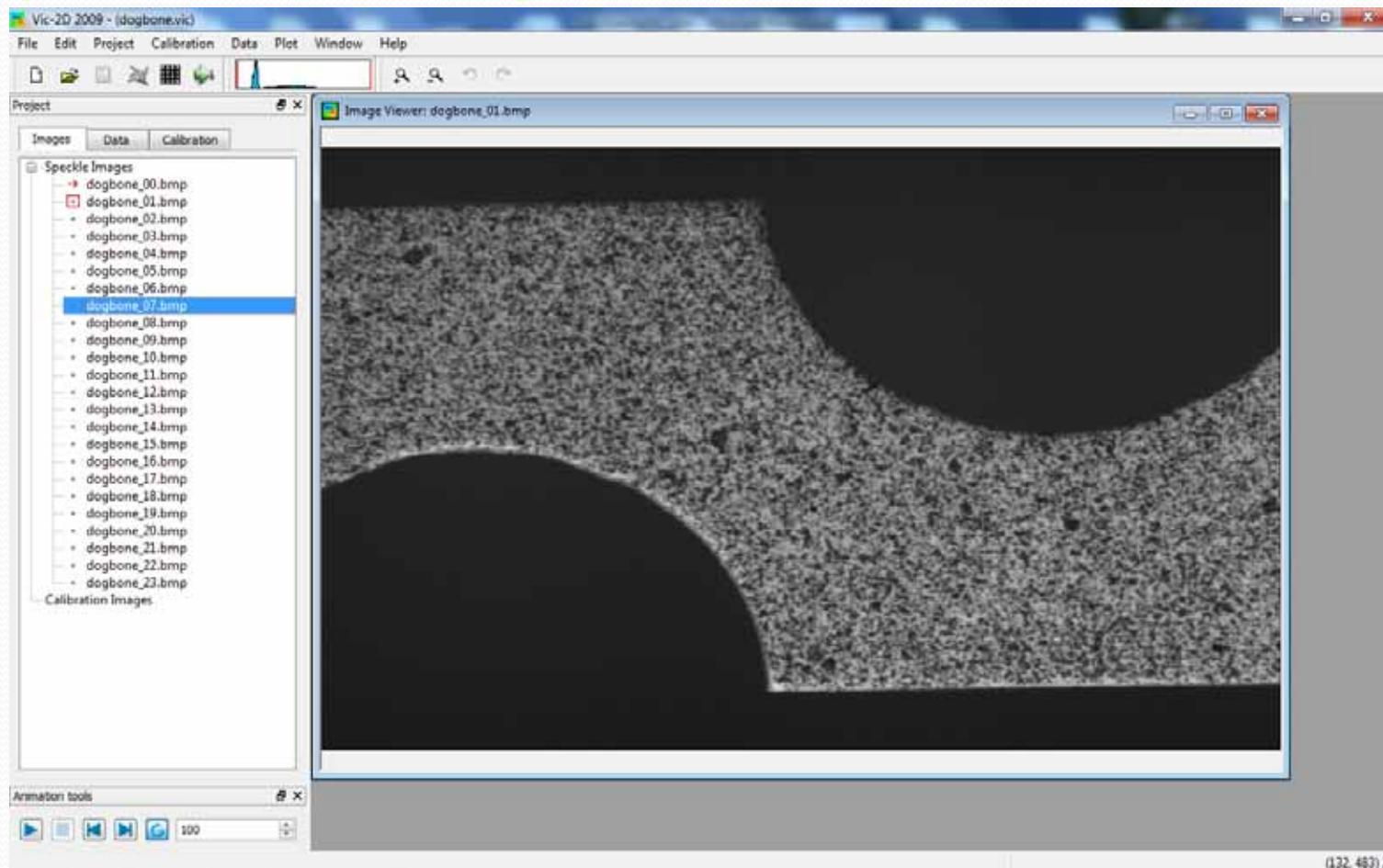
IMMAGINE DEFORMATA



I componenti stampati in additive nascono con lo speckle !!!

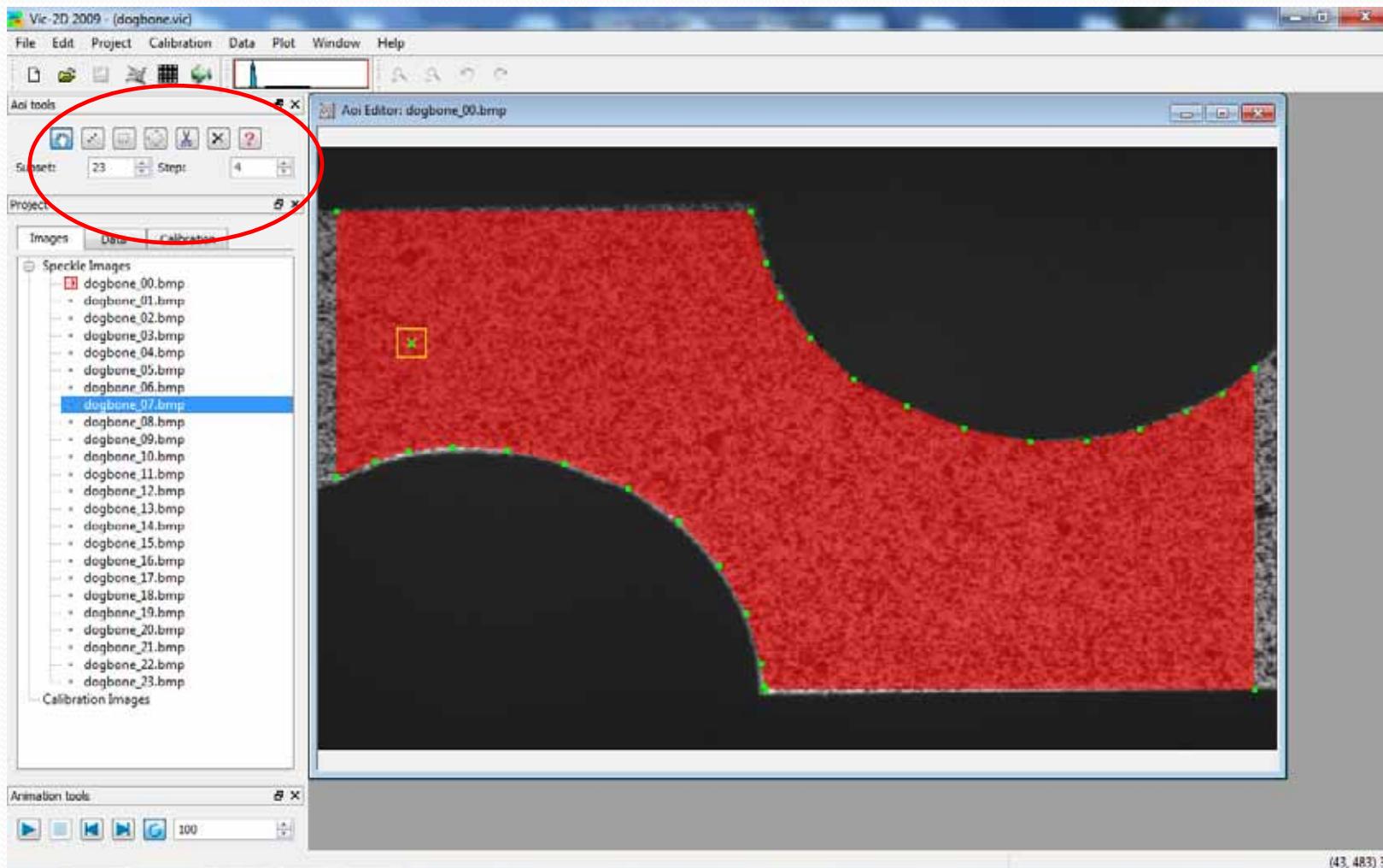
Analisi DIC in 5 brevi passi:

b) Inserimento delle immagini nel software



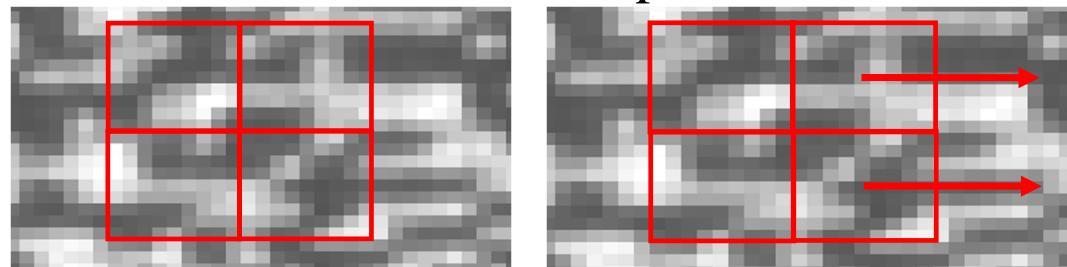
Analisi DIC in 5 brevi passi:

c) Scelta dell'area di interesse AOI, della grandezza della casella di interrogazione e dello step di correlazione

