Metallografische Präparation von Zinkschichten

Struers
Ensuring Certainty

Application Notes

Die Beschichtung von Stahl und Eisen mit Zink, zu der verschiedene Verfahren verwendet werden, wird allgemein als "Verzinken" bezeichnet. Metallisches Zink wird als Korrosionsschutz für Gußeisen, unlegierte und niedrig legierte Stähle verwendet. Die Stahloberfläche wird durch das Zink, oder die Zinklegierung, kathodisch geschützt. Bei Teilen die Luft oder Wasser ausgesetzt sind, bildet das Zink der Schicht ein Zinkkarbonat, welches zusätzlich gegen Korrosion schützt. Die beschichteten Teile werden hauptsächlich im Fahrzeugbau, für Haushaltsgeräte, Elektrogeräte und in der Bauindustrie eingesetzt. Um den Korrosionsschutz oder den dekorativen Aspekt von verzinktem Stahl zu steigern, können noch organische Beschichtungen wie Folien oder Lacke auf die Zinkschicht aufgebracht werden.

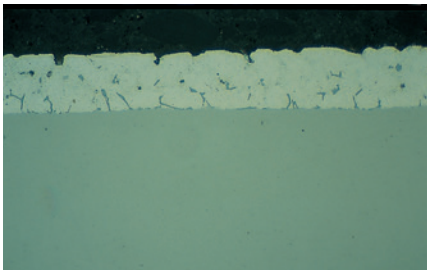
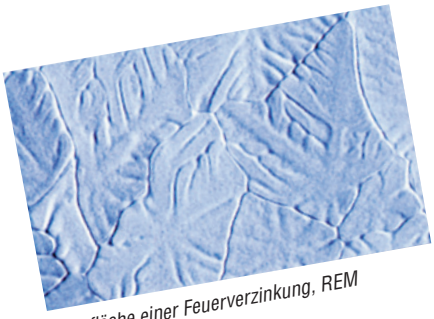


Abb.1: Galvalume, geätzt mit 1% Nital, 500 x

Abb. 2: Bunte Gebäudefassade aus verzinktem und lackierten Stahlblech



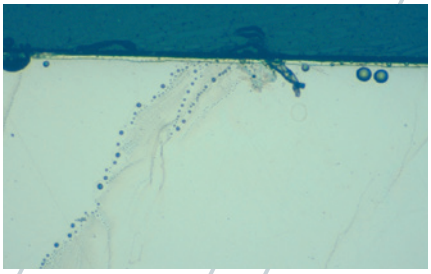
Oberfläche einer Feuerverzinkung, REM

Obwohl die Qualitätskontrolle von verzinktem Stahl in der laufenden Produktion mit fysikalischen Mitteln durchgeführt wird, bleibt die Metallografie ein wichtiges Verfahren um verschiedene Informationen zu erlangen die mit anderen Methoden nicht zu ermitteln sind. Um Erkenntnisse über das Verhalten von Produkten beim Umformen, Schweißen und der Oberflächenbehandlung zu gewinnen, um Produktforschung- und Entwicklung zu betreiben und Schadensanalysen zu erstellen, sind werkstofftechnische Detailinforma-tionen nötig, die nur mit Hilfe der metallografischen Auswertung von Mikrogefügen gewonnen werden können.

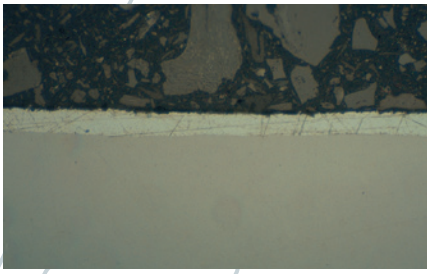
Praktische Beispiele: Wenn eine Zinkschicht zu dick ist können Probleme während des Schweißens auftreten. Während des Umformens können Scheuerstellen an der Schicht entstehen, durch die eine nachfolgende Lackierung ungleichmäßig wird, und dadurch der Korrosionsschutz insgesamt vermindert werden kann. Deshalb trägt die Metallografie einen erheblichen Teil zur Produktverbesserung und zur Weiterentwicklung von Beschichtungsprozessen bei.

Die Metallografie verzinkter Produkte beinhaltet Schichtdickenmessung, Gefügebeurteilung der Schichten und des Grundmetalls, Prüfung der Haftfähigkeit und Schadensanalysen. Abhängig von der Verzinkungsmethode variieren Härte und Dicke der Zinkschichten, was ein unterschiedliches Verhalten während der metallografischen Präparation verursacht. Zusätzlich reagieren manche Zinkschichten mit Wasser, was die Präparation besonders schwierig macht.

