

1 Unterwanderung nach 2 Jahren abgedeckter Freibewitterung OEM-KTL auf sedimierverzinktem Stahl mit unterschiedlicher Vorbehandlung (links: Zinkphosphatierung; rechts: Dünnschichtvorbehandlung); es treten sehr unterschiedliche Korrosionsbilder auf.

2 schematische Darstellung der chemischen Vorgänge bei Korrosionsprozessen

## Einfluss von Zinkphosphatier-Ersatz-Technologien auf den Korrosionsschutz im Multi-Metall-Verbund

### Ausgangssituation

Im Automobilbau gewinnen Multimetal-Substratmaterialien immer mehr an Bedeutung. Neben den herkömmlichen Werkstoffen, Stahl und verzinkter Stahl, werden vermehrt Aluminium und andere neue Werkstoffe wie Stahl mit Zink-Magnesium-Überzügen eingesetzt. Dieser neue Materialmix stellt den etablierten Vorbehandlungsprozess der Zinkphosphatierung vor eine Herausforderung. Der für den Korrosionsschutz von Stahl und verzinktem Stahl bewährte Triktion-Zinkphosphatierprozess erzielt bei neuen Werkstoffen zum Teil einen unzureichenden Korrosionsschutz. Ein weiteres Argument für die Entwicklung von Ersatztechnologien ist die Toxizität der eingesetzten Nickelsalze; daher rücken alternative Dünnschicht-Vorbehandlungen (Dünnschicht-VBH) zunehmend in den Fokus. Die Korrosionsschutzwirkung dieser neuen Technologien waren zu Projektbeginn noch unzureichend untersucht und daher noch nicht im Markt etabliert.

### Aufgabenstellung

Die relevanten Einflussfaktoren auf den Korrosionsschutz wurden in phänomenologischen Studien und mit wissenschaftlichen Methoden untersucht. Dazu wurden die Korrosionsprozesse auf Standard- und neuen Substratmaterialien (u. a. Stahl, verzinkter Stahl, Stahl mit Zink-Magnesium-Überzügen, Aluminium) in Kombination mit Dünnschicht-VBH im Vergleich zum Zinkphosphatier-Prozess geprüft und bewertet. Die Substrate wurden mit einer automobiltypischen KTL beschichtet. Die Systeme wurden bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit miteinander verglichen, um einen Einblick in die relevanten Korrosionsprozesse zu erhalten. Mit 13 verschiedenen Substraten, drei Vorbehandlungsmethoden und zwei OEM-typischen KTL konnte eine ausreichend große Datenbasis erzeugt werden, um das Zusammenspiel dieser Parameter zu untersuchen und wichtige Einflussgrößen zu identifizieren.

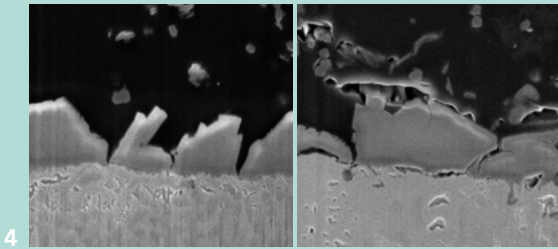
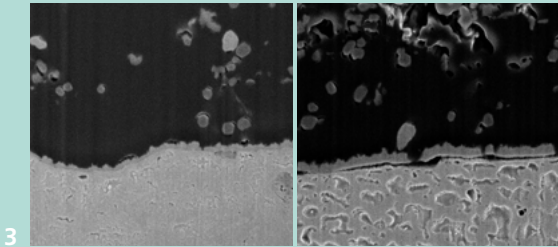
### Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart

#### Ansprechpartner

Dr. Christina Bauder  
Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik  
Allmandring 37, 70569 Stuttgart  
Telefon: +49 711 970 3869  
christina.bauder@ipa.fraunhofer.de

Dr. Rolf Nothhelfer-Richter  
Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik  
Allmandring 37, 70569 Stuttgart  
Telefon: +49 711 970 3841  
rolf.nothhelfer-richter@ipa.fraunhofer.de



3 REM-Aufnahme eines FIB-Querschnittes Substrat-VBH-KTL (Zinkmagnesium verzinkten Stahlsubstrat-Dünnschichtvorbehandlung-OEM-KTL nach Kondenswasserbelastung (links: intakt; rechts: mit Defekten) (20.000-fach vergrößert)

4 REM-Aufnahme eines FIB-Querschnittes Substrat-VBH-KTL (Zinkmagnesium verzinkten Stahlsubstrat-Zinkphosphatkonversionsschicht-OEM-KTL nach Kondenswasserbelastung (links: intakt; rechts: mit Defekten) (20.000-fach vergrößert)

## Ergebnisse

Ein Ziel der Untersuchungen war es herauszufinden, welche Parameter den Korrosionsschutz der verschiedenen Systeme hauptsächlich beeinflussen.

