

Kurzbericht
zum
Verbundforschungsprojekt
VERMEIDUNG VON OBERFLÄCHENFEHLERN BEIM PULVERBESCHICHTEN VON
FEUERVERZINKTEM STAHL

- gefördert durch das
Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg –

Ziel des Vorhabens und Anwendungsfelder

Die Beschichtung von feuerverzinktem Stahl, hier speziell die lösemittelfreie Pulverbeschichtung (kurz: Duplexbeschichtung), hat eine große wirtschaftliche Bedeutung: Produktbeispiele sind Sitzgruppen und Fahrradparksysteme für den öffentlichen Bereich, Gepäckträger, Laternenmasten, Schallschutzwände, Zäune und Fassadenelemente (Abb. 1). Der Zinküberzug schützt den Stahl vor Korrosion, birgt aber als Haftgrund für die nachfolgende dekorative Pulverbeschichtung auch die Gefahr des Auftretens spezifischer Lackfehler, - in der Fachwelt „Pusteln“ genannt. Die Ursachen für die Pustelbildung sind unklar, sind aber im Bereich der eingesetzten Materialqualitäten, sowie der Vorbehandlungs- und Beschichtungsprozesse zu suchen. Projektziel ist es, die Fehlerursachen mit wissenschaftlicher Methodik zu erforschen und Maßnahmen aufzuzeigen, wie Lackfehler in der industriellen Praxis vermieden werden können.

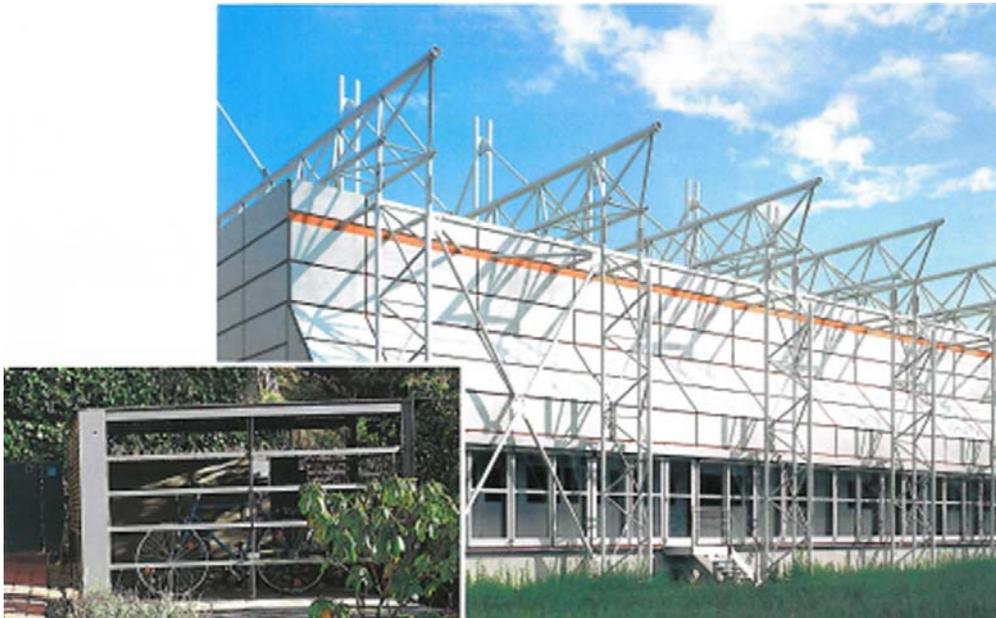


Abb. 1: Duplexbeschichtetes Mikrostrukturlabor der Universität Würzburg und Duplexbeschichtetes Bike-Port in Hamburg (Quelle: Institut Feuerverzinken GmbH)

