

Kleinstudie zur Steuerung / Streuung von Festkörperwellen in Gehäusen und Halterungen

Dreidimensionale Strukturelemente gelten als besonders wirksame Strukturen, die die Körperschallübertragung und -verteilung in einem Festkörper maßgeblich beeinflussen können. Die Anwendung von dreidimensionalen Strukturelementen bietet das Potenzial, die Körperschalleitung und die Körperschallverteilung innerhalb der Gehäuse und der Halterungen durch Streuung, Lenkung und Dämpfung zu steuern. Die Herausforderung liegt darin, dass die Wirksamkeit verschiedener Ansätze noch nicht analysiert wurde. Darüber hinaus ist es noch unklar, ob die möglichen theoretischen Ansätze im industriellen Kontext umsetzbar und realisierbar sind.

Passive Strukturen außer Tilger mit Abmessungen von nicht mehr als 500 mm für gezielte Körperschalleitung und Körperschalldämmung wurden recherchiert. Metastrukturen sowie Strukturen basierend auf einem Acoustic Black Hole (ABH), die den Körperschall im Bereich von 20 Hz bis 20 kHz streuen / steuern, wurden betrachtet. Eine umfassende Literaturrecherche der wesentlichen theoretischen Veröffentlichungen mit simulativem und/oder experimentellem Charakter wurde durchgeführt. Neben der Wirksamkeitsbewertung wurde besondere Aufmerksamkeit auf die industrielle Umsetzung gelegt, wobei akademische Veröffentlichungen sowie technische Patente recherchiert wurden.

Eine Metastruktur setzt sich aus periodischen oder zufälligen Anordnungen von künstlichen Substrukturen mit Abmessungen unterhalb der Wellenlänge zusammen. Die Konzipierung des Frequenzstopbands der Metastruktur durch lokale Resonanz und Bragg-Scattering bietet die Möglichkeit, die Metastruktur als leichte und breitbandige Streustruktur zu nutzen. Frequenzgänge, Felddarstellungen sowie Strukturintensität wurden zur Bewertung der Wirksamkeit verwendet. Metastrukturen haben Potenzial für die industrielle Umsetzung als Streustrukturen. Akademische Veröffentlichungen und technische Patente sind informativ und zeigen den Weg auf. Pulverbasierte additive Fertigung wird häufig für die Herstellung der Metastruktur eingesetzt und empfohlen. Fertigungsfehler können zu besseren mechanischen Eigenschaften führen. Inhomogenitäten aufgrund von Zellen mit unterschiedlicher Geometrie tragen zu einer hohen Druckfestigkeit bei. Porosität aufgrund von nicht vollständig verschmolzenem Materialpulver führt zu einer Erhöhung der Strukturdämpfung. Eine stochastische Anordnung und Wiederholung von Substrukturen führt zu einem breitbandigen Frequenzstopband mit akzeptabler Energiereduktion. Die Kosten für die Massenproduktion können durch den Einsatz modifizierter kostengünstiger Materialien und die Optimierung der Produktion reduziert werden.

Die Struktur mit ABH ist eine Struktur mit inhomogener Dicke, bei der der Körperschall sich verfängt, verschwindet und nicht reflektiert wird. Diese Eigenschaft zeigt das Potenzial als Streustruktur, die die Körperschallwelle im ABH Bereich leiten und dämpfen kann. Frequenzgänge, Feld- und Trajektoriedarstellung und Strukturintensität wurden zur Bewertung der Wirksamkeit eingesetzt. Nach der Literaturrecherche ist bekannt, dass die Strukturen mit ABH derzeit hauptsächlich im Labor untersucht wurden. Die industrielle Umsetzung der Streustruktur mit ABH ist noch offen. Die Geometrieimperfection aufgrund von Fertigungsunsicherheiten limitiert die Wirksamkeit, insbesondere für die Körperschalldämmung. Nach Laborversuchen wurde der Einsatz einer zusätzlichen Dämpfungsschicht und die Integration in der Metastruktur vorgeschlagen. Im Vergleich zu

konventionellen Dämpfungsmaßnahmen sind Strukturen mit ABH und zusätzlicher Dämpfungsschicht für die Körperschalldämmung effizient. Im Hinblick auf aktuelle technische Patente werden Streustrukturen mit ABH häufig durch Fräsen hergestellt. Zudem ist die Anfügung einer zusätzlichen Dämpfungsschicht für die industrielle Umsetzung sinnvoll.

Die so gewonnenen Ergebnisse zeigten, dass dreidimensionale Strukturelemente, insbesondere Metastrukturen und Strukturen mit ABH, das Potenzial als Streustruktur haben, um die Körperschall gezielt zu streuen / steuern. Aktuell sind Universitäten die Innovationstreiber in diesem Bereich. Der große Teil der Fallstudien für Metastruktur und Struktur mit ABH sind Laborversuche. Die Inhaber von technischen Patenten sind hauptsächlich Universitäten sowie Forschungsinstitute. Die steigende Anzahl von technischen Patenten im industriellen Sektor zeigt das wachsende Interesse an der industriellen Umsetzung dieser innovativen Streustrukturen auf.

Autor: **M. Sc. Wei Xu**
Technische Universität Darmstadt
SAM – Fachgebiet Systemzuverlässigkeit, Adaptronik und
Maschinenakustik

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)
Christian Sander
T 069- 66 03- 18 72

Das Projekt 971 I der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde über Eigenmittel finanziert.

Hintergrundinformationen zur FVA

Die FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V.) ist das weltweit erfolgreichste und größte Forschungs- und Innovationsnetzwerk in der Antriebstechnik. Zusammen mit rund 200 Unternehmen und 100 Forschungsinstituten haben wir bisher weit über 2.000 Projekte realisiert.

Die Antriebstechnik voranzubringen – das ist das Ziel der FVA. Dazu bringen wir Industrie und Forschung zusammen. Dies zu moderieren, neues Wissen zu erforschen, Effizienz und Erkenntnisse zu schaffen – das macht uns zum Innovationsförderer unsere Branche.

Für unsere Mitglieder bedeutet das einen mehrfachen Return-on-Invest: Austausch und Kenntnistransfer in der FVA-Community, Mitgestaltung an der Forschung, Teilhabe an neuestem Wissen, Ausbildung von jungen Ingenieur*innen, passgenaue Weiterbildung, Reduzierung von F+E Kosten.

Das kommt unseren Mitgliedsunternehmen, dem Forschungsstandort Deutschland und allen Beteiligten Menschen zu Gute. Denn unsere vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung ist etwas ganz Besonderes. Gemeinsam geht einfach mehr. Dafür bündeln wir Ressourcen, auch finanzielle, moderieren Kommunikation und Prozesse. Wir helfen, Ideen zu verwirklichen.

Weitere Informationen unter www.fva-net.de.