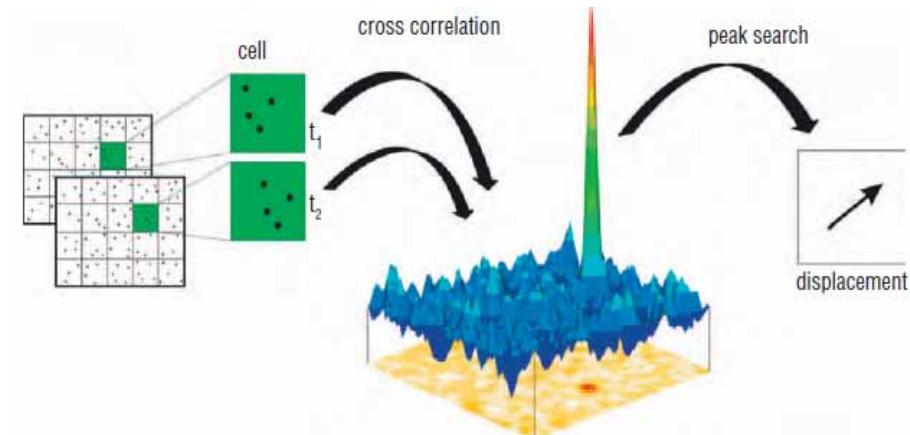


Principio di misura

L'immagine di riferimento è suddivisa in finestre di analisi contenenti un certo numero di pixels

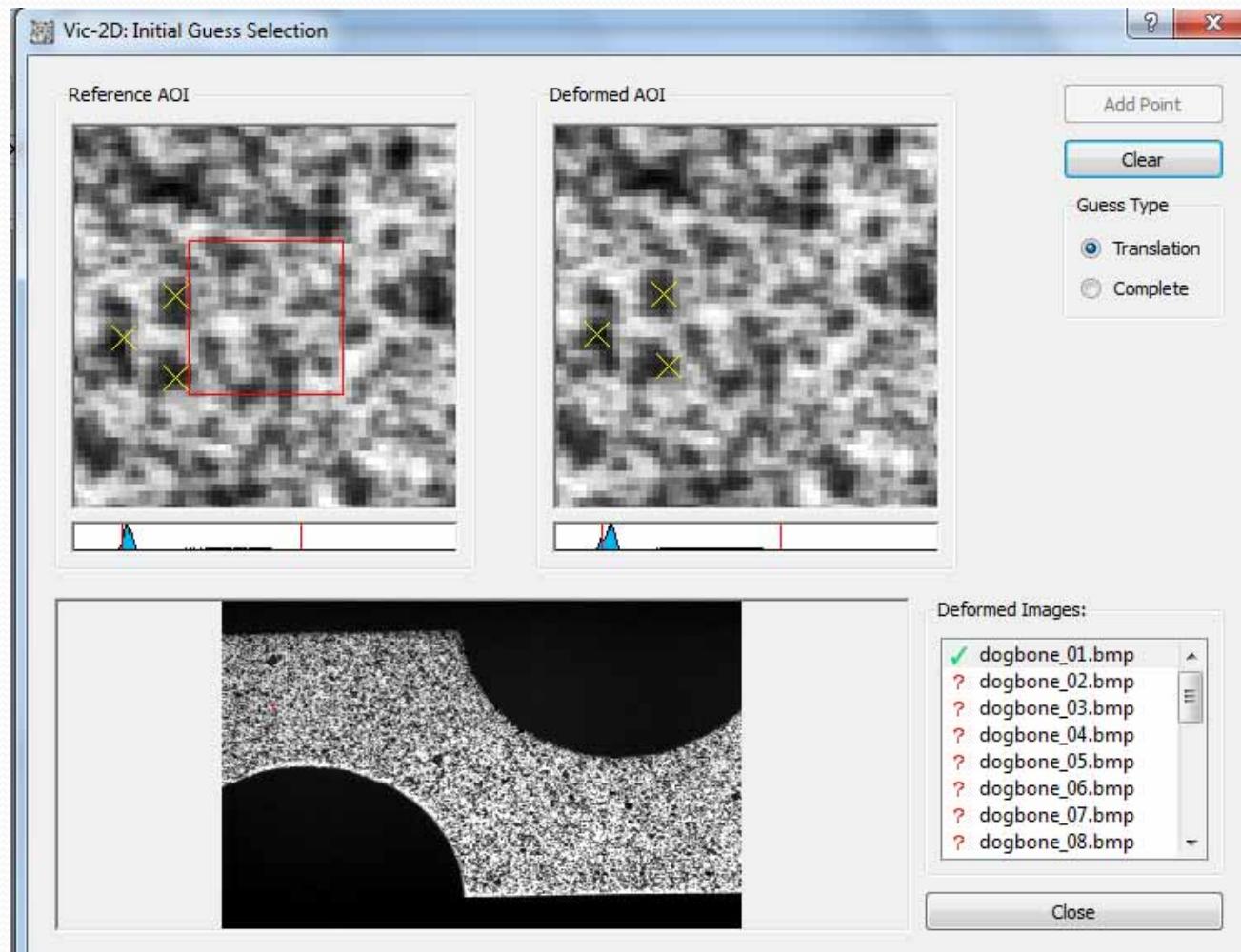


Tramite algoritmi di cross-correlazione si calcolano gli spostamenti e la deformazione della finestra di analisi dopo l'applicazione del carico



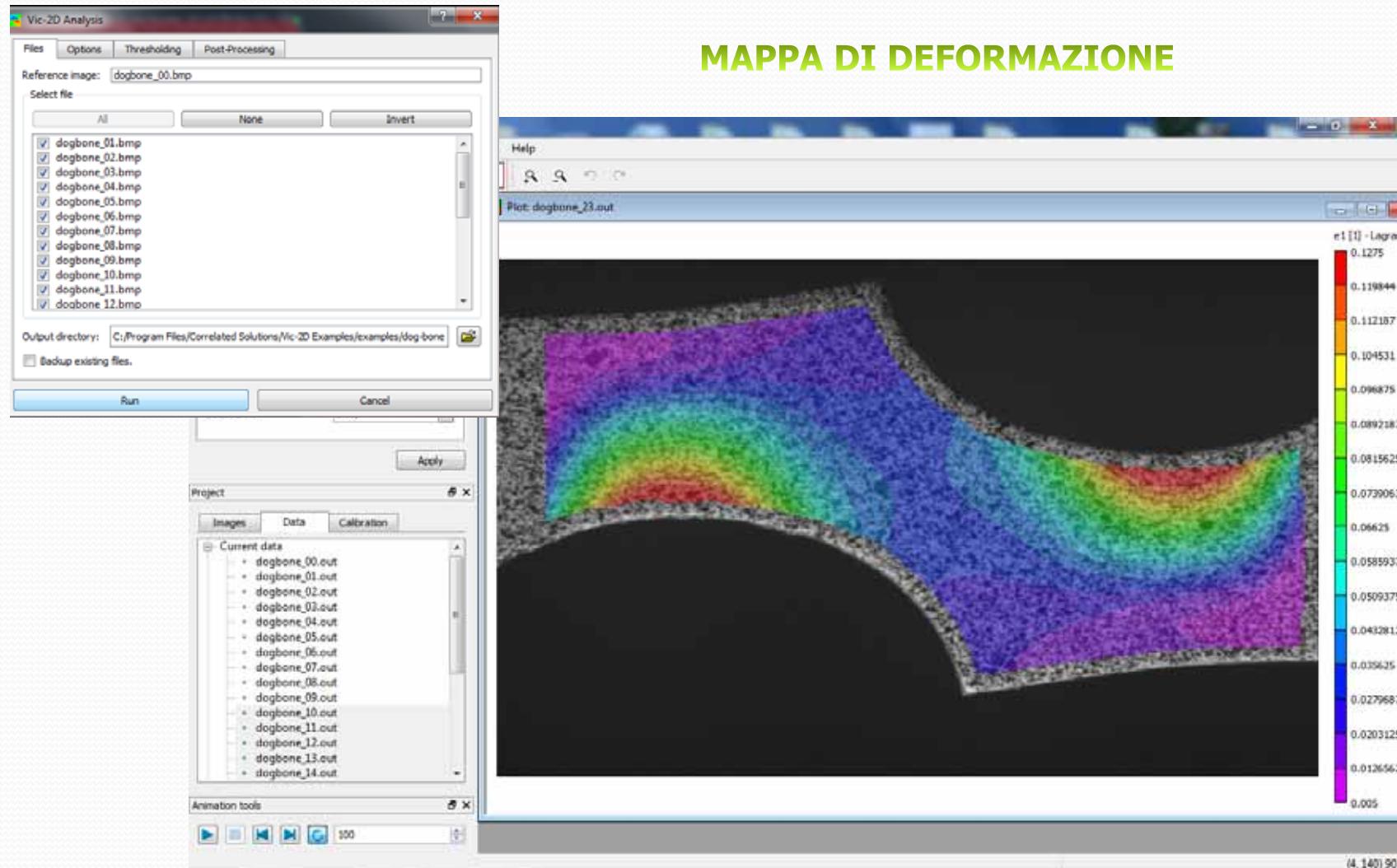
Analisi DIC in 5 brevi passi:

