

SCIENZA DEI MATERIALI - Misurazione della deformazione dinamica delle pale del ventilatore (SH3-108)

Applicazione delle Telecamere Intelligenti ad Alta Velocità SinceVision e della tecnologia DIC nella misurazione dinamica della deformazione delle pale dei ventilatori

Contesto Sperimentale

I meccanismi di deformazione e rottura dei materiali in condizioni estreme — come rotazione ad alta velocità, impatti o esplosioni — rappresentano temi di ricerca cruciali nei settori aerospaziale, automotive e dell'ingegneria civile. I metodi di misura tradizionali a contatto (ad esempio, estensimetri) sono limitati dalla natura puntuale della rilevazione e dalla loro sensibilità alle interferenze, risultando inadatti per analisi di deformazione a pieno campo e per acquisizioni ad alta risoluzione temporale in scenari dinamici.

Come tecnica ottica senza contatto, la Digital Image Correlation (DIC) consente di tracciare i campi di spostamento superficiali e di calcolare con precisione le distribuzioni di deformazione a pieno campo. Integrata con telecamere ad alta velocità, la DIC permette di catturare processi di deformazione dinamica su scale temporali dell'ordine di millisecondi o microsecondi.

Questo studio si concentra sulle pale di ventole, componenti soggetti a complessi carichi centrifughi e aerodinamici durante la rotazione ad alta velocità. La loro distribuzione di deformazione e l'affidabilità strutturale sono strettamente correlate, rendendo questo scenario un caso ideale per validare l'efficacia ingegneristica della tecnologia DIC.

Metodologia sperimentale

Questo studio impiega un sistema di imaging ad alta velocità integrato con la Digital Image Correlation (DIC) per costruire un quadro sperimentale completo, che va dalla configurazione hardware fino all'acquisizione e all'elaborazione dei dati.

1. Configurazione hardware

- **Telecamere ad alta velocità:** Sono state utilizzate due telecamere SinceVision SH3-108. Alla risoluzione full-frame di 1280×1024 , raggiungono un frame rate di 8000 fps, consentendo una cattura nitida e continua della dinamica delle pale della ventola in rotazione ad alta velocità.
- **Posizionamento e sincronizzazione:** Le due telecamere sono state installate con un angolo ottimizzato di fronte al ventilatore, garantendo che la regione di interesse rimanesse stabile nel campo visivo e permettendo un'acquisizione dinamica chiara e coerente.

2. Preparazione del campione

- **Pattern di speckle:** Una trama casuale di speckle è stata applicata sulla superficie della pala per fornire le caratteristiche di texture necessarie all'analisi DIC.
- **Regione di interesse (ROI):** Sono state definite piccole sottoregioni ("Rettangoli di Stadio 0–5") alla radice, a metà campata e alla punta della pala. Questa configurazione copre le zone critiche di sollecitazione lungo l'intera estensione della pala, facilitando l'analisi dei gradienti di deformazione.



3. Risultati e analisi sperimentali

L'esperimento evidenzia pienamente i vantaggi combinati della telecamera ad alta velocità SinceVision SH3-108 e della tecnologia DIC nella misurazione della deformazione dinamica:

- **Misurazione a campo completo senza contatto:** Supera i limiti dei metodi tradizionali a punto singolo, consentendo una visualizzazione completa del campo di deformazione sulla superficie della pala e fornendo dati fondamentali per l'ottimizzazione strutturale.
- **Alta risoluzione spazio-temporale:** Con un frame rate di 8000 fps e una precisione di misura pari a 50 micro-deformazioni, il sistema cattura con accuratezza la deformazione istantanea durante la rotazione ad alta velocità, soddisfacendo i requisiti di analisi in condizioni operative estreme.