

Anwendung von Lamb-Wellen-Tests



Anwendungsgebiete

- A Luft- und Raumfahrt
- B Audio & Akustik
- C Automobilentwicklung
- D Datenspeicher
- G Vibrometrie Allgemein**
- M Mikrostrukturen/-systeme
- P Fertigungsprüfung
- S Wissenschaft & Medizin
- T Strukturuntersuchungen
- U Ultraschalltechnik

Defekterkennung mit dem PSV-400 und PSV-400-3D Scanning Vibrometer

Defekterkennung an Komposit-Strukturen

Defekterkennung ist ein aktuelles Thema, insbesondere im Luft- und Raumfahrtbereich, aber auch in der Automobilindustrie und allgemein im Leichtbau. Einer der Hauptgründe ist die zunehmende Verbreitung von Komposit-Materialien, zum Beispiel CFK-Strukturen, die sehr leicht und trotzdem stabil sind, aber eben auch anfällig für bestimmte Typen von Strukturfehlern. Aus Sicherheitsgründen ist die Erkennung solcher Fehler ab einem bestimmten Schadensausmaß unerlässlich.

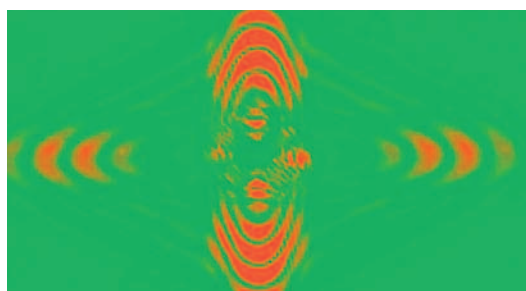
Klassisch werden solche Bauteile oft mittels Ultraschall geprüft, sofern sie in ein Wasserbad getaucht oder mit Wasser benetzt werden können. Ultraschallsender und Empfänger liegen dabei oft auf unterschiedlichen Seiten der Probe, da bei Durchschallung eine bessere Empfindlichkeit als in Reflexion erreicht werden kann. Dies erlaubt eine recht schnelle, oft auch automatisierte Prüfung mit sehr guter Auflösung.

Anwendung von Lamb-Wellen-Tests

Eine vielversprechende Alternative für Prüfteile und Anwendungsfälle, bei denen dieses Vorgehen nicht möglich ist, besteht darin, die Ausbreitung von Lamb-Wellen im Material mittels Laservibrometrie zu untersuchen.

Diese Methode kann auch bei Teilen angewendet werden, die nicht mit Wasser in Berührung kommen dürfen, bei Messungen im Feldeinsatz und wenn keine Durchschallung möglich ist.

Ein weiterer potentieller Einsatzbereich ist die Auslegung von Piezo-Sensornetzwerken, die im Bauteil integriert sind und so Materialdefekte online im Betrieb anzeigen (s. Artikel von T. Windisch et al., InFocus 1/2011). Die an den Sensoren eingehenden Signale werden ebenfalls durch Lamb-Wellen erzeugt. Beim Auftreten eines Fehlers ändert sich das Wellenbild und damit die empfangenen Signale. Die bildgebende Messung der Lamb-Wellen ist ein hervorragendes Hilfsmittel, um die optimalen Positionen der Sensoren im Netzwerk zu bestimmen und die Signale der Sensoren richtig zu interpretieren.



Polytec GmbH
Optische Messsysteme
Applikationsnote
VIB-G-23

November 2011

Vielversprechende Einsatzgebiete



1. Grundlagenforschung an Universitäten und Instituten

- Lamb-Wellen-Tests sind ein sehr anschauliches Tool für das grundlegende Verständnis der Physik der Wellenausbreitung, auch von Lamb-Wellen (Bild 1)
- Die Methode erlaubt vielfältige Rückschlüsse auf Materialparameter

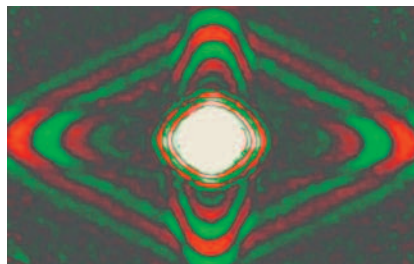


Bild 1: Darstellung des Wellenfelds

2. Auslegung von Piezo-Sensornetzwerken

- Messungen zeigen direkt die Ausbreitung der Lamb-Wellen mit allen Komponenten in 3D
- Sie ermöglichen damit die Auslegung, Kalibrierung und Überprüfung von Sensornetzwerken, die später die eigentliche Detektion übernehmen