Projektdurchführung

Die Projektdurchführung erfolgte in enger Zusammenarbeit zwischen dem Forschungsinstitut Edelmetalle & Metallchemie (fem), Schwäbisch Gmünd, und drei die Beschichtungsprozesse anwendenden Industriepartnern. Art und Qualität der untersuchungsrelevanten Substrat- und Beschichtungsmaterialien wurden gemeinsam ausgewählt. Die Arbeitsteilung sah weiterhin vor, dass Vorbehandlungs- und Beschichtungsprozesse, unter Beteiligung von Wissenschaftlern des Forschungsinstituts, in den Produktionsunternehmen durchgeführt werden. Dabei waren alle Prozessparameter sowie die externen betrieblichen Einflussgrößen auf das Beschichtungsergebnis zu überwachen bzw. zu analysieren. Die behandelten Probenwerkstoffe wurden am fem mit den vorhandenen umfangreichen wissenschaftlichen Methoden der chemischen, physikalischen und optischen Analytik charakterisiert. Aus den Ergebnissen wurden Maßnahmen zur Vermeidung von Oberflächenfehlern abgeleitet und betrieblich umgesetzt.

Erzielte Ergebnisse

Bei der Bildung von Pusteln in Duplexbeschichtungen spielen Chloridionen aus der Flussmittelbehandlung der Stahloberfläche eine zentrale Rolle. Sie sind auch nach dem Schmelztauchverzinken noch auf den Bauteiloberflächen nachzuweisen, und als Initiator einer lokalen und inneren Oxidation der Zinküberzüge anzusehen. Durch Kohlendioxidaufnahme aus der Luft entstehen dabei basische Zinkcarbonate, die in einer Folgereaktion, unter den typischen Einbrennbedingungen der Pulverlacke, thermisch zersetzt werden und die Pusteln bildenden Gase, konkret: Wasser und Kohlendioxid, abgeben können (Abb. 2).



Abb. 2: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme: Querschliff durch duplexbeschichtete Probe aus niedrigsiliziumstahl (0,01% Si), Ionenstrahlgeätzt

Begünstigend wirkt sich dabei die prozessbedingt sehr hohe Hohlraumdicke der Zinküberzüge aus, die demzufolge sowohl Wasser und andere Ausgangsstoffe, als auch deren chemische Reaktionsprodukte sehr gut aufnehmen und speichern können. Dazu passt die Beobachtung, dass höhersiliziumhaltige Stähle eher zu Ausgasungen neigen als niedrigsiliziumhaltige. Letzte-

re bilden geringere Zinküberzugsdicken, mit weniger Speichervolumen für reaktive Substanzen (Abb. 3).

Bei der Oxidation des Zinks entsteht Wasserstoff in atomarer Form, der in das Metallgitter eindiffundieren und sich dort lösen kann. Als weitere zur Pustelbildung beitragende Folgereaktion ist daher der thermisch aktivierte Vorgang der Wasserstoffeffusion aus den Zinküberzügen mit nachfolgender Rekombination zu gasförmigem Wasserstoff anzusehen. Es konnte gezeigt werden, dass vorgenannte Reaktionen ein hohes Mengenangebot an Wasser benötigen. Im Zinküberzug adsorptiv und kristallin gebundenes Wasser stellt somit eine weitere wesentliche Spezies dar, die beim Lackeinbrennen ausgasen kann.

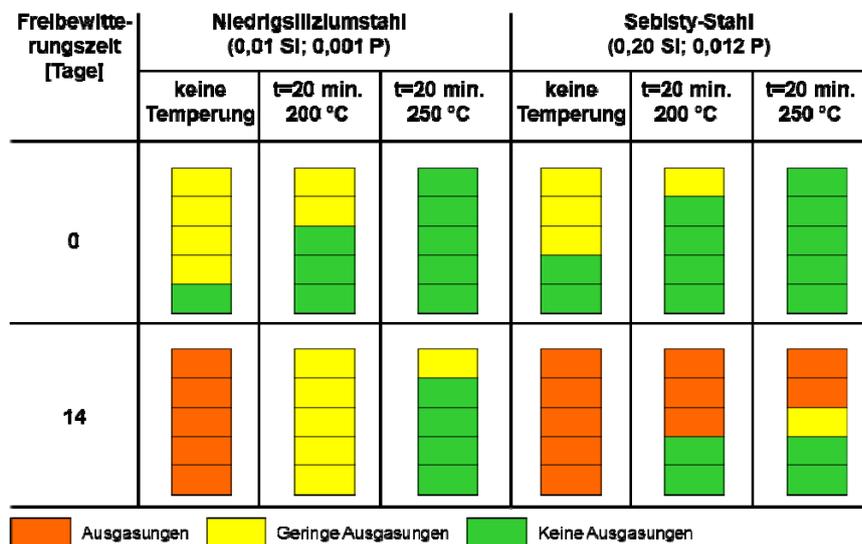


Abb. 3: Einfluss der Stahlsorte, Freibewitterungszeit und Temperparameter auf die Ausgasungsneigung.