d) Scelta dimensione sottoimmagini e nei casi di elevati spostamenti occorre agganciare manualmente il primo step di calcolo



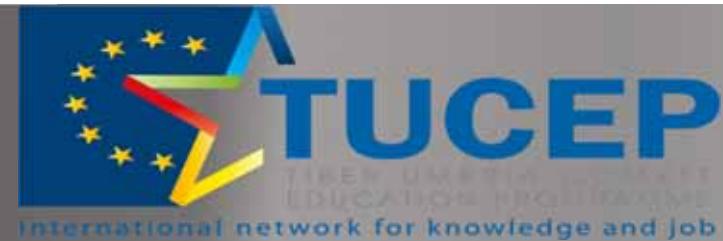
Analisi DIC in 5 brevi passi:

e) Si lancia la correlazione e si valutano i risultati





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PERUGIA



A&T Automation and Testing
Torino, 18-20 Aprile 2018

Metodologie di diagnostica di componenti per l'aerospazio realizzati in Additive Manufacturing

Prof. Gianluca Rossi, Ing. Gloria Allevi

FATTIBILITA' DI ANALISI TERMOELASTICA E DI CAMPI DI SPOSTAMENTO SU BRACKET REALIZZATO IN ADDITIVE MANUFACTURING PER USO AEROSPAZIALE

Gloria Allevi
PhD Student
CISAS «G. Colombo»
Università degli studi di Padova

Gianluca Rossi
Docente di «Misure Meccaniche e Termiche»
Università degli studi di Perugia
Università degli studi di Padova



