



ASSOLOMBARDA
Confindustria Milano Monza e Brianza

Dispositivo per la stampa 3D di oggetti metallici e ceramici

Speaker

Prof. Hermes Giberti

6 luglio 2016



Agenda

- Il contesto
- Descrizione del progetto
- Aree tematiche di ricerca
- Conclusioni e sviluppi futuri

Questo progetto si inserisce all'interno di un incubatore di idee del Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano chiamato VaLYuM (Virtual Laboratory of Young Mechanical [®]researchers)

VaLYuM[®] è un laboratorio virtuale per lo sviluppo di progetti di ricerca ed iniziative ad elevato impatto comunicativo

I progetti VaLYuM[®] potranno appartenere a diverse categorie:

- Progetti per la realizzazione di ricerche/dispositivi che possono essere utilizzati in occasioni divulgative (open day, notte dei ricercatori, ecc.)
- Progetti per l'approfondimento di attività di ricerca che potranno poi essere ulteriormente sviluppate in bandi regionali/europei/PNO
- Progetti di ricerca non supportati da autofinanziamento o da fondi pubblici.

Progetto Hephaestus



Extrusion of feedstock for sintering tiny objects

- **OBIETTIVO** generale
 - Sviluppo di una nuova macchina per la stampa 3d di oggetti metallici o ceramici, tramite estrusione e successiva sinterizzazione
- **DATA** inizio progetto: 17 luglio 2014
- **SPESE** finora sostenute
 - Circa 57 k€ fondo VALYUM
 - 15 k€ co-finanziamento
- **MAIN STAFF**, coinvolte 5 sezioni del Dipartimento + MUSP
 - STRANO-ANNONI-URGO (tecnologie), MUSSI (MUSP), GIBERTI (sistemi), TARABINI (misure), LECIS-CASATI (materiali), ROSA-GRAZIOSI (disegno)
- **RISULTATI** principali
 - Concept macchina + processo dimostrato
 - 4 Articoli scientifici su conferenza internazionale pubblicati
 - 2 Brevetti sottomessi
 - 2 articoli su rivista scientifica internazionale sottomessi
 - 8 tesi di laurea svolte



Obiettivo generale del progetto

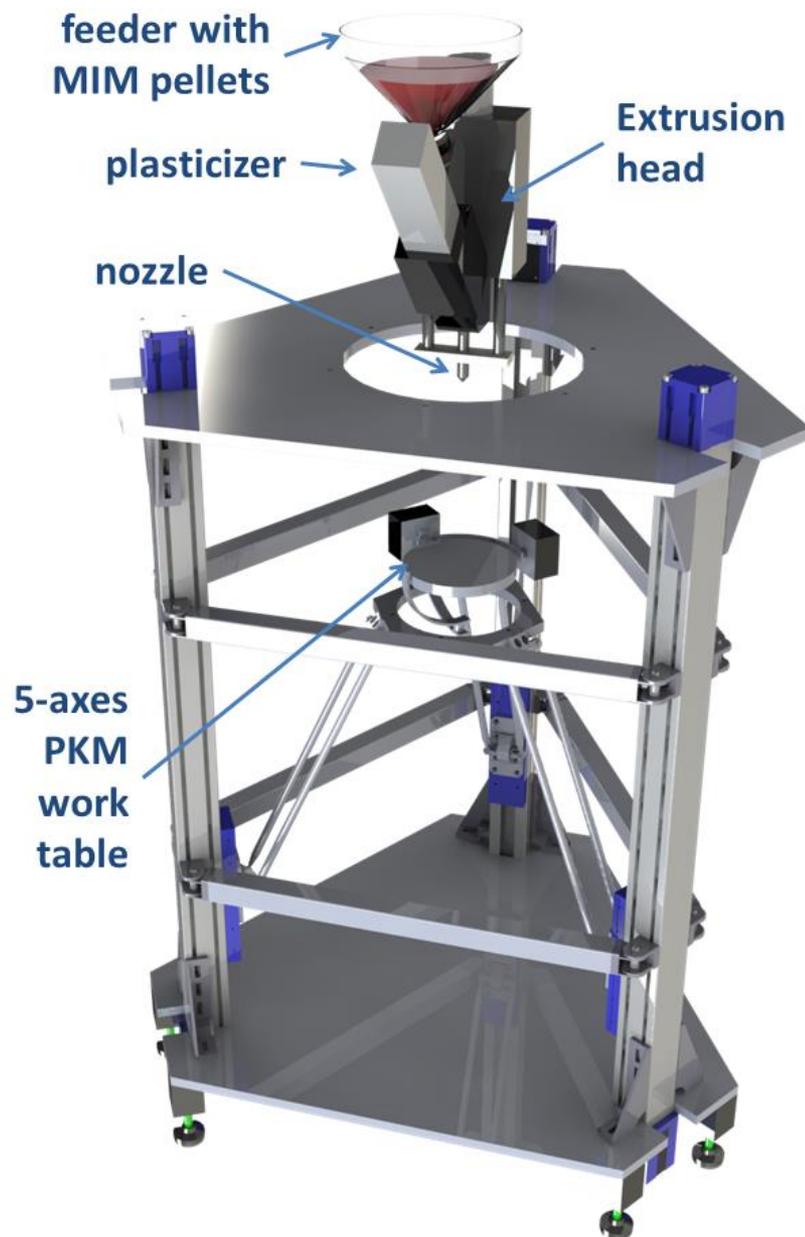
Sviluppo di una nuova **macchina** per la **stampa 3d** di oggetti metallici o ceramici, tramite **estrusione** e successiva sinterizzazione

