

# “LA FILIERA LOMBARDA DELLA MANIFATTURA ADDITIVA: IL PROGETTO MADE4LO”

NEL 2016, IL PIANO NAZIONALE “INDUSTRIA 4.0” HA IDENTIFICATO LA MANIFATTURA ADDITIVA COME UN INSIEME DI TECNOLOGIE CARDINE IN GRADO DI PROMUOVERE, IN COMBINAZIONE CON LE ALTRE KEY ENABLING TECHNOLOGIES (KETS), L’EVOLUZIONE DEL SETTORE MANIFATTURIERO FAVORENDO LA TRANSIZIONE VERSO UNA PRODUZIONE PIÙ COMPETITIVA, PERSONALIZZATA E A ELEVATO VALORE AGGIUNTO

a cura di **A. Mazzoleni** – AFIL; **E. Malfa, M. Boccadoro** – Tenova; **F. Stortiero** – GFM; **D. Tamborini, B. Previtali** – Politecnico di Milano; **A. Crosato** – BLM; **A. Romanini** – GF Machining Solutions

stampa per essere fisicamente realizzato senza necessità di assemblaggio.

Per questa ragione, le tecnologie additive offrono la possibilità di ripensare il modo in cui un prodotto è progettato, sviluppato ed infine realizzato.

Sebbene i primi brevetti risalgano agli inizi degli anni '80 è solamente in anni recenti che il mercato delle tecnologie per la manifattura additiva ha accelerato la propria crescita.

A tale riguardo, in Europa, il CAGR del settore è stato del 33,8% nel periodo 2014-2017 con valore stimato di 9,64 miliardi di € per il 2021 a testimonianza di come l'AM stia raggiungendo la maturità necessaria per trasformare i processi manifatturieri, passando da un utilizzo focalizzato sulla prototipazione rapida e in materiale plastico, verso una integrazione nei processi complementare alle modalità di produzione convenzionali.

Ad oggi, le principali sfide e opportunità riguardano l'applicazione a volumi elevati e un utilizzo che non si limita alla sola prototipazione in materiale polimerico ma che si estende anche alla realizzazione di parti in metallo, ampliando, di conseguenza, gli ambiti applicativi manifatturieri.

Tra essi, a titolo non esaustivo, l'aerospazio con la ricerca di soluzioni leggere e al contempo performanti e il re-manufacturing delle parti critiche, l'automotive per la riduzione di peso e la manifattura rapida di parti funzionali, il settore dei macchinari per la rigenerazione della componentistica a cui si aggiungono i beni di consumo - ad esempio gli elettrodomestici - e il biomedicale.

Numerosi sono i vantaggi per le aziende manifatturiere, sia grandi che PMI: ad esempio, la riduzione del time to market, la produzione di beni con geometrie complesse e non convenzionali, la riduzione degli sprechi, la realizzazione rapida di prototipi nonché la possibilità di creare oggetti personalizzati in produzioni seriali, senza incorrere in costi aggiuntivi.

Inoltre, tra i benefici della manifattura additiva, vi è la possibilità di facilitare la progettazione dei prodotti secondo la logica dell'economia circolare concependo beni che ottimizzano l'uso di materiali, il riutilizzo e siano sostenibili anche in ottica di

smaltimento.

Per tutte queste ragioni, l'AM si configura come un insieme di tecnologie che contribuiscono sia ad indirizzare le sfide attuali della produzione sia ad abilitare la completa digitalizzazione della Fabbrica, coerentemente con il concetto di Smart Factory.

Infatti, anche attraverso essa, è possibile rendere efficiente la lavorazione, prevenire le difettosità attraverso la raccolta e l'utilizzo dei dati generati durante la stampa, distribuire i processi tra diverse realtà e abilitare al contempo la collaborazione tra i soggetti della filiera, per consentire flessibilità e produzioni personalizzate.

Alla luce di queste considerazioni, il cluster AFIL - Associazione Fabbrica Intelligente Lombardia è attivamente impegnato nel favorire l'adozione dell'AM tra le imprese del territorio.

In coerenza con la propria mission, ovvero supportare e sviluppare la leadership e la competitività del sistema manifatturiero lombardo, sin dal 2015 AFIL ha promosso la nascita e lo sviluppo di un Gruppo di Lavoro dedicato all'AM con lo scopo di integrare, in logica di filiera, i soggetti lombardi attivi sul tema, promuovendo la definizione di progetti strategici e il consolidamento delle competenze e delle conoscenze dell'ecosistema.

