

AE an Piezokeramiken

Ein Anwendungsbericht

AE (Acoustic Emission, Schallemission) wird zur Charakterisierung von Schädigungsmechanismen in ferroelektrischen Piezowerkstoffen eingesetzt. Dabei sind vor allem kommerzielle Piezokeramiken des Bleizirkonat–Titanat–Systems (PZT) Gegenstand der Untersuchungen. Von besonderem Interesse ist die Charakterisierung der Mikroschädigung (Größenordnung der Risse im Bereich der Korngröße, d.h. einige μm), die für die genannten Materialien weitestgehend unverstanden ist.

Piezomaterialien erfahren bei ihrer Anwendung als Aktuatoren (Umwandlung elektrischer in mechanische Energie) eine elektromechanische Wechselbelastung. Diese führt aufgrund mechanischer Spannungen im Bauteil zur Bildung von Mikrorissen. Im Laufe vieler Belastungszyklen breiten sich die Mikrorisse aus und führen im späteren Stadium der Schädigung zur Herabsenkung der Leistungsfähigkeit des Bauteils und schließlich zu dessen vollständigem Versagen.

Bei der Rissinitiierung wird ein Teil der Bruchenergie in Form einer Schallwelle frei. Diese breitet sich in der Keramik aus und kann als AE detektiert werden. Allgemein enthalten AE-Signale Informationen über ihre Quelle und erlauben damit prinzipiell Rückschlüsse auf den zugrundeliegenden Schadensmechanismus.

Diese Tatsache soll benutzt werden um unterschiedliche Schädigungsmechanismen anhand der AE-Daten zu differenzieren und zu verstehen.

Dazu wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

Zuerst wird die PZT-Keramik in unversehrtem Zustand unter dem Einfluß einer elektrischen Wechselfeldstärke (Maximalefeldstärke mehrere kV/mm, 1 Periode, Dauer ca 70 Sekunden) untersucht. Während dieses Meßzyklus werden die AE-Daten, parallel dazu die elektrische und mechanische Hysteresekurve sowie Koppelfaktoren gemessen.

Anschließend wird die Keramik durch bipolare elektrische Belastung (50 Hz, Feldstärke mehrere kV/mm) künstlich geschädigt.

Nun werden die AE-Daten zusammen mit den anderen Meßwerten der Keramik während eines weiteren Meßzyklus aufgezeichnet.

Das AE-System AMS3 wird zur Aufzeichnung der AE-Signale verwendet. Mit den parametrischen Eingängen des Systems werden die mechanischen und elektrischen Hysteresekurven sowie das angelegte elektrische Feld aufgezeichnet.

Die Auswertung der Messungen konzentriert sich auf die Beantwortung folgender Fragen:

- Bei welchen Feldstärken treten AE-Signale welcher Amplitude auf?
- Gibt es Änderungen der AE–Charakteristik im Laufe der Schädigung?
- Besteht eine Korrelation zwischen dem Verhalten der AE–Daten (Amplitudenverteilungen, kumulierte Energie, kumulierte Hits) und dem anderer Materialparameter im Laufe der Schädigung?

Die hier am häufigsten verwendeten Darstellungsformen der AE-Daten sind:

1. Betrachtung der kumulierten, d. h. der gesamten während des Meßzyklus dissipierten Energie (vgl. Abb1).
2. Amplitudenselektive Darstellung der Hits gegen die Zeit bzw. gegen das anliegende elektrische Feld. Vergleich dieser Ergebnisse für verschiedene Schädigungsstadien.
3. Betrachtung der Gesamtzahl der während des Meßzyklus gemessenen Hits.

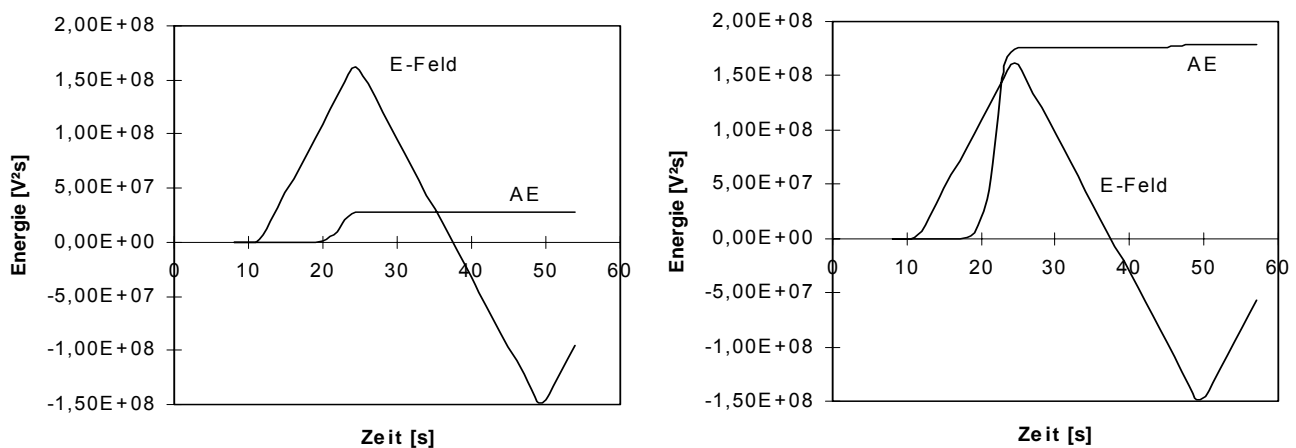


Abb1: Während des Meßzyklus detektierte, kumulierte AE-Energie für eine PZT-Keramik im unbeschädigten (links) und im vorgeschädigten Zustand (rechts). Die Sägezahnkurve stellt das jeweils angelegte Feld (Maximum 2kV/mm) dar.

Diese Vorgehensweise ermöglicht die Zuordnung von AE-Daten bestimmter Charakteristik zu verschiedenen Schädigungsstadien.

Die Korrelation von AE-Daten mit einzelnen Schadensmechanismen ist bisher erst bedingt möglich. Dabei tritt zusätzlich die Schwierigkeit auf, daß in Ferroelektrika neben der Mikrorißbildung weitere AE-Quellen auftreten. Das sind unter anderem:

- Ausbreitung bereits vorhandener Risse
- Domänenprozesse
- Mikroentladungen in Poren

Für die Trennung unterschiedlicher AE-Quellen verspricht die automatische Mustererkennung ein hohes Potential:

Wenn sich verschiedene Schadensmechanismen in der von ihnen emittierten Signalform, dem Transientensignal, unterscheiden, ist dies ein Ansatzpunkt für eine Differenzierung. Die Mustererkennungs-Software VisualClass von Vallen-Systeme GmbH ermöglicht die Verfolgung dieses Ansatzes.

Mit freundlicher Genehmigung durch:

TU Darmstadt
 FB Materialwissenschaften, FG Nichtmetallische Anorganische Werkstoffe
 Arbeitsgruppe Ferroelektrika:
 Doru Lupascu, Jürgen Nuffer, Jürgen Rödel

Think AE - think Vallen! User-friendly, reliable, up to date