PROCESSO

- Estrusione tipo FDM, Fused Deposition of metal/ceramic powder + binder mixture

MACCHINA

- Testa fissa da stampaggio a iniezione, con assi controllati CNC
- Tavola mobile: robot a cinematica parallela 5 assi





Aree ed attività di ricerca e sviluppo

1. Feedstock

(casati-lecis-mussi-strano)

- Preparazione e caratterizzazione precursori polvere+ binder+ nanocariche

2. Estrusore

(annoni-giberti-mussi-strano)

- Progettazione e realizzazione testa di estrusione CNC
- Ottimizzazione geometria ugello e parametri estrusione

3. Tavola PKM di deposizione

(annoni-giberti-tarabini)

- Progettazione e realizzazione attuazione tavola dedicata al processo
- G-Code -> Controllo Assi

4. Programmazione ciclo di deposizione

(graziosi-rosa-urgo)

- Definizione, programmazione e implementazione di traiettorie di deposizione ottimizzate
- Processo CAD -> CAM -> G-Code

5. Processo di debinding-sintering

(mussi-strano)

- Studio e miglioramento trattamento

6. Caratterizzazione prodotti (casati-lecis-mussi-strano)

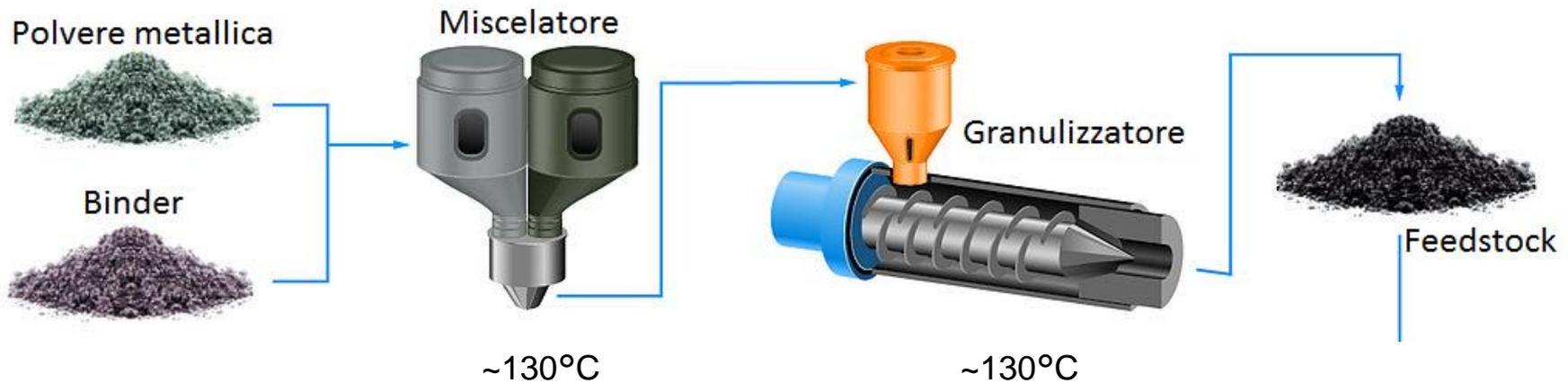
- Caratterizzazione microstrutturale, meccanica e geometrica dei manufatti ottenuti



