

Ansatz zur akustischen Lokalisierung von eingelegten Verstärkungsblechen in Sandwichstrukturen

Daniel Thoden¹, Armin Lohrengel¹, Jan Lukas Hilgermann¹, Radoslaw Kruk¹, Miaomiao Leng¹,
Elie Nsenga Biansompa¹

¹ Fritz-Süchting-Institut für Maschinenwesen der TU Clausthal, 38678 Clausthal-Zellerfeld, Deutschland,
Email: info@imw.tu-clausthal.de

Einleitung

Den steigenden Produkthanforderungen im Bezug auf Leistungsdichte soll durch die gezielte, lokal begrenzte Einstellung von Werkstoffeigenschaften begegnet werden. Diese Änderungen können einerseits durch Veränderung des Werkstoffs an sich (z. B. Gefügeveränderungen) oder durch innovatives Zusammensetzen verschiedener Werkstoffe zu Mischverbindungen (z. B. Sandwichbauweise) erreicht werden.

Da die akustischen Eigenschaften durch solche Veränderungen beeinflusst werden, ist es nicht nur möglich, ein gezieltes akustisches Verhalten einzustellen. Vielmehr ergeben sich Möglichkeiten, diese veränderten Eigenschaften auch im Sinne der zerstörungsfreien Materialprüfung einzusetzen [1,2]. Diese Untersuchungen sollen sich dabei nicht nur auf eine einfache Gut-Schlecht-Prüfung anhand vorgefertigter Muster beschränken, sondern im Idealfall eine Lokalisierung der Veränderung ermöglichen.

Im Folgenden wird ein Ansatz vorgestellt, wie mit experimentellen und numerischen Methoden solche Prüfungen durchgeführt werden können. Durch die frühe Einbindung von rechnerischen Methoden soll Sicherheit in der Modellierung solcher Bauteile gewonnen werden. Darüber hinaus sollen Erkenntnisse gewonnen werden, wie ein späteres Prüfzenario simuliert werden kann.

Untersuchungsobjekt

Im vorliegenden Fall werden partiell verstärkte Sandwichverbände untersucht, die aus stählernen Deckschichten mit einem Kern aus Polyolefinfolie [3] bestehen. Zur Verstärkung werden in der Kernschicht kreisrunde Löcher vorgesehen, in die eine Scheibe aus dem Deckschichtmaterial eingelegt wird. Während des Herstellungsvorgangs kann es vorkommen, dass sich die Lage dieser Scheibe gegenüber dem geplanten Ort verschiebt.

Experimentelle Untersuchungen

Zur Vermessung des Ausschwingvorgangs ist in den vorliegenden Versuchen ein Laser-Doppler-Vibrometer eingesetzt worden. Die Laservibrometrie bietet den Vorteil, dass sie das Messobjekt berührungsfrei abtastet. Durch eine Ablenkeinheit, die am verwendeten Gerät angebracht war, konnte in kurzer Zeit ein engmaschiges Netz an Messpunkten erfasst werden. Die Abtastrate von 2,5 MHz ermöglicht die transiente Betrachtung der

Schwingungsausbreitung bis in den Ultraschallbereich hinein.

Zur Untersuchung des Schwingverhaltens wurden die Platten weitgehend rückwirkungsfrei aufgehängt und synchron mit jeder Punktmessung mit einem elektrodynamischen Schwingerreger angeregt. Die Anregung wurde in der Mitte der Platte eingebracht. Als Anregungssignal wurde ein Ricker-Wavelet verwendet, das von dem Shaker gut nachgefahren werden kann und einer idealen Stoßanregung nahe kommt. Die Schwingung im Blech klingt schnell ab, wodurch schon mit einer Messzeit von 128 ms pro Messpunkt zuverlässige Ergebnisse erlangt werden. Die Auswertung der 287 Messpunkte erfolgte mit einer Modalanalyse-Software, mit der einerseits die direkt gemessenen Schwingungsdaten visualisiert und andererseits eine experimentelle Modalanalyse durchgeführt werden kann.

