

**Neuentwicklungen und Trends  
bei duroplastischen Isolierstoffen**

**Dr. Bodo Brühl**

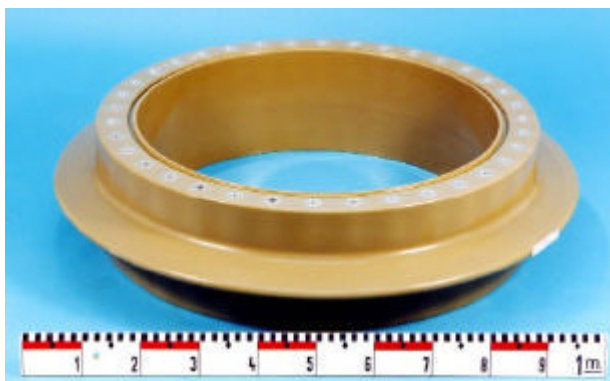
**Jens Rocks**

**Micafil AG**

**ABB Corporate Research AG**

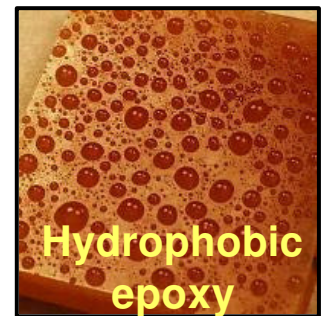
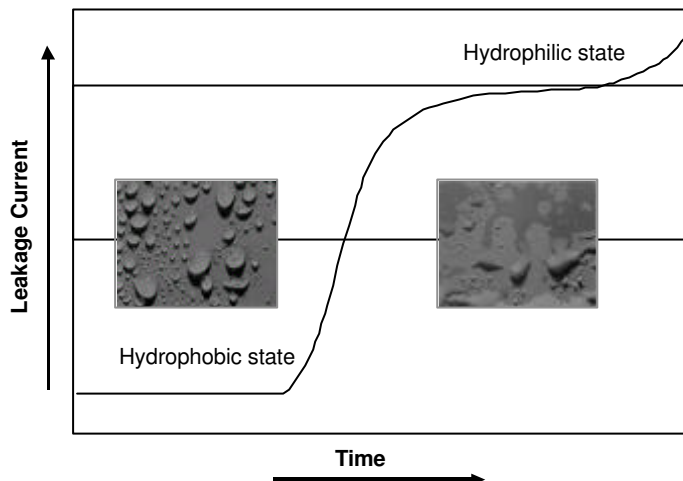
Duroplastische Formstoffe sind seit Jahrzehnten für elektrische Isolieranwendungen der Klassiker schlechthin: sie verbinden hervorragende Festigkeiten sowohl hinsichtlich elektrischer wie auch mechanischer Belastungen (insbesondere bei Langzeitbeanspruchungen) mit kostengünstiger Fertigung und moderaten Rohstoffkosten.

Neuentwicklungen haben auch bei diesen langjährigen bewährten Systemen einen deutlichen Zugewinn erbracht. Optimierung bei Füllstoffauswahl sowie gezielter Einsatz von Zähmodifizieradditiven bei Aluminiumoxidgefüllten Flüssigharzen stießen in bislang unerreichte Werte bezüglich mechanischer Zähigkeit und Langzeitfestigkeit vor.



Für Isolieranwendungen in gasisolierten Schaltanlagen GIS werden bevorzugt Aluminiumoxidgefüllte Epoxydharzsysteme eingesetzt, da dieser Füllstoff höchstmöglichen Schutz gegen den Angriff von SF<sub>6</sub>-Zersetzungsprodukten gewährleistet. Allerdings erreichten bislang Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-gefüllte EP-Systeme, insbesondere auf Basis von Flüssigharzen, nicht die mechanischen Festigkeiten von Quarzmehlgefüllten Systemen. In dem oben gezeigten Beispiel führte dies dazu, daß aus mechanischen Gründen ein Quarzmehlsystem verwendet wurde, welches zum Schutz gegen den Korrosionsangriff innenseitig aufwendig behandelt werden musste (Abbildung links). Die Neuentwicklung aus dem Micafil System FluvexCast® EP1451 basiert auf einem Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-gefüllten Flüssigharzsystem (Abbildung rechts) und ermöglicht die Herstellung von korrosionsresistenten Bauteilen, deren mechanische Eigenschaften (z.B. Berstdrücke im Bereich 55 bis 58 bar) das hohe Niveau der bislang verwendeten Quarzmehlsysteme (Berstdrücke 48 bis 54 bar) sogar noch leicht übertreffen.

Cycloaliphatische Epoxydharze erreichen Eigenschaftsprofile, die sie bei Freiluftanwendungen zunehmend als potentiellen Ersatz von elastomeren Isoliersystemen in Betracht kommen lässt, zumal sie kostengünstiger als die in der Regel verwendeten Silikone sind und im Gegensatz zu diesen mechanisch nicht belastbaren Elastomeren auch als lasttragende Konstruktionswerkstoffe eingesetzt werden können.

