

Verknüpfung von Tiefenstruktur und Strömungswiderstand in einer faserfreien Absorbermaterialstruktur für effektive Schalldämpfung und Prozesseffizienz

Nicolas Komorek¹

¹ *filtertechnik.Europe GmbH & Co. KG, 52525 Heinsberg, E-Mail: nko@fteu.de*

Einleitung

Spezifische Prozessbedingungen mindern Leistungsfähigkeit konventioneller Schalldämpfung, die mit einer perforierten Funktionsfläche für den eigentlichen Prozess in Kombination mit Fasermaterial gestaltet ist. Fasermaterial bindet Feuchtigkeit und verliert damit seine Absorptionsfähigkeit, das Fasermaterial wird über die Zeit zersetzt. Die dauerhaft effektive Schalldämpfung für Umgebungen mit spezifischen Prozessbedingungen, wie Feuchtigkeit, ist mit Fasermaterial nicht möglich. Es ist ein faserfreies Absorptionsmaterial erforderlich, dessen Leistungsfähigkeit in spezifischen Prozessbedingungen nicht eingeschränkt wird.

Als filtertechnik.Europe stehen wir für die Entwicklung und Produktion von Funktionslösungen aus Metallgewebe. Für die Schalldämpfung bietet Metallgewebe eine definierte Materialbasis für die Gestaltung einer effektiven Struktur für Schalldämpfung.

Im Folgenden stellen wir basierend auf der Ausgangssituation die Entwicklung von Material Absorbing Sound and Heat (MASH®) vor. MASH® ist ein effektive und faserfreie Dämpfungstechnologie, die bei spezifischen Prozessbedingungen – wie hoher Feuchtigkeit, hohem Explosionsrisiko, hoher Schmutzbelastung oder definierten Hygieneanforderungen – eingesetzt werden kann. MASH® wird durch ein einzigartig tiefendefiniertes Absorbermaterial umgesetzt, dass anwendungsspezifisch konfiguriert werden kann.

Somit können neue Anwendungsgebiete erschlossen werden. Testergebnisse und bestehenden Anwendungen mit einem Bedarf nach faserfreier Schalldämpfung werden dazu vorgestellt und dieser Beitrag mit einem Ausblick abgeschlossen.

Ausgangssituation: Schalldämpfung mit Fasermaterial

Schalldämpfung dient der Reduzierung von Schallemission durch Umwandlung von Schallenergie. Durch die Interferenz des Schalls mit einem Material, kann die Schallenergie absorbiert werden. Für die Schallabsorption ist entsprechend eine Interferenzstruktur erforderlich. In Abbildung 1 ist das Prinzip der Schallabsorption beispielhaft anhand eines Ausschnitts eines Schalldämpfers illustriert. Der Schall trifft auf eine perforierte Fläche, bspw. Lochblech, und dringt durch die Öffnungen der perforierten Fläche in den dahinter liegenden Raum vor. Dieser Raum wird rückseitig durch eine schallharte Wand begrenzt. Der

Raum ist mit einem porösen Fasermaterial befüllt, welches die Interferenzstruktur abbildet.

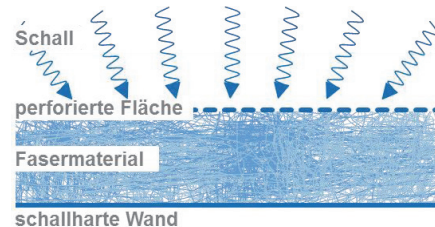


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Schalldämpfung mit Fasermaterial

Durch die Interferenzstruktur wird der Schall absorbiert, der durch die perforierte Fläche dringt. Dabei findet die Absorption mit der dargestellten Interferenzstruktur unabhängig von der Bewegungsrichtung des Schalls statt – auch Schall, der von der schallharten Wand oder innerhalb der Referenzstruktur reflektiert wird kann in der Folge absorbiert werden.

Für den Aufbau der Interferenzstruktur werden vielfach poröse Fasermaterialien verwendet, wie beispielsweise Mineralwolle oder Vliese aus unterschiedlichen Werkstoffen. Diese Interferenzstrukturen weisen in der Regel eine undefinierte Struktur und unterschiedliche Porengrößen auf. Fasermaterial ist für unterschiedliche Anwendungsfälle effektiv einsetzbar und kostengünstig verfügbar. Die Leistungsfähigkeit von Fasermaterial ist jedoch über die Zeit für spezifische Prozessbedingungen sowie in kleinen Bauräumen beschränkt.

Zur Schalldämpfung kann neben der Absorption auch mittels Resonatoren erreicht werden. Durch die gezielte Nutzung von Resonanzen kann Schallenergie dabei reduziert werden.

