Caratterizzazione alluminio AlSi10mg stampato tramite tecnologia SLM

Le tecnologie additive si discostano dalle tecnologie convenzionali ad asportazione di truciolo. Pertanto, componenti realizzati tramite queste tecnologie innovative possono avere proprietà differenti rispetto a quelli realizzati tradizionalmente.
Di forte interesse industriale sono componenti realizzati in AM in lega di alluminio AlSi10Mg.
Le prove, effettuate con tecnologia SLM e un impianto SISMA MySint 100, hanno avuto l'obiettivo di ottimizzare i parametri di processo per ottenere le performance richieste dal materiale e dalle singole applicazioni.
A seguito della definizione di un DOE relativo ai parametri, si sono stampati i campioni successivamente utilizzati per la caratterizzazione delle proprietà del materiale attraverso test di laboratorio.
Si sono poi messi a confronto campioni con e senza trattamento termico.
I risultati sperimentali delle performance meccaniche del materiale sono stati utilizzati come parametri nelle simulazioni FEM.

Laboratorio	Il Sentiero International Campus
Area di specializzazione	Meccatronica e Materiali
Referenti	Riccardo Franci
Keyword	Alluminio AlSi10Mg Stampa 3D Durezza, Selective Laser Melting Trazione, Caratterizzazione Proprietà meccaniche, Microstruttura Densità relativa

"AlSI10Mg:elevate proprietà di scambio termico/peso contenuto"



Fig. 1: Esempio di campioni e polveri processati tramite tecnologia SLM con stampante SISMA mysint100

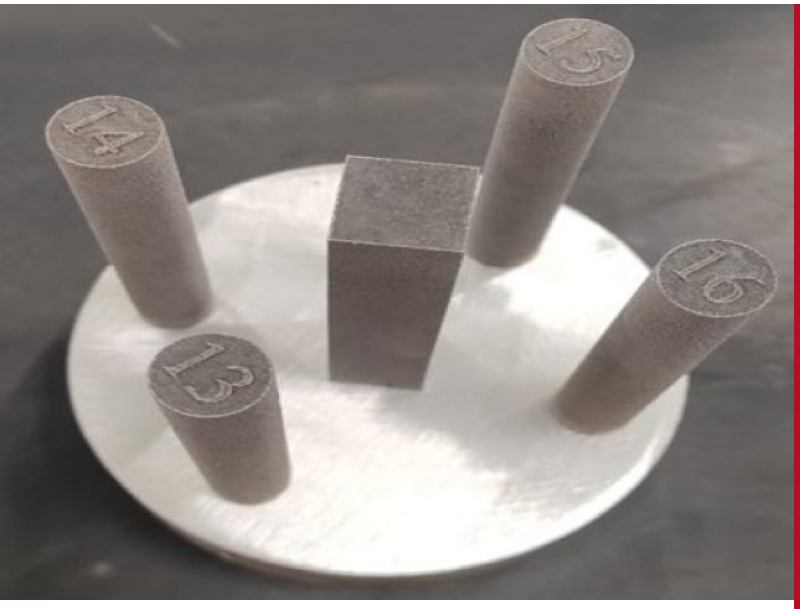


Fig. 2: Campioni di AlSi10Mg per prove di trazione, metallografia e durezza realizzati tramite tecnologia SLM con stampante SISMA Mysint100

Descrizione

La caratterizzazione della lega di alluminio AlSi10Mg è stata effettuata mediante diversi steps:
1. Verifica e ottimizzazione dei parametri di stampa
2. Misura densità relativa tramite analisi di immagini
3. Preparazione metallografica ed attacco chimico per esposizione microstruttura
4. Test di durezza
5. Test di trazione