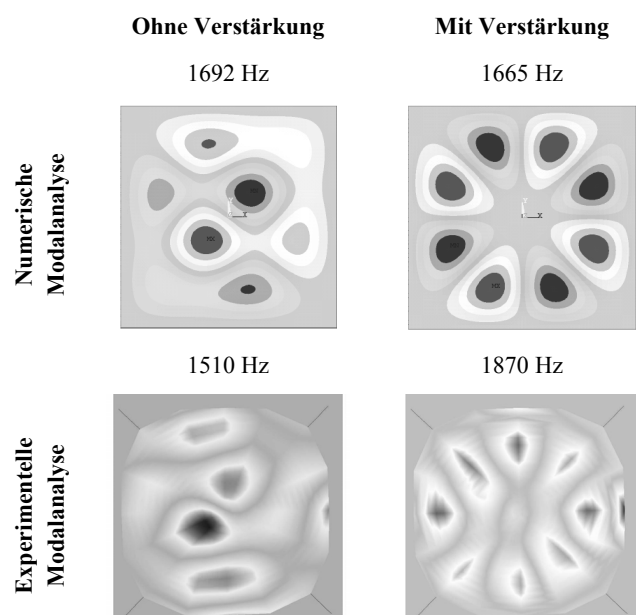


Abbildung 1: Vergleich zwischen numerischer und experimenteller Modalanalyse für unversteifte und versteifte Sandwichverbände

Numerische Untersuchungen

Zur numerischen Analyse des dynamischen Verhaltens der beiden Sandwichverbände wurden FE-Modelle erstellt. Die Modelle setzen sich aus drei Schichten Flächenelementen zusammen, denen die Materialeigenschaften für die Deckbleche und die Zwischenschicht aufgebracht sind. Die

Schichten wurden über einen festen Kontakt miteinander verbunden. Eine genauere Berücksichtigung der Eigenschaften der Klebeschicht fand zu diesem Zeitpunkt nicht statt.

Für die Modellierung der Versteifung wurde in der Zwischenschicht ein Loch ausgespart, in das ein kreisrunder Bereich mit den Eigenschaften der Deckbleche modelliert wurde. Das Materialverhalten wurde stets linear elastisch angenommen. Das Netz wurde aus relativ groben kubischen Elementen aufgebaut, wobei auf eine lokale Verfeinerung im Bereich der Versteifung geachtet wurde.

Für die Durchführung der Modalanalyse wurden keine äußeren Lagerungen und Kräfte auf die Struktur aufgebracht. Ausgewertet wurden die Eigenfrequenzen und die Eigenmoden beider Verbünde.

Für die transiente Analyse wurde das Modell im Mittelpunkt der unteren Fläche in Ausbreitungsrichtung der Platte gefesselt. Die Anregung wurde durch eine kurze Bewegung senkrecht zur Platte realisiert, so dass der Ausschwingvorgang der Sprungantwort der Struktur entspricht. Für die ersten Versuche wurde eine numerische Dämpfung mit konstantem Faktor angenommen, für spätere Versuche kann mit der modale Dämpfung aus dem Experiment gearbeitet werden.

Auf eine Modellreduzierung und die Auswahl von Hauptfreiheitsgraden wurde verzichtet. Ausgewertet wurde das Ausschwingverhalten beider Strukturen.

Abbildung 1 zeigt den Vergleich der experimentellen und numerischen Modalanalyse. Das rechnerische Ergebnis zeigt bei ca. 1680 Hz zwei deutlich unterschiedlich ausgeprägte Eigenformen für die unverstärkte und die verstärkte Probe. Hier zeigt die zentral eingebrachte Verstärkung Wirkung.

Die gleichen Moden lassen sich auch im Experiment wieder finden. Die starke Abweichung in der Frequenz kann damit begründet werden, dass es Rückwirkungen durch die Aufhängung und die Krafteinleitung des Shakers gibt und dass im FE-Modell bei der Modenberechnung keine Dämpfung berücksichtigt wurde.

Auch bei den Auszügen aus der transienten Analyse in Abbildung 2 der beiden Plattenvarianten zeigt sich ein unterschiedliches Schwingungsverhalten. Durch die Versteifung kommt es zu einer deutlichen Verschiebung der Knotenlinien. Es scheint fast, dass sich die Knoten um die Versteifung herum legen.

