

ENTWICKLUNG NEUARTIGER POLYMERER KORROSIONSINHIBITOREN FÜR ALUMINIUM- UND STAHLANWENDUNGEN

Anwender wünschen von innovativen Materialien und insbesondere Beschichtungen zunehmend die Erfüllung vielfältiger Funktionen. Grundlegend bleibt, dass Beschichtungen und Lacke die Ober- und Grenzflächen auch in der Entwicklung befindlicher Materialien zuverlässig schützen müssen. Dazu bietet eine moderne Oberflächentechnik, die empirisch erarbeitetes Können und Werkstoffkenntnisse mit geschickt in Computerprogrammen implementierten Algorithmen auf physikalisch-chemischer Grundlage paart, eine vorausblickende oder im Bedarfsfall auch reaktionsschnelle Plattform. Das bilaterale Projekt der Firma Straetmans High TAC GmbH und den Adhäsions- und Grenzflächenforschungs- sowie Lacktechnik-Experten des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen, zeigt, wie das Konzept der Adsorption von Molekülen, also ihrer Anreicherung an Grenzflächen, das Fundament für die gezielte Entwicklung sowohl von temporären Schutzsystemen als auch von Additiven für langzeitbeständige Beschichtungen bilden kann.

Ausgangssituation

Im Hinblick auf die zukünftig verfügbare Auswahl adsorbierender Moleküle sind Wirkstoffentwickler aktuell nicht nur von chemischen und materialbezogenen Erfordernissen unter ökonomischen Gesichtspunkten herausgefordert, sondern auch von gesetzgeberischen Rahmenbedingungen, wie der aktuellen REACH-Verordnung, geleitet. Für nachhaltige Neuentwicklungen von Lacken werden wahrscheinlich im Wesentlichen zwei Gestaltungsmöglichkeiten interessant bleiben: intelligente Zubereitungen, die ohne Neustoffsynthese möglich sind, oder der auch im Projekt eingeschlagene Weg über Polymere, die als üblicherweise nicht sehr gefährlich gelten.

Aufgabe – Projektbeschreibung – Projektdurchführung

Grenzflächenaktive Moleküle übernehmen in der Natur in Zellmembranen eine ausgeprägte Schutzfunktion. Solche Amphiphile sind chemisch nicht reaktiv und nutzen das Konzept der Selbstorganisation zur Ausbildung dichter Schichten. Sollen neuartige amphiphile Polymere gezielt entwickelt werden, so erweist es sich als zeitsparend und hilfreich, rechnergestützte Simulationen einzusetzen, um für unterschiedlich aufgebaute Moleküle die Organisationsprinzipien in flüssigen Medien oder an Substratoberflächen herauszuarbeiten. In Gegenwart eines flüssigen Applikationsmediums bilden solche Polymere submikroskopische Mizellen, und an Grenzflächen zu Feststoffen entstehen am Substrat anhaftende Adsorbate



2

in einheitlicher und durch die Molekülmasse einstellbarer Schichtdicke. In Abbildung 1 sind für unterschiedliche Polymermoleküle beispielhaft Zwischenschritte bei der Ermittlung des Assoziationsverhaltens in einem polaren Lösemittel und des Adsorptionsverhaltens auf einer hydrophilen Substratoberfläche dargestellt. Die sich bildenden Strukturen aus Polymermolekülen sind in Grüntönen dargestellt.

Die Zielsetzung im Projekt war, die Umsetzung dieses Amphiphil-Konzepts in eine Synthesechemie mit reaktiven und strukturellen Grundelementen zu erreichen, die in den herzustellenden Polymermolekülen Kopf-, Schwanz- oder Abstandshaltereinheiten ausbilden können. Deren relative Anordnung in den Molekülen kann auch dank der Simulationsergebnisse in Abstimmung auf unterschiedliche flüssige Medien ausgewählt werden. Die chemische Reaktivität der so schließlich zusammengestellten Moleküle lässt sich durch teilweises oder vollständiges Einbringen praktischer unreaktiver molekularer Endgruppen einstellen. So werden weder die gewünschten

Beschichtungsformulierungen noch die zu beschichtenden Substratoberflächen durch chemische Reaktionen mit Inhibitormolekülen in kaum absehbarer Weise verändert.