Weil Zinküberzüge erst nach ihrer Entstehung die ausgasenden Reagenzien aus der Luft aufnehmen, sind möglichst kurze Verweilzeiten der Stahlteile bis zur Pulverbeschichtung sowie trockene Umgebungsbedingungen anzustreben. Werden feuerverzinkte Teile längere Zeit gelagert, dann bilden sie basisches Zinkcarbonat, das thermisch instabil ist und beim Einbrennen ausgast. Eine Beizbehandlung der Teile entfernt diese Schicht - die feuerverzinkten Oberflächen zeigen wieder ihr metallisch blankes Aussehen und neigen nicht mehr zu Ausgasungen. Eine weitere Maßnahme zur Erhöhung der Beschichtungsqualität ist das Tempern vor der Pulverbeschichtung. Zwei Technologien des Temperns - im Umluftofen und mit kurzwelliger Infrarotstrahlung - wurden praktisch erprobt und ihre Leistungsgrenzen aufgezeigt.

Der Fehlerentstehungsmechanismus in einer Einschichtlackierung, in der Blasen, Nadelstiche und Krater auftreten können, unterscheidet sich von der Entstehung sogenannter Pusteln in einer Zweischichtlackierung. Zielpräparationen am metallographischen Querschliff zeigen, dass Pusteln das Ergebnis von Ausgasungen im Grundierungslack sind (Abb. 4). Daher muss der

Fehlerfreiheit der Grundierung besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Durch die Verfügbarkeit ausgasungsarmer und Niedrigtemperatur-Lacke kann dem Problem ausgasungsbedingter Fehler in der Grundierung sehr gut begegnet werden. Dies eröffnet die Möglichkeit, fehlerfreie Decklackierungen zu applizieren, und dabei aus dem kompletten Dekorspektrum verfügbarer Standard-Polyesterlacksysteme auszuwählen.

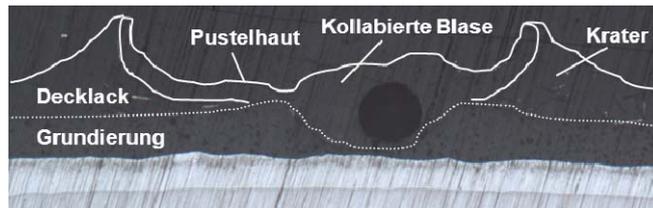


Abb. 4: Zielpräparation einer Pustel

Abschließend wurden der Einfluss des Vorbehandlungsverfahrens auf das Ausgasungsverhalten, die Lackhaftung und den Korrosionsschutz untersucht. Dabei kamen zwei ganz unterschiedliche Versuchswerkstoffe zum Einsatz: Frisch verzinkte Sebisty-Rohre (0,22% Si; 0,009% P), sowie Nidrigsiliziumbleche (0,006% Si; 0,007% P), die mehrere Monate lang freibewittert waren, und eine entsprechende Patina ausbildeten. Tendenziell verschlechterte sich das Ausgasungsverhalten der unbehandelten Oberflächen über die Eisenphosphatierung, die Zinkphosphatierung und die Gelbchromatierung. In derselben Reihenfolge verbesserten sich tendenziell die Haftungs- und Korrosionseigenschaften. Insbesondere auch mit Blick auf das Ausgasungsverhalten, wurde die Wirkung des Sweep-Strahlens im Vergleich zum Tempern untersucht. Es konnte eine signifikante Verbesserung aller Prüfergebnisse durch das Sweep-Strahlen auf beiden Probenotypen beobachtet werden.

Ansprechpartner:

fem Forschungsinstitut Edelmetalle & Metallchemie
Katharinenstraße 17
73525 Schwäbisch Gmünd
Dr.-Ing. Jost Friedrich
Tel.: 07171/1006-500
Fax: 07171/1006-900
e-mail: friedrich@fem-online.de