POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Additive, controlli non distruttivi e diagnostica real time: l’utilizzo di sensori integrati per un monitoraggio continuo dell’integrità dei componenti

Original
Additive, controlli non distruttivi e diagnostica real time: l’utilizzo di sensori integrati per un monitoraggio continuo dell’integrità dei componenti / DE PASQUALE, Giorgio; Scanavini, Andrea; Barani, Simone. - (2022). (Intervento presentato al convegno 2° Convegno ADDITIVE MANUFACTURING E CONTROLLI NON DISTRUTTIVI tenutosi a Brescia nel 23-24 giugno 2022).

Availability:
This version is available at: 11583/2969653 since: 2022-07-06T18:17:06Z

Publisher:
AIPnD ETS Associazione Italiana Prove non Distruttive Monitoraggio Diagnostica e Laboratori di Prova Ente

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

26 September 2024

Additive, controlli non distruttivi e diagnostica real time: l'utilizzo di sensori integrati per un monitoraggio continuo dell'integrità dei componenti

A. Scanavini[1], S. Barani[1], G. De Pasquale[2]

[1] Pres-x s.r.l., Via Mascagni, 3, 42048 Rubiera (RE)

[2] Smart Structures and Systems Lab, DIMEAS, Politecnico di Torino (TO)

Introduzione

L'avvento dell'Industria 4.0 e dell'Internet of Things (IoT) sta evidenziando l'importanza e la necessità della raccolta e gestioni di dati in modo sempre più diffuso e capillare. In risposta a questa esigenza, l'ottimizzazione delle parti è divenuta un tema centrale nell'innovazione industriale: nuovi componenti cosiddetti "smart" vengono proposti con l'obiettivo di interagire con l'ambiente circostante per misurare e condividere parametri di vario tipo.

In quest'ottica, la sensorizzazione di parti meccaniche introduce importanti opportunità come la rilevazione di forze, accelerazioni, temperature e vibrazioni, insieme a grandezze più particolari e settoriali. Tali informazioni possono essere utilizzate per valutare lo stato di salute complessivo delle strutture, per confrontare i carichi effettivi con i carichi di progetto, o per rilevare le condizioni di funzionamento operative e generare piani di manutenzione preventiva o garantire il corretto funzionamento dell'impianto.

L'integrazione di sensori in strutture meccaniche, ad oggi si avvale perlopiù di metodologie tradizionali che purtroppo sono spesso limitate alla implementazione mediante installazione esterna con adesivi o collegamenti filettati, oppure mediante l'inserimento interno del sensore dopo aver lavorato il componente con fresatura o foratura. I limiti di questi metodi di installazione sono evidenti: nel primo caso il sensore rimane esposto a urti meccanici, disturbi ambientali e contaminazioni di vario genere; nel secondo caso invece i fori o canali devono essere realizzati con forme esclusivamente cilindriche e comunque rettilinee. Inoltre, in entrami i casi, il posizionamento del sensore risulta essere generalmente distante dal punto di misura di maggior interesse.

Da queste considerazioni nasce *In-Sense,* un nuovo processo brevettato messo a punto presso lo Smart Structures and Systems Lab del Politecnico di Torino, sotto la guida del Prof. Giorgio De Pasquale, in collaborazione con Pres-x, azienda innovativa di Rubiera (Reggio Emilia).

Il processo consente di "annegare" sensori e circuiti elettronici all'interno del componente. Questo particolare processo di additive manufacturing trae spunto dalle tradizionali tecniche di microfusione di polveri metalliche (Laser Powder Bed Fusion, LPBF, o Selective Laser Melting, SLM), alle quali introduce sostanziali modifiche per renderle idonee allo scopo. Il risultato consiste nella possibilità di fabbricare componenti metallici in materiali diversi, all'interno dei quali posizionare elementi elettronici "nativi", ovvero presenti fin dalla creazione dei componenti stessi.

In-Sense unisce i vantaggi della sensorizzazione interna dei componenti alla versatilità della fabbricazione additiva. Il sensore risulta quindi perfettamente integrato nel metallo (senza giunzioni o interruzioni di sorta nel materiale), protetto, inalterabile e riparato dalle contaminazioni. La posizione del sensore non è vincolata a canali generati per asportazione di truciolo e, pertanto, può essere libera all'interno del volume. Nel caso di collegamenti cablati, il cavo stesso può seguire percorsi curvilinei all'interno del componente.