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PERUGIA

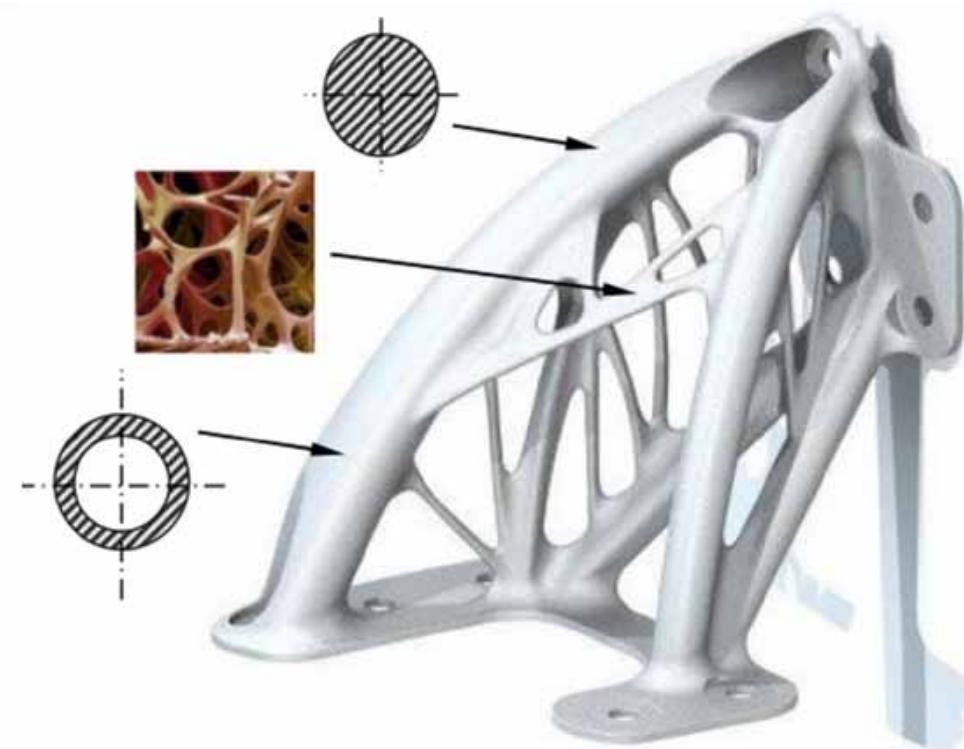


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

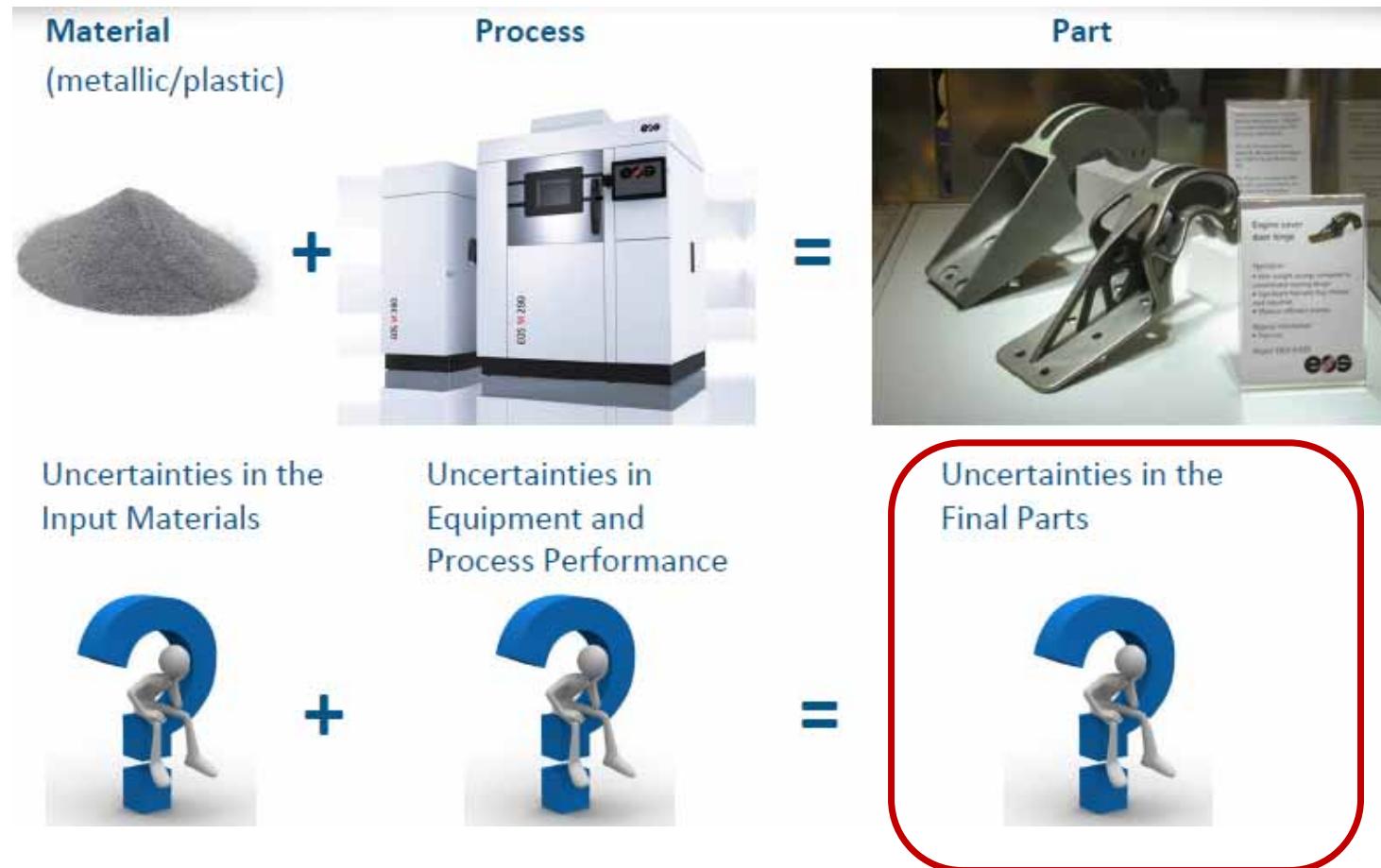


Applicazioni nel settore Aerospace

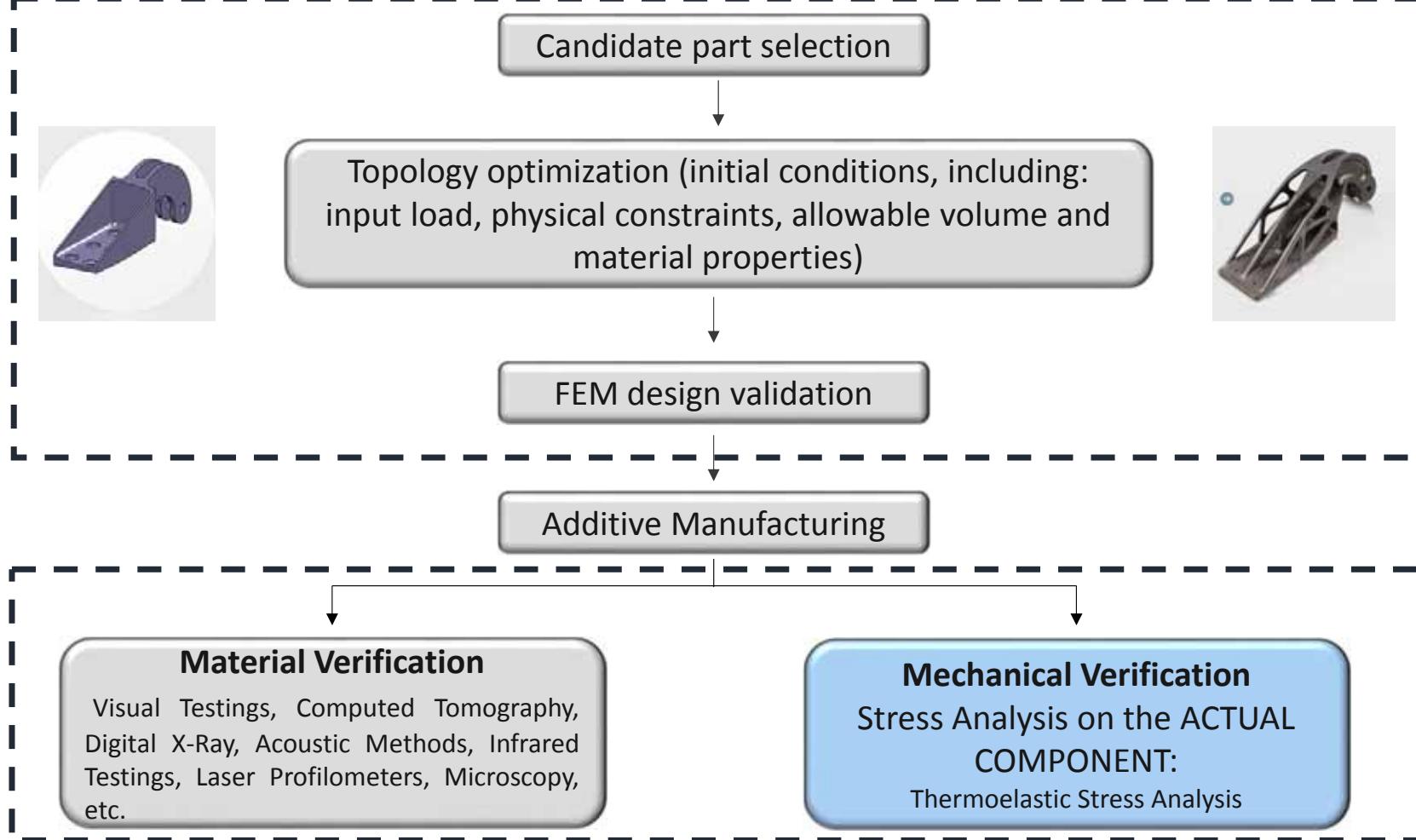
Progettazione di strutture complesse e di peso ridotto



