

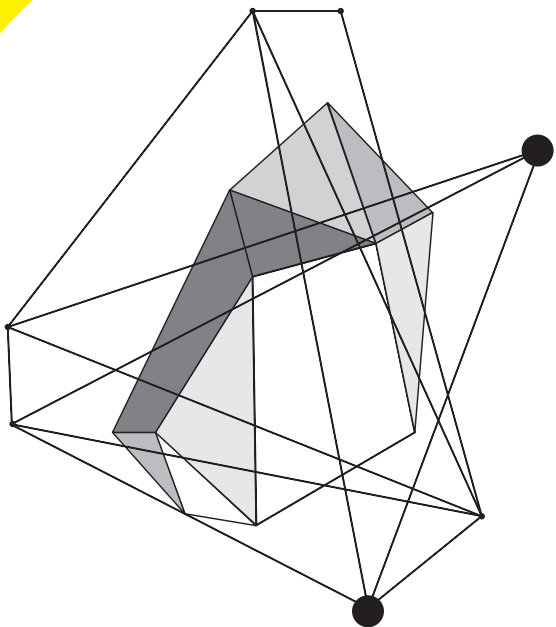
20  
11  
18

**PoliEFUN**



POLITECNICO  
DI MILANO

**TECNOLOGIE  
AVANZATE  
DI SUPERFICIE  
PER L'ADDITIVE  
MANUFACTURING**



[www.poliefun.org](http://www.poliefun.org)

CON  
IL PATROCINIO DI



**I processi di stampa 3D stanno rivoluzionando il modo di progettare, produrre ed utilizzare molti componenti, sia in polimero sia in metallo, per applicazioni nell'industria e nella vita di tutti i giorni.**

I relativi processi di stampa, basati sul concetto della **“fabbricazione additiva”** comunemente nota anche con il termine inglese di **“Additive Manufacturing”**, si stanno rapidamente perfezionando ed i sistemi di stampa industriale sono ormai presenti in diverse tra le aziende manifatturiere più avanzate.

Accanto allo sviluppo delle tecnologie di fabbricazione ed ai materiali più adatti, nasce in modo spontaneo l'esigenza di creare conoscenze e tecnologie per modificare nel modo voluto le superfici delle parti prodotte per Additive Manufacturing. Ci si riferisce in special modo agli aspetti sulla finitura superficiale, ai trattamenti ed ai rivestimenti, al controllo delle tensioni residue.

La giornata proposta da Poliefun su questi aspetti ha quindi l'intento di riunire esperti, utilizzatori ed interessati per creare un momento di aggiornamento e di scambio di informazioni tecniche e scientifiche. Interverranno inoltre aziende produttrici e centri di service per l'additive manufacturing con esempi reali di applicazioni.

## **Politecnico di Milano**

Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta"

Dipartimento di Meccanica

**Aula "Giulio Natta"**

**Piazza Leonardo da Vinci 32**

**ORE 14.00-18.00**

### **PROGRAMMA**

14:00 Registrazione partecipanti

14:15 Saluto di benvenuto del Presidente Poliefun

14:30 **Principi dell'Additive Manufacturing per i metalli e proprietà delle superfici**

*R. Casati<sup>1</sup>, D. Gastaldi<sup>2</sup>, M. Hamidi<sup>1</sup>, N. Lecis<sup>1</sup>, M. Vedani<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Politecnico di Milano, Dipartimento di Meccanica

<sup>2</sup> Politecnico di Milano, Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica

15:00 **Nuovi processi di finitura per canali e camere interne di parti prodotte per Additive Manufacturing**

*A. Falzetti, A. Giussani - Rösler Italiana SpA, Concorezzo (MB)*

15:20 **Tattamento superficiale mediante tecnica LEHCEB di componenti prodotti per manifattura additiva**

*Massimiliano Bestetti<sup>1</sup>, Antonello Vicenzo<sup>1</sup>, Silvia Franz<sup>1</sup>,  
Mazdak I. Hashempour<sup>1</sup>, Alexey Markov<sup>2/3</sup>, Evgeny Yakovlev<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Politecnico di Milano, Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica

<sup>2</sup> Tomsk Scientific Center SB RAS, Tomsk (Russia)

<sup>3</sup> Institute of High Current Electronics SB RAS, Tomsk (Russia)

15:40 **Rivestimenti superficiali PVD-CVD-DLC per prodotti da AM**

*P. Croci - Lafer SpA, Piacenza*

16:00 Coffee Break

16:15 **Presentazione e premiazione Tesi**

16:30 **Rilievo di tensioni residue mediante diffrazione di raggi X duri, su componenti ottenuti con additive manufacturing**

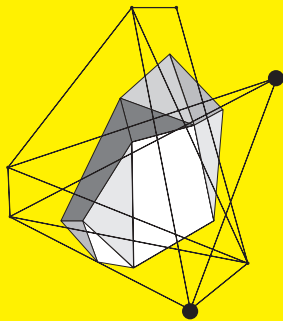
*P. Marconi - 2effe Engineering Srl, Brescia*

16:50 **Componenti innovativi per sistemi idraulici prodotti mediante SLM**

*A. Tacconelli, V. Tirelli - AIDRO Hydraulics Srl, Taino (VA)*

17:10 **Preparazione e finitura di prototipi in polimeri e in metallo**

*S. Arena, I. Moriggi - Skorpion Engineering Srl, Segrate (MI)*



## **PRINCIPI DELL'ADDITIVE MANUFACTURING PER I METALLI E PROPRIETÀ DELLE SUPERFICI**

L'intervento illustra in modo introduttivo i principi dell'additive manufacturing per metalli, soffermandosi sulle caratteristiche delle superfici prodotte e su come queste possono influenzare le proprietà finali dei manufatti.

Vengono poi elencate le principali applicazioni in cui le condizioni della superfici e assumono importanza rilevante.

Tra queste si focalizzerà l'attenzione sul settore degli stampi, per i quali le opportunità di creare canali di raffreddamento con geometria complessa (conformal cooling) rappresenta un valore molto importante ed innovativo per un miglioramento delle loro performance. In quest'ottica verranno infine illustrati i risultati di ricerche attualmente in corso mirate a condizionare le superfici interne di tali canali.

**R. Casati <sup>1</sup>, D. Gastaldi <sup>2</sup>, M. Hamidi <sup>1</sup>, N. Lecis <sup>1</sup>, M. Vedani <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Politecnico di Milano, Dipartimento di Meccanica

<sup>2</sup>Politecnico di Milano, Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica

---

## **NUOVI PROCESSI DI FINITURA PER CANALI E CAMERE INTERNE DI PARTI PRODOTTE PER ADDITIVE MANUFACTURING**

Le tecnologie di Additive Manufacturing stanno rivoluzionando le possibilità di progettazione e di produzione in svariati ambiti.

Tra le grandi novità che queste tecnologie portano, la libertà nel design del pezzo ed in particolare la facilità di creare camere e canali interni rappresenta uno degli aspetti più interessanti.

A fronte dei numerosi vantaggi offerti dalle tecniche AM, l'alta rugosità dei componenti prodotti rimane uno dei limiti principali specialmente all'interno di canali e camere.

Il nostro studio, eseguito in collaborazione con il dipartimento di meccanica del Politecnico di Milano, si propone di trovare una soluzione al problema del trattamento superficiale di configurazioni interne complesse.