Ottimizzati i parametri di stampa per l'ottenimento di una densità relativa maggiore di 99,5% si è passati alla caratterizzazione del materiale.
Per l'analisi della microstruttura, sono stati utilizzati gli stessi campioni dell'analisi della densità. Per la procedura di attacco chimico è stata seguita la normativa ASTM E 407. In seguito all'attacco chimico, i campioni sono stati nuovamente osservati al microscopio ottico dove sono state catturate immagini esplicative della microstruttura, sia per il gruppo as-built che per il gruppo stress-relieved.
Per le prove di trazione sono stati stampati diversi provini cilindrici, diversificando anche l'orientamento di stampa: 90° (direzione verticale rispetto al piano di stampa), 45° e 0° (orizzontalmente rispetto al piano di stampa). I provini sono stati suddivisi in due gruppi: as-built e trattati termicamente con sempre lo stesso trattamento di distensione (300°C per 2h). Le prove di trazione sono state eseguite seguendo la normativa ASTM E8/E8M-21.
DOE per prove di trazione:
- Geometria: Φ13x90mm
- Orientamento: 90°; 45°; 0°
- Ripetizioni: 4X
- Totale provini: 24

Aspetti innovativi

La lega di alluminio in esame è una lega AlSi10Mg. Per le sue caratteristiche (composizione molto vicina a quella eutettica, buone proprietà meccaniche in relazione al basso peso specifico, bassa dilatazione termica ecc.) questa lega è largamente impiegata in processi AM rispondendo così alle necessità di applicazioni in diversi settori industriali.
L'ottimizzazione dei parametri di processo specifici dell'impianto MYSINT100, ha permesso di valutare le migliori performance ottenibili con il materiale in esame. Il lavoro è parte integrante della qualifica macchina/processo. I dati sperimentali così ottenuti costituiscono la base informativa per le analisi FEM, necessarie per l'ottimizzazione del design in funzione delle sollecitazioni a cui i componenti sono sottoposti e alla resistenza del materiale.
Inoltre, la conoscenza delle diverse proprietà del materiale (meccaniche e metallurgiche) pre e post trattamento termico, consentiranno di ottimizzare lo stesso agendo opportunamente sui parametri tempo/temperatura.
Tale lavoro rappresenta per il Sentiero International Campus il benchmark delle prossime analisi su diverse leghe di alluminio alto performanti.

Applicazioni

La lega di AlSi10Mg è largamente utilizzata in campi come automotive e aerospace grazie al suo peso leggero, alle sue buone proprietà meccaniche, ed alla sua bassa dilatazione termica. La sua composizione molto vicina a quella eutettica le conferisce un'ottima colabilità ed è quindi tradizionalmente utilizzata come lega da fonderia.
Un trattamento termico tipico per questa lega è il trattamento T6 (solubilizzazione, tempra e invecchiamento artificiale).

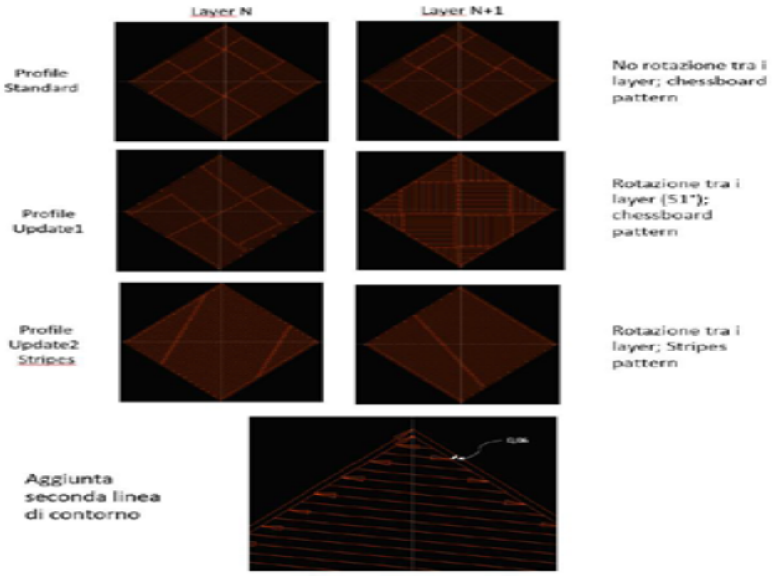


Fig. 3: DOE per l'ottimizzazione dei parametri a partire dal profilo standard: Dall'alto verso il basso: Test 0, Test 1, Test 2, Test 3.3

Partner coinvolti	Università di Bologna
Tempi di realizzazione	L'indagine ha richiesto circa 6 mesi
Livello di maturità tecnologica	TRL 5 - tecnologia validata in ambiente rilevante
Valorizzazione applicazione	La caratterizzazione effettuata sulla lega di AlSI10Mg ha reso possibile indagarne le principali caratteristiche meccaniche in modo da poter fornire ai progettisti dati oggettivi e reali sul comportamento del materiale.