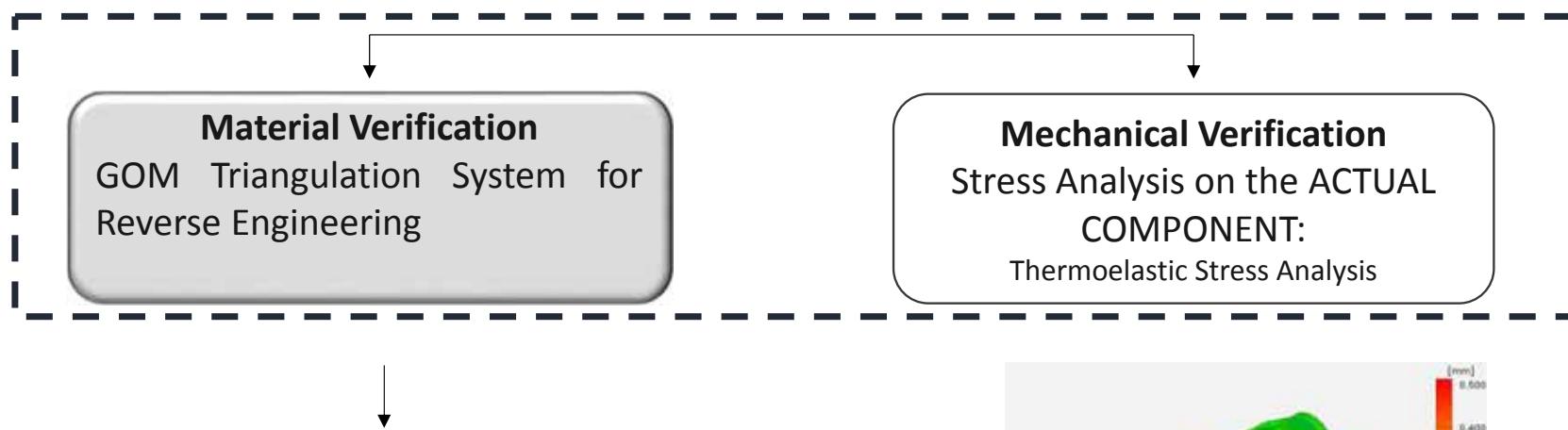
Incertezze AM / Materiali



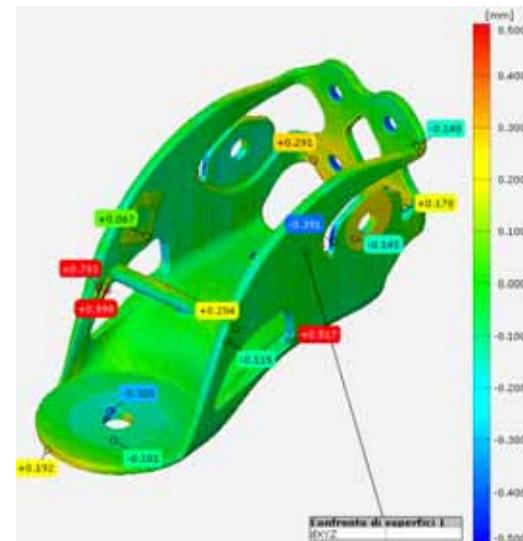
Caso di studio: processi olistici



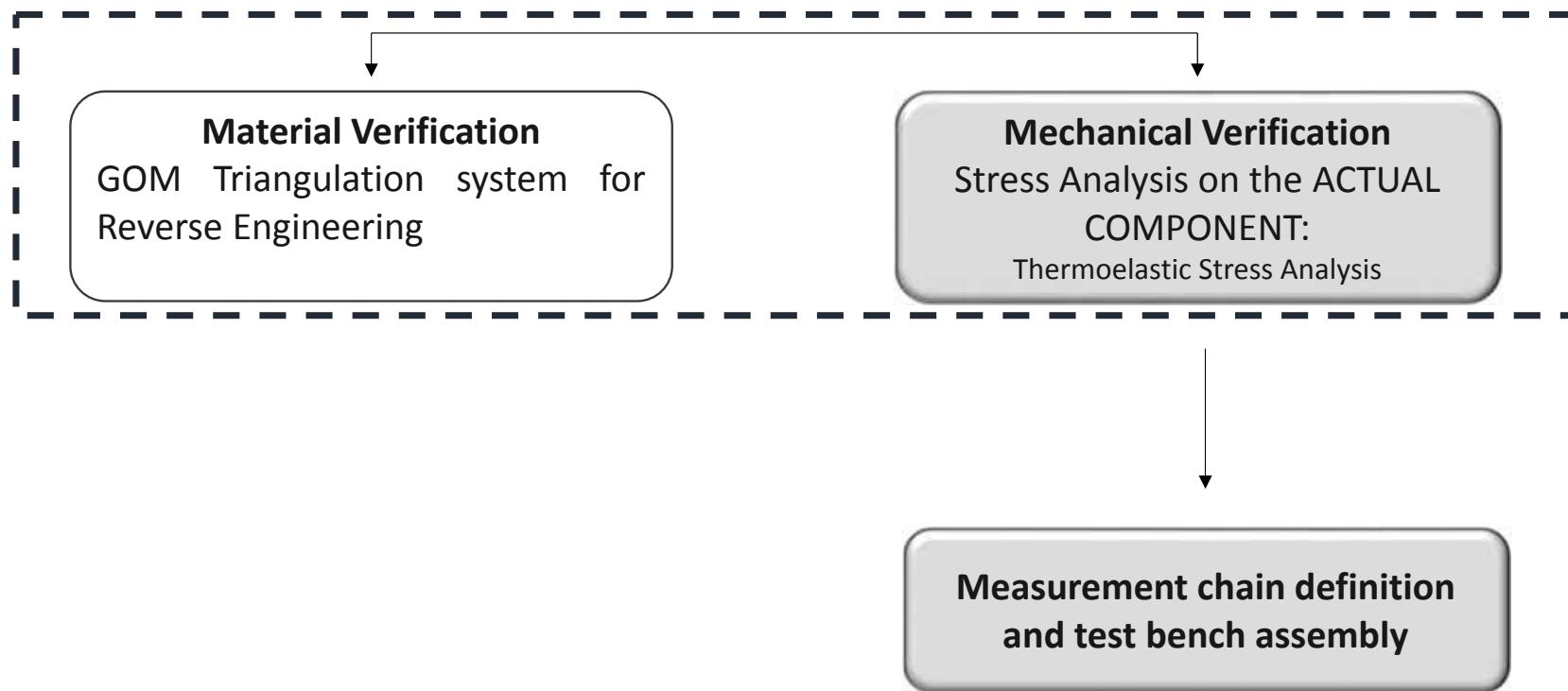
La nostra metodologia



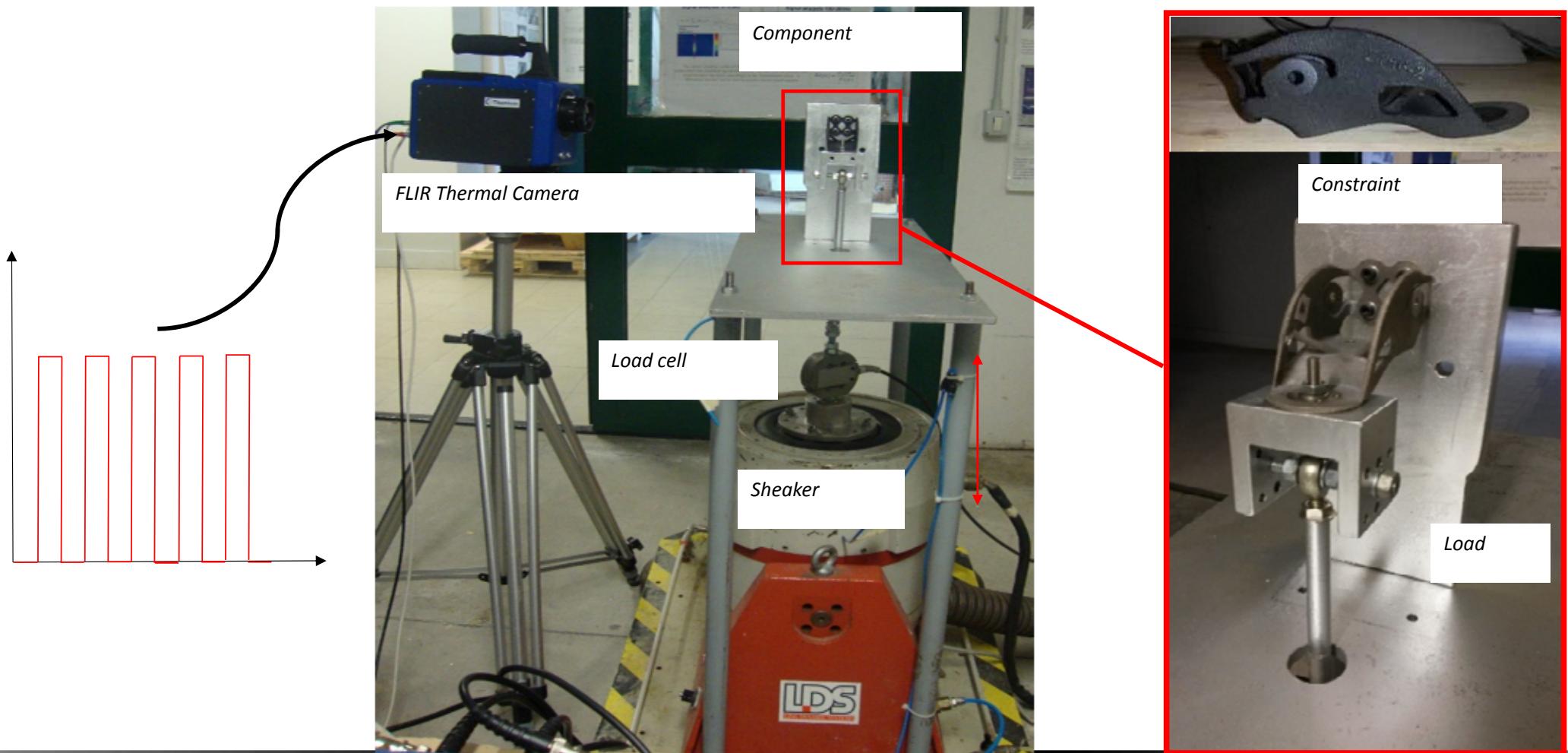
- ✓ GOM ATOS Core 185 Optical Measurement System
- ✓ GOM Correlate Software (best fit alignment tra il componente nominale e quello ricostruito)