**A. Falzetti, A. Giussani** - Rösler Italiana SpA, Concorezzo (MB)

## **TRATTAMENTO SUPERFICIALE MEDIANTE TECNICA LEHCEB DI COMPONENTI PRODOTTI PER MANIFATTURA ADDITIVA**

I processi di manifattura additiva permettono di realizzare componenti metallici di elevata complessità geometrica, con cavità, recessi e canali nascosti non altrimenti ottenibili. Le superfici esterne e interne degli oggetti così realizzati sono caratterizzate da elevata rugosità che, se in alcuni casi costituisce di per sé un requisito voluto, nella maggior parte dei casi è invece un elemento penalizzante. L'industria della manifattura additiva è quindi alla ricerca di tecniche e processi di levigatura delle superfici che permettano di raggiungere livelli di rugosità ottimali. La tecnica LEHCEB, acronimo di Low Energy High Current Electron Beam, è già utilizzata con successo, ad esempio, nella levigatura di stampi per materie plastiche o metalliche e di componenti biomedicali, ma non è ancora stata sperimentata su oggetti prodotti per manifattura additiva. Essa consiste nel bombardare la superficie del componente con fasci impulsati di elettroni di ampio diametro (fino a 10 cm), bassa energia (da 10 a 30-keV) ed elevata corrente (da 10 a 30 kA). L'elevata densità di energia (fino a 20 J/cm<sup>2</sup>) e la breve durata dell'impulso (2-10 μs) consentono di concentrare l'energia del fascio nello strato esterno del materiale (1-10 μm), con conseguente fusione ed eventualmente evaporazione della superficie. Come risultato di tale trattamento, è possibile modificare in modo significativo la struttura e le proprietà degli strati superficiali dei componenti. Nel presente lavoro verranno presentati e discussi i risultati dei trattamenti LEHCEB effettuati su oggetti in lega Al-Si e AISI 316, prodotti per manifattura additiva, e finalizzati alla riduzione della rugosità delle superficie esterne dei componenti.

**Massimiliano Bestetti <sup>1</sup>, Antonello Vicenzo <sup>1</sup>, Silvia Franz <sup>1</sup>,  
Mazdak I. Hashempour <sup>1</sup>, Alexey Markov <sup>2/3</sup>, Evgeny Yakovlev <sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Politecnico di Milano, Dipartimento di Chimica,  
Materiali e Ingegneria Chimica

<sup>2</sup> Tomsk Scientific Center SB RAS, Tomsk (Russia)

<sup>3</sup> Institute of High Current Electronics SB RAS, Tomsk (Russia)

**RIVESTIMENTI  
SUPERFICIALI  
PVD - CVD - DLC  
PER PRODOTTI  
DA AM**

I processi di Additive Manufacturing stanno prendendo piede sempre più ampiamente nella progettazione e realizzazione di manufatti e componenti dalle geometrie più complesse. Il limite attuale di questa tecnologia è l'ottenimento di superfici dalle basse rugosità con conseguenti problemi di attriti (nel caso di componenti a diretto contatto tra loro) e fenomeni di incollamento (nel caso di parti stampanti).

L'intervento di oggi ha lo scopo di dare una panoramica sull'ingegneria delle superfici per ottimizzare queste superfici e applicare rivestimenti PVD-CVD-DLC.

Verranno quindi illustrate le principali caratteristiche tecniche di questi coatings a film sottile ed i benefici ottenibili su vari casi studio affrontati.

*P.Croci - Lafer SpA, Piacenza*

---

**RILIEVO DI TENSIONI  
RESIDUE MEDIANTE  
DIFFRAZIONE  
DI RAGGI X DURI,  
SU COMPONENTI  
OTTENUTI  
CON ADDITIVE  
MANUFACTURING**

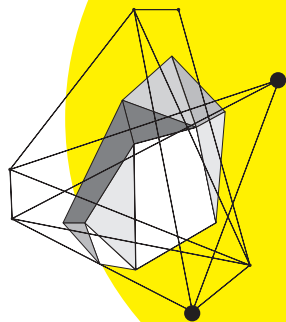
Il rilievo delle tensioni residue mediante diffrazione dei raggi X su componenti meccanici lavorati di macchina, consente prove non distruttive solamente superficiali, meglio, la profondità di penetrazione del fascio RX è nella maggior parte dei materiali utilizzati, inferiore a una decina di micron.

