

Besonderheiten von Brennschnittkanten beim Feuerverzinken

EuroNorm INNO-KOM MF 190146
01.02.2020 – 31.07.2022

Dipl.-Ing. Steffen Six
steffen.six@iks-dresden.de



Institut für
Korrosionsschutz
Dresden GmbH

GAV Forschungs-Kolloquium 2023, Hannover, 16. / 17.10.2023

Besonderheiten von Brennschnittkanten beim Feuerverzinken

Ausgangssituation:

beobachtete Verzinkungsprobleme beim Einsatz gelaserter Blechhalbzeuge:

- verminderte Haftfestigkeit der Zinküberzüge
 - schlagempfindliche Kanten
 - großflächige Schichtabplatzungen auf Oberflächen
- zu geringe Schichtdicke der Zinküberzüge auf Schnittflächen
 - Mindestschichtdicken nach DIN EN ISO 1461 werden nicht erreicht
- Fehlstellen

wie meistens bei Verzinkungsproblemen eher diffuse Zuordnung:
praktizierte Abhilfe: Entzinken und Neuverzinken ohne die Ursachen zu erkennen und zu beheben

Systematisierung zur Problemlösung erforderlich

Problemlösung durch Optimierung der Prozesskette von Laserschnitt bis Verzinken

Stand der Technik

- Stückverzinkung resultiert auf der Reaktion des flüssigen Zinks mit dem Eisen aus dem Stahl
- Beeinflussung durch Si, P, Al
- offene Fragestellungen, die damit noch nicht zu erklären sind

- Welche Rolle spielt die Zunderzusammensetzung ?
- Gibt es einen Zusammenhang mit der Aufhärtung (Martensitbildung) in der WEZ ?

Lösungsansatz

- Grenzschichtbetrachtung über die chemische Zusammensetzung des Stahls hinaus
- Charakterisierung der Zunderschichten nach dem Laserschneiden
- Untersuchung der thermisch veränderten Randzone an Laserschnittflächen
 - Gefügemwandlung (Martensitbildung) in der WEZ – Auswirkung auf die Schichtbildung?
- Charakterisierung der Oberfläche nach üblicher Oberflächenvorbereitung durch HCl-Beize
 - liegen spezifische Verunreinigungen vor ?
 - Welche Verunreinigungen sind tolerabel ?

Entwicklung eines Verfahrens zur Qualitätssicherung bei der Stückverzinkung von Blechhalbzeugen zur Laserbearbeitung auf Grundlage optimierter Schneid- und Oberflächenvorbereitungsparameter

Durchgeführte Arbeiten

Beschaffung von Versuchsmaterial

- 24 Chargen unlegierter Stahl von Lohnfertiger → Reststücke aus laufender Produktion, Zuschnitt auf Serienanlage durch Laserbrennschneiden
- S235, S355, DC01
- Blechdicken 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12 – je 3 Chargen = 24 Chargen

Durchgeführte Arbeiten

Charakterisierung der Versuchswerkstoffe

- Stahlanalyse mittels Funkenspektrometers
- EDX-Analysen an den Oberflächen
- Restfettbelegung der Schnittflächen
- Schliffbilderstellung, Dicke der Zunderschichten, Gefügecharakterisierung
- Härtemessung an den Querschliffen in den Randbereichen der Laserschnitte
- Phasenanalyse der Zunderschichten mittels Röntgendiffraktometrie

Durchgeführte Arbeiten

Probeverzinkung aller Blechchargen im Serienprozess einer Verzinkerei

- visuelle Begutachtung
- Schlifferstellung, Charakterisierung der Zinküberzüge

Durchgeführte Arbeiten

Durchführung von Beizversuchen zum Erreichen ausreichender bzw. grenzwertiger Oberflächenvorbereitungszustände

- Einsatz frischer Beize als Referenz
- Variation der Beizdauer
- visuelle Bewertung der erreichten Oberflächenvorbereitung der zu verzinkenden Oberflächen
- Charakterisierung der gebeizten Oberflächen mittels REM/EDX
- Festlegung der Beizzeiten für die Verzinkung im IKS-Technikum

