

# Entwicklung von innovativen nanopartikelbasierten Korrosionsschutzschichten für die Herstellung hochfester Stahlbauteile mittels Formhärten (Presshärten)

IGF-Nr. 16437 N

## Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene Sol-Gel-Systeme entwickelt und charakterisiert, die zum Ziel hatten, niedriglegierte Stahlsubstrate (22MnB5) während eines Presshärtprozesses vor Oxidation zu schützen. Neben der Oxidationsschutzwirkung wurden auch die temporären Korrosionsschutz- und Nachverarbeitungseigenschaften (Schweißeignung, Lackierbarkeit) getestet.

Unter den zahlreichen getesteten Systemen schienen drei Dreistoffsysteme am geeignetsten, die gestellten Anforderungen zu erfüllen. Die Struktur-Charakterisierungen mittels DTA, XRD und IR-Spektroskopie ergaben, dass die beiden lithiumhaltigen Systeme bis zu einer Temperaturbehandlung von 500°C eine amorphe Struktur besitzen, die ab 600°C in kristalline Gefügestrukturen übergeht. Beide Systeme zeigen im Temperaturbereich von 800°C - 900°C eine weitere Phasenumwandlung. Im Gegensatz dazu zeigt das kaliumhaltige System bei einer Temperatur von 500°C in der XRD kristalline Strukturen, die bei Temperaturen > 600°C wieder zerfallen. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den eutektischen Temperaturen der Systeme. Die Haftung der Schichten wurde im TEM am Beispiel einer lithiumhaltigen Beschichtung untersucht. Dabei zeigte die Phasengrenze zwischen Substrat und Nanoschicht eine stabile Bindung.

Zur Quantifizierung der Oxidationsschutzwirkung der neuartigen Schichtsysteme wurden die Zunderkonstanten aller Beschichtungen bei verschiedenen Temperaturen im Bereich von 600 – 950°C bestimmt und mit denen des unbeschichteten Substrates sowie der Referenzbeschichtung (Usibor®) verglichen. Die lithiumhaltigen nanopartikelbasierten Schichtsysteme schützen den Stahl bis 800°C effektiv vor Oxidation. Bei höherer Temperatur erhöht sich aufgrund der Phasenumwandlung des Spodumens die Schichtporosität, wodurch die Substratoxidation zunimmt.

Anhand von Presshärtversuchen wurde das Umformverhalten in Kombination mit der Thermoschockresistenz der Schichtsysteme untersucht. Je nach Biegung oder Scherung liegen nur geringe (Flächenpressung) oder größere (starke Biegung)

Beschädigungen der Schicht vor.

Die Untersuchungen der Weiterverarbeitungseigenschaften ergaben, dass die aufgetragenen lithiumhaltigen Schichtsysteme mittels Laserstrahl- und Widerstandspunktschweißen gefügt werden können. Die Schweißnähte sind vollständig martensitisch umgewandelt und zeigen weder intermetallische Fremdphasen noch keramische Schichtrückstände. Die Untersuchungen der Nasskorrosionsbeständigkeit mittels EIS führten zu dem Ergebnis, dass die Schichtsysteme aufgrund ihrer hohen Porosität kaum eine längerfristige Barrierewirkung entfalten. Die Klimawechseltests an weiterverarbeiteten Schichten (mit Phosphatierung, KTL und Pulverlack) zeigen, dass die Sol-Gel-Schichten die Phosphatierung deutlich behindern. Trotzdem zeigen vollständig beschichtete Proben im Kondenswasserwechseltest auch nach 7 Zyklen keine Enthftung oder Unterwanderung. Bei geritzten Proben beginnt im VDA-Wechseltest nach 4 Zyklen eine leichte Unterwanderung.

#### **Das Ziel des Vorhabens wurde zum Teil erreicht.**

Forschungsstellen: RWTH Aachen, Institut für Eisenhüttenkunde  
DECHEMA e.V., Karl-Winnacker-Institut

Leiter des Projektes: Dipl.-Ing. C. Klesen  
Dr.-Ing. W. Fürbeth

Laufzeit: 01.12.2009 – 31.05.2012

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben Nr. 16437 N der Forschungsvereinigung GfKORR – Gesellschaft für Korrosionsschutz e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main wurde über die AiF im Rahmen des Programmes zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.