Rivestimenti sottili per componenti in lega di alluminio e acciaio fabbricati con Additive Manufacturing

Laboratorio	CNR-NANO S3
Area di specializzazione	Meccatronica e Materiali
Referenti	Guido Paolicelli
Keyword	Strategie di liquid lubricant replacemen, SURFACE ENGINEERING, RIVESTIMENTI INNOVATIVI, anti corrosione - bassa usura

Il crescente utilizzo di processi di **Additive Manufacturing** (**AM**) per la realizzazione di componenti meccanici in metallo richiede un parallelo sviluppo nella scienza e nella tecnologia dei trattamenti e/o ricoprimenti superficiali. E' necessario rendere compatibili le metodologie di modifica e ricoprimento della superficie con le peculiari caratteristiche di questi *nuovi materiali.* Inizialmente sono state analizzate un insieme di procedure per il trattamento e la finitura superficiale di manufatti in acciaio e leghe di alluminio fabbricati mediante **Selective Laser Melting** ed è stata verificata la loro efficacia per la successiva deposizione di **ricoprimenti sottili funzionalizzanti.** L'indagine si è concentrata su rivestimenti multistrato terminati da materiali autolubrificanti quali ad esempio il **Diamond-Like Carbon (DLC)** che accoppiano *elevata resistenza alla corrosione e bassi coefficienti di usura.* Successivamente sono stati cresciuti, mediante tecniche di deposizione industriale di tipo **PA-CVD** (Plasma-Assisted Chemical Vapor Deposition), rivestimenti multistrato autolubrificanti di tipo **DLC** sulla superficie di manufatti **AM** opportunamente trattate.
Questa soluzione si è dimostrata molto efficace per migliorare le proprietà tribologiche di tali componenti raggiungendo caratteristiche pari a quelle di ottenute su materiali lavorati con tecniche standard a parità di ricoprimento.

"RIVESTIMENTI SOTTILI per METALLI STAMPATI in 3D"

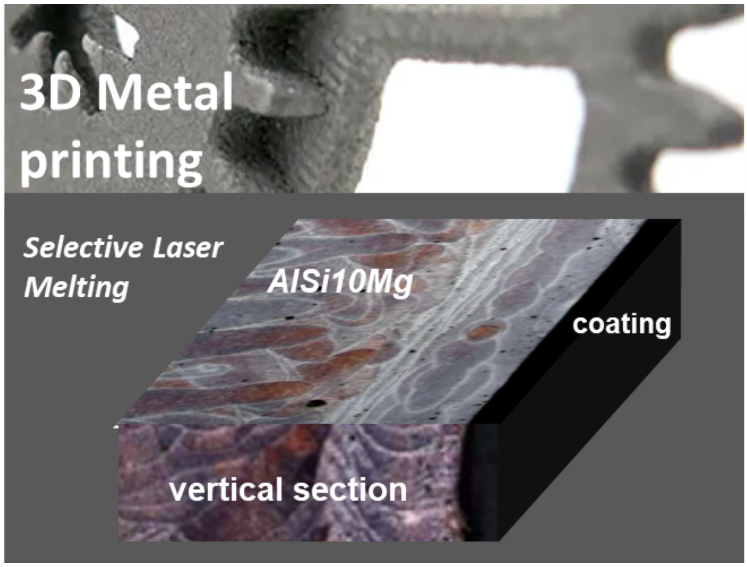


Fig. 1: Dettagli microstrutturali della lega AlSi10Mg prodotta tramite Selective Laser Melting

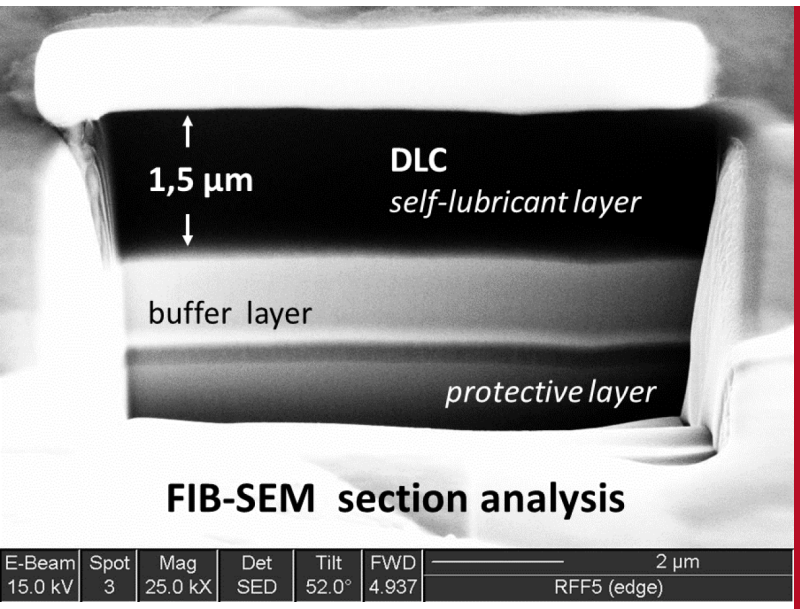


Fig. 2: Analisi morfologica del rivestimento multistrato con terminazione autolubrificante DLC tramite tecnica FIB-SEM

Descrizione

La elevata rugosità, tipica dei manufatti prodotti tramite **Additive Manufacturing** può limitare fortemente l'utilizzo di questa tecnologia e rendere critico lo sviluppo di ricomprimenti funzionalizzanti. Pertanto sono state testate diverse tecniche di finitura superficiale di uso corrente e facile accessibilità (sabbiatura, burattatura, rettifica) al fine di individuare il miglior compromesso che consenta una riduzione del "costo" delle fasi di post processing sui manufatti **AM** e il mantenimento di adeguate performance del rivestimento depositato.
La **burattatura** si è rivelata la scelta ottimale. Questa tecnica, pur non raggiungendo i valori tipici di una rettifica industriale, può ridurre la rugosità ai livelli richiesti e permettere la deposizione di rivestimenti tribologici multifunzionali con tecniche di livello industriale. Inoltre, sono stati individuati trattamenti termici che riducono la dipendenza del materiale **AM** dalla geometria di crescita (le anisotropie rilevate sono risultate rimovibili dai trattamenti termici standard post crescita applicati), e quelli che realizzano il miglior compromesso tra proprietà meccaniche dei manufatti additive e i trattamenti/rivestimenti protettivi-funzionali.
Infine sono stati realizzati e testati dal punto di vista tribologico alcuni coating con architetture multistrato composti da una base ottenuta tramite nichelatura chimica (**NiP**) accoppiata con film autolubrificanti a base **DLC**.

Aspetti innovativi

Nella selezione dei processi di trattamento e rivestimento superficiale e nella progettazione delle architetture dei sistemi multistrato depositati post-formatura sui componenti metallici **AM** sono stati ottimizzati alcuni aspetti critici:
- compatibilità della finitura superficiale di un manufatto **AM** *as-built* con i trattamenti e con i metodi di deposizione dei rivestimenti;
- compatibilità del trattamento termico immediatamente successivo alla crescita **AM** con i successivi trattamenti e con i metodi di deposizione dei rivestimenti;

Questo ha permesso la realizzazione di un rivestimento multistrato in grado di massimizzare l'adesione su manufatti **AM** e di migliorarne i comportamenti tribologici, a corrosione ed a fatica.

Applicazioni

L'additive manufacturing è una tecnologia in espansione, adottata per la fabbricazione di componenti meccanici di interesse per numerosi settori produttivi, in particolare automotive, aerospazio, macchine automatiche, biomedicale, agroalimentare. L'obiettivo di superare le sue criticità e conferire valore aggiunto con ricoprimenti e trattamenti superficiali funzionalizzanti è di stringente e trasversale interesse. Di particolare interesse sono i ricoprimenti orientati a conferire resistenza alla corrosione, all'usura e a ridurre l'attrito e l'uso di lubrificanti fluidi.

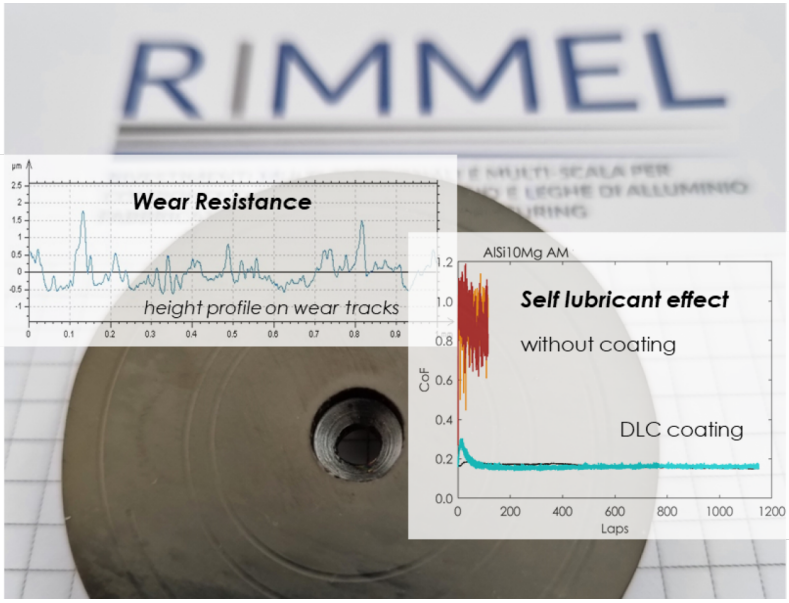


Fig. 3: Rivestimento multustrato con terminazione DLC su disco in lega AlSi10Mg realizzato in Additive Manufacturing. Risultati dei test tribologici in configurazione ball on disc

Esempio di applicazione

Rivestimento autolubrificante DLC su lega AlSi10Mg cresciuta tramite AM.
Il confronto con i medesimi rivestimenti cresciuti su substrati realizzati con metodi tradizionali non mostra differenze o criticità