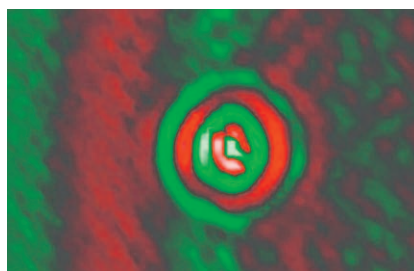


Bild 2: Detektion eines Impacts

- Sensornetzwerke sind viel schneller als scannende Ultraschall-Systeme, auch Online-Messungen werden möglich

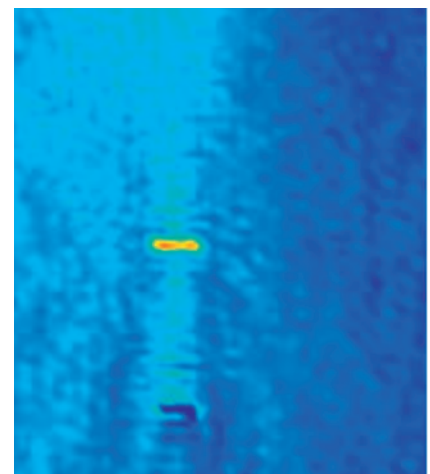


Bild 3: Lamb-Wellen-Test an schlitzförmigen Defekten

3. Erkennung von realen Defekten im Feld oder bei Wartungseinsatz

- Ideal für Bauteile, bei denen keine Durchschallung bzw. Platzierung eines Empfängers im Innern möglich ist (geschlossene Körper, z. B. Tanks oder Flugzeugnasen), sowie bei empfindlichen Teilen, deren Oberfläche nicht mit Kontaktmittel (z. B. Wasser, Gel) in Kontakt kommen soll
- Beispiele: Komposit-Materialien im Satellitenbereich und zum Teil im Flugzeugbau
- Interesse besteht nicht nur seitens der Forschungsinstitute, sondern auch seitens der Hersteller
- Folgende Defektarten können gemessen werden:

Impacts

Unter so genannten Impacts versteht man Delaminationen in mehreren Schichten gleichzeitig, verursacht beispielsweise durch Steinschlag oder auch durch herabfallende Schraubenschlüssel.

Das Bild zeigt einen Schnappschuss der Ausbreitung von Lamb-Wellen. Es sind die langwelligen, schnellen S_0 -Wellenfronten zu sehen, die, von rechts kommend, auf den Defekt treffen. Am Defekt tritt Moden-Konversion auf und es entstehen kreisförmige sekundäre A_0 -Wellen. Der Defekt ist damit meist auf Anhieb und sehr deutlich erkennbar (Bild 2).

Risse

Bild 3 zeigt die RMS-Verteilung (Effektivwerte der Amplitude) eines Lamb-Wellen-Tests an einer mit zwei dünnen Schlitzten versehenen Platte.

Delaminationen

Einfache Delaminationen können erkannt werden, wenn sie sich nahe der Oberfläche befinden und die Schichten wirklich getrennt sind (z.B. nach Belastung). Bild 4 zeigt den Effekt einer „künstlichen“ Delamination, hervorgerufen durch einen dünnen Teflonfilm zwischen zwei Lagen einer Komposit-Platte.

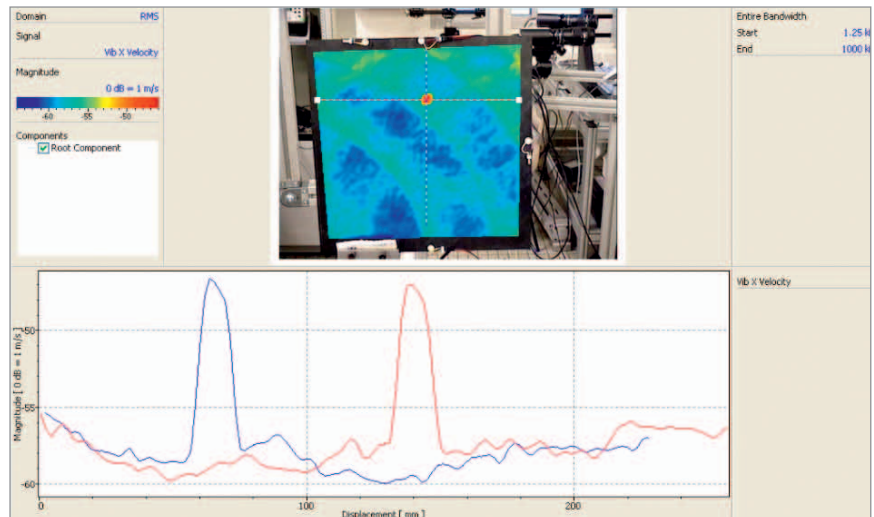


Bild 4: Wellenfeldbild und Profilschnitte einer Kompositstruktur mit Delaminationen

