

Titel

Dämpfung von Schwingungen an Kreissägeblättern mit formgedächtnisbasierten Dämpfungselementen

IGF-Nr.: 17828 N

Forschungsstellen

Nr. 1: Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe -IFW- Remscheid

Nr. 2: Institut für Sicherungssysteme -ISS- Velbert



Ansprechpartner beim IFW-Remscheid:

Dipl.-Ing. Ralf Theiß
02191 / 59 21-128
theiss@fgw.de

Ansprechpartner beim ISS-Velbert

Dipl.-Ing. Benjamin Dymel
02051 / 93322 -19
dymel@iss.uni-wuppertal.de

Danksagungen

Das IGF-Vorhaben 17828 N der Forschungsvereinigung Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. (FGW), Papenberger Str. 49, 42859 Remscheid wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Forschungsnetzwerk
Mittelstand

Ein besonderer Dank gilt allen Mitgliedern im projektbegleitenden Ausschuss für die gute Zusammenarbeit und für die Unterstützung bei der Durchführung der Forschungsarbeiten.

Ausgangssituation

Kreissägen stellen ein effizientes Werkzeug zum Trennen von Materialien dar. Insbesondere der Bereich der Holzverarbeitung ist durch stetig steigende Anforderungen hinsichtlich Fertigschnitt bei gleichzeitiger Erhöhung der Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeit geprägt. Wesentlichen Einfluss auf den Schnittprozess haben die auftretenden Schwingungen. Ferner führen die im Trennwerkzeug auftretenden Schwingungen zu einer erheblichen Geräuschemission. Die Umsetzung von Dämpfungsmaßnahmen ist daher von hohem Interesse.

Ein neuer Ansatz, Schwingungen an mechanischen Strukturen zu dämpfen, bietet der Einsatz von Dämpfungselementen aus Formgedächtnislegierungen (FGL). Diese sind durch eine spannungsinduzierte Phasenumwandlung in der Lage, große Mengen mechanischer Energie in Wärmeenergie umzuwandeln. Dieser Effekt wird als Pseudoelastizität bezeichnet. Nickel-Titan (NiTi) als eine Formgedächtnislegierung verfügt dabei über den größten bekannten Effekt. Daher verfügt NiTi über das Potential, mit kompakten Dämpfungselementen auftretende Schwingungen effektiv dämpfen zu können. Die Dämpfung von Schwingungen mit höheren Frequenzen, die in der Bearbeitung mit schnell rotierenden Trennwerkzeugen entstehen, sind bisher nur unzureichend untersucht worden. Dementsprechend stehen noch keine geeigneten Lösungen für Dämpfungssysteme mit FGL in Kreissägemaschinen zur Verfügung.

Daraus entstand der Bedarf, die generelle Anwendbarkeit von FGL zur Dämpfung von prozessbedingten Schwingungen in Kreissägemaschinen zu untersuchen und einen Ansatz zur Anwendung deren Dämpfung mit FGL-basierten Dämpfungselementen zu entwickeln und zu erproben.

Forschungsziele

Das durchgeführte Forschungsvorhaben hatte zum Ziel, Grundlagenuntersuchungen zu den Dämpfungseigenschaften von FGL in Bezug auf die im Einsatzzweck auftretenden Schwingungen anzustellen, sowie die Entwicklung und Evaluierung von Dämpfungssystemen für den Einsatz im Sägeblatt und am Werkzeugflansch durchzuführen. Zur Voruntersuchung sollte ein System einer Kreissäge, bestehend aus Antrieb, unterschiedlichen Flanschen und Kreissägenblättern geeignet vermessen werden. Ein Teilprojekt hatte zum Ziel, die für die Entwicklung der

Dämpfungselemente notwendigen materialwissenschaftlichen Grundlagen zu schaffen. Zur späteren optimalen Auslegung möglicher Dämpfungselemente, war es notwendig die Dämpfungseigenschaften von FGL-Halbzeugen in unterschiedlichen Belastungsarten zu untersuchen und die hierzu notwendigen Versuche und Prüfstände zu entwickeln. Auf Basis dieser Grundlagen sollte die Entwicklung von passiven Dämpfungselementen für die Integration in ein Kreissägeblatt bzw. in Kreissägeronden, sowie die Umsetzung in einen Demonstrator erfolgen. Parallel dazu war die Entwicklung von NiTi-Dämpfungselementen für den Werkzeugflansch, sowie die Umsetzung in einen Demonstrator durchzuführen. Von diesen Entwicklungen ausgehend sollte abschließend ein optimiertes Dämpfungskonzept entwickelt und als Demonstrator realisiert werden.