Herausforderung spezifische Prozessbedingungen

Für Schalldämpfung in korrosiven Prozessbedingungen ist Fasermaterial nicht geeignet. Feuchtigkeit wird im Fasermaterial gebunden, ähnlich wie von einem Schwamm aufgesogen, und zerstört damit die vorhandene Interferenzstruktur. Zusätzlich ist Schalldämpfung mit Fasermaterial unter weiteren spezifischen Prozessbedingungen wie Schmutzbelastung, Sauberkeits-/Hygieneansprüche oder erhöhtem Explosionsrisiko nicht effektiv möglich. Fasermaterial ist nicht mit Feuchtigkeit reinigbar. In Prozessen der Lebensmittelindustrie oder Medizintechnik mit hohen Hygieneanforderungen kann Fasermaterial entsprechend nicht verwendet bzw. gereinigt werden. Auch industrielle Anwendungen in Umgebungen mit erhöhter Schmutzbelastung können Fasermaterial zur Schalldämpfung aufgrund mangelnder Reinigbarkeit nicht effektiv einsetzen.

Fasermaterial steigert das Explosionsrisiko in Prozessen mit z.B. hohem Sauerstoffgehalt. In der Drucklufttechnik können deshalb teilweise keine konventionellen Schalldämpfer verwendet werden.

Herausforderung Bauraum

Fasermaterial ist elastisch. In der Anwendung wird es deshalb vielfach von plastisch geformten Materialien gestützt. Diese Funktion kann wie in Abbildung 1 dargestellt durch ein Lochblech übernommen werden. Gleichzeitig führt dies zu einem erhöhten Platzbedarf, der in Anlagen mit definierten Bauräumen nicht verfügbar ist. Ein Beispiel hierfür sind Kompaktmaschinen wie tragbare Motorsägen.

Vor diesem Hintergrund entsteht der Anspruch, eine faserfreie Lösung zu entwickeln, die effektive Schalldämpfung auch unter den beschriebenen spezifischen Prozessbedingungen ermöglicht.

Lösungskonzept: Faserfreie Schalldämpfung

Basierend auf der beschriebenen Ausgangssituation wird eine Technologie benötigt, womit die Schalldämpfung bei spezifischen Prozessbedingungen und über lange Zeitdauer möglich ist. Gleichzeitig kann für die Schalldämpfung ein Mehrwert erzeugt werden, wenn der Platzbedarf im Vergleich zu Fasermaterial, das ein zusätzliches Trägermaterial zur Stabilisierung benötigt, reduziert wird. Um dies zu erreichen, muss ein Material gestaltet werden, welches faserfrei ist, eine Interferenzstruktur aufweist und ohne ein separates Trägermaterial genutzt werden kann.

Als Unternehmen mit einem Fokus auf die Entwicklung und Produktion von Funktionslösungen aus Metallgeweben haben wir dazu in unserem „Rohstoff“ Metallgewebe geeignete Ausgangsbedingungen. Metallgewebe ist ein Material, was in seiner Struktur definierbar ist. Werkstoffe können anwendungsindividuell spezifiziert werden und durch den Einsatz unterschiedlicher Edelstahlqualitäten sind für die zuvor genannten Anwendungen passende Qualitäten verfügbar. Metallgewebe wird durch das Verweben von Drähten in Längs- (Kettdrähte) und Quer-Richtung (Schussdrähte) hergestellt. Es stellt damit eine poröse Struktur dar, die mit Draht als Grundbestandteil eine dreidimensional definierte Struktur aufweist.

Dies wird anhand der Abbildung 2 einer Tresse deutlich. Eine Tresse ist ein Metallgewebe, bei welchem die Schussdrähte ohne Abstand aneinandergeschlagen werden, während die Kettedrähte einen definierten Abstand aufweisen. Eine Tresse ist in der Draufsicht damit ein geschlossenes Material. Im Querschnitt zeigt sich, dass in der Struktur definierte Kanäle vorhanden sind.

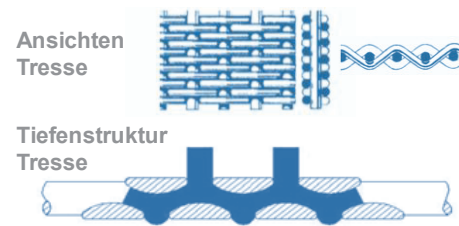


Abbildung 2: Tresse aus Metallgewebe mit definierter Tiefenstruktur

Diese definierte Tiefenstruktur hat für die Schalldämpfung ein großes Potential, da die effektive Schalldämpfung in der Tiefe eines dreidimensionalen Dämpfungsmaterials erfolgt.

