

Temperatur in Piezo- und Ultraschallsystemen

Gekoppelte strukturmechanische und thermische Simulationen und Messungen

Dynamische Beanspruchung und Temperatur

In Resonanz betriebene Wandler werden auf unterschiedliche Weise beansprucht. Zur Charakterisierung und Optimierung interessiert beispielsweise die Verteilung mechanischer Spannungen, denn bei Überschreitung kritischer Grenzspannungen kann es zu Rissen kommen. Häufig ist daneben die Temperaturentwicklung von Interesse, da sie eine für die Treiberelektronik kritische Frequenzdrift zur Folge haben kann.

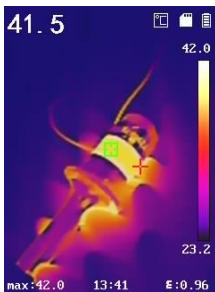


Bild 1 Temperaturmessung auf den Piezoelementen eines Ultraschallkonverters (Metalloberflächen unbehandelt, daher Messung dort ungültig)

Thermisches Versagen in Piezosystemen

Bei starker Aufheizung gibt es in Piezosystemen darüber hinaus die Möglichkeit des thermischen Versagens: Wenn eine kritische Temperatur in der Piezokeramik erreicht wird (sog. „Curie-Punkt“), verändert die Keramik ihre atomare Gitterstruktur und verliert dadurch jegliche piezoelektrischen Eigenschaften. Die Veränderung von Materialeigenschaften bereits bei ungefähr der Hälfte der Curie-Temperatur.

Simulation thermischer Probleme

Durch Finite-Element-Simulationen lassen sich aus Schwingungsverlusten resultierende Temperaturverteilungen berechnen. Dafür ist die aus den Dämpfungseigenschaften des Materials resultierende Leistungsverteilung von wesentlicher Bedeutung (Bild 2). Nach einer mehr oder weniger langen Aufheizzeit führt sie bei Dauerbetrieb irgendwann zu einer stationären Temperaturverteilung.

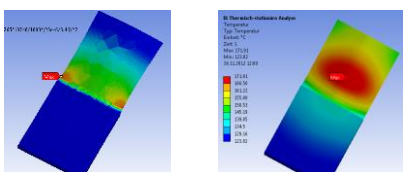


Bild 2 Thermische Simulation - links: Leistungsdichteverteilung - rechts: Stationäre Temperaturverteilung

Welche Temperaturverteilung sich im Endzustand ergibt, ist u.a. von der Wärmeleitfähigkeit der Materialien abhängig. Dass der Aufheizvorgang überhaupt limitiert ist, ist auf Wärmekonvektion durch die Oberflächen zurückzuführen.

Vermessung und Simulation von Aufheizvorgängen

Mit Speziensensoren lassen sich Aufheizkurven schwingender Bauteile berührungslos vermessen, was für den Vergleich mit Simulationen am besten bei konstanter Schwingamplitude erfolgen sollte. Hierzu verwenden wir den ATHENA-Ultraschallgenerator, der eine simultane Messung der thermisch bedingten Frequenzdrift erlaubt.

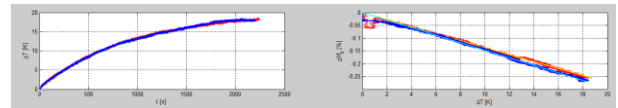


Bild 3: Gemessene Aufheizkurve des Konverters aus Bild 1 und Auswertung der linearen Frequenzdrift.

Kennzeichnend für die thermische Frequenzdrift von Piezokonvertern ist ein linearer Gradient in Hz/°C, der sich auch durch thermische Simulationen ermitteln lässt. Zwei Phänomene sind für die Drift verantwortlich: Einerseits die thermische Dehnung der Materialien, andererseits die Temperaturabhängigkeit ihrer E-Moduli. Unter Berücksichtigung beider Effekte gelangt man in Simulationen zu guten Vorhersagen des Gradienten.

Unser Angebot

Für Ihre Problemstellungen im Bereich (elektro-) mechanisch-thermischer Probleme unterstützen wir gern. Darüber hinaus bieten wir Beratung zum Wissenstransfer an.

Kontakt

Autor: Dr.-Ing. Walter Littmann, Leiter der Technischen Entwicklung der ATHENA Technologie Beratung GmbH



ATHENA
Technologie Beratung GmbH
Technologiepark 13
33100 Paderborn

Tel.: +49-52 51-3 90 65 60
E-Mail: info@myATHENA.de
<http://www.myATHENA.de>