

M. Thiele, W.-D. Schulz, P. Schubert

## **Schichtbildung beim Feuerverzinken zwischen 435°C und 620°C in konventionellen Zink-Schmelzen – eine ganzheitliche Darstellung**

Bericht Nr. 154  
Gemeinschaftsausschuss Verzinken e.V.  
GAV-Nr. FC 21

Kurzfassung des Forschungsberichtes AiF 13461 BR  
Eine ausführliche Fassung (Sonderdruck aus der Fachzeitschrift „Materials and Corrosion“, 57. Jahrgang (2006), Heft 11) kann bei der GAV-Geschäftsstelle bestellt werden.

**Das AiF-Vorhaben 13461 BR wurde mit Mittel des BMWA über die AiF gefördert.**

## Kurzfassung des Forschungsberichtes AiF 13461 BR

Es wurde das Verzinkungsverhalten von Baustahl beim Stückgutfeuerverzinken mit konventioneller Zinkschmelze systematisch untersucht. Dabei sollten theoretische Grundlagen geschaffen bzw. komplettiert werden, welche die Schichtbildungsvorgänge praxisnah erklären können. Im Einzelnen wurde die Wirkung der Verzinkungsparameter Tauchdauer, Schmelztemperatur, Si-Gehalt im Stahl, Wärmebehandlung des Stahls zum Austreiben des Wasserstoffs oder die Wirkung einer Alpha-Eisen-Schicht auf Stahl auf die Schichtbildung untersucht. Besonderes Augenmerk galt dem vorher nicht berücksichtigten Wasserstoff, der während der Verzinkung aus dem Stahl austritt. Dazu wurde die Interaktion zwischen der Eisen-Zink-Reaktion und dem Effusionsverhalten des im Stahl gelösten Wasserstoffs bewertet. Als Grundlage der Diskussion diente die Analyse des Gesamtwasserstoffs, dessen Permeationsverhalten und bedingt die Analyse des aus dem Stahl effundierenden Wasserstoffs.

Zunächst wurden die Ergebnisse der Schichtdickenmessungen ausgewertet. Dabei galt es zu ermitteln, ob die Überzüge nach einem parabolischen oder linearen Zeitgesetz aufwachsen, das heißt wie und wann Transporthemmungen beim Verzinken entstehen. Die Abhängigkeiten von den wesentlichen Einflussfaktoren konnten genau ermittelt werden.

Eine praxisrelevante Aussage daraus ist, dass durch kurze Tauchdauer bis 2 Minuten sich alle anderen Einflüsse minimieren. Weiterhin wurde überprüft, ob sich durch eine Wärmebehandlung der Stähle vor dem Verzinken ein verändertes Reaktionsverhalten erreichen lässt. Eine Schichtdickensenkung wurde mit diesen Verfahren nur bei Stahl im Sebisty-Bereich (0,12 % bis 0,28 % Si) erhalten. Stähle in anderen Verzinkungsbereichen blieben in ihrem Reaktionsverhalten dagegen unbeeinflusst. Aufgrund aufwendiger und preisintensiver Probenherstellung und teilweise keiner bzw. nur sehr geringer Schichtdickenreduzierungen wurde die Wärmebehandlung der Stähle als nicht praktikabel eingeschätzt. Trotzdem wird das erhaltene Ergebnis als besonders wichtig eingeschätzt, weil es den Schluss nahe legt, dass das temperaturabhängige Verzinkungsverhalten von Sebisty-Stahl durch eine Veränderung der Randzone des Stahl infolge des Ausheilens von Wasserstofftraps hervorgerufen wird. Das Verzinken auf einer galvanisch abgeschiedenen Reineisenschicht erbrachte sehr dünne und immer gleichartig ausgebildete Zinküberzüge.

Unterschiedliche Analysenverfahren zum Wasserstoff im Stahl und seinem Verhalten bei verzinkungstypischen Temperaturen zeigten, dass die Menge und die Diffusionsgeschwindigkeit des Wasserstoffs bei Stahl im Sandelin-Bereich (0,035 % – 0,12 % Si) ein Maximum einnehmen. Damit konnte die Sonderstellung dieser Stahlsorte mit linearem Schichtwachstum und feinkristalliner Gefügebildung erklärt werden. REM-Untersuchungen dienten zur Bewertung der gebildeten Fe/Zn-Gefüge in den Überzügen.

Erkenntnisse, die sich daraus z. B. durch die Untersuchung der Phasengrenzstruktur Stahl/Zinküberzug ergaben, sind die Wirkungsweise von effundierendem Wasserstoff, der Wachstumsmechanismus der Verzinkung um 500 °C sowie die Abhängigkeit der Schichtausbildung beim Hochtemperaturverzinken (530 °C bis 620 °C) von Stahlsorte und Schmelztemperatur.

Das Resultat aus den neu gewonnenen Ergebnissen dieses Vorhabens und dem Kenntnisstand der Fachliteratur führt zu einer umfassenden Modellvorstellung der Schichtbildungsvorgänge beim Feuerverzinken von 435 °C bis 620 °C. Diese gestattet es, lückenlos das stark unterschiedliche Verzinkungsverhalten von Baustählen in konventioneller Zinkschmelze zu erklären. Sie trägt damit zum Verständnis vieler Phänomene beim Feuerverzinken bei. Durch die Möglichkeit, die Schichtwachstumsprozesse einschätzen, sowie auf diese gezielt Einfluss nehmen zu können, lassen sich Fehler vermeiden und das Verzinkungsergebnis verbessern.