Durchgeführte Arbeiten

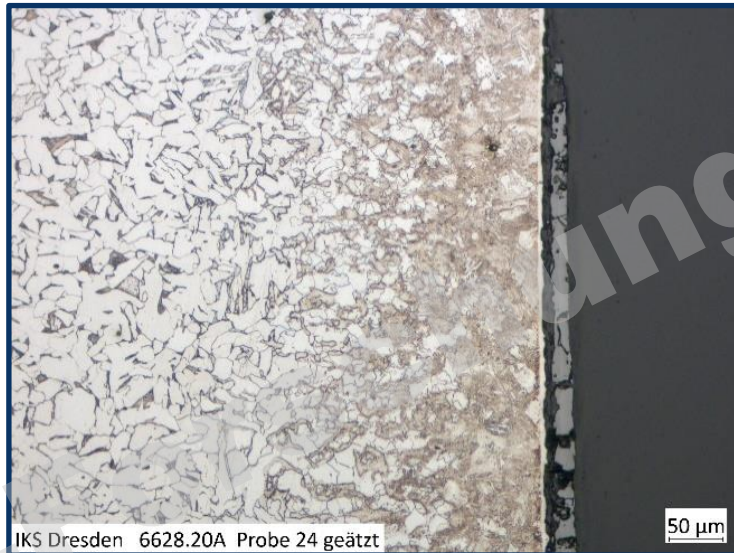
Durchführung von Verzinkungsversuchen im IKS-Technikum

- Variation der Oberflächenvorbereitung durch Einsatz unterschiedlicher Beizen, Beizdauern und Temperaturen
- Verzinkung in zwei Schmelzen (Reinzink + legiert mit Bi, Sn, Al)
- Flussmittel: $\text{ZnCl}_2/\text{NH}_4\text{Cl}$ im Verhältnis 60/40, Salzgehalt 400g/l
- Verzinkungstemperatur: 445°C
- Tauchzeit: 2 Minuten
- Charakterisierung der Zinküberzüge (Schichtdicke, Struktur, Haftfestigkeit)

Ergebnisse

Charakterisierung der Versuchswerkstoffe

- Niedrigsilizium- und Sebestystähle; kalt- und warmgewalzt
- Zunderschichten mit unterschiedlicher Dicke
- Bildung von entkohnten und aufgehärteten Randzonen im Schnittbereich
- Keine Korrelation mit chemischer Zusammensetzung gefunden