La nostra metodologia



Definizione della catena di misura e allestimento del banco prova

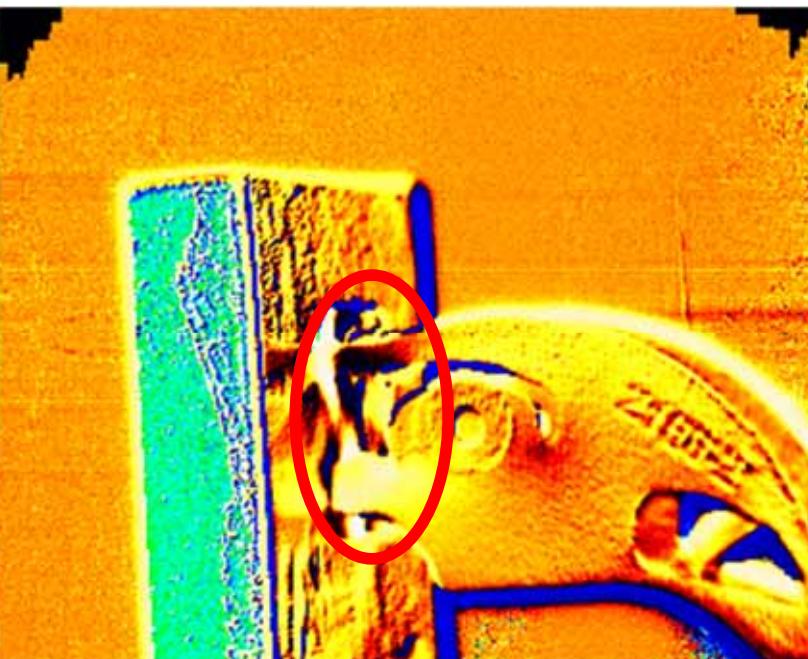


Risultati: distribuzione e segno dello stress

Amplitude



Phase



Distribuzione dello stress

Segno dello stress

INQUADRATURA LATERALE

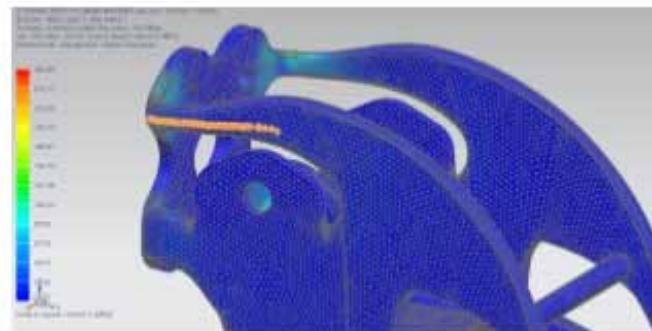


CONFRONTO ANALISI TERMOELASTICA - FEM

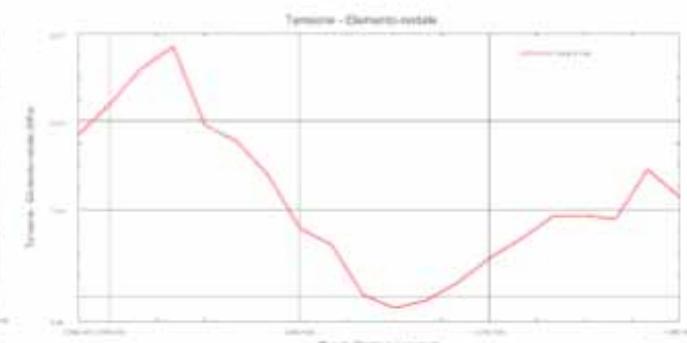
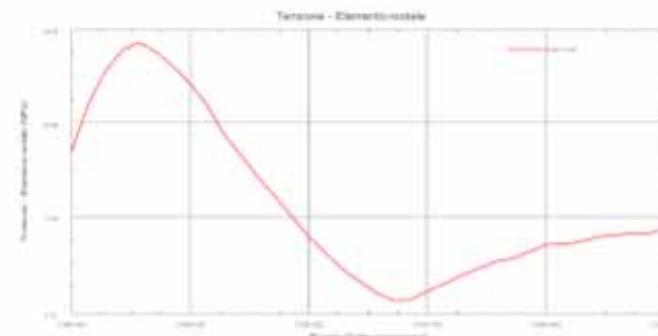
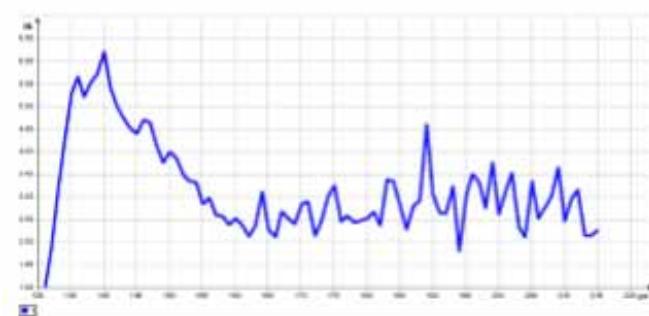
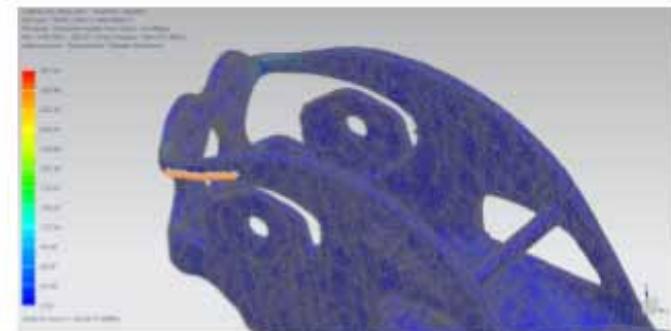
TERMOELASTICITA'



FEM NOMINALE



FEM EFFETTIVO





Progetto PRIN 2016-20: Tecniche sperimentali per la caratterizzazione di strutture trabecolari realizzate in manifattura additiva

Politecnica Marche – Perugia – Messina - Brescia



1 - Stato dell'arte

L'Additive Manufacturing (AM), anche nota come Stampa-3D o Prototipazione Rapida, è una tecnica innovativa che consente di produrre un qualsivoglia oggetto, di geometria anche estremamente complessa, per aggiunta di materiale.

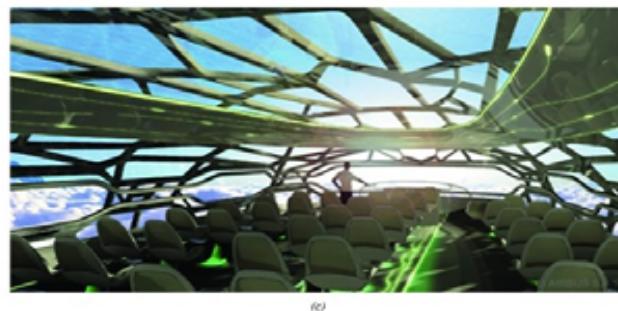
Tra questi oggetti complessi, le cosiddette strutture trabecolari (Figura 1), o lattice structures, stanno catalizzando una sempre maggiore attenzione, perché consentono di adottare criteri progettuali all'avanguardia come quelli della Biomimetica.



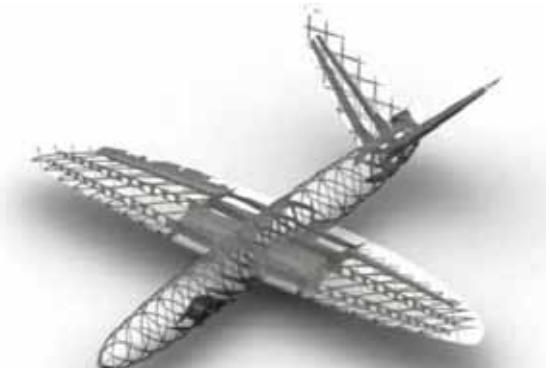
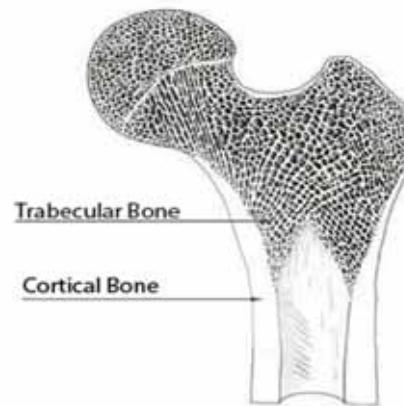
(a)



(b)



