Additive manufacturing di ceramici avanzati da stampa 3D ad estrusione: dallo sviluppo delle materie prime ceramiche alla realizzazione di prototipi.

ENEA-TEMAF offre un servizio completo nello sviluppo di componenti ceramici avanzati da stampa 3D ad estrusione di paste. Le paste ceramiche stampabili sono a base acquosa, a basso contenuto organico (< 3%), garantendo un basso impatto ambientale, buone densità in verde e ridotti ritiri di sinterizzazione. Il comportamento reologico delle paste assicura la formatura a temperatura ambiente senza deformazioni dell'oggetto.
In base al design del componente ceramico, che può essere anche di grandi dimensioni, viene ottimizzato il set-up della stampante e il job di lavoro, ottenuto dal software di slicing.
Grazie all'esperienza maturata nel settore, si esegue la progettazione DfAM per componenti in ceramici avanzati e si effettua la caratterizzazione completa a partire dallo sviluppo delle paste ceramiche stampabili fino alla qualifica del componente sinterizzato. Le applicazioni esplorate comprendono la produzione di calore e di energia elettrica anche da fonti rinnovabili.

Laboratorio	ENEA-TEMAF
Area di specializzazione	Energia e Sostenibilità, Meccatronica e Materiali
Referenti	Federica Bezzi, Giuseppe Magnani, Alessandra Strafella
Keyword	Additive manufacturnig ceramico , Stampa 3D ad estrusione di paste , Paste ceramiche stampabili, Ceramici avanzati net-shape

"Stampa 3D low cost e sostenibile di ceramici avanzati"

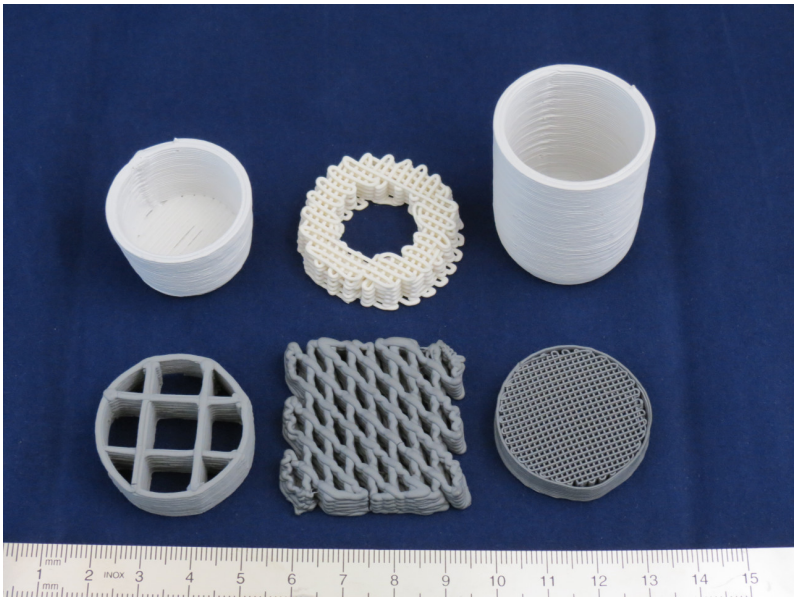


Fig. 1: Ceramici avanzati (allumina, alluminio titanato e carburo di silicio) da stampa 3D ad estrusione con le paste di nuova formulazione e successiva sinterizzazione



Fig. 2: Competenze e servizi del Laboratorio di ricerca industriale ENEA-TEMAF nello sviluppo di materie prime ceramiche e componenti da stampa 3D ad estrusione di ceramici avanzati

Descrizione

La stampa 3D di ceramici avanzati permette di esplorarne l'applicazione anche in ambiti finora preclusi dai limiti di design e dei costi degli attuali processi di manifattura. In particolare, è possibile realizzare geometrie complesse, sempre più richieste per l'ottimizzazione delle fluidodinamiche, l'alleggerimento e per l'accoppiamento di componenti, offrendo anche soluzioni custom. Una dalle tecniche di stampa 3D impiegata presso ENEA-TEMAF è la LDM (Liquid Deposition Modeling), basata sull'estrusione di paste ceramiche, sviluppata in ottica low cost.

Si sviluppano nuove formulazioni di paste ceramiche, anche composite, a base ossidica (allumina, zirconia, alluminio titanato, etc.) e non ossidica (carburo di silicio, siliciuri di molibdeno, etc.). La pasta viene preparata miscelando polveri ceramiche con opportuni additivi reologici in mezzo acquoso, fino al raggiungimento delle caratteristiche reologiche idonee alla stampa.