MASH®: Material Absorbing Sound and Heat

Basierend auf dem Basismaterial Metallgewebe in der angezeigten Struktur einer Tresse haben wir ein Material entwickelt, welches mit einer definierten Tiefenstruktur als faserfreies Material für effektive Schalldämpfung eingesetzt werden kann. Material Absorbing Sound and Heat (MASH®) kann dabei zur Schalldämpfung sowie zur Absorption von Wärme genutzt werden, die über die Verwendung von unterschiedlichen Materialien für MASH® konfiguriert werden kann. In einem iterativen Entwicklungsprozess wurde die Tiefenstruktur so optimiert, dass Randleistung über eine große Frequenzbandbreite zu faserfreier Schalldämpfung genutzt werden kann. In Abbildung 3 ist die Tiefenstruktur von MASH® abgebildet. MASH® verbindet dabei die Gestaltung einer tiefendefinierten Interferenzstruktur mit einem gleichzeitig hohen Strömungswiderstand. Durch die Nutzung eines Material können damit Absorber- und Resonatoreigenschaften miteinander verbunden werden. Gleichzeitig ergeben sich dadurch Potentiale für industrielle und Prozess-Anwendungen. Durch den Einsatz als Rohrschalldämpfer weisen Lösungen mit MASH® so bspw. einen signifikant niedrigeren Druckabfall auf.



Abbildung 3: Definierte Tiefenstruktur von MASH®

MASH® weist Eigenschaften auf, die eine Einsatzbarkeit als Dämpfungsmaterial für Anwendungen mit spezifischen Prozessbedingungen beschreiben. MASH® eignet sich für breitbandige Schalldämpfung und ist faserfrei, metallisch sowie formbar. Diese Eigenschaften sind nach der in Abbildung 4 dargestellten Materialansicht von MASH® detailliert. Die Materialwerte beziehen sich jeweils auf eine Breitband-MASH®-Spezifikation. Andere MASH®-Spezifikationen weichen von diesen Werten geringfügig ab; andere MASH®-Spezifikationen werden genutzt, wenn Frequenzen mit einer geringen Bandbreite gedämpft werden sollen.

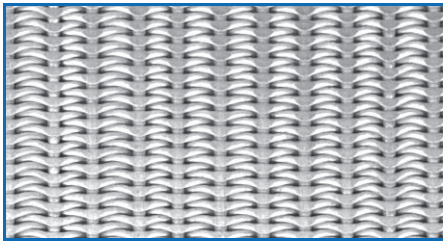


Abbildung 4: Draufsicht MASH®

Breitbandig

Zur Illustration der Dämpfungseigenschaften ist in Abbildung 5 ein Testergebnis einer MASH®-Spezifikation mit einem Kundt'schen Rohr bei einem Wandabstand von 20mm abgebildet.

Absorptionsgrad 20mm Wandabstand

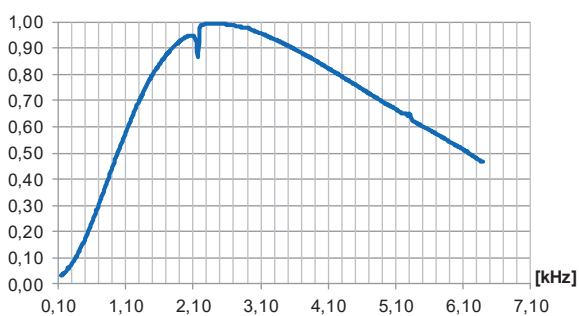


Abbildung 5: Absorptionsfähigkeit von MASH® im Kundt'schen Rohr bei 20mm Wandabstand

Bei 20mm Wandabstand wird deutlich, dass MASH® auch bei Niedrigfrequenzen <1kHz dämpfend wirkt. In abgebildeten Ergebnis bildet sich das Dämpfungsmaximum bei 2,4 kHz aus. Das Testergebnis illustriert die Eignung von MASH® als breitbandige Lösung für faserfreie Schallabsorption.

Gleichzeitig weist MASH® eine sehr hohen Strömungswiderstand von 230.000 Pa s/m².

Faserfrei

Durch seine faserfreie Struktur ist MASH® langlebig in seiner Effektivität in der Schalldämpfung. Es ist robust und einfach reinigbar. Verunreinigungen können durch das Abwischen oder Abspritzen mit Feuchtigkeit beseitigt werden.

Metallisch

Die Schalldämpfungseigenschaften von MASH® sind

maßgeblich durch seine definierte dreidimensionale Struktur bedingt. Die exakte Werkstoffspezifikation ist definierbar. Dabei können unterschiedliche Edelstahlanwendungen bspw. für eine hohe Temperaturfestigkeit oder chemische Resistenz eingesetzt werden (z.B. 1.4301, 1.4404, 1.4828 etc.; ca 3,3 kg/m² Flächengewicht Edelstahl). Zur Reduzierung von Gewicht kommen Aluminiumlegierungen zum Einsatz (ca. 1,1 kg/m² Flächengewicht in Aluminium).