La scarsa penetrazione dei raggi X può in alcuni casi essere un notevole vantaggio, come per esempio nella caratterizzazione delle tensioni causate da lavorazioni meccaniche che inducono tensioni in strati relativamente superficiali (es. bruciature di rettifica), mentre in altri casi la scarsa penetrazione costituisce una notevole limitazione (es. tensioni indotte da shot peening che interessano centinaia di micron di profondità).

Nel caso sia necessaria la conoscenza dello stress a profondità maggiori di una decina di micron, l'utilizzo della diffrazione dei raggi X richiede l'asportazione per via elettrochimica di strati di materiale, sino a giungere alla profondità desiderata, che potrebbe alterare più o meno sensibilmente il reale stato tensionale, in funzione della profondità raggiunta.

Per rilevare il reale stato tensionale esistente su provini realizzati con additive manufacturing, gli autori hanno utilizzato raggi X con maggiore energia, e quindi, maggiore penetrazione (definiti "duri"), raggi ottenuti utilizzando un acceleratore di elettroni.

*P. Marconi - Zeffe Engineering Srl, Brescia*



## **COMPONENTI INNOVATIVI PER SISTEMI IDRAULICI PRODOTTI MEDIANTE SLM**

Il settore oleo-idraulico rappresenta in Italia uno dei maggiori comparti della meccanica, sia nelle applicazioni industriali che mobili. In questo settore che impiega prevalentemente tecnologie convenzionali, si sta introducendo l'additive manufacturing per realizzare componenti oleodinamici che sfruttano i vantaggi offerti dalla nuova tecnologia additiva, quali la possibilità di ridurre le dimensioni, di alleggerire, combinare più parti e integrare funzioni. La pulitura e finitura dei pezzi stampati in 3D diventa particolarmente critica nei componenti di potenza fluida nei cui canali interni scorre olio in pressione. Aidro Hydraulics & 3D Printing racconterà la sua esperienza di progettazione, produzione e finitura delle soluzioni oleo-idrauliche realizzate in additive manufacturing.

**A. Tacconelli, V. Tirelli** - AIDRO Hydraulics Srl, Taino (VA)

---

## **PREPARAZIONE E FINITURA DI PROTOTIPI IN POLIMERI E IN METALLO**

Skorpion Engineering nasce negli anni 2000 come pioniera dell'utilizzo delle tecnologie additive. Attraverso una struttura modulare e flessibile ed un team di professionisti altamente qualificati offre un servizio di Project Management per tutte le fasi di sviluppo di nuovi prodotti combinando innovative tecnologie di additive manufacturing con le tradizionali tecniche di prototipazione. SLA, SLS, DMLS, FDM e Objet sono le tecnologie di prototipazione rapida impiegate per realizzare i progetti più innovativi e audaci in collaborazione con le più esclusive case automobilistiche internazionali. Nel corso degli anni Skorpion Engineering si è affermato come un partner affidabile per trasformare qualsiasi progetto di design in prodotto, grazie ad una consolidata esperienza nella progettazione e realizzazione di prototipi e pre-serie d'eccellenza. Grazie alla continua ricerca di nuove soluzioni nell'ambito della finitura, Skorpion Engineering permette di fornire un vero e proprio personal manufacturing nelle produzioni pre-serie. Dalla verniciatura tout court al rivestimento in legno e carbonio, sino alle più recenti proposte di metal plating, rivestimento legno 3D e incisione laser 3D, la vastissima gamma di finiture consente di ottenere prototipi dall'appeal e tattilità definitivi, per rispondere a qualsiasi esigenza di marketing o di verifica funzionale ed estetica.

**S. Arena, I. Moriggi** - Skorpion Engineering Srl, Segrate (MI)

[www.poliefun.org](http://www.poliefun.org)

**Poliefun**

Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica  
"Giulio Natta"

Dipartimento di Meccanica

Politecnico di Milano

Piazza Leonardo da Vinci 32 / 20133 Milano

**Segreteria organizzativa**

smooth / via bono cairolì 30 / 20127 Milano / 02 89054867