Niedrigsiliziumstahl



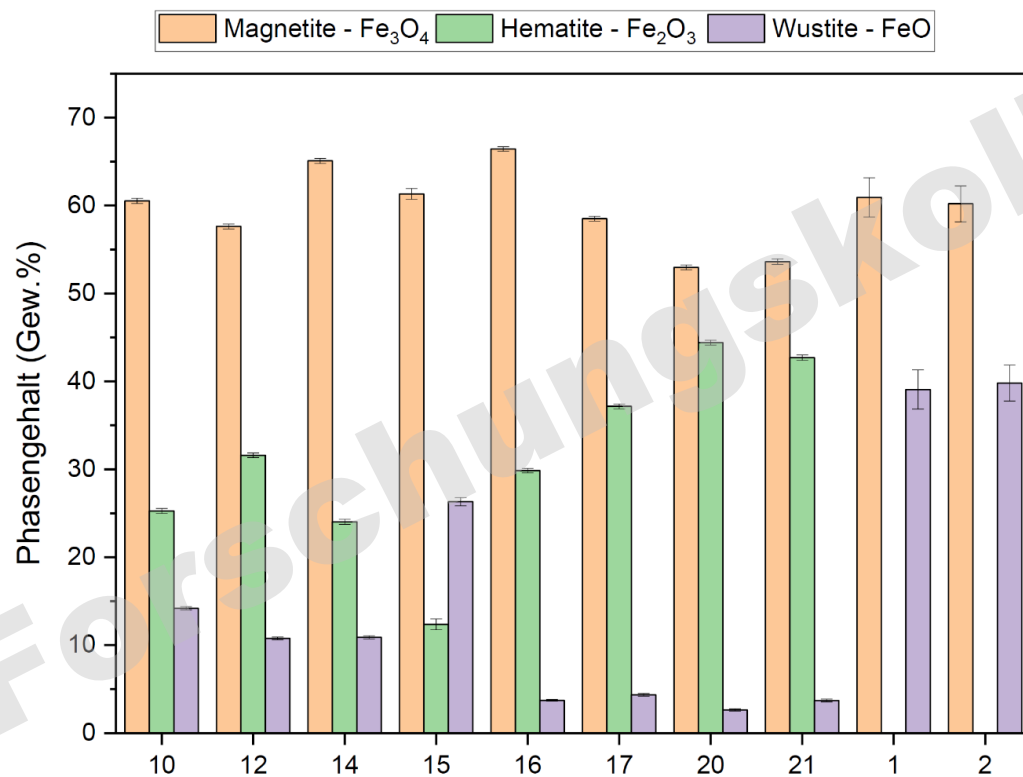
Sebestystahl

Ergebnisse

Charakterisierung der Zunderschichten

- Phasenanalyse mittels Röntgendiffraktometrie

Alle Proben – Relative Phasengehalte der Eisenoxide ohne Stahl



- Probe 1 und 2 kaltgewalzt ohne Hämatit
- Hämatit- und Wüstitgehalte streuen allgemein

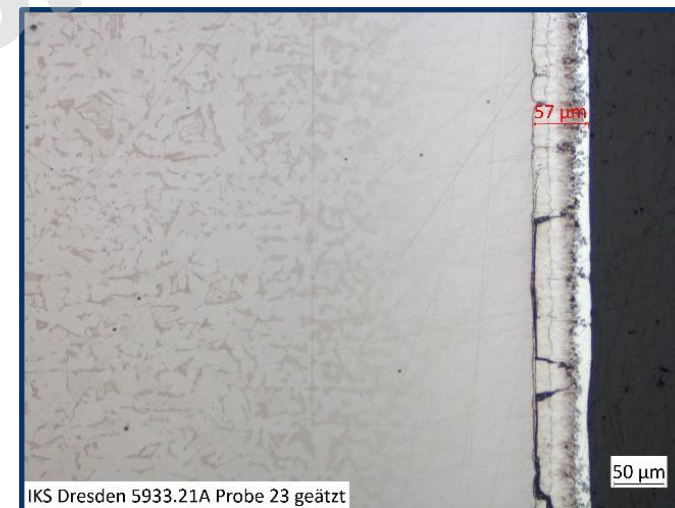
Ergebnisse

Probeverzinkung in Serienanlage

- Verzinkung entsprechend der chemischen Zusammensetzung
- Überzugstruktur der Laserschnittflächen entspricht Niedrigsilizium-Struktur
- bei Blechen $t= 2...4\text{mm}$ teilweise Abplatzungen an den Laserschnittflächen direkt an Stahloberfläche, aber auch hier Legierungsbildung
- bei dickeren Blechen teilweise Abplatzungen an den Laserschnittflächen oberflächennah



Niedrigsiliziumstahl, $t= 3\text{mm}$



Sebestyahl, $t=12\text{mm}$

Ergebnisse

Beizversuche mit Referenzbeize

- Erarbeiten von „grenzwertigen“ Beizregimes unter Verwendung Referenzbeize 1 (Neuansatz 15% HCl + 30g/l Fe²⁺) – Provozieren einer Restoxidbelegung
- 4 Minuten Beizdauer bei RT unter Laborbedingungen ausreichend !
- Nachweis mittels Kupfersulfat-Elektrolyse