È proprio facendo leva su questa rete del cluster che, nel 2016, è stato concepito il progetto MADE4LO - Metal additive for Lombardy con l'obiettivo di stimolare lo sviluppo dell'AM delle parti metalliche, ponendo attenzione ad aggregare, secondo una logica e un modello di "Fabbrica Diffusa", le competenze, i processi e le infrastrutture presenti sul territorio.

Con l'obiettivo di supportare la competitività delle imprese del territorio, i membri del Gruppo di Lavoro hanno lavorato sulla sfida di incrementare la produttività e sviluppare in ottica di mass customization l'AM di parti metalliche, facendo leva su attività congiunte di R&I per indirizzare le barriere ancora esistenti. Tra esse, la complessità del processo, i costi delle polveri metalliche, gli sprechi dovuti agli scarti e gli alti costi di investimento nelle tecnologie che non sono assorbibili da un volume di produzione limitato, in particolare per le PMI.

A differenza della modalità di produzione convenzionale, la manifattura additiva, o additive manufacturing (AM), è un processo tecnologico che parte dal modello digitale in 3D di un bene, a cui segue la realizzazione fisica dello stesso, mediante la deposizione strato dopo strato di materiale.

Ne consegue come il paradigma di lavorazione tradizionale sia rinnovato: la produzione non avviene più per asportazione di materiale bensì a partire dal gemello digitale dell'oggetto che, attraverso un opportuno software, è codificato in layers ed inviato alle macchine di

Da queste considerazioni nasce il progetto MADE4LO, co-finanziato da Regione Lombardia con 3,5 milioni di € nell'ambito degli "Accordi per la Ricerca, lo Sviluppo e l'Innovazione", nel contesto del POR-FESR 2014/2020 Programma Operativo Regionale 2014-2020 obiettivo "Investimenti in favore della crescita e dell'occupazione".

Coordinato da Tenova S.p.A., il progetto vanta un partenariato nato dalla collaborazione sinergica di 10 realtà rappresentative di aziende, università e centri di ricerca, in particolare: 3 Grandi Imprese attive nel settore siderurgico e dei macchinari (Tenova, BLM e GF Machining Solutions), 5 PMI tra cui fornitori di tecnologie per la manifattura additiva, produttori di componenti meccanici di



precisione, stampi e lavorazione di metalli (3D-NT, GFM, Fubri, Co.Stamp e Officine Meccaniche Lafranconi) e 2 Università (Politecnico di Milano e Università di Pavia).

A questi si aggiungono l'Istituto di Sistemi e Tecnologie Industriali per il Manifatturiero Avanzato CNR-STIIMA e CSM – Centro Sviluppo Materiali.

Con l'obiettivo di svolgere uno studio approfondito sull'intera catena del valore, i partner del progetto MADE4LO hanno condiviso le rispettive conoscenze e competenze sia in merito alle tecnologie sia in riferimento ai requisiti dei vari ambiti applicativi: dalla progettazione di componenti, polveri e processi, continuando con l'analisi, l'approfondimento e lo sviluppo dei processi di deposizione – in particolare, Laser Metal Deposition e Selective Laser Melting, per concludere con gli aspetti legati alla necessità di finitura e trattamento termico (es. fresatura, rettificazione) nonché di qualifica e test per la messa in esercizio di componenti, prodotti e processi.

Pertanto, il progetto ha affrontato e proposto soluzioni innovative alle prin-

## La Fabbrica Diffusa di MADE4LO e i casi di studio

In MADE4LO, si è concepita la visione di una "Fabbrica Diffusa" che si basa su tre linee principali: i) Accrescere e diffondere la conoscenza sui processi additivi; ii) Realizzare nuovi sistemi additivi innovativi sia per la produzione delle polveri sia per la stampa; iii) Formare personale tecnico con le competenze necessarie per sfruttare al meglio le potenzialità delle tecnologie additive.

In questo contesto, MADE4LO ha messo a disposizione dei vari partner una serie di impianti pilota e un network attraverso cui diffondere le conoscenze generate, dando vita a una rete di sistemi sia fisici sia digitali interconnessi in grado di scambiarsi informazioni digitali sui prodotti da stampare, sui dati del processo, sulle polveri nonché in merito alla qualifica dei beni realizzati.