Al fine di ottimizzare le prestazioni del rivestimento autolubrificante DLC su lega AlSi10Mg cresciuta tramite AM sono state testate differenti lavorazioni di finitura superficiale. La burattatura si è rivelata la scelta che garantisce un compromesso ottimale fra costi ed efficacia del successivo processo di deposizione industriale tramite PA-CVD.
E' stata quindi progettata e realizzata una architettura multistrato (NiP/Cr-N/DLC) con caratteristiche di resistenza alla corrosione, proprietà autolubrificanti e anti usura.
Il valore del coefficiente di attrito è stato misurato rispetto ad una controparte sferica in acciaio 100Cr6 e risulta compreso tra 0,18 e 0,22 per rugosità superficiale variabile tra 0,47 e 4,6 micrometri. Tali valori risultano perfettamente confrontabili con quelli ottenuti su leghe cresciute con metodi standard e ricoperte con gli stessi rivestimenti.
Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto RIMMEL (PG/2018/631311) finanziato dalla Regione Emilia Romagna nell'ambito del POR FESR 2014-2020.

Partner coinvolti

BEAMIT S.p.A. leader italiano nel settore dell'Additive Manufacturing di componenti in metallo

Next Coating S.r.l. specializzata in rivestimenti chimici a base Nichel

STS Group S.r.l. una presenza consolidata nel campo dei ricoprimenti e dei rivestimenti per componenti meccanici

Tempi di realizzazione

6-12 mesi/persona

Livello di maturità tecnologica

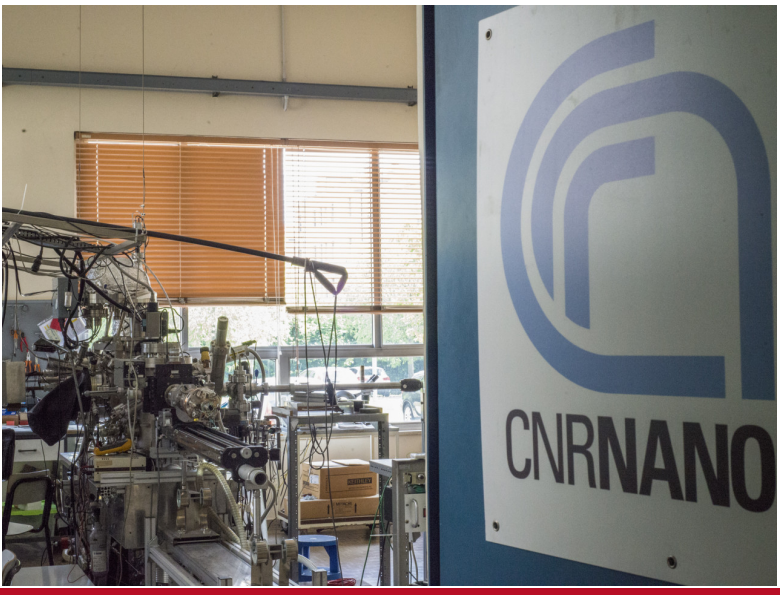
TRL 5 - tecnologia validata in ambiente rilevante

Valorizzazione applicazione

In collaborazione con i partner del progetto ed iin particolare col Centro per l'Innovazione Democenter-Sipe è in corso una ampia azione di promozione delle soluzioni innovative sviluppate nel progetto per la ottimizzazione dei manufatti AM. L'attenzione è rivolta verso i settori automotive, aerospaziale, macchine automatiche e nel settore medicale.

CNR-NANO S3

CNR - Istituto Nanoscienze UOS Modena



Sito web	http://www.nano.cnr.it/?ente=modena
Direttore	Arrigo Calzolari
Data pubblicazione	28/03/2024

CNR NANO S3 è un centro interdisciplinare di ricerca dedicato alle nanoscienze e alle nanotecnologie, alla frontiera della ricerca di base e industriale in settori che vanno dalla meccanica alla biomedicina, dall'ICT all'energia.

Il Centro, riconosciuto come un'eccellenza scientifica a livello nazionale e nel mondo, è molto attivo a livello locale, dove svolge un'azione trainante in sinergia con l'Università e le industrie, e gioca su tutti questi fronti per catalizzare a Modena progetti e risorse per la ricerca.

Il nucleo dell'attività di CNR NANO S3 è istituzionalmente rappresentato dalla ricerca di base.

CNR NANO S3 offre a utenti, committenti e partner esterni una serie di forme di servizio nell'ambito della ricerca industriale, dell'innovazione e del trasferimento tecnologico.
• Servizi personalizzati:
1. Attività motu proprio: si tratta di progetti di ricerca e trasferimento tecnologico, che devono di norma prevedere un attivo coinvolgimento di utenti esterni, ma con ricadute sul più ampio numero possibile di destinatari. Rientrano in questa sottocategoria anche i progetti realizzati all'interno di programmi regionali, nazionali ed europei, in partnership con altri centri di ricerca e di innovazione.
2. Attività su commessa: programmi che corrispondono ad attività pianificate e condotte per soddisfare specifiche esigenze di uno o più utenti esterni.
• Servizi a tariffario
• Servizi di formazione personalizzata