1. Feedstock

Implementato con successo un metodo di preparazione del feedstock «tradizionale»

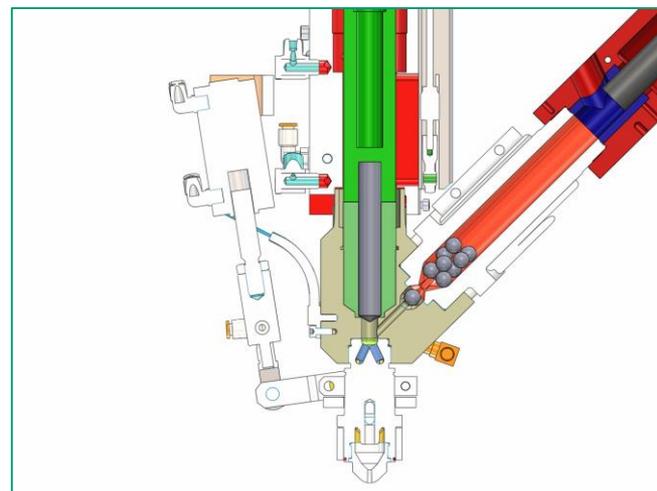
- Polvere metallica o ceramica
 - Testate polveri di acciaio inox, inconel, zirconia
 - > 90% in peso
- Legante polimerico
 - < 40% in volume
 - Solubile in acqua (PEG) e dopo degradazione termica (PE)





2. Estrusore

- Progettato e realizzato un estrusore CNC
 - Pistone di plasticizzazione + pistone di iniezione

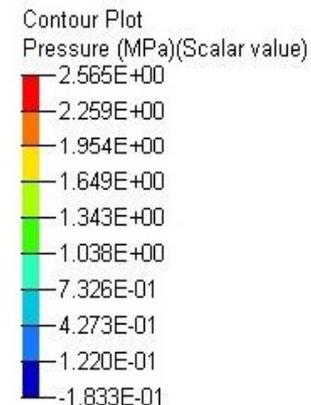
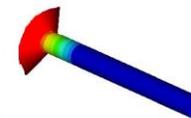
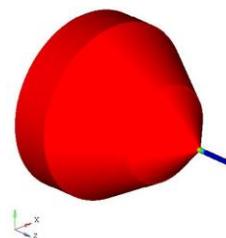


- Eseguite prove preliminari di estrusione su diversi materiali

- Inox
- Inconel
- zirconia



- Sviluppato modello di simulazione FEM del processo di estrusione per ottimizzare geometria ugello