Le applicazioni innovative sono state esplorate dai partner attraverso 5 casi di studio proposti sulla base delle esigenze e delle criticità riscontrate nell'implementazione dell'AM e focalizzati su settori chiave nel contesto industriale regionale come la siderurgia, l'energia, l'utensileria e i trasporti.

**CASO 1 - Stampa di componenti in rame puro.** La sfida tecnologica risiede nella capacità di realizzare lo stampaggio di un materiale altamente riflettente e a elevata conducibilità che rende complessa la lavorazione con metodologia convenzionale. L'applicazione, realizzata da una collaborazione tra Tenova, Politecnico di Milano, 3D-NT e GF Machining Solutions, prevede la stampa di un iniettore di ossigeno in rame puro

per forni ad arco elettrico attraverso un innovativo sistema additivo con sorgente pulsata nella lunghezza d'onda del "verde".

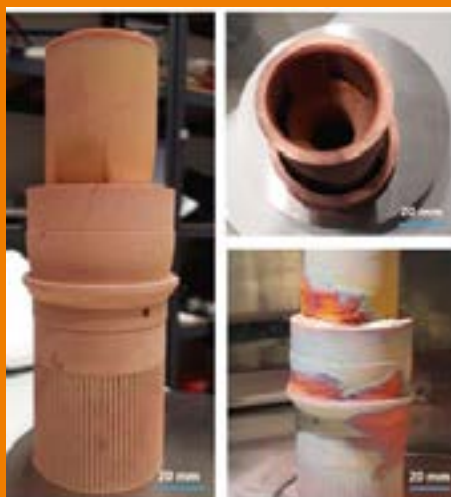


Figura 1: Iniettore di ossigeno in rame puro

**CASO 2 – Materiali difficili, con elevate prestazioni in termini di durezza.** La sfida tecnologica risiede nella stampa di leghe metalliche per alte prestazioni di durezza e taglio. Le attività, realizzate in collaborazione tra Politecnico di Milano, Fubri e Bohler - un'azienda esterna al partenariato - hanno previsto lo studio di nuove leghe a base ferro in assenza di carbonio e lo stampaggio di un "creatore", ovvero un utensile da taglio per la realizzazione di ingranaggio, che è convenzionalmente realizzato tramite un processo di sinterizzazione.



Figura 2 Il "creatore" stampato

**CASO 3 – Realizzazione di componenti di grandi dimensioni, multimateriale, geometricamente complessi e con una componente di lavorazione ibrida.** Politecnico di Milano, BLM, Lafranconi, Tenova, GF Machining Solutions con il supporto di CNR STIIMA, Team3D-Siemens hanno lavorato alla realizzazione di uno scarico per motocicletta, stampato in un unico pezzo. Il pezzo è stato stampato con il sistema robotizzato di deposizione LMD – Laser Metal Deposition – Additube, sviluppato da BLM ed arricchito nel contesto del progetto di dispositivi di sensing e monitoraggio nonché integrato con una soluzione CAD/CAM ah hoc per applicazioni robotizzate additive. Esso permette la stampa multimateriale ed è equipaggiato con opportuna sensoristica per garantire la corretta esecuzione delle lavorazioni.

cipali sfide tecnologiche della manifattura additiva, come: produzione di nuove polveri metalliche, la stampa di materiali complessi, di grandi dimensioni e multi-materiale e l'adozione di lavorazioni ibride che contemplino sia aspetti additivi sia sottrattivi. Sostenibilità economica, ambientale e sociale sono state le principali linee guida del progetto che ha previsto attente analisi costo – beneficio dei processi, nonché attività rivolte a favorire l'utilizzo di leghe riciclate per la formulazione delle polveri, il riuso dei prodotti e la tutela della salute dei lavoratori. In quest'ultimo caso, è stata realizzata una dettagliata analisi dei rischi connessi con i processi di AM, il cui risultato è unico in Italia e tra gli unici a livello EU.

Molteplici le ricadute in termini di risultati scientifici, innovazione e impatti

sul territorio. Le imprese hanno integrato i risultati nei loro processi ed ampliato il portafoglio delle tecnologie offerte, mentre in termini occupazionali sono stati attivati 13 assegni di ricerca e generati 6 nuovi posti di lavoro.

