

Grenzflächen- und Verbundprobleme in mineralisch gefüllten Epoxidharzformstoffen

Jens Seifert

Berichter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Hermann Kärner

Berichter: Prof. Dr.-Ing. Klaus Bethe

Berichter: Prof. em. Dr.-Ing. Rolf Lacmann

In der vorliegenden Arbeit wird über die mikroskopische Verbundproblematik bei mineralisch gefüllten Epoxidharzformstoffen berichtet, die in der Hochspannungsisoliertechnik eingesetzt werden. Aufgrund ihrer sehr guten Eigenschaften, einfachen Herstellungstechnologie und guten Adaptivität sind mineralisch gefüllte Epoxidharze in der modernen Gerätetechnologie unverzichtbare Isolierwerkstoffe.

Strukturbedingt unterliegen diese Verbundmaterialien jedoch unerwünschten Langzeitalterungseffekten, die eine Degradation essentieller Volumenkenwerte bewirken. Unklarheiten bezüglich der Alterung sowie die weitgehend unbekanntem Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Alterungsmechanismen stehen dem Einsatz der Formstoffe bei vielen alterungskritischen Anwendungsfällen z.B. im Freiluftbereich oder bei elektrischer Hochausnutzung entgegen. Die Alterung und Degradation der dielektrischen, elektrischen, thermischen und mechanischen Volumenkenwerte wird durch Feuchtigkeit oder durch elektrische Überlastungen bewirkt. Es wird gezeigt, daß die zugrundeliegenden Alterungsmechanismen ausnahmslos im Bereich der materialinternen Verbindungsstelle von Epoxidharzmatrix und den Füllstoffkörnern angreifen. In diesen Interphasen finden chemisch-physikalische Schädigungsreaktionen statt, die für eine Beseitigung der dadurch bewirkten Alterung explizit geklärt werden müssen.

Die Untersuchung der feuchtigkeits- und überlastungsbedingten Langzeitalterung muß aus ökonomischen Gründen anhand zeitraffender Laborversuche erfolgen. Mit einer Kombination und chronologischen Staffelung verschiedenartiger Prüf- und Diagnoseverfahren können die zeitlichen Mechanismen während der künstlichen und beschleunigten Alterung anhand von "dünnen" modellhaften Isolierungen ermittelt werden. Es stellt sich heraus, daß die feuchtigkeitsinduzierte Alterung durch ionendominierte Prozesse hervorgerufen und gefördert wird. Sie führt zu mikroskopischen Enthaltungen und Elektrolytbildungen im Interphasenbereich. Die überlastungsbedingte Alterung wird dagegen durch Teilentladungen und Treeingvorgänge entlang der Interphase verursacht. Beide Alterungsmechanismen werden durch die gleiche interne Verbundproblematik hervorgerufen, und es muß eine Kombinationsalterung befürchtet werden. Zur Lösung der Probleme sollten daher in erster Linie Maßnahmen zur mikroskopischen Verbundoptimierung, wie Füllstoffoberflächen- oder Additivbehandlungen, erprobt werden.