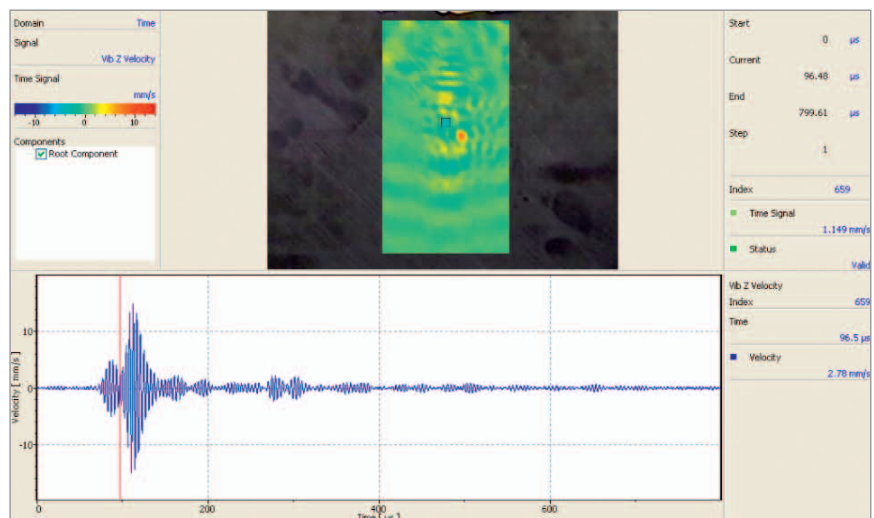


Bild 5: Wellenausbreitung und Zeitsignal an einer Platte mit Klebefehler

Zu sehen ist wieder die RMS-Verteilung des Lamb-Wellen-Tests. Die gezeigten Profile entsprechen horizontalen und vertikalen Schnitten im Bild, die jeweils durch den Defekt verlaufen. Der Einfluss auf den RMS-Wert ist sehr deutlich.

Klebefehler bei Stiffenern

Die so genannten Stiffener dienen, wie es der Name andeutet, zur konstruktiven Versteifung einer Platte und werden auf die Plattenstruktur aufgeklebt.

Bild 5 zeigt einen Schnappschuss der

Wellenausbreitung. Ein Klebefehler am Stiffener ist deutlich zu erkennen.

Weitere Defektarten

Mit der Lamb-Wellen-Methode lassen sich möglicherweise auch Microcracks und Porositäten messen, die sich durch erhöhte Dämpfung zu erkennen geben würden. Dies wäre aber noch experimentell zu bestätigen. Delaminationen ohne Trennung der Schichten und tiefliegende Defekte können mit dem Verfahren nicht sichtbar gemacht werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Wie oben erörtert, ist die klassische Ultraschall-Untersuchung in einem Wasserbad, wo anwendbar, in der Regel genauer, schneller und einfacher durchzuführen. Das Lamb-Wellen-Verfahren begeistert jedoch als berührungslose und elegante Messtechnik viele Kunden und Anwender bei Bauteilen, die nicht mit klassischem, wassergekoppeltem Ultraschall untersucht werden können, oder bei Bauteilen im Feldeinsatz.

Hilfsmittel zur automatischen Identifikation von Defekten müssen noch entwickelt werden. Für Untersuchungen zur reinen Darstellung von Defekten bei den Herstellern ist oft ein 1D-Scanning Vibrometer ausreichend, bei Grundsatzuntersuchungen zur Wellenausbreitung kann das dreidimensional messende PSV-400-3D seine Vorteile ausspielen.

Eine ausführliche Darstellung der Theorie der Lamb-Wellen sowie entsprechender Messungen mit dem Scanning Vibrometer finden Sie als Applikationsnote VIB-G-23 unter www.polytec.de/anwendungen.

Weitere Informationen zu Polytec-Vibrometern finden Sie auf unserer Website, oder lassen Sie sich durch unsere Produktspezialisten beraten: oms@polytec.de

Polytec GmbH
Polytec-Platz 1-7
76337 Waldbronn
Tel. +49 7243 604-0
Fax +49 7243 69944
info@polytec.de

Polytec GmbH
Vertriebs- und
Beratungsbüro Berlin
Schwarzschildstraße 1
12489 Berlin
Tel. +49 30 6392-5140
Fax +49 30 6392-5141