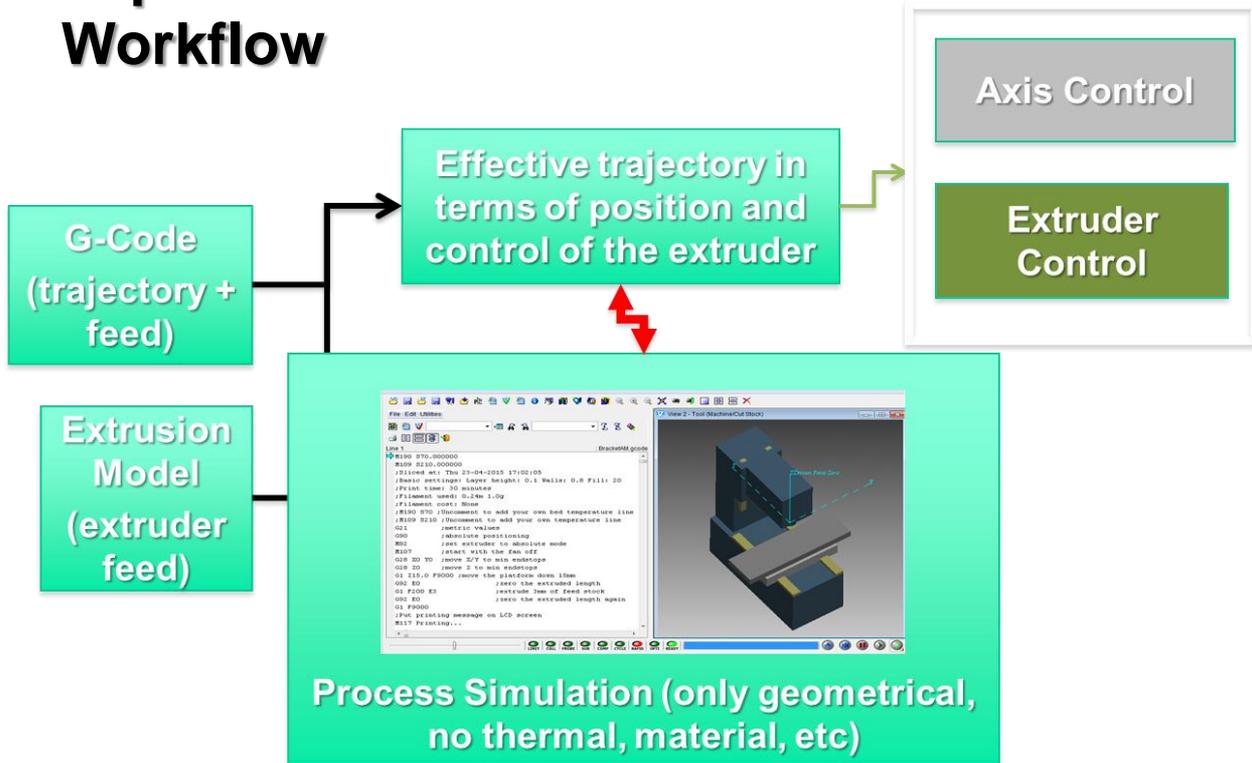


3. Tavola di deposizione PKM

Progettata e realizzata la tavola finora con 3 assi paralleli



Progettato e in via di implementazione il CAD/CAM Workflow

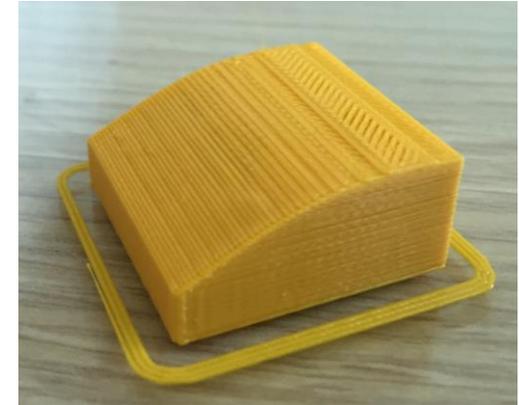
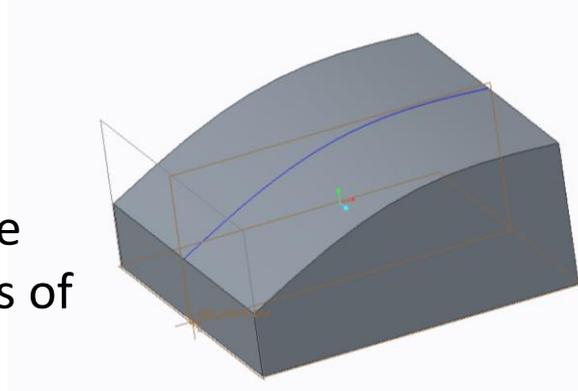




4. Programmazione ciclo di deposizione

To avoid the **stair stepping effect** we can orient vertically this object...

... but this is not always feasible (especially if the other surfaces of the objects are not planar)