Forschungsergebnisse

Zur Untersuchung und Charakterisierung der Dämpfungseigenschaften der unterschiedlichen NiTi-Materialien (Legierungen und Halbzeuge) sind unterschiedliche Versuche und Messverfahren genutzt worden. Die zur Untersuchung der Dämpfungseigenschaften verwendeten Verfahren, wie Ausschwingversuche und aktive Anregung der Proben (Resonanzdurchfahrt), bedingten unterschiedliche Versuchsdurchführungen und -aufbauten, die geeignet zu entwickeln und aufgebaut werden mussten. Dabei sollten die Prüfstände die Untersuchung von Schwingungen in Quer- und Längsrichtung, sowie Biegeschwingungen ermöglichen. Anhand der beschriebenen Belastungsarten wurde für die unterschiedlichen NiTi-Halbzeuge die Lehrsche Dämpfung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Legierungszusammensetzungen, Vorbehandlungen sowie Spannungs- und Dehnungszuständen bestimmt. Anders als andere metallische Legierungen weist NiTi im Anwendungsbereich kein rein linearelastisches Verhalten auf, sondern bei verschiedenen Dehnungszuständen treten unterschiedliche Spannungszustände auf. Dies ist zu erkennen an elastischen und pseudoelastischen Bereichen im Spannungs-Dehnungsdiagramm (siehe Abb. 1). In diesem Projekt wurden hierzu verschiedene Untersuchungsbereiche festgelegt, die in Abb. 1 mit I-VI bezeichnet werden. Die Bereiche beziehen sich auf das Belastungsplateau (den oberen Teil der Hysterese). Bereich I und V beziehen sich auf die homogenen Kristallstrukturen, wobei Bereich II und IV die Übergangsbereiche zum Plateau betrachten und Bereich III das Spannungsplateau mit einem Mischgefüge aus Martensit und Austenit beinhaltet. Insbesondere der Bereich III zwischen 2% und 8% Dehnung ist für die Dämpfung relevant, da hier die Pseudoelastizität und damit ein Hystereseverhalten in der Umwandlung bei Be- und Entlastung auftritt.

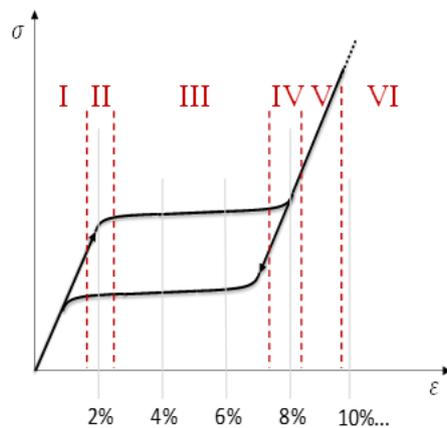


Abb. 1: Typisches Spannungs-Dehnungsdiagramm für pseudoelastische NiTi-FGL

Als Referenz wurde Stahl vermessen. Die folgende Abb. 2 zeigt die 3 hierfür entwickelten und für die Versuche genutzten Prüfstände.