Esempio di applicazione

I componenti realizzati in lega di ALSi10Mg tramite tecnologia SLM vengono principalmente utilizzati quando si ha la necessità di avere pezzi leggeri, resistenti e dalla geometria complessa.
Alcuni componenti industriali sono ridisegnati tenendo in considerazione i principi del DfA (Desginf for Additive) e delle proprietà del materiale ricavate dalle prove sperimentali eseguite nel presente lavoro, permettendo così la valutazione e l'ottimizzazione delle sezioni resistenti.

L'indagine effettuata è risultata assolutamente positiva: tutte le caratteristiche indagate sono rientrate entro i valori di riferimento
• A partire dal profilo di stampa standard, sono state effettuate 4 combinazioni di modifica. L'ultima iterazione, che ha visto l'aggiunta di una linea di bordo e la riduzione dell'offset fra le linee, ha portato ad ottenere densità relativa media pari a 99,7 %. Tale profilo è stato utilizzato per le stampe dei successivi campioni
• Microstruttura estremamente fine e presenza di pozze di fusione. La microstruttura di un SLMed è composta da una struttura dendritico-cellulare costituita da una matrice di α-Al circondata da un network di fase eutettica di α-Al+Si. Con il trattamento termico di distensione, il network di silicio si rompe e avviene la precipitazione di Si
• La stampante realizza campioni uniformi in durezza in tutto il volume di stampa. La durezza media dei campioni as-built è risultata essere di 151,9 HV1, mentre per i campioni stress-relieved il valore medio è di 97,4 HV1
• Campioni As-Built risultano avere carico di snervamento e carico di rottura alti (rispettivamente di 311 MPa e 500 MPa), un modulo elastico di 72 GPa, A% pari a 6,8%. Il trattamento di distensione ha reso il materiale più duttile, riducendo i valori medi □□0.2 e □□ di circa il 40% rispetto ai valori as-built, ma con A% di 19,4%

Il Sentiero International Campus



Sito web	http://www.ilsentierocampus.com/
Direttore	Riccardo Franci
Data pubblicazione	16/06/2022

Il Sentiero si propone come strumento di diffusione dell'innovazione in grado di convogliare progetti su direttrici di ricerca e sviluppo strategiche.
Competenze del centro:
Ingegneria delle superfici:
• Studio e sviluppo di soluzioni tailor-made
• Coating: thermal spray, cold spray, films sottili
• Rivestimenti nano-strutturati: PVD, CVD, PECVD
• Analisi superficie/interfaccia
Ingegneria dell'affidabilità e testing funzionale: sviluppo e realizzazione di nuovi banchi prova atti a testare componenti o gruppi di macchina in condizioni operative controllate:
• Progettazione e prototipazione meccanica, elettrica e automazione industriale
• Progettazione, costruzione ed esercizio di banchi prova personalizzati
• Test accelerati del ciclo di vita di componenti, sottosistemi e sistemi
• Simulazione fisica e virtuale di funzioni e interfacce di sistemi e sottosistemi
Analisi di laboratorio: studio di metodologie di test tailor-made fondamentali per verificare e validare dal punto di vista tecnico-scientifico le soluzioni industriali
• Metallografia
• Tribologia
• Corrosione
• Tribo-corrosione
• Failure anlysis
Analisi delle superfici Additive Manufacturing:
• Analisi e design per AM
• Ottimizzazione dei processi per sistemi materiali-prodotto
• Realizzazione di prototipi e preserie
• Validazione funzionale dei materiali e dei componenti
TECNOLOGIE: Sintering Laser Melting, Materiali compositi, Fabbricazione a filamento fuso con deposizione a fibra continua