

# Schluss mit Lackstörungen auf feuerverzinkten Stahlbauteilen

Die Feuerverzinkung von Stahlbauteilen erzeugt hohlraumreiche Überzüge, die beim Einbrennen von Pulverlacken ausgasen können und Lackfilmstörungen hervorrufen. Ein Forschungsprojekt hat untersucht, wie sich diese Probleme verhindern lassen, und Lösungsstrategien erarbeitet.

JOST FRIEDRICH UND MATTHIAS BADER

Die Feuerverzinkung hat sich zu einem leistungsfähigen Korrosionsschutz von Stahlbauteilen entwickelt. Sie wird üblicherweise im Schmelztauchverfahren appliziert. Oftmals besteht jedoch der Wunsch nach farbigen Oberflächen, sodass die Feuerverzinkung mit einer zusätzlichen Lack-schicht versehen werden muss (Duplexsystem).

Die Pulverbeschichtung ist lösungsmittel-frei, wirtschaftlich und einfach in ihrer Handhabung. Im Gegensatz zur Nasslackie-rung sind jedoch relativ hohe Vernetzungs-

Dr. Jost Friedrich ist Abteilungsleiter Leichtmetall-Oberflächentechnik am Forschungsinstitut Edelmetalle & Metallchemie (FEM) in 73525 Schwäbisch Gmünd, Matthias Bader ist Geschäftsführer der Bader Pulverbeschichtung GmbH in 73434 Aalen, Tel. (0 73 66) 92 47 27-0, mb@bader-pulver.de

temperaturen erforderlich, die auf schwierigen Untergründen, namentlich Zinküberzügen, spezifische Lackfehler hervorrufen können.

Allgemein sind diese Lackfehler auf thermisch bedingte Ausgasungen des Zinkuntergrundes zurückzuführen und äußern sich in Form von Blasen, Nadelstichen, Kratern und Pusteln. Diese Erscheinungen stellen eine optische Beeinträchtigung der lackierten Oberflächen dar und können den Korrosionsschutz des Stahles herabsetzen.

Das Forschungsinstitut Edelmetalle & Metallchemie (FEM), Schwäbisch Gmünd, hat deshalb zusammen mit drei Industriepartnern untersucht, welche Materialeigenschaften, Prozessparameter und externe Einflussgrößen die Fehler verursachen, Maßnahmen zur Steigerung der Qualität und

Marktattraktivität der Produkte beschrieben, die Prozesssicherheit und Produktionsauslastung in den Beschichtungsbetrieben gesteigert sowie den Beschichtungsprozess optimiert.

Beim Feuerverzinken werden die Stahlteile nach der Oberflächenvorbehandlung in einem Flussmittel aus wässriger Ammoniumchlorid-Zinkchloridlösung üblicherweise in eine 450 °C heiße Zinkbadschmelze eingetaucht. Nachfolgend kommt es zu einer Interdiffusion von Eisenatomen des Stahlwerkstoffes in die Zinkschmelze und von Zinkatomen in die Stahloberfläche. Bereits ab einer Konzentration von 0,08 % Eisen im Zink scheiden sich palisadenförmige Kristalle aus, die während der Eintauchzeit weiter wachsen und als Zeta-Phase der späteren Diffusionsschicht bezeichnet werden.

Bild: Bader-Pulver



**Bild 1: Pusteln auf einem lackierten Bauteil. Sie können auftreten, wenn das feuerverzinkte Bauteil nach dem Einbrennen der Grundierung noch mit einem Decklack versehen wird.**



Bild: Bader-Pulver

**Bild 2: Mit den richtigen Maßnahmen lassen sich solche Fehler im Decklack vermeiden.**

Mit der Ausscheidung von Zeta-Kristallen geht eine Erstarung des flüssigen Zinks einher, die zu einer Volumenabnahme führt. Zudem weisen die Stahlteile, die am Tauchzeitende aus dem Zinkbad herausgezogen werden, eine viskos anhaftende Reinzinkschicht auf. Durch Abkühlung in der Umgebungsluft erstarrt diese Schicht von außen nach innen. Die beiden Prozesse der Materialschrumpfung – als Folge der Zeta-Phasenausscheidung und der Reinzinkerstarung – begünstigen die Entstehung einer Zone hoher Hohlraumdichte direkt unterhalb der Reinzinkschicht. Diese Zone kann große Mengen an Luftfeuchtigkeit aufnehmen, die sowohl selbst als Reagenz fungiert als auch Lösungsmittel für andere Oxidantien sein kann und bei thermischer Aktivierung teilweise wieder entweicht.

Eine gut ausgebildete Reinzinkschicht wirkt diesen Ausgasungen entgegen. Abhängig von der Abkühlgeschwindigkeit der Stahlteile und von der Stahlsorte kann es jedoch zu einem Durchlegieren der Zinkoberfläche kommen. Dann setzen sich die intermetallischen Phasen der Diffusionsschicht bis zur Bauteiloberfläche hin fort und ein gasdichter Abschluss unterbleibt.

**Wärmeausdehnung führt zu Rissen in der Zinkschicht**

Aber auch wenn diese Bedingungen zur Ausbildung einer Reinzinkschicht erfüllt sind, werden die Oberflächen nicht

absolut gasdicht. Zink besitzt einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $26 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , der damit mehr als doppelt so groß ist wie der von unlegiertem Stahl ( $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ).