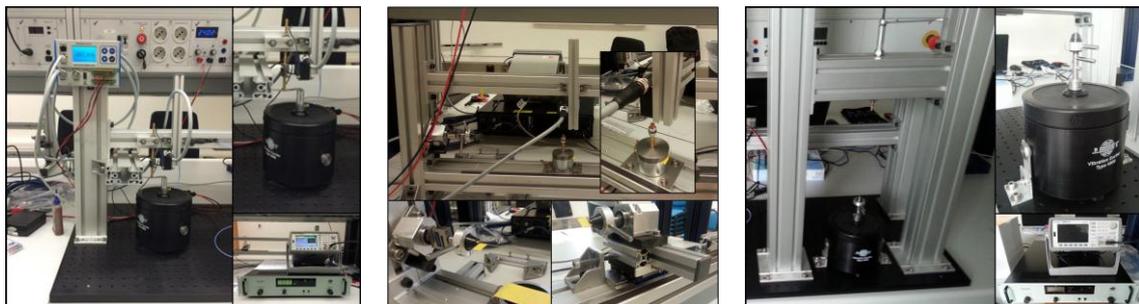


Abb. 2: li: Prüfstand für aktive Biegeversuche; mi: Prüfstand für querangeregte Ausklingversuche; re: Prüfstand für aktive Längszugversuche

Mit Hilfe der Versuche wurden für NiTi die in der folgenden Tabelle dargestellten Dämpfungseigenschaften bestimmt. Anhand der Messergebnisse zeigt sich, dass NiTi unter bestimmten Voraussetzungen einen mehrfach höheren Dämpfungsgrad erreicht als Stahl. Die Dämpfung im pseudoelastischen Bereich (Bereich III) ist bei geringen Amplituden nicht signifikant größer als die Dämpfung im elastischen Bereich (in etwa vergleichbar mit Stahl). Höhere Dämpfung wird nur durch höhere Amplituden erreicht. Bei höheren Amplituden wird die Dämpfung von Stahl durchaus deutlich übertroffen. Dieses Phänomen zeigt sich abgeschwächt auch außerhalb des pseudoelastischen Bereichs. Die Messungen zeigten eine Verringerung der Dämpfungskapazität über die Versuchsdauer.

Material	Durchmesser [mm]	Drahtlänge [mm]	Vordehnung [%]	Vorspannung [N]	Bereich	f_0 [Hz]	Dämpfung	
								[%]
Stahl	0,2	52,98	0,5%	9,90	-	178,2	0,00930	0,930
FGL H	0,15	198,0	0,50%	3,20	-	42,4	0,06435	6,435
FGL BA	0,15	199,00	0,42%	6,20	I	43,4	0,01498	1,498
FGL BA	0,15	199,30	4,00%	8,79	III	34,4	0,02033	2,033
FGL BA, ^{Erm.*)}	0,15	199,30	4,04%	8,68	III	34,6	0,01871	1,871
FGL BA	0,15	199,30	8,43%	15,58	V	36,0	0,02419	2,419

*) „Erm.“: Dämpfungsmessung aus der 3. Resonanzdurchfahrt

Die durchgeführten Grundlagenversuche zur Dämpfung ermöglichten es, mit am Markt verfügbaren NiTi-Halbzeugformen Dämpfungslösungen zu entwickeln und miteinander zu vergleichen. Verwendete Halbzeuge sind FGL-Draht, -Blech und -Zylinder. Dabei sind u.a. auch Bauformen für Dämpfungselemente untersucht worden, wie sie für andere dämpfende Materialien wie Kunststoffe oder andere NE-Metalle, z.B. Kupferlegierungen, zum Einsatz kommen.

Beispiele für konzeptionell entwickelte Dämpfungssysteme sind in Abb. 3 dargestellt. Die Abbildung zeigt sowohl mögliche Lösungen für Dämpfungselemente im Kreissägewerkzeug als auch Lösungen für die Integration in den Flansch.