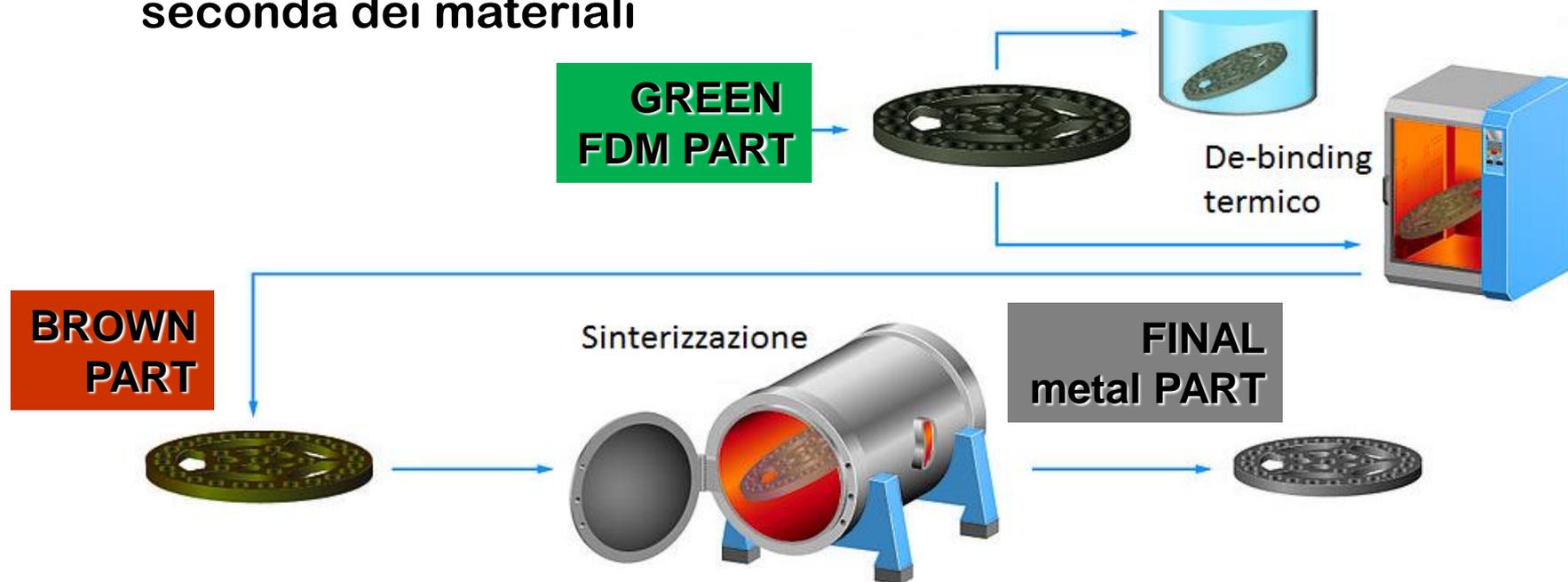
- **SOLUTIONS:**
 - **Adaptive Curved slicing**
 - **5 axes kinematics**



5. Processo di debinding-sintering

Sperimentato presso MUSP il ciclo di debinding-sintering con successo per vari materiali

- Debinding in acqua con anti-ossidanti
 - Si rimuove la frazione PEG del binder
- Sintering in aria o argon a seconda dei materiali



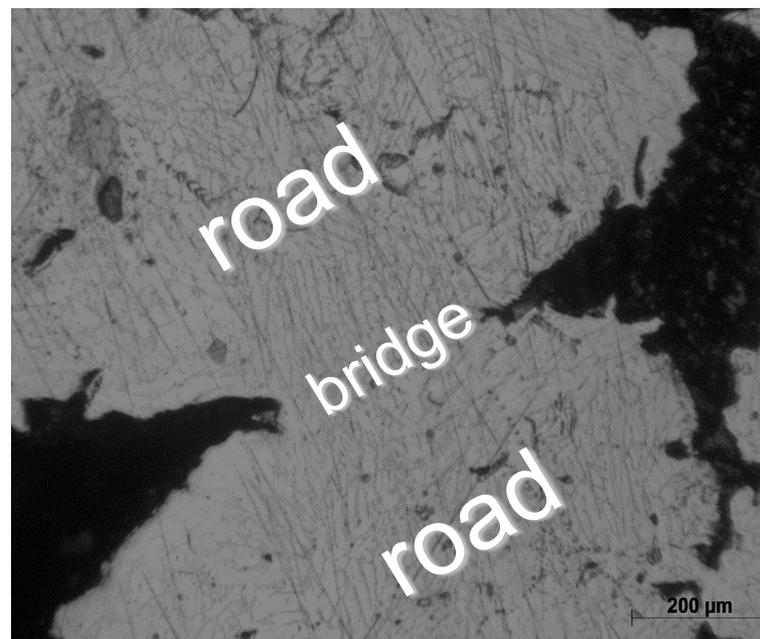
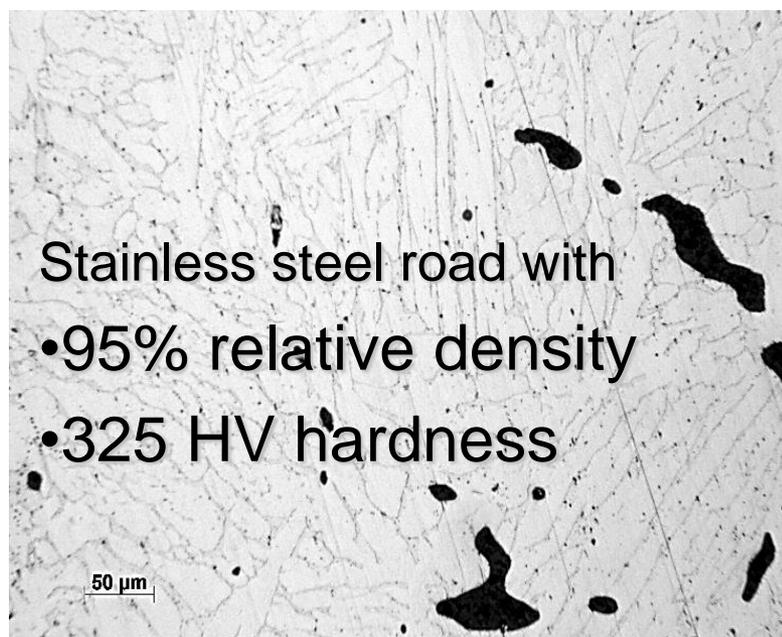