Während der Abkühlphase des frisch verzinkten Stahlteils schrumpft der Zinküberzug also wesentlich stärker als der Substratwerkstoff; dies führt zu Zugspannungen und letztendlich zu zahlreichen offenen Mikrorissen in der Reinzinkschicht.

Kommt es später zur Bildung von Pusteln in Duplexbeschichtungen, spielen Chloridionen aus dem Flussmittel 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



**Westfalen**



**Bestseller-Liste.**

**Seitenweise Höhepunkte: Der neue Westfalen-Katalog für Gase-Anwender.**

Im neuen Westfalen-Katalog finden Sie alles, was Sie für die Gasentnahme brauchen: Druckminderer, Regelstationen, Schläuche, Behälter, Sicherheitsausrüstung, Rohre, Armaturen ...

Herstellerunabhängig zusammengestellt, in exzellenter Qualität, zu fairen Preisen, Beratung inklusive. So wird aus Einzelteilen eine richtig runde Geschichte, mit der Sie Zeit, Geld und Nerven sparen.

**Das hätten Sie gern Bunt auf Weiß zum Umblättern? – Fordern Sie direkt den Westfalen-Katalog an!**

Westfalen AG · Gase · Industrieweg 43 · 48155 Münster  
Fon 0251 695-480 · Fax 0251 695-73 480  
equipment@westfalen-ag.de · www.westfalen-services.eu



# Das tagesaktuelle Geschehen der Logistikbranche



Der Newsletter für Logistikentscheider – **jetzt kostenlos abonnieren!**

088338

**MM** Logistik

---> [www.mm-logistik.de/newsletter](http://www.mm-logistik.de/newsletter)

## Für die Praxis

### Fünf Tipps zum Vermeiden von Pusteln und Blasen bei Duplexbeschichtungen

- ▶ **Pulverbeschichtung möglichst schnell nach dem Verzinken aufbringen:**  
Weil Zinküberzüge erst nach ihrer Entstehung die ausgasenden Reagenzien aus der Luft aufnehmen, helfen eine möglichst kurze Verweildauer der Stahlteile bis zur Pulverbeschichtung sowie trockene Umgebungsbedingungen. Bei längerer Lagerung bilden feuerverzinkte Teile eine basische Zinkcarbonatschicht, die thermisch instabil ist und beim Einbrennen ausgast.
- ▶ **Beizen erhöht Beschichtungsqualität:**  
Beim Beizen der Teile wird die Zinkcarbonatschicht entfernt, die feuerverzinkten Oberflächen zeigen wieder ihr metallisch blankes Aussehen und neigen nicht mehr zu Ausgasungen.
- ▶ **Tempern vor der Pulverbeschichtung senkt Zahl der Bläschen und Pusteln:**  
Gute Ergebnisse erhält man bei mindestens 200 °C, noch besser sind 245 °C (Infrarottempern) bis 250 °C (Umluftofen).
- ▶ **Bei Duplexschichten den Untergrund auf die ausgasende Zinkschicht abstimmen:**  
Bläschen und Pusteln werden durch den Decklack um das Drei- bis Fünffache vergrößert, zudem wird die Schutzwirkung reduziert. Eine Grundierung für ausgasende Untergründe senkt die Zahl der Fehler deutlich.
- ▶ **Sweepen hilft – manchmal:**  
Sweepen verbessert Haftung und Korrosionsbeständigkeit nur, wenn der Strahldruck sowie die Ausrichtung der Düse stimmt und die richtige Aufrauung erzielt wird.

typischen Einbrennbedingungen der Pulverlacke thermisch zersetzt werden, und die Pusteln bildenden Gase, konkret: Wasser und Kohlendioxid, abgeben können.

Begünstigend wirkt sich die hohe Hohlraumdichte 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 höher siliziumhaltige Stähle eher zu Ausgasungen neigen als niedrig siliziumhaltige. Letztere bilden geringere Zinküberzugsdicken mit weniger Speichervolumen für reaktive Substanzen.

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.

Im Forschungsprojekt konnte gezeigt werden, dass diese 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.

### Fehlerfreie Grundierung bei Zweischichtlackierungen unabdingbar

Der Fehlerentstehungsmechanismus in einer Einschichtlackierung, in der Blasen, Nadelstiche und Krater auftreten können, unterscheidet sich von der Entstehung sogenannter Pusteln in einer Zweischichtlackierung. Zielpräparationen im metallografischen Querschliff zeigen, dass Pusteln das Ergebnis von Ausgasungen im Grundierungslack sind. 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-Polyesterlackssysteme auszuwählen.



## Online-Tipp

### Forschungsbericht in Gänze als PDF

Den kompletten Forschungsbericht „Vermeidung von Oberflächenfehlern beim Pulverbeschichten von feuerverzinktem Stahl“ finden Sie als Anhang zur Online-Version dieses Artikels auf [www.maschinenmarkt.de](http://www.maschinenmarkt.de) – der Link zur PDF-Datei mit dem Forschungsbericht wird am Ende des Artikels angezeigt.