Dieses Verhalten ist auch in der numerischen Analyse erkennbar. In der Darstellung sind die Bereiche zu erahnen, in denen es zu einer Verformungsbehinderung durch das eingelegte Verstärkungsblech kommt.

Mit Hilfe der numerischen Methoden können also Erkenntnisse gewonnen werden, wie die Überprüfung einer Struktur durchgeführt werden kann. Durch Parameterstudien können dabei auch Effekte wie der Einfluss verschiedener Einspannungen und Krafteinleitungen untersucht werden. Anhand dieser Daten kann dann ein Rückfluss in den Versuchsaufbau erfolgen, um auch dort eine Verbesserung der Ergebnisse zu erzielen.

Ausblick

Die durchgeführte Untersuchung zeigt die prinzipielle Möglichkeit, lokale Eigenschaftsänderungen in partiell verstärkten Sandwichverbünden akustisch zu detektieren. Die Unterschiede werden sowohl im Experiment als auch in der numerischen Simulation deutlich. Durch Verbesserung des Versuchsaufbaus und Verfeinerung des numerischen Modells werden in Zukunft präzisere Ergebnisse erwartet, die sich auf weitere lokal eigenschaftsgeänderte Materialien übertragen lassen. Fernziel ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Qualitätskontrolle im Produktionsbereich.

Literatur

- [1] Gevatter, H.-J. ; Grünhaupt, U. ; Gevatter-Grünhaupt: Handbuch der Mess- und Automatisierungstechnik in der Produktion. 2., vollst. bearb. Aufl. Berlin : Springer, 2006 (VDI)
- [2] Ilschner, B. ; Singer, R.: Werkstoffwissenschaften und Fertigungstechnik : Eigenschaften, Vorgänge, Technologien. 4., neu bearb. und erw. Aufl. Berlin : Springer, 2005 (Springer-Lehrbuch)
- [3] Palkowski, H. ; Giese, P. ; Wesling, V. ; Lange, G. ; Spieler, S. ; Göllner, J.: Neuartige Sandwichverbunde - Herstellung, Umformverhalten, Fügen und Korrosionsverhalten. In: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 37 (2006), Nr. 7, S. 605–612.

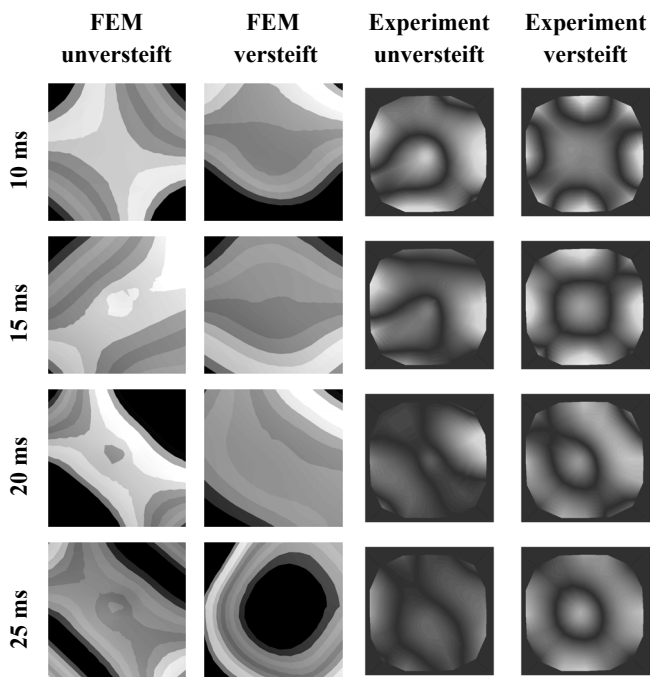


Abbildung 2: Vergleich der transienten Analyse der beiden Plattenvarianten aus Berechnung und Experiment

Versuchsergebnisse

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt sowohl für die numerische Simulation als auch für die aktuelle Messung im Zeit- und im Frequenzbereich.