

Prüfplatten nach dem Verzinken.

Bildquelle: IKS

## Direkte Beschichtung von feuer- verzinktem Stahl – Korrosionsschutz, Schutzmechanismen und Prüfsubstrate

# FeuZinCoat

AiF 21082 BG

### Die Ausgangssituation

Das Feuerverzinken von Stückgut und die anschließende Applikation einer Beschichtung ist eine etablierte Methode beim Korrosionsschutz von Stahl. Vor dem Beschichten werden die Bauteile in der Regel sandgestrahlt (Sweep-Strahlen), um die Oberfläche anzurauen und zu reinigen. Dieser zusätzliche Arbeitsschritt ist nicht nur zeitintensiv, sondern auch risikobehaftet, da nicht immer vollflächig gearbeitet werden kann und auch eine partielle Entfernung der Zinkschicht möglich ist.

Ein gegenwärtiger Trend ist es daher, stückverzinkte Oberflächen unmittelbar nach dem Verzinkungsprozess ohne Oberflächenbehandlung zu beschichten. Daraus ergeben sich allerdings ebenfalls hohe Risiken in der Entwicklung und dem Einsatz geeigneter Beschichtungssysteme. In diesem Forschungsvorhaben wurde der Einfluss der Beschichtung auf die verzinkten Oberflächen untersucht, um so insbesondere für kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) eine Risikovorhersage geben zu können.

### Prüfbleche

Für Prüfungen von Beschichtungssystemen im Labormaßstab werden derzeit feuerverzinkte Stahlbleche mit relativ geringer Dicke (max. 3 mm) verwendet. Zusätzlich liegen die in der Endanwendung verwendeten Stähle nur in seltenen Fällen als Prüfblech vor. Meistens wird für Labor- und Freigabeproofungen ein Niedrigsiliziumstahl aufgrund der Verfügbarkeit gewählt. Durch die geringere Dicke (und damit auch Wärmekapazität) wird allerdings die Abkühlgeschwindigkeit und die Ausbildung der Zinkphasen an der Oberfläche beeinflusst. Die ISO 1461 gibt lediglich grobe Vorgaben für die Zinkschmelze und Überzugsdicke vor. Die Dicke der Prüfteile sowie die detaillierten

Parameter werden in der Regel zwischen Anwender und Prüflabor individuell vereinbart. Daher können stückverzinkte Prüfbleche niemals Realbauteile abbilden. Die Situation ist unbefriedigend.

Hochsiliziumstähle in relevanten Dicken (ab ca. 10 mm) bilden eine homogene mikrorauhe Oberfläche mit einer Zink-Eisen-Phase (Zeta-Phase), wohingegen ein Niedrigsiliziumstahl eine glatte Oberfläche mit einer Reinzinkphase (Eta-Phase) mit unterschiedlichen Blumen bildet. Der häufig verwendete Sebis-tystahl bildet beide Formen aus. Entsprechende Oberflächen-aufnahmen dieser Eigenschaften sind im Folgenden dargestellt (Seite 2).

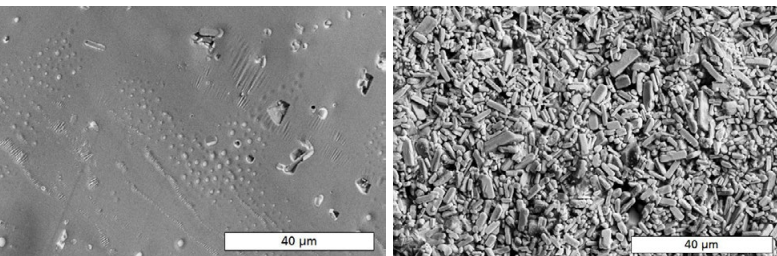
Ein wichtiges Ziel dieses Forschungsvorhabens war es daher, Methoden zu erarbeiten, um die Vergleichbarkeit der Oberflächeneigenschaften von Prüfblechen und tatsächlich eingesetzten Bauteilen zu erhöhen.

### Durchführung

Es wurden Duplexsysteme bestehend aus drei unterschiedlichen Stahlsorten, die mit sieben unterschiedlichen Zinkschmelzen überzogen wurden, hergestellt und anschließend mit zwei Beschichtungssystemen lackiert. Es wurden kommerziell verfügbare und für die Direktbeschichtung von verzinktem Stahl geeignete Beschichtungssysteme eingesetzt:

- Einschichtsystem mit 1 x 120 µm AY Hydro
- Zweischichtsystem mit 1 x 80 µm EP und 1 x 80 µm 2K-PUR.

Beide Systeme erfüllen TL/TP-KOR-Stahlbauten, Blatt 91.



Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von verzinkten Oberflächen. Links: auf Niedrigsiliziumstahl; rechts: auf Hochsiliziumstahl. Bildquelle: IKS

## Ergebnisse

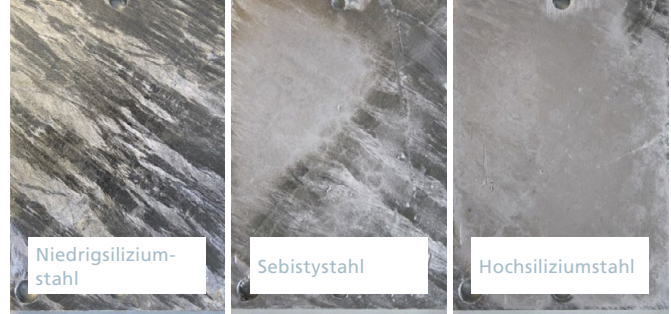
**Die Untersuchungen der unbeschichteten Zinküberzüge** ergaben, dass die Oberflächenstruktur des Zinküberzugs maßgeblich durch die Stahlzusammensetzung (Niedrigsilizium-, Sebisty-, Hochsiliziumstahl) beeinflusst wird. Der Einfluss der Legierungsbestandteile der Zinkschmelze dagegen hat keinen signifikanten Einfluss auf die Schichtbildung der Zinküberzüge und damit auch nur einen geringen Einfluss auf die Topografie der Oberfläche.

Die Konzentration der Legierungsbestandteile der Zinkschmelze weicht deutlich von der erhaltenen Konzentration auf dem Überzug ab. Auch ist die Konzentration auf der Oberfläche meist höher als innerhalb des Überzugs. Die Legierungsbestandteile bilden dabei Tröpfchen (Blei), Dendriten (Bismut) oder auch dünne vollflächige Filme (Aluminium). Diese Effekte sind vor allem bei Überzügen auf Niedrigsiliziumstahl feststellbar.

Auf die integrale elektrochemische Korrosionsneigung hingegen sind diese Effekte zu vernachlässigen – diese ist bei den unbeschichteten Zinküberzügen vornehmlich vom pH-Wert abhängig.

## Die Untersuchungen an beschichteten Zinküberzügen

(Duplexsysteme) ergaben, dass der Einfluss der Legierungselemente Bismut und Blei auf die Haftfestigkeit nur gering ist. Analytisch konnte keine Enthftung zwischen lokalen Bismut- bzw. Bleianreicherungen auf der Oberfläche des Zinküberzugs



Verzinkte Stähle. Bildquelle: IKS

und der Beschichtung festgestellt werden. Aluminium an der Oberfläche des Zinküberzugs beeinträchtigt die Haftfestigkeit bei den untersuchten Beschichtungssystemen.

Die verwendeten Beschichtungssysteme unterschieden sich grundsätzlich in ihren Wasseraufnahme und -transporteigenschaften. Diese intrinsische Eigenschaft scheint für die Schutzwirkung des Duplexsystems in den durchgeführten korrosiven Belastungen eine entscheidende Größe zu sein. Im Gegensatz zu System 2 (lösemittelbasiert) wurden bei System 1 (wasserbasiert) bei hoher Korrosionsbelastung (Salzsprühnebeltest) verstärkt Zinkkorrosion sowie in Abhängigkeit von der Stahlorte unterschiedliche Korrosionsreaktionen des Zinks festgestellt.

## Zusammenfassung

Beim Beschichten von verzinkten Stahlbauten und -konstruktionen kann zur Erhöhung des Korrosionsschutzes auf Sweep-Strahlen direkt nach Verzinkung bzw. adäquater Lagerung verzichtet werden. Voraussetzung ist, dass das eingesetzte Beschichtungssystem für die Anwendung vom Beschichtungstoffhersteller freigegeben ist.

Für Freigabepfahrungen können Prüfbleche mit einer Dicke von weniger als 10 mm verwendet werden. Es müssen aber folgenden Punkte beachtet werden:

- Si-Gehalt des Stahls entsprechend der Klassifizierung nach DIN EN ISO 14713-2
- Stattdessen kann auch Niedrigsiliziumstahl prinzipiell verwendet werden – es ist aber mit schlechteren Ergebnissen zu rechnen
- Normaltemperaturverzinkung der Bleche nach DIN EN ISO 1461
- Verwendung einer Bismut- und Aluminiumhaltigen Zinkschmelze
- Stahldicke hat Einfluss auf das Prüfergebnis aufgrund der unterschiedlichen Wärmekapazität

Des Weiteren ist für die Prüfung des Korrosionsschutzverhalten ein Korrosionswechseltest (DIN EN ISO 12944-6 Anhang B) zu empfehlen. Die Untersuchungen zeigen, dass das Korrosionsschutzverhalten von Duplexsystemen bei Freibewitterung durch Korrosionswechseltests besser simuliert wird als durch den Salzsprühnebeltest. Korrosionswechseltests besitzen daher eine höhere Aussagekraft. Außerdem ist eine hinreichende Haftfestigkeit des Beschichtungssystems nach Wassereinwirkung eine wesentliche Voraussetzung für den Langzeitkorrosionsschutz.

## Kontakt

### Dipl.-Chem. Franz Balluff

Lackchemische Anwendungstechnik  
Tel.: +49 711 970-3840 | franz.balluff@ipa.fraunhofer.de  
Fraunhofer IPA, Allmandring 37, 70569 Stuttgart  
www.ipa.fraunhofer.de/beschichtung

### Dr. Andrea Rudolf

Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH  
Tel.: +49 351 871 7100 | andrea.rudolf@iks-dresden.de  
Gostritzer Straße 65,  
01217 Dresden  
www.iks-dresden.de

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages