DTM TECHNOLOGIES

ALERT: Leghe di ALluminio per componenti soggetti a fatica e fretting: Rivestimenti e Trattamenti superficiali integrati

ALERT nasce dall'esigenza di incrementare la vita a fatica e la resistenza al fretting di leghe di alluminio impiegate in componenti critici per applicazioni aeronautiche e spaziali, prodotti sia con tecnologie convenzionali sia mediante Additive Manufacturing. L'obiettivo della sperimentazione è supportare le filiere della meccanica e dell'avionica-aerospaziale nello sviluppo di soluzioni in grado di coniugare alleggerimento strutturale, affidabilità e durabilità in esercizio. Le attività di ricerca si sono concentrate sullo sviluppo e sull'ottimizzazione di trattamenti superficiali e rivestimenti avanzati, finalizzati al miglioramento delle prestazioni meccaniche e tribologiche dei componenti. Le soluzioni sviluppate sono state validate mediante campagne sperimentali dedicate, comprendenti prove di fatica, resilienza e fretting, al fine di valutarne l'efficacia nel contrasto dei principali meccanismi di danneggiamento operanti in ambito aerospaziale.

Laboratorio	DTM
Area di specializzazione	Meccatronica e Materiali
Referenti	Marco Cavazzuti, Davide Santachiara
Keyword	resistenza a fatica e fretting, additive manufacturing, trattamenti e rivestimenti superficiali, High Velocity Oxygen Fuel (HVOF)

"Oltre i limiti della fatica: leghe di alluminio ad alte prestazioni per l'aerospazio"

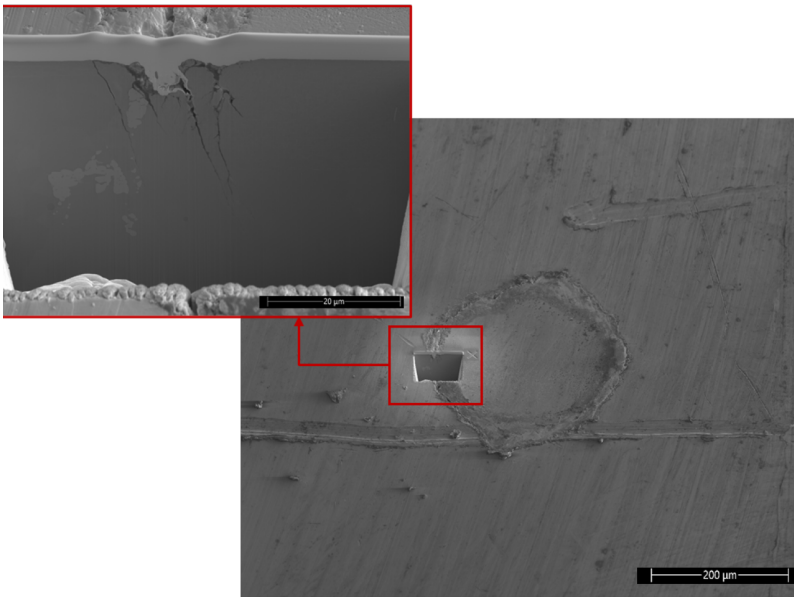


Fig. 1: Micrografia SEM-FIB in sezione trasversale della traccia di fretting in regime PS su AA7050-T7451. Il dettaglio evidenzia cricche sottosuperficiali associate al danneggiamento ciclico da fretting.

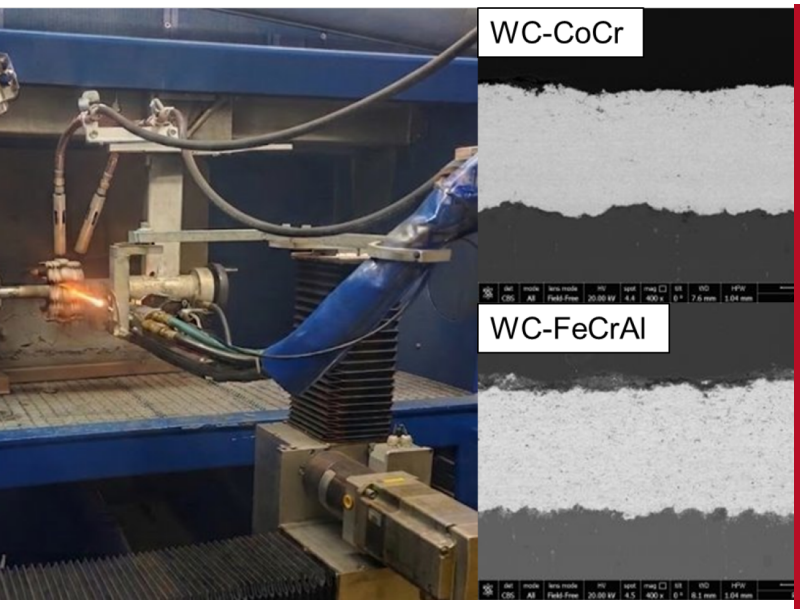


Fig. 2: Impianto di deposizione HVOF e corrispondenti micrografie SEM-FEG dei rivestimenti in WC-CoCr e WC-FeCrAl.

Descrizione

La soluzione proposta riguarda l'impiego di rivestimenti termospruzzati in WC-CoCr e WC-FeCrAl depositati mediante High Velocity Oxygen Fuel (HVOF) su lega AA7050-T7451 da deformazione plastica. Sebbene questi rivestimenti siano ampiamente utilizzati per applicazioni anti-usura e anti-corrosione, il loro comportamento a fatica e a fatica da fretting risulta ancora poco approfondito. Parallelamente, sono state prodotte leghe AlSi10Mg tramite Powder Bed Fusion–Laser Beam (PBF-LB), successivamente sottoposte a pressatura isostatica a caldo e a trattamenti superficiali quali la pallinatura controllata. Le attività sperimentali sono state finalizzate alla valutazione dell'efficacia di tali soluzioni nel miglioramento delle prestazioni tribologiche e meccaniche, con l'obiettivo di proporre alternative avanzate alle leghe convenzionali impiegate nel settore aeronautico.

Aspetti innovativi

L'impiego dei trattamenti e dei rivestimenti superficiali sviluppati nel progetto contribuisce all'avanzamento di soluzioni funzionali per applicazioni aerospace, promuovendo l'alleggerimento strutturale tramite leghe leggere ad alte prestazioni e la qualificazione di materiali e componenti realizzati mediante Additive Manufacturing. Tali soluzioni di modifica superficiale permettono di estendere l'utilizzo di materiali leggeri anche in condizioni di esercizio severe, contribuendo indirettamente alla riduzione dei consumi energetici e delle emissioni di CO_2 associate ai sistemi di trasporto aeronautico e spaziale. Lo studio approfondito dei trattamenti e rivestimenti superficiali sviluppati nell'ambito della sperimentazione ha consentito di ampliare il know-how regionale e industriale in termini di comportamento a fatica e a fatica da fretting. Il fenomeno del fretting, infatti, rappresenta una criticità ancora poco investigata ma di elevata rilevanza in applicazioni aeronautiche e aerospaziali.

Applicazioni

Le modifiche superficiali sviluppate si propongono come soluzioni avanzate per problematiche di contatto strisciante, usura e fatica che interessano numerosi settori industriali, tra cui automotive, aerospaziale, oleodinamica, sistemi di trasmissione e meccanica di precisione. In tali ambiti, le prestazioni superficiali dei componenti risultano determinanti per garantirne affidabilità, durabilità e funzionalità in esercizio, incidendo direttamente sulla competitività e sul valore tecnologico dei prodotti finali.

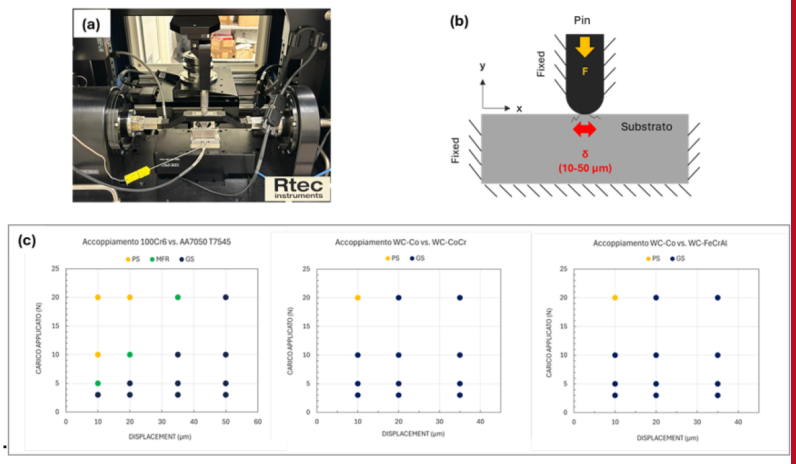


Fig. 3: (a) Tribometro MFT-5000 RTEC dotato di modulo fretting; (b) schema del meccanismo di fretting (c) mappe di fretting degli accoppiamenti 100Cr6 vs AA7050, WC-Co vs WC-CoCr e WC-Co vs WC-FeCrAl