Es hat sich gezeigt, dass der Dünnschicht-VBH-Prozess robust gegenüber Variationen der Substratmaterialien ist. Das heißt, es können verschiedene Substrate im Multi-Metall-VBH-Prozess problemlos vorbehandelt und mit KTL beschichtet werden, ohne dass Probleme im VBH-Prozess und der anschließenden KTL-Abscheidung auftreten. Untersuchungen mittels REM-FIB-Technologie verdeutlichen, dass die Anbindung von Substrat-VBH und VBH-KTL bei allen untersuchten Kombinationen gut ist und eine sehr gute Haftung aufweisen.

Die Ergebnisse von klassischen Korrosionsschutz-Prüfungen ergeben, dass manche etablierten Labor-Korrosionstests anscheinend speziell auf den Benchmark (Zinkphosphatierung) hin entwickelt wurden, die Korrosionserscheinungen bei anderen Systemen mit neuen Vorbehandlungen aber nicht reproduzierbar abbilden können. Dies zeigt sich vor allem beim VDA 621-415 (DIN EN ISO 11997-1 Zyklus B), der für verzinkte Substrate eine deutlich höhere Unterwanderung erzielt, als im Feldtest. Im »neuen« Wechseltest VDA 233-102 – der sich in Ringversuchen als gut reproduzierbar gezeigt hat – kann bei Substraten mit intrinsischer Korrosionsbeständigkeit wie Aluminium oder verzinktem Stahl – auch bei verlängerter Testdauer – nicht zwischen

verschiedenen Vorbehandlungen unterschieden werden.

Ergänzt wurden diese klassischen Korrosionsschutzprüfungen mit elektrochemischen Untersuchungen, die Hinweise auf die Korrosionsschutzwirkung von VBH zulassen. So konnte mittels Cyclovoltammetrie festgestellt werden, dass die ausgewählten Materialkombinationen unterschiedliche Empfindlichkeit gegen verschiedene Belastungsmedien zeigen. Alkalibelastung und Chlorid-Ionen scheinen die kritischen korrosiven Beanspruchungen für Dünnschicht-VBH zu sein. Die höhere Alkaliempfindlichkeit macht sich durch stärkere kathodische Delamination der KTL-Beschichtung bei Korrosionsschutzprüfungen bemerkbar. Grenzflächenuntersuchungen zeigen, dass sich eindringende Medien oder Korrosionsprodukte in den Grenzflächen einlagern können.

## Zusammenfassung und Kundennutzen

Aus den Untersuchungen geht hervor, dass die Systeme mit Dünnschicht-VBH bei milder korrosiver Belastung (VDA 233-102) auf verzinkten, ZM und Aluminiumsubstraten eine ebenso gute Performance aufweisen wie die Zinkphosphatierung. Daher sind sie für Anwendungen mit milder korrosiver Belastung durchaus geeignet. Bei hoher korrosiver Belastung (vor allem hoher Salzbelastung) zeigen vereinzelt Systeme mit Dünnschicht-VBH eine ebenso gute Korrosionsschutzwirkung wie entsprechende Systeme mit Zinkphosphatierung. Die Ergebnisse der geprüften Systeme

(Substrat-VBH-KTL) können nur bedingt auf andere Systeme übertragen werden. Der Anwender muss daher jedes System vor Einsatz auf seine Anforderungen prüfen und entscheiden, ob der Einsatz von Dünnschicht-VBH in seinem Fall in Frage kommt.

Das erzeugte Know-how am Fraunhofer IPA ermöglicht es, eine erste Einschätzung der Systeme unter Einsatz der kritischen Prüfmethode durchzuführen. Hierbei sollte beachtet werden, dass die gängigen Korrosionstests möglicherweise eine zu hohe korrosive Beanspruchung simulieren, als diese in der Anwendung tatsächlich auftreten. Bei der Wahl geeigneter Korrosionsprüfungen, ob klassische Korrosionsprüfungen oder wissenschaftliche Methoden, kann das Fraunhofer IPA beratend und in der Ausführung der Prüfungen unterstützen.

## PROJEKTDATEN

### Projekt

FOSTA P906 – Einfluss von Zinkphosphatier-Ersatztechnologien auf neuen und klassischen Stahl-Substratoberflächen im Automobilbau auf den Korrosionsschutz im Multi-Metall-Verbund

### Projekträger

Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. im Stahl-Zentrum  
Postfach 10 48 42 | 40039 Düsseldorf  
Sohnstr. 65 | 40237 Düsseldorf  
fosta@stahlforschung.de  
www.stahl-online.de

### Projektlaufzeit

01.01.2013 – 30.06.2015