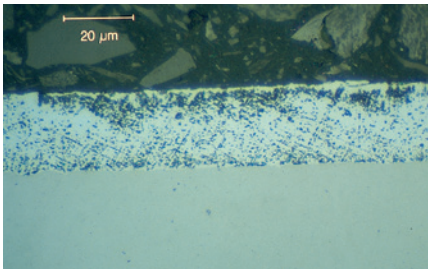
Schwierigkeiten während der metallografischen Präparation



Einbetten: *Schrumpfspalte zwischen Probe und Einbettharz verursachen Wasser- und Alkoholflecken, Kantenabrundung und Ansammlung von Schleifabrieb. 200 x*



Geringe Härte der Schichten: *Kratzer vom Schleifen und Polieren. 500 x*



Reaktion mit Wasser: *Verfärbung und Ätzung von Zink. 1000 x*

Lösung: Richtiges Einbetten, Schleifen mit Diamant auf Feinschleifscheiben, Verwenden von wasserfreien Diamantsuspensionen und Schmiermitteln zum Polieren, sorgfältiges Reinigen.

Herstellung und Verwendungen von Zinkschichten

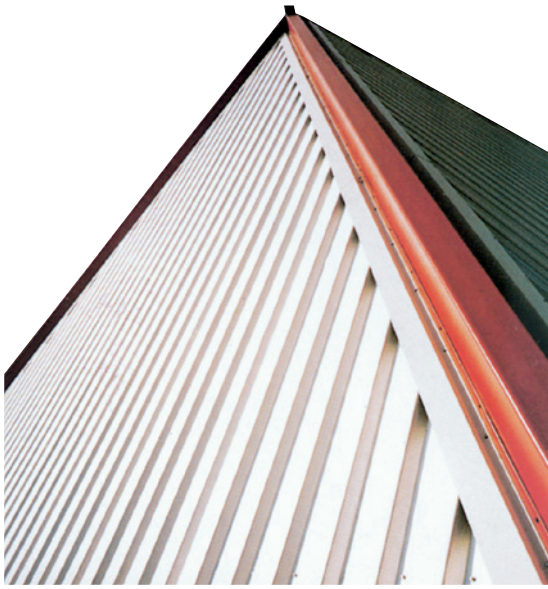
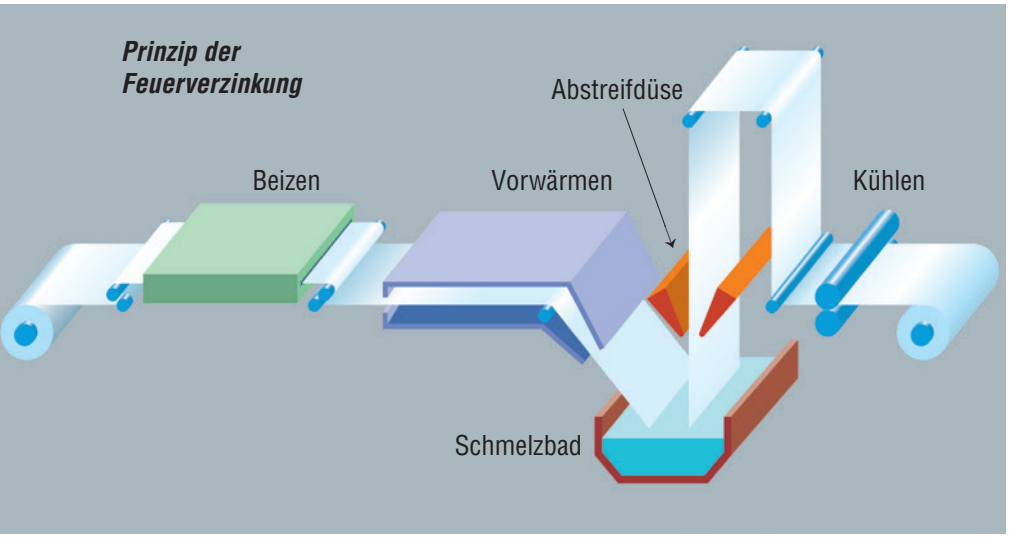


Abb. 4: Fassade aus Galvalume mit organischer Beschichtung



Feuerverzinken
Das Stahlblech läuft kontinuierlich durch eine Band-Verzinkungsanlage mit einem Schmelzbad aus Zink, in welcher Reinigung, Temperatur, Schichtdicke usw. automatisch kontrolliert werden. Der Zinkgehalt der Schicht beträgt mehr als 90% und normalerweise liegt die Schichtdicke zwischen 7-15 µm, kann aber je nach Spezifikation variieren. Verwendung: hauptsächlich für Fahrzeugbau, Baukonstruktionsteile und Haushaltsgeräte, wie z.B. Waschmaschinen.

Galvaneal
Nach dem Feuerverzinken kann das Blech wärmebehandelt werden, wobei die Zinkschicht in eine Zink-Eisen-Schicht mit ca. 10% Eisen umgewandelt wird. Diese Schicht hat eine höhere Festigkeit, Verschleiß-festigkeit und Schweißbarkeit als die einfache, feuerverzinkte Schicht. Auf ihrer rauhen Oberfläche haften Lacke besonders gut was einen zusätzlichen Korrosionsschutz durch das Lackieren ergibt. Verwendung: hauptsächlich für gepreßte Fahrzeugteile die mit organischen Schichten versehen werden, äußere und innere Karosserieteile.