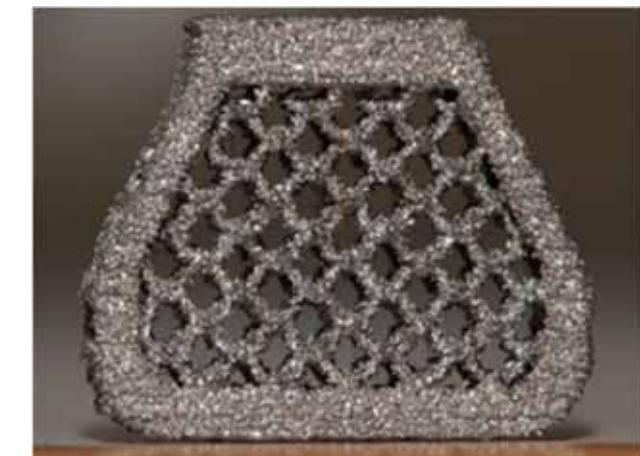
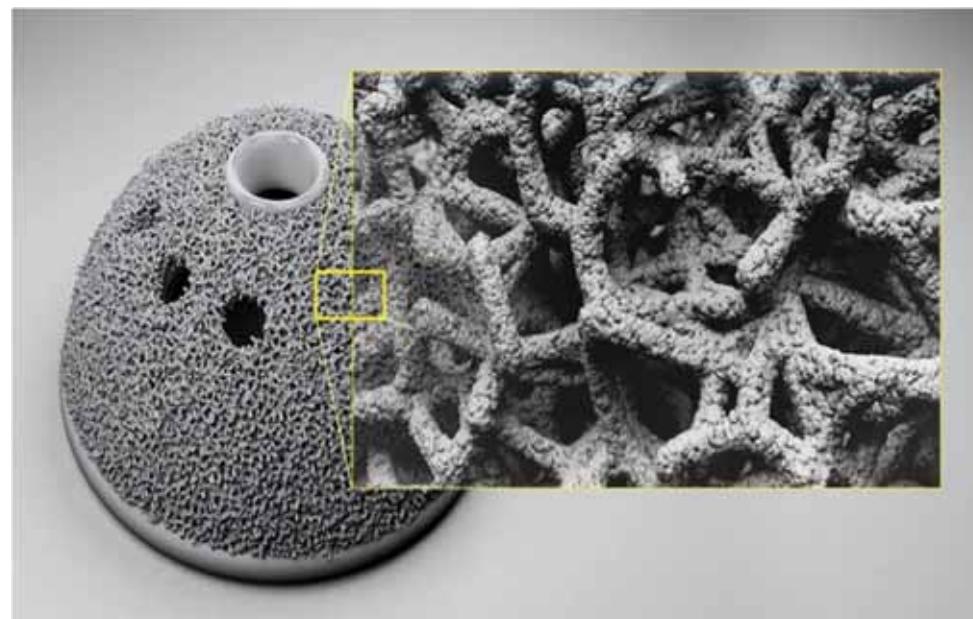
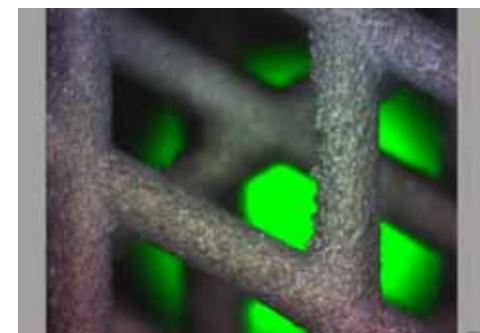
(c)



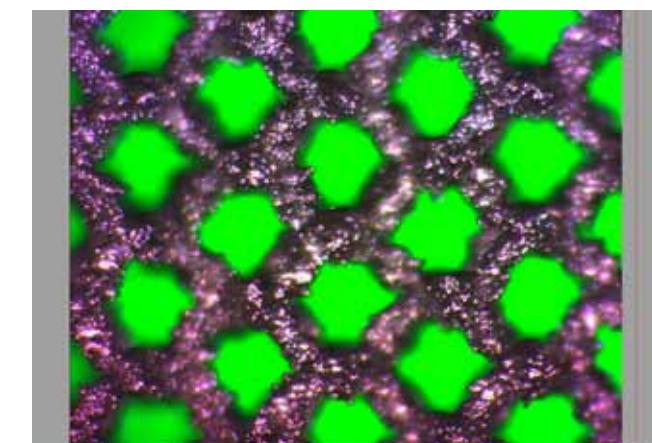
U of Southampton; Newscientist.com; ponoko.com

Figura 1: Esempi di applicazione di strutture trabecolari: (a) viti per protesi dentali; (b) staffa di collegamento (Laser Institute of America); (c)"Concept Cabin", struttura prototipale di cabina ispirata alle ossa degli uccelli (Airbus)

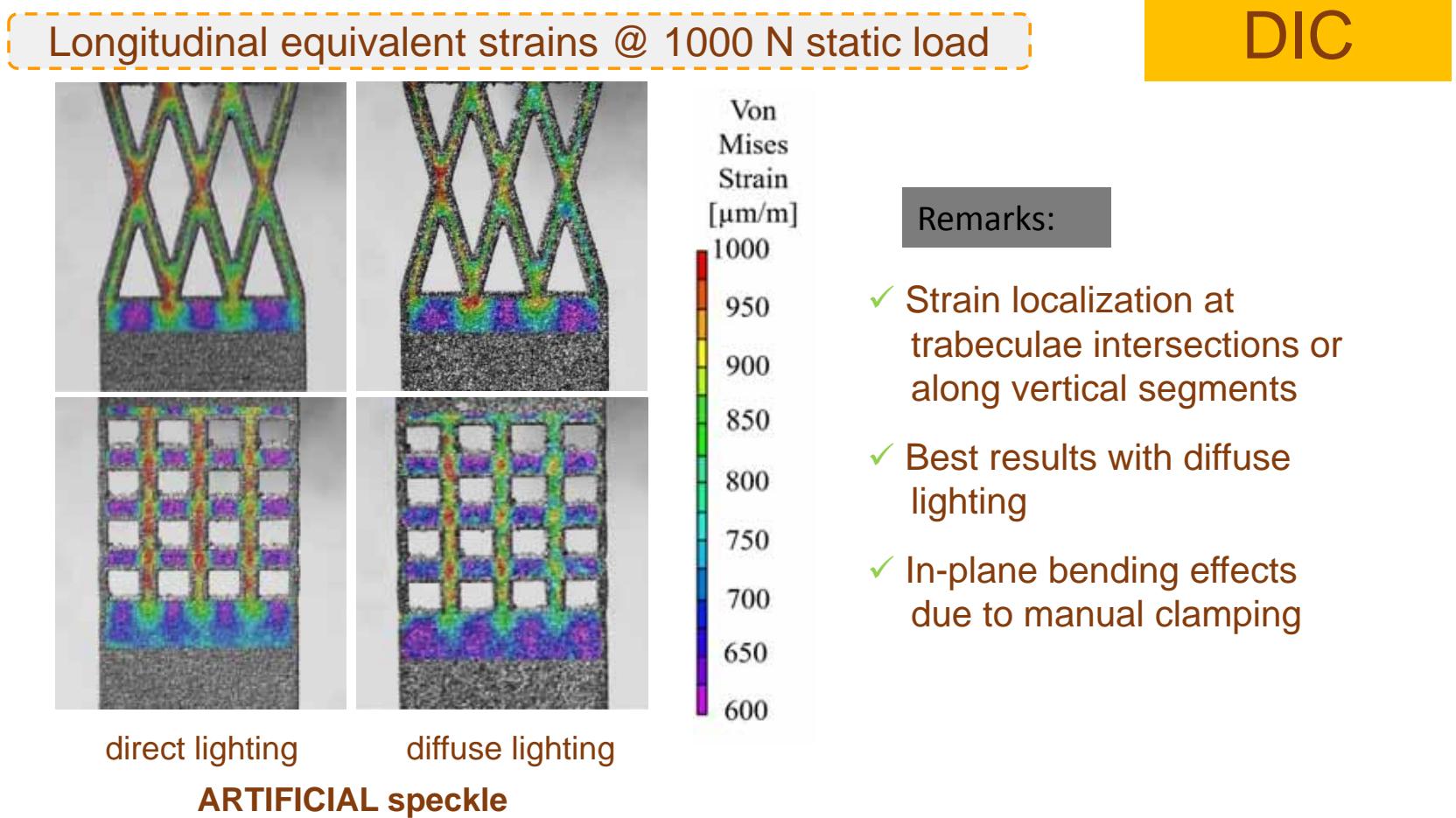
strutture trabecolari: differenze tra il progetto e quanto realizzabile