Die entwickelten Polymermoleküle bilden nach Eintauchen zu schützender Metallsubstrate in Inhibitorlösungen oder -dispersionen dünne und geschlossene Schichten. Besonders effektive Molekülschichten wirken korrosionsinhibierend und können – derart appliziert – dem temporären Korrosionsschutz dienen. Oberflächenanalytische Untersuchungen an Blechen der Aluminiumlegierung AA 2024 mittels Röntgen-Photoelektronenspektroskopie, energiedispersiver Röntgenanalyse und Rasterelektronenmikroskopie zeigen, dass effektiv etwa 0,01 Mikrometer dünne Schutzschichten gebildet werden und dass im Zuge eines Salzsprühtests nur ein geringfügiger Anstieg der Dicke der Aluminiumoxidschicht auf dem Substratwerkstoff erfolgt. Wie Abbildung 2 zeigt, weisen 250 Stunden lang im Salzsprühtest geprüfte beschichtete Bleche visuell keine Korrosionserscheinungen auf (unten), im Unterschied zu

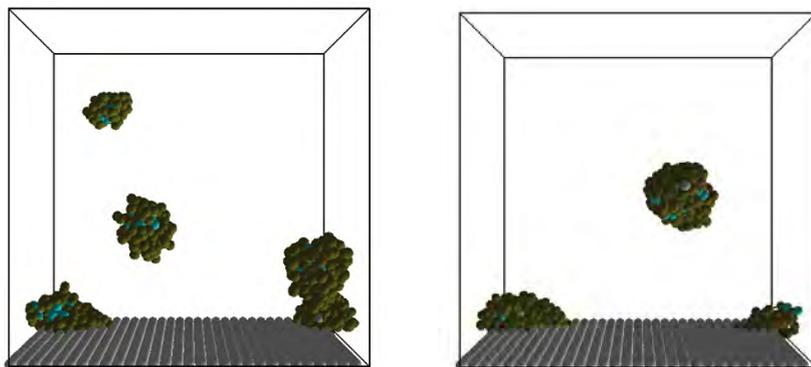


Abb. 1: Simulation der Frühphasen bei Assoziation und Adsorption von Polymermolekülen.

2 Korrosionsschutzeffekt einer in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IFAM entwickelten polymeren Inhibitorschicht auf Aluminium (oben unbeschichtet, unten beschichtet).

nur 24 Stunden getesteten nicht mit Inhibitorpolymeren geschützten Blechen (oben).

Dass auch auf Stahlblechen mit ein und derselben Polymerformulierung eine korrosionsinhibierende Wirkung erzielt wurde, steht im Einklang mit dem in Simulationsrechnungen herausgearbeiteten Wirkkonzept der physikalisch begründeten Schichtbildung.

Kann die inhibierende Wirkung der amphiphilen Polymere auch in gehärteten Lacksystemen erhalten bleiben, so lässt sie sich mit dem Einsatz weiterer Korrosionsschutzsysteme im Lack zeitlich effektiv abstimmen. Im Test wurden mit polymeren Korrosionsinhibitoren als zusätzlichen Additiven versehene neuartige Lacksysteme auf AA 2024-Bleche im Vergleich zu nicht mit Korrosionsinhibitoren modifizierten Lacken hinsichtlich der Schichtablösung im Salzsprühtest und des Fadenwachstums im Filiformtest untersucht. Testergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt und zeigen für mehrere, chemisch unterschiedliche Formulierungen vorteilhafte Eigenschaften der neuartigen Lacksysteme.

Ergebnis und Perspektive

Der mittelständische Projektpartner profitierte von der erarbeiteten interdisziplinären Vorgehensweise, die die Entwicklungszeit für marktfähige Produkte im Vergleich zu einer rein empirischen Materialentwicklungsstrategie verkürzt. Polymere Wirkstoffe, die auf Basis physikalischer Prinzipien in Beschichtungen und vernetzende Polymere zusätzliche Funktionalitäten einführen, tragen ihren Teil zu Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz bei.

Lacksystem	Unterwanderung im Salzsprühtest nach 1008 Stunden		Fadenlänge im Filiformtest nach 504 Stunden	
	ohne Inhibitor	mit 2 % Inhibitor	ohne Inhibitor	mit 2 % Inhibitor
Wasserbasierter 2K-Epoxid-Lack	6 mm	2 mm	9 mm	3 mm
Lösemittelbasierter 2K-Epoxid-Lack	7 mm	2 mm	12 mm	3 mm
Alkydharzlack	12 mm	4 mm	26 mm	7 mm
Alkyd-Melamin-Lack	nach 240 h: Abbruch	nach 480 h: 2 mm	nach 168 h: Abbruch	nach 240 h: 5 mm

Tab. 1: Testergebnisse gealterter Lacksysteme.

Auftraggeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand – ZIM
Projekt »Entwicklung von Korrosionsschutzkonzepten für
Aluminium auf Basis polymerer Additive – KABA«
(Förderkennzeichen KF2139502 HA9)

Projektpartner

■ Straetmans High TAC GmbH, Hamburg

KONTAKT

Dr. Welchy Leite Cavalcanti

Adhäsions- und Grenzflächenforschung

Telefon +49 421 2246-487

welchy.leite.cavalcanti@ifam.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. (FH) Sascha Buchbach

Lacktechnik

Telefon +49 421 2246-497

sascha.buchbach@ifam.fraunhofer.de

Institut

*Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM,
Klebtechnik und Oberflächen, Bremen*