Infiltrazione chimica da fase vapore – Chemical Vapour Infiltration (CVI)

ENEA-TEMAF dispone di un impianto in scala pilota CVI per la produzione di compositi rinforzati con fibre lunghe (CFCC, Continous Fiber Ceramic Composite). La tecnologia è quella dell'infiltrazione chimica in fase vapore di preforme costituite dalla sovrapposizione di tessuti 2D di fibre ceramiche. L'obiettivo è la produzione di compositi ceramici ad elevate prestazioni per applicazioni ad alta temperatura a base carbonio e carburo di silicio (Cf/C e SiCf/SiC)

"Materiali compositi ceramici per alta temperatura"

Laboratorio	ENEA-TEMAF
Area di specializzazione	Energia e Sostenibilità, Meccatronica e Materiali
Referenti	Federica Burgio
Keyword	Compositi ceramici, CVI



Fig. 1: Impianto pilota ENEA CVI/CVD

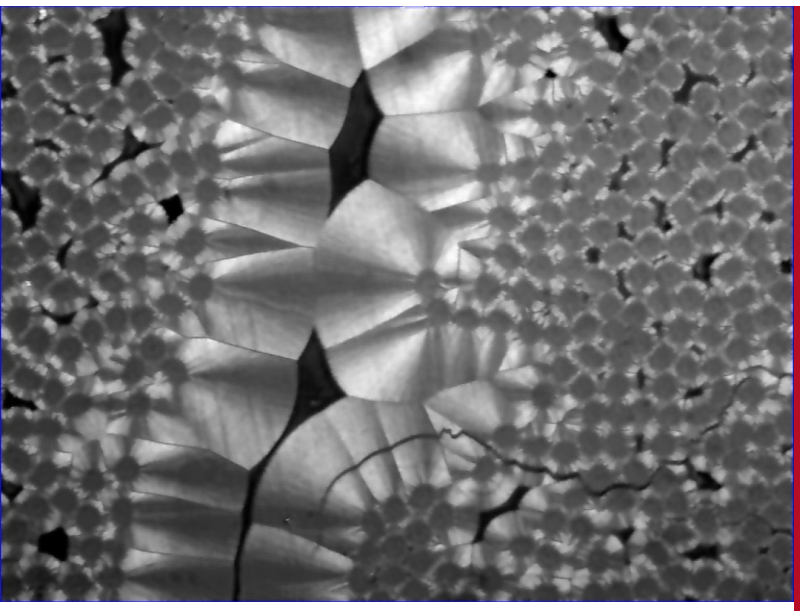


Fig. 2: Interfaccia fibra matrice in carbonio pirolitico (Py-C)

Descrizione

La tecnica di infiltrazione chimica in fase vapore consente la produzione di compositi ceramici mediante l'infiltrazione della matrice ceramica all'interno delle porosità di una preforma costituita da fibre ceramiche: il precursore gassoso della matrice, nelle opportune condizioni di temperatura e pressione, deposita direttamente la matrice solida riempiendo gradualmente le porosità della preforma fino alla sua quasi completa densificazione. Questo processo è altamente flessibile in quanto consente la produzione di diversi tipi di matrici ed è il più adatto per la realizzazione di strutture complesse, che riducono al minimo le lavorazioni meccaniche finali.

Aspetti innovativi

Tra le tecniche per la produzione dei compositi e di rivestimenti ceramici, la tecnologia CVI è quella più promettente. Il principale vantaggio rispetto agli altri processi di infiltrazione consiste nell'elevato grado di purezza e nell'alto grado di densificazione delle preforme, ottenibile grazie all'utilizzo di precursori gassosi della matrice in grado di infiltrare anche le più piccole porosità delle preforme e nell'assenza di residui organici, i cui trattamenti di eliminazione lasciano porosità residue.
Il principale vantaggio della tecnologia risiede nelle basse temperature di processo (900-1200°C), che garantiscono la non compromissione dei substrati di infiltrazione. Inoltre consente la produzione matrici ad elevata purezza, a stechiometria controllata e con minima porosità residua.
I materiali che è possibile produrre, grazie alle loro eccellenti proprietà termomeccaniche, rispondono all'esigenza di alleggerimento e affidabilità del settore aeronautico/aerospaziale e di incremento dell'efficienza energetica, tematica questa sempre più urgente dal punto di vista ambientale ed economico specialmente nei settori industriali energivori "hard-to-abate".