Interruzione del processo

È importante evidenziare come tale processo innovativo non richieda necessariamente l'utilizzo di trasduttori personalizzati o il completo re-design della parte. La presenza del sensore viene prevista nella normale fase di ottimizzazione della parte ottenuta per processo di manifattura additiva, il quale permette di migliorarne il rapporto resistenza/peso, sfruttare la libertà di forma in applicazioni di scambio termico, integrare più parti in un unico componente, impiegare leghe più performanti e trattamenti termici di post-processo più efficienti.

In-Sense si basa sulla temporanea sospensione della microfusione delle polveri per il processo di integrazione; tale interruzione è solitamente un evento accidentale e indesiderato nei processi di additive manufacturing LPBF, causato di solito dai seguenti fattori: a) mancanza di alimentazione elettrica, di gas inerte o di materiale; b) collisione del recoter contro il componente in costruzione; c) guasto alle componenti del laser; d) blocco per malfunzionamento dei motori o dei filtri della macchina. Si è quindi reso necessario procedere a un'estensiva campagna di analisi del processo di microfusione per comprendere gli effetti dei parametri di macchina sulle proprietà finali di un componente sottoposto a sospensione temporanea della sua crescita. Per queste analisi sono stati realizzati provini di trazione a sezione rettangolare e circolare secondo la normativa UNI EN 10002 con differenti orientazioni di crescita, per i quali il processo è stato sospeso temporaneamente e ripreso, per simulare il processo *In-Sense*. Al termine della campagna di indagine, determinati i parametri salienti del processo, è stato possibile ridurre al minimo gli effetti della sospensione della crescita sulle proprietà meccaniche finali, confermando quindi la possibilità di integrare componenti elettronici all'interno del materiale. Tale risultato risulta confermato anche dal confronto tra le curve stress-strain del provino rispetto a un identico provino stampato senza interruzione.

Il processo di integrazione di sensori *In-Sense* è applicabile su una vasta gamma di materiali che sono soggetti solamente alla limitazione della tecnologia LB-PBF ed, eventualmente, dalla compatibilità del sensore da integrare. Il processo di ottimizzazione del componente con relativa interruzione della stampa comporterebbe la perdita dell'inertizzazione della camera e la relativa ossidazione della superficie del componente. Il processo messo a punto consente di evitare inconvenienti di questo tipo e le relative problematiche di discontinuità metallografica e strutturale.

Esempi di applicazioni

Il processo *In-Sense* è già stato validato con successo su diversi tipi di componenti meccanici. Fra questi si comprende una pala di turbina in Hastelloy X all'interno della quale è stato integrato un sensore di temperatura (termocoppia tipo N). Essendo il componente in continuo movimento rotatorio durante il normale utilizzo, la rilevazione della temperatura con metodologie tradizionali risulta possibile solo in corrispondenza della radice della pala. Al contrario è stato possibile il posizionamento della termocoppia nel punto mediano della pala, in corrispondenza al bordo d'attacco fluidico, migliorando le prestazioni del monitoraggio e consentendo interventi più tempestivi.

Altra applicazione di *In-sense* è relativa alla pinza freno di un veicolo da competizione. L'usura e il rendimento di un freno a disco è strettamente legato alla sua temperatura di utilizzo. Da queste considerazioni nasce questo secondo case-study, in cui un sensore di temperatura PT100 è stato integrato nel corpo del componente, realizzato in acciaio 17-4PH. La misurazione della temperatura avviene ad una distanza di appena 1 mm dalla sede del pistone, evitando disturbi nella rilevazione del segnale.

Conclusioni

Lo sviluppo della tecnologia In-sense, partita dai laboratori di ricerca e ora disponibile a livello industriale rappresenta una risorsa ad elevato potenziale per il settore del condition monitoring e dell'IIOT. In particolare, la possibilità di unire le potenzialità della struttura meccanica con quelle della sensorizzazione attraverso un'unica progettazione e un'unica tecnologia produttiva consentono di avvicinare applicazioni nuove in prospettiva di sviluppi ulteriori.