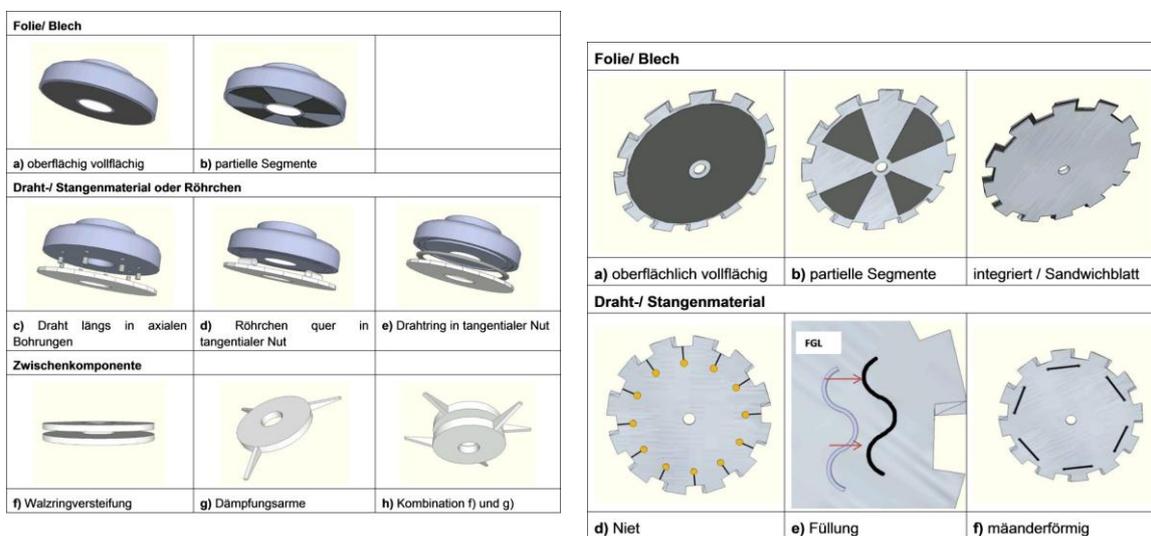


Abb. 3: li: Konzeptionelle Lösungen für den Flansch; re: für das Kreissägeblatt

Zur Ermittlung der für ausgewählte Lösungen benötigten Vorspannungen wurde mittels Biegelinie die nötige Auslenkung mit Hilfe von einfachen Softwarewerkzeugen berechnet. Das Beispiel in Abb. 4 zeigt ein solches Softwarewerkzeug für einen Biegebalken, wie er z.B. in Lösung g) und h) der Abb. 3 verwendet werden kann.

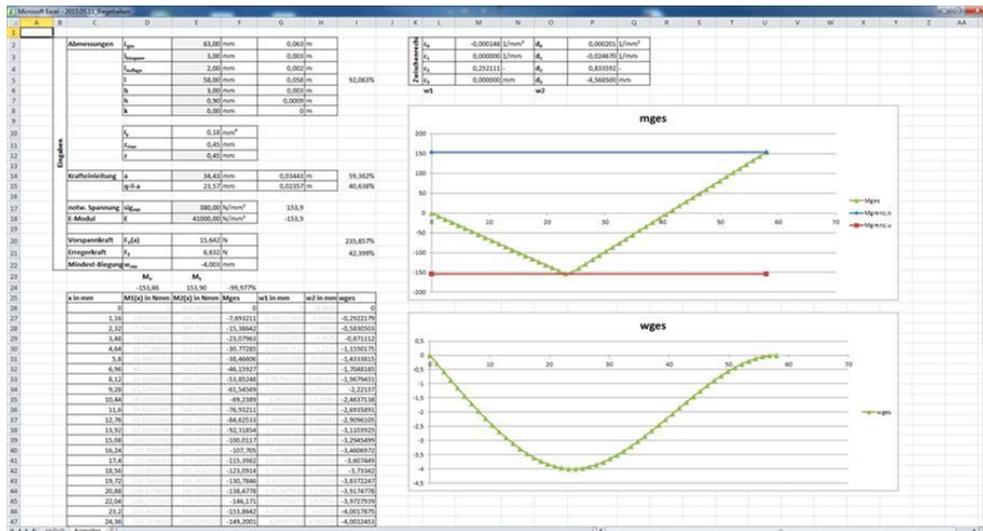


Abb. 4: Softwarewerkzeug zur Auslegung eines Biege-Dämpfungselements

Für das Beispiel wurden unterschiedliche Einspannungen wie Brückenbogen (als Blech-Feder-Element), freier Kragarm (als einseitiges Feder-Element) oder ein am Shaker aufliegender Kragarm mit einzustellender Vordehnung mittels Widerlager betrachtet. In das Softwarewerkzeug können unter anderem mechanische Belastungsformen, die Abmessungen und die notwendige Spannung zum Erreichen der Pseudoelastizität eingegeben werden. Abschließend sind ausgewählte Konzepte als Demonstratoren realisiert und untersucht worden. Abb. 5 zeigt exemplarisch die Umsetzung von Lösung c) der Abb. 3.