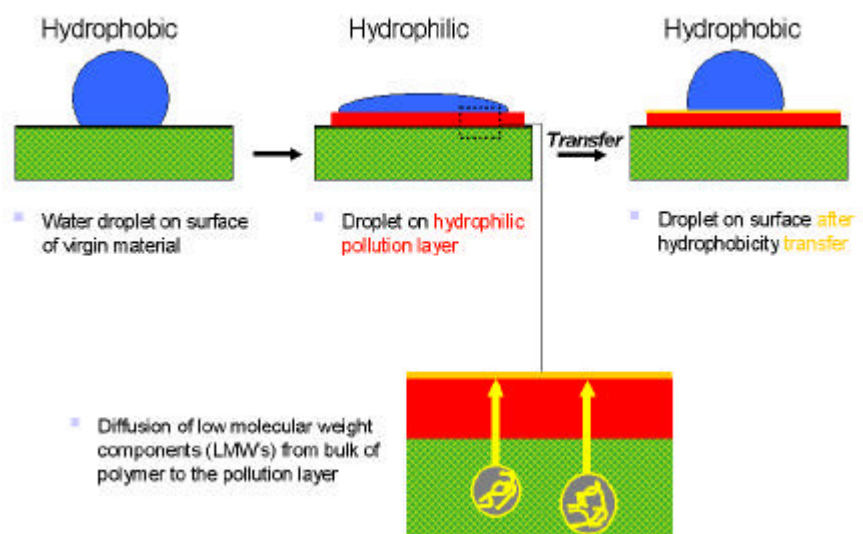


Die Verwendung von polymeren Isolierstoffen im Außenbereich stellt durch die Vorgänge der



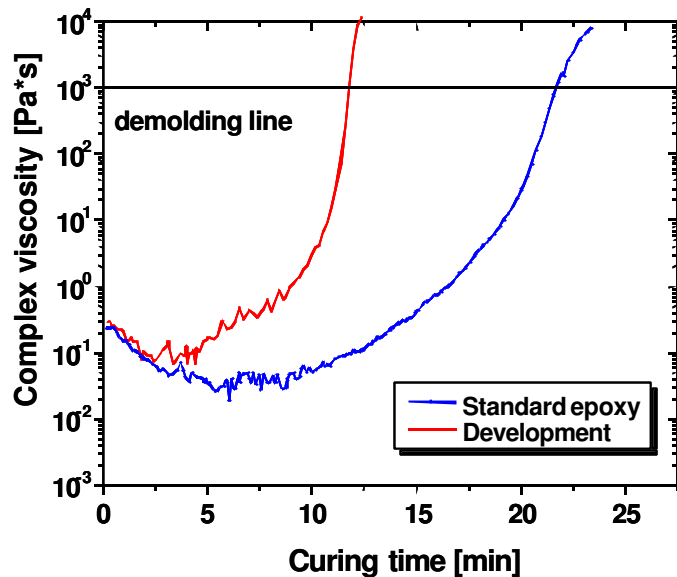
Bewitterung eine besondere Herausforderungen dar. Beste Voraussetzungen für einen störungsfreien Einsatz als elektrischer Isolierformstoff bieten wasserabweisende, hydrophobe Oberflächen. Entwicklungsziel ist es nun, diesen anfänglich vorhandenen Zustand über eine möglichst lange Lebensdauer des Bauteiles aufrecht erhalten zu können und die Ausbildung einer hydrophilen Oberfläche zu unterdrücken. Dieses Ziel

kann durch Diffusion von niedermolekularen Komponenten aus dem Werkstoffinneren erreicht werden. Diese Komponenten sind beim Herstellvorgang in das Material eingemischt worden und erneuern über die gesamte Lebensdauer stetig den hydrophoben Charakter der Oberflächen.



Besondere Aufmerksamkeit fand die Optimierung der verarbeitungsbestimmenden Prozeßparameter. Durch gezielte Weiterentwicklungen lassen sich drastische Reduktionen der Durchlaufzeit erreichen, die nur noch bei Bruchteilen der bisher gewohnten Standardwerte liegen.

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten möchte man den Fertigungsprozess von Gießharzteilen so schnell wie möglich durchführen, um die fixen Kosten der Betriebsmittel auf eine möglichst hohe Anzahl gefertigter Bauteile umlegen zu können und die variablen Kosten durch kurze Produktionszeiten möglichst niedrig halten zu



können. Die Gießharzteile können aber erst aus der Form entnommen werden, wenn sie eine hinreichende Eigenfestigkeit erreichen, also der Vernetzungsvorgang hinreichend fortgeschritten ist. Da bei der Auswahl der Vernetzungstemperatur insbesondere wegen der einzuhaltenden Maßgenauigkeit nach oben Grenzen gesetzt sind, bieten sich in der Auswahl entsprechend reaktiver Komponenten Wege, der Vernetzungsvorgang entsprechend zu steuern. In dem oben dargestellten Viskositätsaufbau ist der Unterschied zwischen den bisherigen Standardsystemen und der neuentwickelten Rezeptur sichtbar. Dieses System konnte in der Zwischenzeit erfolgreich bei der Herstellung von Schaltergehäusen (Abbildung unten links) eingeführt werden, die im Automatischen Druckgelieren hergestellt werden. Die



Verwendung für Hochspannungsisolatoren, hergestellt im konventionellen Vakuumgießverfahren ist derzeit in der Erprobung und wird dieses Jahr abgeschlossen sein.

Auch hinsichtlich der Fertigungstechnologie bieten duroplastische Formmassen ein breites Spektrum, können sie doch für Kleinserien in Vakuumguß (vorteilhaft für anspruchsvolle Hochspannungsanwendungen) und für größere Produktionsserien im Automatischen Druckgeliervorgang ADG verarbeitet werden. Moderne computergestützte Simulationstools zum Formfüll- und Aushärtungsverlauf ermöglichen bereits in der Entwicklungsphase eine Optimierung der Prozeßparameter zur Erzielung

höchster Effizienz.