

Neue elektrorheologische Flüssigkeiten mit glasbeschichteten Mikrohohlglaskugeln

M. Lindenstruth, M. Mennig, H. Schmidt
Institut für Neue Materialien gem. GmbH, Saarbrücken

EINLEITUNG

Flüssigkeiten, deren Viskosität sich in Abhängigkeit eines äußeren elektrischen Feldes spontan und reversibel verändert, werden als elektrorheologische Flüssigkeiten (ERF) bezeichnet [1]. Sie spielen bei der Entwicklung neuer Aktoren wie z. B. schaltbarer Stoßdämpfer eine wichtige Rolle. Bislang bekannte ERF bestehen zumeist aus einer Trägerflüssigkeit (z. B. Mineral- bzw. Silikonöl), in der feine Partikel (z. B. Silikate, BaTiO₃ [2], organische Polymere) dispergiert sind, welche entweder selbst elektrisch polarisierbar sind oder mit polarisierbaren Adsorbentien versehen sind [3-5]. Weiterhin sind ERF bekannt, die flüssigkristalline Substanzen enthalten [6]. Bei Anlegen eines elektrischen Feldes arrangieren sich die Partikel durch Dipolwechselwirkung bzw. aus energetischen Gründen in Ketten längs der Feldlinien, wodurch sich die Viskosität des Systems in dazu senkrechter Richtung stark erhöhen kann. Alle diese Systeme weisen deutliche Nachteile auf, indem sie z. B. Wasser enthalten, welches bei zu erwartenden höheren Betriebstemperaturen (> 100°C) aus der Flüssigkeit verloren geht und sich somit der elektrorheologische Effekt verändert. Weitere Nachteile sind die thermische Instabilität von Polymeren, das starke Sedimentationsverhalten z. B. keramischer Partikel, hohe dielektrische Verluste oder der sehr hohe Preis einiger Systeme wie z. B. bei Flüssigkristallen.

ZIELSETZUNG

Die Untersuchungen verfolgten das Ziel, die Forderung nach hoher Polarisierbarkeit bei minimaler Leitfähigkeit durch mehrlagig beschichtete Partikel gleichzeitig zu erfüllen. Zur Vermeidung von Sedimentation sollte von einem Pulver mit einer geringen

gen Dichte ausgegangen werden, welches mit einer metallischen Schicht umgeben werden sollte, um die gewünschte hohe Polarisierbarkeit der Partikel zu ermöglichen. Durch eine äußere elektrisch isolierende Glas- bzw. Keramikschicht auf den metallisierten Partikeln sollte die Leitfähigkeit gering gehalten werden.

EXPERIMENTELLES

Als Basismaterial zur Herstellung neuer elektrorheologischer Flüssigkeiten durch Mehrfachbeschichtung wurden kommerzielle Mikrohohlglaskugeln mit einer Dichte von 0,4 - 0,6 g/cm³ ausgewählt. Diese wurden in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten mit Hilfe eines naßchemischen, außen stromlosen Verfahrens verkupfert. Die zur elektrischen Isolation benötigte äußere Schicht wurde mittels Sprühtrockenverfahren auf die metallisierten Mikrohohlglaskugeln aufgebracht. Hierzu wurden Borosilikat- bzw. TiO₂-Beschichtungssole über das Sol-Gel-Verfahren hergestellt [7], in welchem die metallisierten Partikel dispergiert werden. Anschließend wurde diese Dispersion durch eine Düse in eine heiße Zone (160 °C) gesprüht, wobei das Lösemittel aus der die Partikel umschließenden Solschicht verdunstet und sich somit eine Xerogelschicht auf den einzelnen Partikeln bildet. Die so erhaltene Xerogelschicht wurde durch eine anschließende Temperaturbehandlung bei 500 - 600°C zu einer Glas- bzw. Keramikschicht verdichtet.

Zur Herstellung einer elektrorheologischen Flüssigkeit wurden die auf dem zuvor beschriebenen Weg erhaltenen mehrfachbeschichteten Mikrohohlglaskugeln in einem der Dichte der Partikel angepaßten Silikonöl dispergiert. Die so erhaltene ERF wurden in einer elektrisch polarisierbaren Mikroskopierzelle sowie mit einem Elektrorheometer (Institut für Prozeßautomatisierung im Fachbereich Elektrotechnik der Universität des Saarlandes) untersucht.

ERGEBNIS

Die ausgewählten Basispartikel konnten ohne Bildung von Agglomeraten verkupfert, als auch mit Glas bzw. Keramik beschichtet werden.

In Bild 1 ist eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer zerbrochenen, verkupferten und mit einem Xerogel beschichteten Mikrohohlglaskugel dargestellt.

