

BAM-Dissertationsreihe, Band 77

MSc. Guang Mei Wu

Quantitative Assessment and Optimization of Flame Retardancy by the Shielding Effect in Epoxy Nanocomposites

2011, ISBN 978-3-9814281-7-9

Diese Arbeit trägt zum halogenfreien Flammenschutz von Epoxidharzen durch Nanokomposite mit Phosphonium modifiziertem Schichtsilikat bei. Der Flammenschutz resultiert aus der während der Pyrolyse entstehenden inorganisch-organischen Schutzschicht. Diese Brandrückstandsschicht wirkt als Hitzeschild für das darunterliegende Material. Ziel dieser Arbeit ist die experimentelle und quantitative Beschreibung dieses Effekts und die Optimierung der Flammenschutzwirkung.

Die während der erzwungenen Verbrennung im Cone Calorimeter auftretenden Wärmeflüsse und Materialoberflächentemperaturen wurden in selbst konzipierten Experimenten bestimmt. Der durch die Schutzschicht zurückgestrahlte Wärmefluß und die daraus resultierende Reduktion des in der Pyrolysezone effektiv in Brennstofffreisetzung umgesetzten Wärmeflusses wurden erfolgreich quantifiziert. Mit diesem effektiven Wärmefluß nahmen wichtige Brandeigenschaften wie die Wärmefreisetzungsrate ab.

Zur Optimierung der Schutzschicht wurde drei Ansätze verfolgt: Variation der organischen Modifizierung, verbesserte Dispersion durch den Einsatz von interkaliertem Triphenylphosphat und die Optimierung der Morphologie der Schutzschicht durch die Kombination von Schichtsilikat mit niedrig schmelzenden Gläsern. Durch den Einsatz verschiedener organischer Kationen lässt sich die Verteilung der Nanopartikel, die Struktur der Schutzschicht und damit die Flammenschutzwirkung optimieren. Obwohl die Interkalation von Triphenylphosphat eine deutliche Aufweitung der Schichtabstände im Schichtsilikat bewirkt, zeigen die entsprechenden Nanokomposite keine verbesserte Verteilung der Partikel, keine homogenere Schutzschicht und keine Erhöhung der Flammenschutzwirkung im Vergleich zu analogen Mischsystemen, in denen additiv Triphenylphosphat zugegeben wurde. Die Kombination von organisch modifiziertem Schichtsilikat und niedrig schmelzenden Gläsern zeigen in den meisten der untersuchten Systeme antagonistische Effekte. Nur in wenigen Kombinationen ist, die Superposition bzw. sogar eine Synergie zwischen den Flammuschutzeffekten beider Zusätze zu beobachten.

Die erstmalige experimentelle Quantifizierung des Hitzeschildes in Polymernanokompositen ist ein wertvoller Beitrag für ein grundlegendes Verständnis der Flammuschutzmechanismen in Nanokompositen. Die Abhängigkeit der Flammuschutzwirkung von der Struktur der Schutzschicht wurde nachgewiesen. Zur Optimierung der Schutzschichtstruktur und damit des Flammuschutzes wurden drei Ansätze vorgeschlagen.