MADE4LO ha anche contribuito alla nascita di due centri di competenza di rilievo regionale e nazionale dedicati all'AM; GFM ha fondato, in collaborazione con altre realtà industriali, l'Additive Technology Centre – ATC (<http://www.atc-additive.com/>) mentre GF Machining Solution ([https://www.gfms.com/country\\_ES/en/about-gf-machining-solutions/organization/application-centers.html](https://www.gfms.com/country_ES/en/about-gf-machining-solutions/organization/application-centers.html)) ha costituito un competence centre dove la stampa additiva è affiancata a tecnologie tradizionali. ■



#### Ringraziamenti

Si ringrazia per il contributo apportato all'articolo tutto il partenariato di MADE4LO: Tenova, BLM, Co.Stamp, GFM, GF Machining Solutions, Fubri, Lafranconi, 3D-NT, Politecnico di Milano e Università di Pavia. Il progetto MADE4LO è stato co-finanziato da Regione Lombardia nel contesto del POR-FESR 2014/2020 - Programma Operativo Regionale 2014-2020, obiettivo "Investimenti in favore della crescita e dell'occupazione".



Figura 3 Lo scarico della motocicletta

CASO 4 – Realizzazione di un recuperatore di grandi dimensioni e multimateriale Tenova, con il coinvolgimento del Politecnico di Milano, Università di Pavia, BLM e GF Machining Solutions, ha sviluppato un recuperatore per il settore siderurgico. Anche in questo caso la sfida tecnologica risiede nella realizzazione tramite LMD di una componente composto da due materiali e caratterizzato da dimensioni rilevanti. Il recuperatore difatti è stato stampato LMD in acciaio inossidabile per la parte meno sollecitata e in lega a base nichel per la parte più sollecitata termicamente.



Figura 4 Il recuperatore per il settore siderurgico

Completivamente l'altezza dell'oggetto è di circa mezzo metro.

CASO 5 – Realizzazione di uno stampo con processo ibrido additivo e sottrattivo Co.Stamp, con il supporto di Politecnico di Milano e GFM, ha realizzato canali conformali applicati ad uno stampo, attraverso un processo ibrido, che ha combinato una parte additiva – tramite processo Laser Metal Deposition - ed una sottrattiva durante la fase di finitura e non solo. L'inserto stampo è stato ridisegnato sfruttando le possibilità della tecnologia ibrida di combinare processi additivi e sottrattivi nello stesso ciclo macchina alternando pertanto le fasi di machining per realizzare i canali verticali e la deposizione per i canali orizzontali e freeform come evidenziato nel modello 3D dell'inserto. Il redesign è stato finalizzato in ottica di riduzione dei costi.

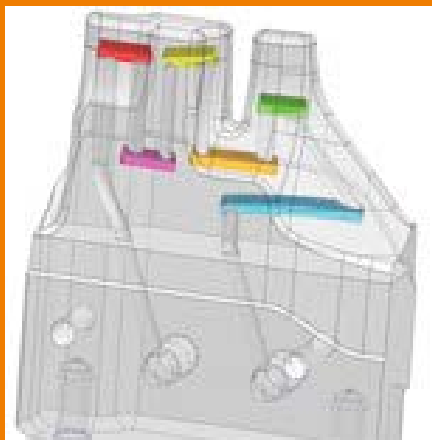


Figura 5 Modello 3D dell'inserto ridisegnato per sfruttare la tecnologia ibrida e ridurre i costi di realizzo



Figura 6 Il Tassello con canali conformali

Caso 6 Realizzazione di un Vorticolatore Assiale per Turbine a Gas GFM in collaborazione con Ansaldo Energia ha proposto la realizzazione di un oggetto complesso come un vorticolatore assiale che presenta palette con geometrie complesse. Il caso studio ha mostrato come la tecnologia ibrida (sottrattiva e additiva) possa essere utilizzata anche per deposizioni in 5 assi per ridurre i costi di oggetti che diversamente dovrebbero essere prodotti con stampi costosi e con tempi di approvvigionamento molto lunghi. Nella figura seguente si mostra il mock-up del vorticolatore realizzato con tecnologia ibrida a dimostrazione dell'efficacia della tecnica.