Ergebnisse

Variation der Beizen für Technikumsverzinkungen

- Beize 1: 15% HCl + 30g/l Fe²⁺ (68g/l FeCl₂) + 1,6 g/l Urotropin → entspricht neu ange-setzter Beize = Referenz
- Beize 2: 7% HCl + 120 g/l Fe²⁺ (272 g/l FeCl₂) + 1,6 g/l Urotropin → entspricht halb verbrauchter/gesättigter Beize
- Beize 3: 15% H₂SO₄ + 7% HCl + 30g/l Fe²⁺ (68 g/l FeCl₂) + 1,6 g/l Urotropin → Mischbeize gemäß Literatur

abgeleitete Beizbedingungen

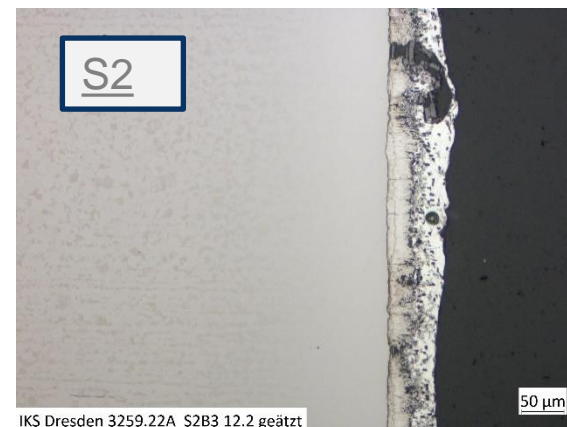
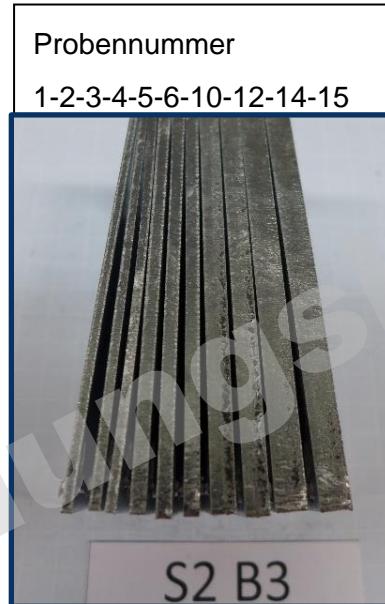
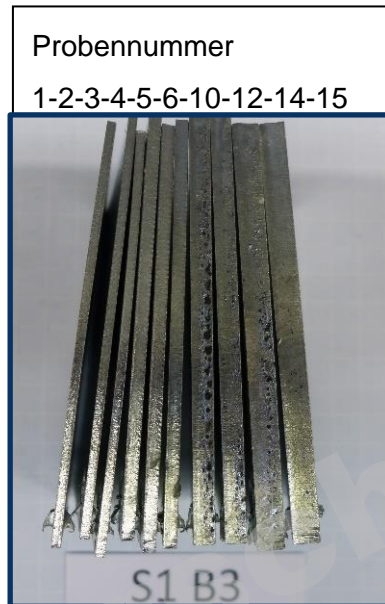
- B1: Beize 1; 1,5 Minuten; RT
- B2: Beize 1; 4 Minuten; RT
- B3: Beize 2; 1,5 Minuten; RT
- B4: Beize 2; 4 Minuten; RT
- B5: Beize 2; 1,5 Minuten; 40°C
- B6: Beize 3; 1,5 Minuten; RT

Ergebnisse

Technikumsverzinkungen

S1 – Reinzink

S2 – Zn+Bi, Sn, Al (lt. DASt022)

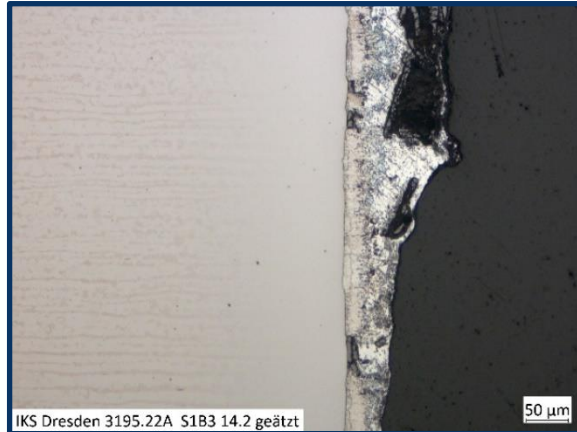


Ergebnisse

weitere Schliffbilder

S1 – Reinzink

S2 – Zn+Bi, Sn, Al (lt. DASt022)