Partner coinvolti	DTM Technologies CIRI-MAM, Università degli Studi di Bologna IN4 HUB, Università di Ferrara INTERMECH MO.RE, Università di Modena e Reggio Emilia CURTI S.P.A., IL SENTIERO INTERNATIONAL CAMPUS, PEEN SERVICE S.R.L., DEMOCENTER
Tempi di realizzazione	12-24 mesi
Livello di maturità tecnologica	TRL 6 - tecnologia dimostrata in ambiente rilevante
Valorizzazione applicazione	I risultati ottenuti hanno contribuito ad ampliare il know-how tecnico e applicativo dell'end user, rafforzando le competenze nei settori delle modificazioni superficiali avanzate e della tribologia per applicazioni aerospace.

Esempio di applicazione

Valutazione su scala di laboratorio del comportamento tribologico (fretting) degli accoppiamenti 100Cr6 vs. AA7050 T7451 e WC-Co vs. WC-FeCrAl.

La mappatura del comportamento a fretting della lega base in alluminio e delle modifiche superficiali sviluppate è stata eseguita mediante tribometro RTEC MFT-5000, utilizzando come controparte un pin sferico (d = 6 mm) in acciaio 100Cr6 e/o WC-Co. Le prove sono state condotte mantenendo costanti frequenza (50 Hz) e numero di cicli (106), variando sistematicamente il carico applicato (3, 5, 10 e 20 N) e il displacement relativo (10, 20, 35 e 50 µm). La campagna sperimentale ha riguardato i seguenti accoppiamenti pin-substrato: 100Cr6/AA7050-T7451 (configurazione iniziale del componente presso l'end-user), WC-Co/WC-CoCr e WC-Co/WC-FeCrAl. Durante i test sono stati acquisiti i fretting loops, mentre le superfici usurate sono state successivamente caratterizzate mediante analisi FEG-SEM/EDS per identificare i meccanismi di danneggiamento. L'analisi ha permesso di individuare i regimi di Partial Slip (PS), associato all'innesco di cricche da fatica, Gross Slip (GS), caratterizzato prevalentemente da usura da strisciamento, e Mixed Fretting Regime (MFR), condizione intermedia tra i due casi precedenti. Le mappe ottenute hanno evidenziato come i rivestimenti WC-CoCr e WC-FeCrAl migliorino significativamente la resistenza al fretting, mostrando una maggiore permanenza nel regime GS rispetto alla lega non rivestita, anche in condizioni di carico e displacement severi.

DTM

Design and technologies for high performance mechanics



DTM dal 1994 esegue attività ingegneristiche e di test potendo contare su sistemi di progettazione CAD 3D e software per il calcolo strutturale, termico e fluidodinamico.
Per la parte di laboratorio, integrazione e test, il laboratorio dispone di aree grigie e due clean room (ISO6 ed ISO 8) in cui vengono eseguite le attività di integrazione, test e qualifica. DTM dispone di un'autoclave per la realizzazione di prototipi in materiali compositi quali ad esempio strutture sandwich ed in fibra di carbonio, tre camere a termovuoto (TVC), strumenti per il test di sistemi fluidici ad altissima purezza. E' disponibile un carro ponte da 20 ton per integrazioni e prove su grandi strutture e sistemi oleo-pneumatici per effettuare prove di qualifica quasi statiche.
Il know-how acquisito in oltre 25 anni di attività in settori quali aerospazio, automotive, nautica e biomedicale, permette di fornire ai clienti lo sviluppo di progetti e sistemi di prova chiavi in mano con il pieno rispetto di requisiti, tempi e costi. DTM per garantire i migliori livelli di servizio implementa un sistema di gestione della qualità secondo le normative ISO 9001 e EN 9100 (aerospazio).

Sito web	http://www.dtm.it/
Direttore	Davide Santachiara
Data pubblicazione	29/05/2026