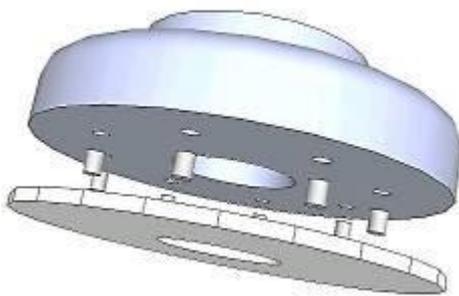


Abb. 5: Umsetzung von Lösung c) der Abb. 3

Abb. 6 zeigt einen Auszug einer Messreihe aus den durchgeführten Messungen. In der Abbildung wird ein konventioneller Flansch mit Lösung c) in einer 2x3-Belegung auf beiden Seiten des Kreissägeblatts verglichen. Die Aufnahme des statischen

Spektrums zeigt jeweils die auftretenden Eigenfrequenzen mit den aufgenommenen Amplituden. Es zeigte sich, dass die Eigenfrequenzen aufgrund der Veränderung des Flansches (Aufnahmebohrungen und eingesetzte Stifte) lediglich um wenige Hz verschoben wurden. Die gemessenen Amplituden fallen geringer aus. In diesem betrachteten Fall konnte die Amplitude der auftretenden Eigenfrequenz bei 250Hz in einem erheblichen Maße gedämpft werden.

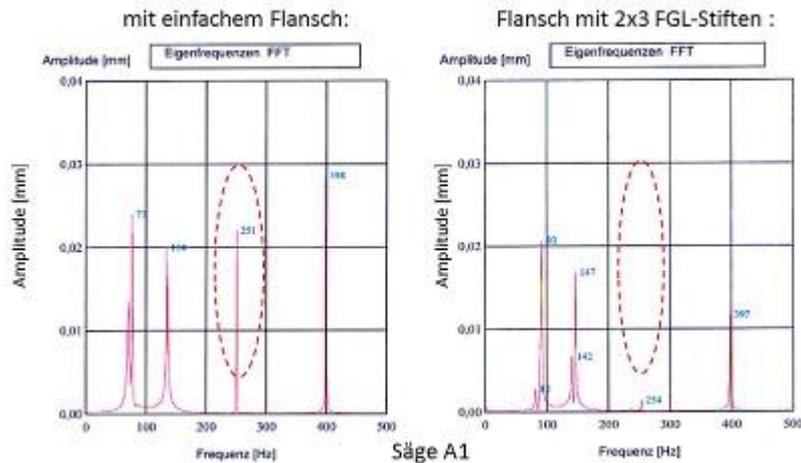


Abb. 6: Umsetzung von Lösung c) aus Abb. 3

Die im Projekt erarbeiteten Ansätze für ein FGL-basiertes Dämpfungssystem wurden abschließend für die industriellen Partner zusammengefasst und aufbereitet. Am Ende des Vorhabens konnte anhand der aufgebauten Demonstratoren das geänderte Schwingungsverhalten der Kreissäge durch den Einsatz von FGL-Dämpfungselementen gezeigt werden.

Eine Darstellung aller Forschungsarbeiten im Rahmen des Projekts kann in Form eines Sachberichts bei der FGW angefordert werden.

Weitere Informationen erhalten Sie bei Herrn Dipl.-Ing. Ralf Theiß (IFW) unter +49 (0)2191 59 21-128 oder bei Herrn Dipl.-Ing. Benjamin Dymel (ISS) unter +49 (0)2051 933 22-19.