



TECNICHE DI CARATTERIZZAZIONE DELLE LAMINAZIONI DI PRODOTTI DI COMPOSITO FIBRORINFORZATO

Il costante incremento nell'utilizzo di materiali compositi in impieghi strutturali ha generato la necessità di monitorare precisamente le caratteristiche dei laminati. In questo articolo sono analizzate le differenti tipologie di strumenti utili per la osservazione sperimentale delle caratteristiche interne di componenti in materiale composito per fini industriali. Le apparecchiature utilizzate spaziano dalla tomografia industriale computerizzata, alla microscopia ottica, fino al microscopio elettronico a scansione SEM. di Enrica Riva (Corresponding author) e Antonio Testa – Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Parma. Reverse engineering, failure analysis e individuazione dei difetti sono i principali settori in cui è nata l'esigenza di disporre di metodologie di esame specifiche per i materiali compositi. L'osservazione a diversi livelli di dettaglio delle laminazioni fornisce le informazioni necessarie per la rilevazione delle caratteristiche interne del laminato quali spessore delle singole pelli, orientazione delle fibre, eventuali difetti di fabbricazione, cricche e interazioni fibre/matrice, composito/composito. In questa attività si è scelto di esaminare, in ottica controllo di qualità, un telaio per bicicletta da corsa in composito fibrorinforzato al carbonio di alta gamma. La particolare struttura monoscocca e la complessità della laminazione, tipiche di questo tipo di componenti, lo rendono un perfetto banco di prova per tecnologie di analisi del materiale. Tomografia computerizzata (CT) industriale La tomografia computerizzata è una metodologia diagnostica relativamente recente. Storicamente utilizzata in campo medico diagnostico, questa tecnologia è stata adattata alle applicazioni industriali così da consentire l'analisi di strutture interne ed esterne dei componenti. La tomografia consiste nella scansione di un oggetto con un fascio di raggi-x catturando con un detector l'intensità del fascio che lo ha attraversato. In una scansione viene acquisito un gran numero di immagini relative a sezioni 2D dell'oggetto mentre questo ruota o roto-trasla. Successivamente le immagini vengono elaborate al fine di ottenere un volume 3D gestibile come modello CAD. La tomografia industriale sta diventando un metodo standard per la digitalizzazione del volume, ad esempio per comparare le dimensioni del prototipo di un nuovo prodotto rispetto alle dimensioni nel modello CAD prima di iniziarne la produzione in serie. I dati 3D possono essere utilizzati per l'analisi automatica dei difetti, per l'identificazione di spessori critici nell'oggetto, per la determinazione di dimensioni di parti non accessibili, per una failure analysis e per un'analisi statistica di caratteristiche dei materiali, quale la densità. Le scansioni tomografiche assicurano un'efficace messa a punto dei processi di costruzione additiva, fusione, saldatura, stampaggio e laminazione di compositi. Per le scansioni del telaio di bicicletta è stato utilizzato il tomografo North Star Imaging X5000 CT. Tale strumento permette l'acquisizione, in una singola scansione, di oggetti di dimensioni contenibili in un volume cilindrico di 810 mm di diametro x 1210 mm in lunghezza. Per poter rilevare gli spessori viene eseguito, in primo luogo, il riconoscimento delle superfici. L'operatore attraverso il software dedicato è in grado di distinguere le superfici interna ed esterna del componente e, successivamente, mediante uno specifico algoritmo di calcolo, valutare gli spessori in ogni punto della parte scansionata. Il software permette anche la visualizzazione dell'intera parte identificando i diversi spessori mediante una scala di colori. Questo tipo di analisi garantisce una grande praticità nella lettura dei valori puntuali di spessore mediante apposito puntatore e una accuratezza non ottenibile con la rilevazione manuale dalle sezioni 2D. Nell'analisi di un manufatto in materiale composito il rilevamento degli spessori permette il confronto tra plybook di laminazione e laminazione del pezzo reale. Questo dato ha diverse valenze dal punto di vista progettuale nel caso di reverse engineering o di verifica di conformità nella stesura delle pelli. Per quanto



concerne l'analisi difettologica la tomografia risulta essere uno strumento estremamente potente. Innanzitutto, essendo un tipo di controllo non distruttivo (CND), è possibile osservare le parti senza doverle preventivamente sottoporre a lavorazioni meccaniche di taglio. In tal modo tutti i difetti rilevati nelle scansioni sono propri dell'oggetto e non eventualmente generati nell'operazione di taglio. Questa caratteristica è molto importante quando si lavora con materiali compositi nei quali sono facilmente innescabili cricche interlaminari o delaminazioni con lavorazioni meccaniche invasive. Le funzionalità del software per l'analisi consentono di caratterizzare, con elevato dettaglio, le discontinuità del materiale: porosità da gas, irregolarità della matrice dovute a presenza di particelle indesiderate (inclusioni), fessurazioni e cricche. La possibilità di evidenziare le aree difettose in un ambiente virtuale tridimensionale consente di attuare azioni di miglioramento e di ottimizzazione durante la produzione dei componenti. Nello studio difettologico applicato ai materiali compositi sono utili anche le scansioni bidimensionali del componente. Dalle immagini 2D, ovvero sezioni dell'oggetto, sono chiaramente individuabili delaminazioni interne, delaminazioni su superfici interne, inclusioni di aria o altri materiali e grinze nelle pelli. Integrando le informazioni ricavabili dalle immagini 3D con quelle 2D è possibile osservare la forma, le dimensioni e la distribuzione dei difetti all'interno di prodotti o localizzare zone particolarmente critiche ove sono concentrate difettosità tali da poter compromettere le funzionalità del prodotto. È possibile anche supportare il progettista nelle fasi di industrializzazione del prodotto e nel percorso di sviluppo ed ottimizzazione del processo produttivo.