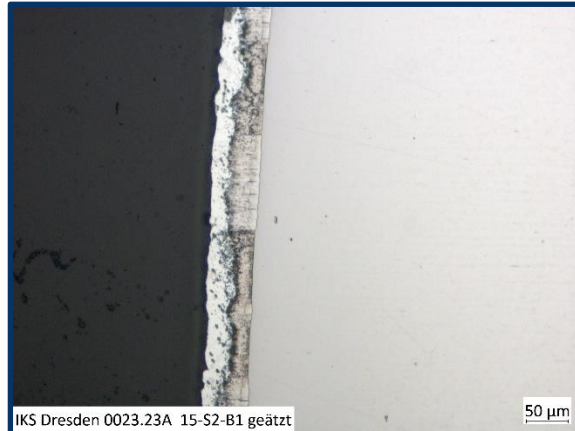


Ergebnisse

weitere Schliffbilder

B1...B6

S2 – Zn+Bi, Sn, Al (lt. DAST022)



Fazit

- kein systematischer Zusammenhang zwischen untersuchten Werkstoffeigenschaften und Verzinkungsproblemen
- Haftfestigkeitsprobleme bei kalt- und warmgewalzten Halbzeugen; bei Niedrigsilizium- und Sebestystahl; bei unterschiedlicher Phasenzusammensetzung der Zunderschichten
- Werkstoffe identischer Eigenschaften waren nicht gleichermaßen durch Haftfestigkeitsprobleme gekennzeichnet
- Fehlverzinkungen auf den gewalzten Blechoberflächen traten nicht auf
- Fehlverzinkungen auf den Laserschnittflächen resultieren aus der Restoxidbelegung
- dickere Zunderreste wurden teilweise in die Überzüge eingebaut
- dünnere bzw. kleinere Zunderreste behinderten die Reaktion des flüssigen Zinks mit dem Stahl, so dass die Bildung der typischen Eisen-Zink-Legierungsphasen gestört wurde

Zusammenfassung

- der im Projektantrag formulierte Zusammenhang zwischen Martensitbildung an der Schnittfläche, Zusammensetzung des Zunders und Fehlverzinkungen wurde durch die Versuche und Analysen nicht bestätigt
- eine ausreichende Oberflächenvorbereitung mittels Salzsäurebeize ist möglich
- ein besonderer Zusammenhang der Verzinkungsprobleme wie Fehlverzinkung, mangelnde Haftfestigkeit und Nichterreichen der Mindestschicht mit dem Einsatz kaltgewalzter, laserschnitt optimierter Halbzeuge kann nicht abgeleitet werden; die gleiche Thematik tritt auch an warmgewalztem Baustahl auf
- das Nichterreichen der Mindestschichtdicke bei manchen Halbzeugen war bereits Gegenstand in vorhergehenden Forschungsprojekten, konnte jedoch noch nicht ergründet werden

Zusammenfassung

- unverzinkte Stellen auf Laserschnittflächen sind auf unzureichende Oberflächenvorbereitung zurückzuführen
- verringerte Haftfestigkeit der Zinküberzüge auf den Laserschnittflächen sind ebenfalls durch Restoxidbelegung, allerdings in geringerem Ausmaß, zu erklären
- mittels Kupferabscheidung lässt sich mit geringem Aufwand eine ausreichende Oberflächenvorbereitung vor dem Verzinken visualisieren; die Praxiseignung des Verfahrens konnte im Rahmen des Projekts noch nicht nachgewiesen werden
- die ausreichende Oberflächenvorbereitung konnte unter Laborbedingungen mit frisch angesetzter und halbverbrauchter Salzsäurebeize bei Raumtemperatur und 4 Minuten Beizezeit realisiert werden
- auf der Basis der erreichten Ergebnisse ist die einfache Übertragung auf Serienanlagen nicht möglich
- bismutlegierte Zinkschmelzen sind tolerabler