Si effettua quindi la stampa di componenti, a partire dal disegno CAD del componente opportunamente progettato, tenendo conto dei vincoli della tecnologia di stampa; dallo slicing del CAD si genera il G-CODE, file che la stampante impiega per realizzare il componente in verde. Il componente formato a temperatura ambiente viene poi sinterizzato in forni disponibili anche in scala pilota. Si realizzano prototipi e piccole serie a si effettua la caratterizzazione fino alla qualifica termomeccanica di materiali e componenti.

Aspetti innovativi

La stampa 3D di ceramici avanzati è una promettente tecnica formatura net-shape, rivolta a ridurre fortemente gli elevati costi delle lavorazioni meccaniche, tipiche dei processi di pressatura, e dei i limiti di forma ottenibili da processi in stampo, aspetti che ne ostacolano l'impiego nonostante i noti vantaggi prestazionali. Lo sviluppo dell'AM per i ceramici avanzati si inserisce come potenziale risposta alla richiesta di componenti sempre più competitivi e sostenibili, caratterizzati da elevate prestazioni, ma al contempo alleggeriti. La ricerca di nuove soluzioni produttive accessibili e di interesse per il mercato dei ceramici avanzati, da affiancarsi ai processi di manifattura convenzionali, vede quindi un potenziale interessante nella stampa 3D ad estrusione. La tecnologia LDM (Liquid Deposition Modeling) richiede bassi costi di investimento permettendo una produzione anche in serie. Le paste acquose e ad elevato contenuto solido sviluppate da ENEA-TEMAF garantiscono un processo sostenibile con una fase di stampa a temperatura ambiente e ciclo termico fino a sinterizzazione con emissioni (contenuto organico < 3%) e consumi energetici limitati.

Applicazioni

Ci si rivolge sia ad utilizzatori/produttori di stampanti 3D ad estrusione sia ad end-user interessati alla produzione custom e/o in serie limitate di componenti in ceramici tecnici avanzati per applicazioni in cui sia richiesta inerzia chimica, elevato rapporto resistenza/peso specifico e resistenza agli shock termici. Le potenziali applicazioni riguardano vari settori industriali come la produzione di energia (es. bruciatori, bracieri, turbine), soluzioni alleggerite per l'automotive e l'aerospace, filtri o supporti catalitici per l'industria.

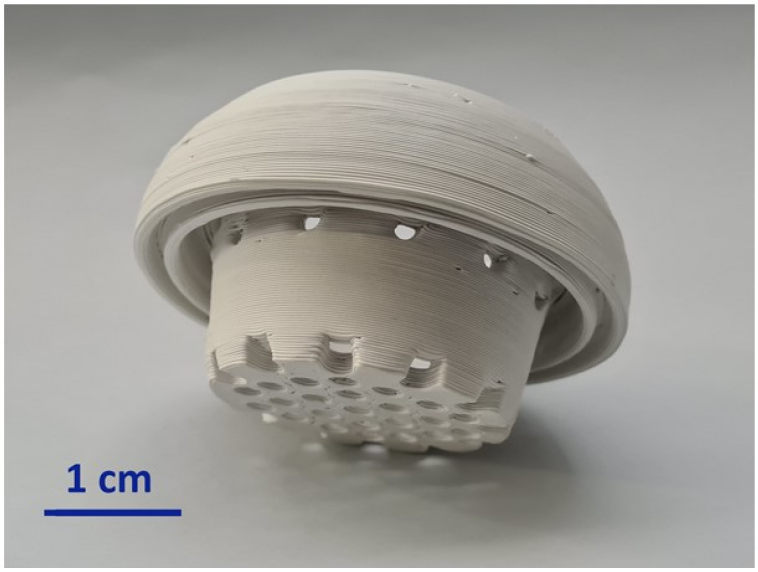


Fig. 3: Crogiolo per stufe a pellet in alluminio titanato da stampa 3D ad estrusione di pasta ceramica dopo sinterizzazione

Esempio di applicazione

Componenti in ceramico avanzato da stampa 3D ad estrusione per la sostenibilità del riscaldamento domestico.
Sviluppo di paste ceramiche per la stampa 3D ad estrusione, co-progettazione DfAM, stampa 3D e sinterizzazione del braciere in ceramico avanzato e testing per stufe a pellet.
I produttori ricercano soluzioni per migliorare l'efficienza e diminuire le emissioni degli impianti a biomasse, domestici e industriali.