Applicazioni

Tra i CFCC quelli non ossidici, in particolare i materiali a base di carbonio (C) e carburo di silicio (SiC), mostrano proprietà interessanti alle alte temperature, come resistenza al creep, elevata conducibilità termica, bassa dilatazione termica e resistenza agli shock termici. Per questi motivi, il loro utilizzo è proposto per la realizzazione di componenti sottoposti ad elevati carichi termici per applicazioni spaziali, quali per esempio sistemi di propulsione o sistemi di protezione termica, materiali refrattari per forni e reattori di energia, sistemi frenanti, ecc.

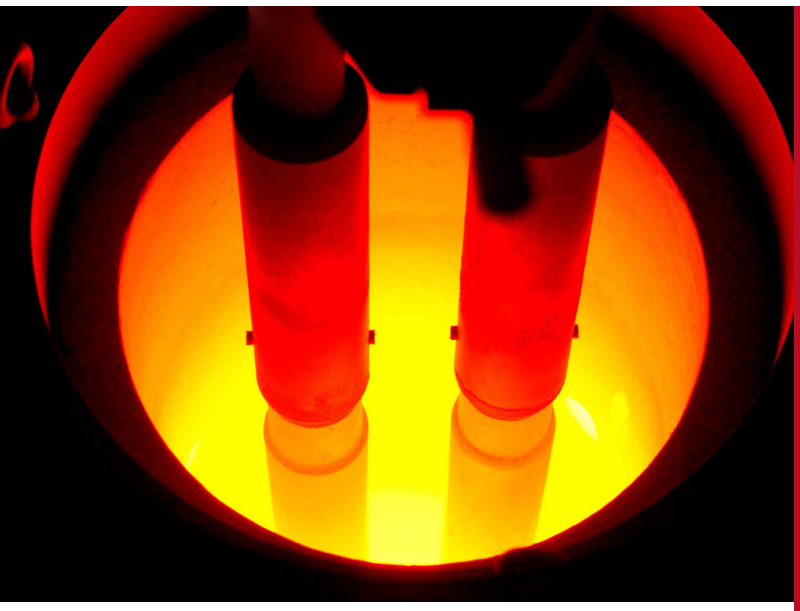


Fig. 3: Forno a tubi radianti

Esempio di applicazione

Compositi ceramici per applicazioni ad alte temperature

Per guidare il passaggio alle energie pulite e rinnovabili, l'industria pesante necessita di materiali ad elevate prestazioni ed efficienti dal punto di vista energetico, in grado di resistere in condizioni estreme, quali temperature molto elevate ed ambienti corrosivi: il progetto CEM-WAVE propone l'utilizzo di compositi a matrice ceramica. Nell'ambito del progetto CEM-WAVE (Novel Ceramic Matrix Composites produced with Microwave assisted Chemical Vapour Infiltration process for energy-intensive industries), finanziato dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea (https://www.cem-wave.eu/), ENEA-TEMAF si è occupata dello sviluppo dell'interfaccia in carbonio pirolitico (Py-C) fibra matrice mediante tecnologia CVI. L'interfaccia è un film sottile, tipicamente di spessore 0.1 -1 µm, di un materiale con bassa resistenza a taglio, depositato tra fibre e matrice la cui funzione principale è di arrestare e/o deflettere le microcricche della matrice. Ha inoltre la funzione di trasferire il carico, come in ogni composito rinforzato con fibre, e può agire anche da barriera diffusiva.

Partner coinvolti

• Università di Pisa, IPCF-CNR, Fricke und Mallah Microwave Technology GmbH, Fraunhofer-Gesellschaft, Università di Birmingham, Archer Technicoat Ltd, CNRS, POLITO, IRIS Technology Solutions SL, ArcelorMittal, Steinbeis Advanced Risk Technologies, Kneia S.L.

Tempi di realizzazione

12 mesi

Livello di maturità tecnologica

TRL 4 - tecnologia validata in laboratorio

Valorizzazione applicazione

Lo sviluppo in ENEA-TEMAF della tecnologia CVI è essenziale per esplorare le potenzialità dei ceramici compositi e si ricercano end-user di vari ambiti applicativi (p.es. automotive, aerospazio, etc.)

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	16/11/2023