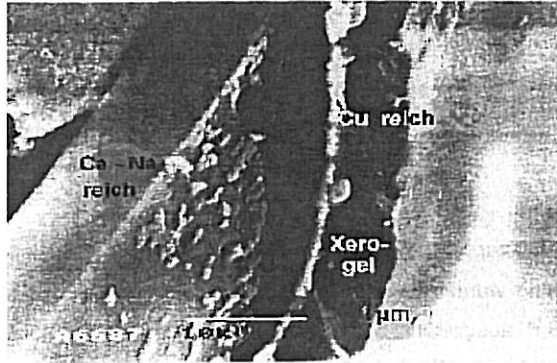


Bild 1: REM-Aufnahme einer zerbrochenen, verkupferten und mit einem Xerogel beschichteten Mikrohohlglaskugel

Man erkennt in Bild 1, daß bei der Metallisierung mit Kupfer Schichtdicken von ca. 150 nm erreicht werden konnten. Die Schichtdicken der zur elektrischen Isolation der verkupferten Mikrohohlglaskugeln über den Sprühtrockenprozeß aufgetragenen Sol-Gel-Beschichtungsmaterialien, liegen im Bereich zwischen 500 und 800 nm, nachdem sie thermisch zu einem Glas bzw. einer Keramik verdichtet wurden.

Bild 2 und Bild 3 zeigen in Silikonöl dispergierte, verkupferte und mit Glas beschichtete Mikrohohlglaskugeln im feldfreien bzw. bei angelegtem Gleichfeld von 80 V/mm in einem Lichtmikroskop mit elektrisch polarisierbarer Zelle.

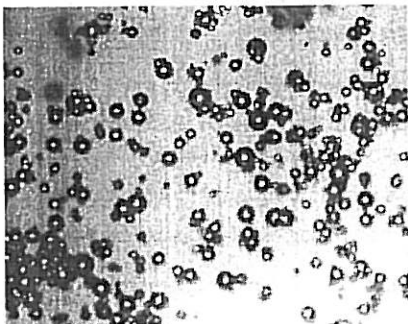


Bild 2: ERF im feldfreien Zustand

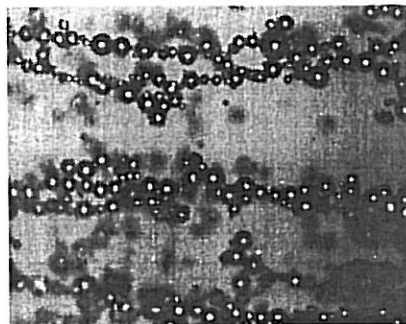


Bild 3: ERF bei 80 V/mm

Man kann in Bild 3 deutlich mehrere Ketten sehen, die sich durch Ausrichten der polarisierbaren Partikel im elektrischen Feld gebildet haben. Die dafür erforderliche

Feldstärke ist um zwei Größenordnungen niedriger als bei bekannten technischen Systemen. Weiter ist hervorzuheben, daß bis hinab in den μA -Bereich auch bei Feldstärken bis 1 kV/mm kein Stromfluß meßbar war. Bei Untersuchungen der Viskosität einer elektrorheologen Flüssigkeit bestehend aus mehrfachbeschichteten Mikrohohlglaskugeln in Silikonöl in Abhängigkeit von der elektrischen Feldstärke bei unterschiedlichen Scherraten konnten bei einem elektrischen Feld von nur 0,8 kV/mm Viskositäts erhöhungen um das 10-fache der Grundviskosität im feldfreien Zustand ermittelt werden. Weiterhin wurde bei diesen Messungen festgestellt, daß die Systeme kurze Schaltzeiten (deutlich < 1 s) aufwiesen. Daher besitzen die mehrfachbeschichteten Partikel ein hohes Optimierungspotential zur Entwicklung effizienter, verlustarmer und schnell schaltender elektrorheologischer Flüssigkeiten für verschiedene Anwendungen.

Literatur

- [1] Burchill, P. J., (1991) *Mater. Forum* **15**(3) 197-204
- [2] Otsubo, Y., (1991) *Colloids and Surfaces* **58** (1-2) 73-86
- [3] Ginder, J. M.; Ceccio, S. L. (1995) *J. Rheol.* **39**(1): 211-234
- [4] Negita, K.; Ohsawa, Y. (1995) *Journal de Physique II* **5**(6): 883-892
- [5] Blackwood, K. M.; Block, H. (1993) *Trends Polym. Sci.* **1**(4): 98-105
- [6] Inoue, A.; Ide, Y.; et al. (1998) *MRS Bulletin* (August): 43-49
- [7] Dislich, H.; Hinz, P. (1990) *Sol-Gel Technology* 50-79