Formbar

MASH® ist blechähnlich verformbar und weist eine Dicke <1mm auf. So kann es gefaltet, plissiert oder tiefgezogen werden. Dies ermöglicht es, anwendungsindividuelle Geometrien zu erzeugen oder Oberfläche, Volumen und Masse zur Steigerung der Schalldämpfung zu erhöhen (s. dazu Abbildung 6). Die Struktur von MASH® ist kaltverformt. Bei der Umformung, bspw. durch Tiefziehen, des Materials findet im Material kaum Fließen statt. Damit bleiben die Struktur und die damit zusammenhängenden Eigenschaften erhalten.

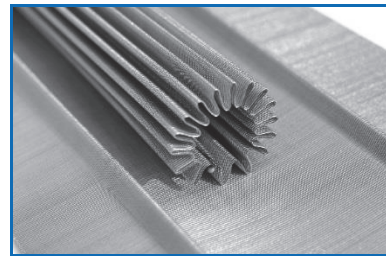


Abbildung 6: Plissierungen aus MASH® zur Steigerung von Oberfläche, Volumen und Schalldämpfung

MASH®: Anwendungen und Potentiale

Als Material für faserfreie Schalldämpfung kann MASH® in unterschiedlichen Aufbauten eingesetzt werden. Mit MASH® können Rohrschalldämpfer, Flächenschalldämpfer und Formteile hergestellt werden. Hierzu existieren bereits Lösungen für Rohrschalldämpfer für die Drucklufttechnik und Abgasprozesse (s. dazu Abbildung 7), Dämmelemente zum Einsatz in der Raumgestaltung und Formteile für Abschirmbleche in den Bereichen Automotive und Maschinenbau.

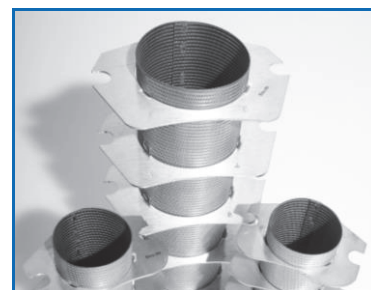


Abbildung 7: Rohrschalldämpfer mit MASH® in unterschiedlichen Spezifikationen (schallharte Wand außen jeweils nicht abgebildet)

MASH® wird in der Praxis heute bereits verwendet. Bestehende Anwendungsfälle nutzen jeweils die zuvor beschriebenen Eigenschaften von MASH®, die es von

Fasermaterial abgrenzen. Die Potentiale von MASH® werden durch die vorhandenen Produkte nur teilweise gehoben. Funktionale Vorteile für die Schalldämpfung können für weitere Anwendungen genutzt werden, die die folgenden Eigenschaften oder Anforderungen aufweisen.

Hohe Feuchtigkeit/Abgase

Anwendungen mit korrosiven Prozessbedingungen bzw. feuchte Prozessgase. Bsp.: Rohrschalldämpfer für Prozesse zur Abgasführung.

Explosionsrisiko

Anwendungen mit erhöhtem Explosionsrisiko. Bsp.: Rohrschalldämpfer für Drucklufttechnik.

Hygiene/Sauberkeit

Anwendungen mit erhöhten Anforderungen an Reinheit. Bsp.: Form- und Flächenelemente für die Lebensmittelindustrie, Medizintechnik oder Möbel.

Schmutzbelastung

Anwendungen mit erhöhten Anforderungen an Reinigbarkeit. Bsp.: Schallschutzwände oder Schallschutzkabinen für die produzierende Industrie, wie Stahlwerke oder Gießereien.

Formteile

Anwendungen mit definierten Anforderungen an Bauraumnutzung. Bsp.: Abschirmbleche für Kompaktmaschinen oder Fahrzeuge.

Ausblick

MASH® ist eine leistungsfähige Lösung für faserfreie Schalldämpfung. Tests und Praxisanwendungen zeigen, dass dadurch insbesondere für spezifische Prozessbedingungen ein Mehrwert geschaffen wird. Gleichzeitig wird deutlich, dass jeder Einsatzfall einer spezifischen Produktgestaltung und Materialerprobung bedarf. Dazu identifizieren wir Anwendungen, um die Potentiale von MASH® praktisch zu nutzen. Über solche Entwicklungen sind im nächsten Schritt Systeme zu gestalten und zu detaillieren, die MASH® als Funktionsmaterial integrieren. In den Bereichen der Rohrschalldämpfer, der Flächenschalldämpfer und der Formteile muss die Verbindung aus Akustikentwicklung und Fertigungstechnologie jeweils im Kontext einer konkreten Anwendung neue Lösung erschließen. Mit der Entwicklung und Auslegung von MASH® leisten wir einen Beitrag, der Schalldämpfung für spezifische Prozessbedingungen durch ein faserfreies Absorptionsmaterial erschließt. www.fteu.de