Obiettivo: sviluppare
tecniche di misura di forma,
stress e strain, vibrazioni



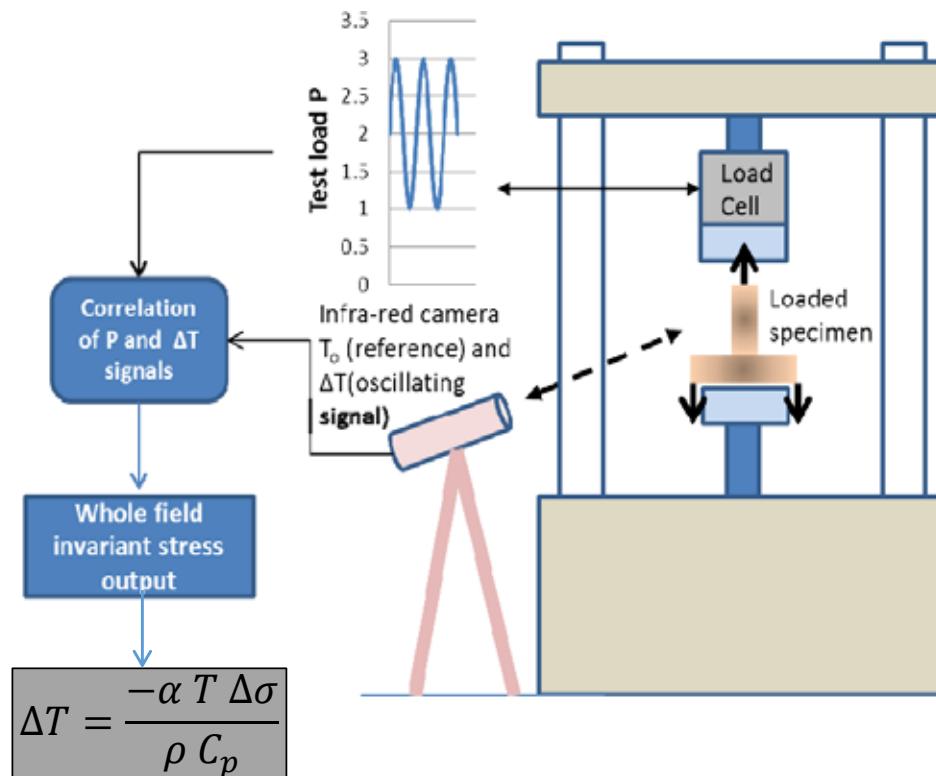
TECNICHE DI MISURA DI DEFORMAZIONI – ALCUNI RISULTATI SU CASI DI PROVA



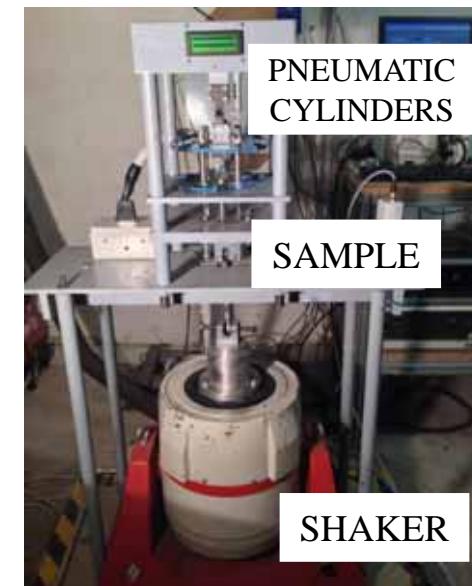
TECNICHE DI MISURA DI STRESS

THERMOELASTIC STRESS ANALYSIS (TSA)

Measuring principle



Dynamic loading system

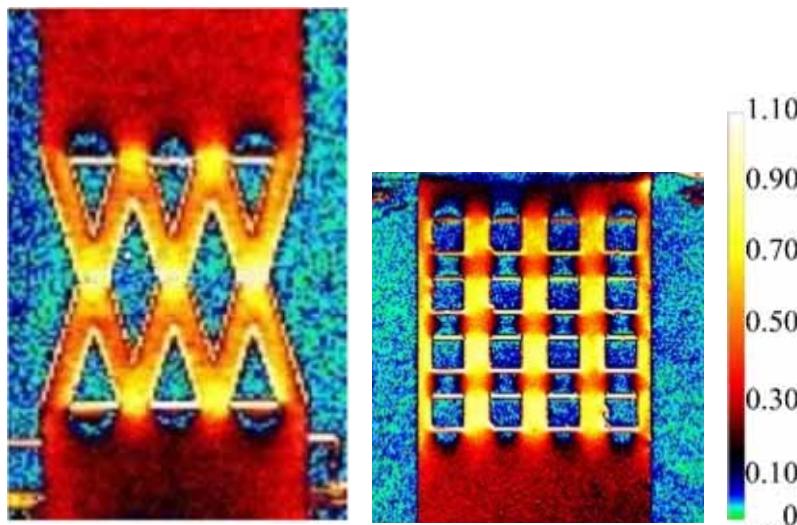


Preload: from 20 to 200 N
Peak-to-peak amplitude: 30 to 250 N
Frequency: from 10 to 70 Hz

DISTRIBUZIONI DI STRESS – ALCUNI RISULTATI

TSA

Invariant equivalent plane stress map: global view



Full-field stress measurement obtained by TSA:
amplitude images obtained with a preload of 200 N,
peak-peak of 200 N, frequency of 50 Hz on trabecular
specimen with a) rhombic and b) square elementary
module.

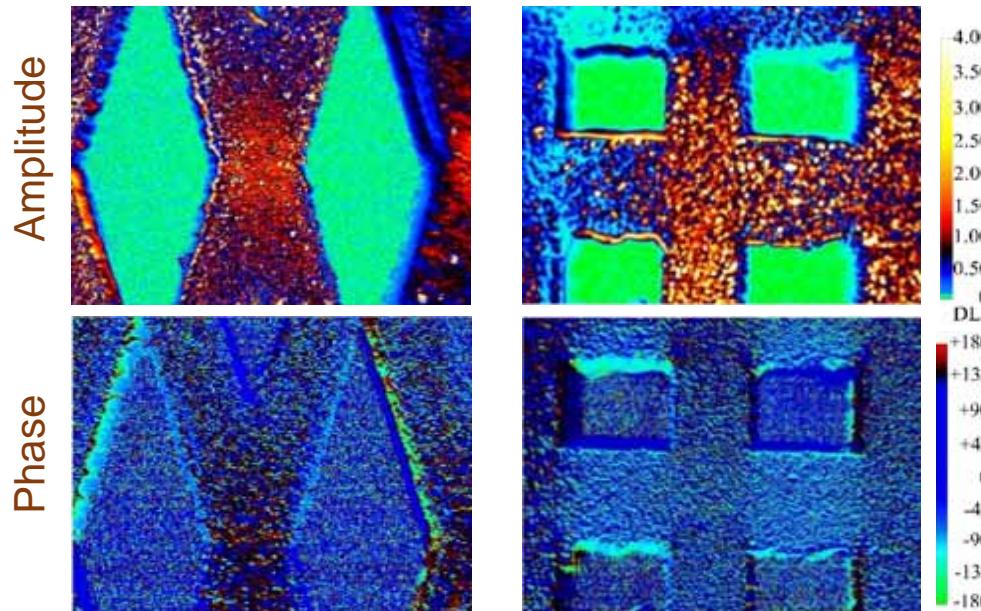
Remarks:

- ✓ High thermoelastic signal
- ✓ Stress focalization at trabeculae intersections or along vertical segments
- ✓ Good correlation with DIC results
- ✓ Negligible in-plane bending effects

DISTRIBUZIONI DI STRESS – ALCUNI RISULTATI

TSA

Invariant equivalent plane stress map: close-up view



Remarks:

- ✓ Stress focalization at trabeculae intersections or along vertical segments
- ✓ Undesired edge effects in phase images due to uncompensated rigid motions

Amplitude images a), b) and phase c), d) obtained with preload of 200 N, peak-peak of 200 N, frequency of 50 Hz on trabecular specimen with elementary rhomboid (on the left) and square elementary module (on the right).

In conclusione, che ci serve ?



**THINKING OUTSIDE
THE BOX**
madelun. 07

**KNOW ADDITIVE
THINK ADDITIVE
DESIGN ADDITIVE
+
TESTING ADDITIVE**

Conoscenza su queste nuove tecnologie in continua evoluzione per avere nuovi progettisti con in mano nuove tecniche di produzione, di progetto, di testing per realizzare nuovi prodotti