I bracieri sono il "cuore" delle stufe a pellet poiché al loro interno avviene la combustione e le condizioni sono più gravose. I bracieri attuali sono in ghisa, a costi contenuti e con buone proprietà tecniche, ma sono prodotti da fusione in stampo, con limiti di design per l'ottimizzazione della combustione. Sono stati proposti ceramici avanzati, ancor più refrattari e con migliori proprietà termiche, da stampa 3D ad estrusione, processo sostenibile e a costi contenuti. E' stata prodotta una nuova pasta ceramica di alluminio titanato (tialite) con comportamento reologico idoneo alla stampa 3D. Il disegno del braciere a fluidodinamica ottimizzata per la combustione, sviluppato in un'ottica del DfAM per ceramici avanzati, ha tenuto conto delle esigenze del produttore e dei vincoli della stampa 3D. Dal disegno esecutivo CAD è stato ottenuto il job di lavoro con lo slicer Cura. La stampa 3D del braciere in verde è stata effettuata a temperatura ambiente a cui sono susseguiti l'essicamento a 60°C e la sinterizzazione in aria fino a 1500°C. I test di laboratorio hanno mostrato che la tialite da stampa 3D, rispetto allo stesso materiale ottenuto da pressatura, ha una moderata riduzione del modulo di Young e di resistenza a flessione. Il braciere realizzato in tialite ha superato i test preliminari in condizioni reali di esercizio in stufa a pellet.

Partner coinvolti

La collaborazione con una azienda leader nel riscaldamento domestico a biomassa legnosa, ha permesso di sviluppare e il nuovo braciere in ceramico avanzato e di testare sia i materiali che i prototipi da stampa 3D nei loro laboratori attrezzati per riprodurre le condizioni di lavoro reali.

Tempi di realizzazione

Materia prima e prototipi realizzati in 12 mesi.

Livello di maturità tecnologica

TRL 6 - tecnologia dimostrata in ambiente rilevante

Valorizzazione applicazione

Lo sviluppo in ENEA-TEMAF delle paste ceramiche è essenziale per esplorare le potenzialità dei ceramici avanzati da stampa 3D ad estrusione e si ricercano partner:
• end-user di vari settori (es. energia, automotive, aerospazio, industria chimica, etc.);
• produttori di paste ceramiche per la stampa 3D;
• co-progettatori per implementare il DfAM di ceramici tecnici avanzati.

ENEA-TEMAF

ENEA - Laboratorio Tecnologie dei Materiali Faenza



Il Laboratorio accreditato ENEA-TEMAF (Tecnologie dei Materiali Faenza) comprende due unità operative: TEMAF e SAFE.
TEMAF, con sede a Faenza dal 1994, si occupa di R&D di materiali avanzati. Svolge ricerca, sviluppo e trasferimento tecnologico per la sostenibilità e la competitività dei prodotti e dei processi, e innovazione nei settori dei trasporti, della produzione e recupero di energia, della meccanica avanzata, dell'aerospazio, dell'edilizia, del biomedicale e del manifatturiero. In particolare si occupa di:
• R&D di ceramici strutturali e funzionali (monolitici, compositi e rivestimenti) e dei processi di produzione, fino alla fabbricazione di prototipi
• R&D di materiali e tecnologie per l'Additive Manufacturing
• Ingegnerizzazione e trasferimento tecnologico di componenti e processi innovativi
• Caratterizzazione termomeccanica di materiali e qualifica di componenti in condizioni standard e simulanti l'esercizio
SAFE, con sede a Bologna, svolge attività di ricerca e sviluppo per materiali e metodi per la sicurezza sismica:
• Protezione sismica di edifici, patrimonio culturale, edifici strategici e impianti industriali a rischio di incidente rilevante
• Prevenzione dei rischi naturali
• Strategie per l'incremento della resilienza
• Diagnostica non distruttiva
• Telerilevamento e analisi di immagini satellitari
Le attività sono svolte all'interno di progetti di ricerca e le specifiche competenze e l'ampia dotazione strumentale rendono possibili servizi altamente qualificati per le imprese e la PA.

Sito web	https://www.faenza.enea.it/
Direttore	Claudia Brunori
Data pubblicazione	13/04/2022