6. Caratterizzazione prodotti

Eseguite misure sui fili estrusi

- Durezze ottenute confrontabili con i dati dei materiali MIM
- Porosità residua tra 1 e 6% entro la singola road
- Ottenuta saldatura tra road metalliche adiacenti o sovrapposte

Non ancora disponibile alcun vero provino 3DP





Conclusioni e sviluppi futuri

Il PROGETTO: La fattibilità della tecnologia è stato dimostrata e la macchina si trova in fase di sviluppo.

In particolare

1. FEEDSTOCK

- Produzione campioni di feedstock nanocompositi tramite ball milling

2. ESTRUSORE

- Ottimizzazione geometria ugelli

3. TAVOLA DEPOSIZIONE

- Sviluppo accessori per deposizione
- Integrazione del polso con 2 assi rotazionali

4. PROGRAMMAZIONE

- Generazione G-Code da modello CAD

5. SINTERIZZAZIONE

- Riduzione tempo ciclo

6. CARATTERIZZAZIONE

- Realizzazione provini per trazione e prototipi 3D





2 Articoli su rivista (submitted)

- submitted a JMSE, [A novel direct metal additive manufacturing process based on feedstock extrusion](#), casati/lecis/strano/giberti/mussi
- Submitted a ACTA MATERIALIA, [Effect of ball milling on the aging response of Al2618 composites reinforced with SiC and oxide nanoparticles](#), Casati/Fiocchi/Fabrizi/Lecis/Bonollo/Vedani

4 Articoli a convegno internazionale

- M. Annoni, H. Giberti, M. Strano, [Feasibility study of an extrusion-based direct metal additive manufacturing technique](#), SME NAMRC 44, 44th SME North American Manufacturing Research Conference, Volume XXX, 2016, Pages 1–12
- H. Giberti, E. Fiore, L. Sbaglia, [Dimensional Synthesis of a 5-DOF Parallel kinematic Manipulator for a 3d printer](#), 16th International Workshop on Research and Education in Mechatronics, REM 2015, 18-20 November 2015, Bochum, Germany.
- H. Giberti, E. Fiore, L. Sbaglia, [Kinematic synthesis of a new 3D printing solution](#), MATEC Web of Conferences, 45 (2016) 04013
- H. Giberti, M. Strano, M. Annoni, [An innovative machine for Fused Deposition Modeling of metals and advanced ceramics](#), MATEC

2 Brevetti (submitted)

- [Brevetto su combinazione estrusore-tavola PKM \(strano-annoni-giberti\)](#)
- [Brevetto su traiettorie curve \(rosa/graziosi\)](#)

8 Tesi di laurea

- 1 tesi sez. LECIS-CASATI, 1 STRANO, 5 GIBERTI, 1 TARABINI