Galvalume™ [1)]
Galvalume™ ist eine feuerverzinkte Schicht aus einem Bad mit 55% Aluminium, 43,4% Zink und 1,6% Silizium. Diese Schicht hat sehr gute Eigenschaften gegen Wärmeoxidation.
Verwendung: Bauindustrie, hauptsächlich Fassadenbau, auch Fahrzeugteile.

Galfan™ [2)]
Das ist eine Feuerverzinkung in einem Bad mit 5% Aluminium und Spuren von seltenen Erden. Die Galfan Schicht hat ein feines, eutektisches Gefüge (siehe Abb. 10), welches sich gut zum Biegen, Tiefziehen und Schweißen eignet, und einen ausgezeichneten Korrosionswiderstand nach dem Lackieren aufweist. Verwendung: Bauindustrie, Automobil- und Haushaltsgrätebau

Elektroverzinkung
Diese Zinkschicht wird elektrolytisch auf das Stahlblech abgeschieden, und ergibt eine sehr dünne, gleichmäßige Schicht aus reinem Zink. Die Schichtdicke liegt bei 2-6 µm und eignet sich besonders gut für nachfolgendes Lackieren. Sie wird typischerweise für Autokarosserien verwendet.

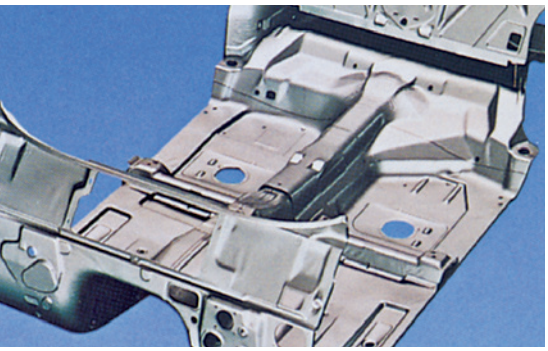


Abb. 3: Gepresstes PKW-Bodenblech

[1) 2)] Galvalume™ und Galfan™ sind geschützte Verzinkungsmethoden. Galvalume™ ist eingetragenes Warenzeichen von Dofasco Inc., Kanada, und von BIEC INC., in den USA. Galfan™ ist ein eingetragenes Warenzeichen der International Lead and Zinc Research Organization in den USA.

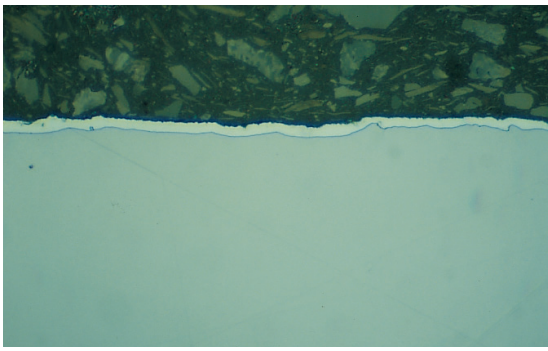


Abb. 5: Elektroverzinkung, bis 1 µm poliert und mit reinem Alkohol gereinigt/poliert, 1000 x

Schwierigkeiten bei der Präparation von Zinkschichten

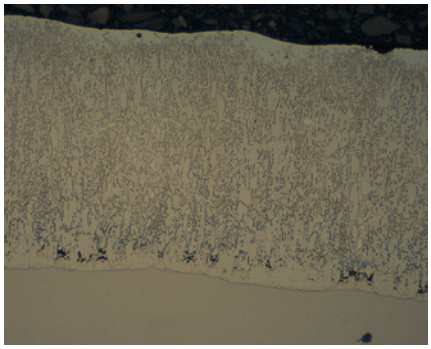


Abb. 6: Tauchverzinkung, geätzt mit 0.5% Nital, γ Fase an der Grenze zum Grundwerkstoff und große δ Stengelkristalle in einer Zinkmatrix, 200 x.

Die Schichtdicke von kontinuierlich feuerverzinkten Schichten wird normalerweise mit Gewicht angegeben, g/m² oder oz/ft2 und kann zwischen 6 µm und 20 µm oder mehr liegen, je nach Verwendung des Endprodukts.

Für das Feuerverzinken von Fertigteilen, wie z.B. Bauteilen aus Gußeisen, wird das Teil in das Zinkschmelzbad eingetaucht. Diese Schichten sind sehr viel dicker als die Schichten der Bandverzinkung (Abb. 6).

Die Hauptursachen für Probleme bei der Präparation von Zinkschichten für die mikroskopische Untersuchung sind folgende:

1. *Spaltbildung zwischen Einbettmittel und den verzinkten Stahl-blechen. Diese Schrumpfspalte erschweren das Reinigen der Proben besonders bei Blechpaketen in Schliffklammern.*

Das Einbetten von verzinkten Blechen stellt ein Hauptproblem dar da garantiert sein muß, daß das Einbettmittel gut an der Probe anliegt damit keine Spaltbildung auftritt. Wenn Zinkschichten für die Qualitätskontrolle präpariert werden, entsteht ein Konflikt zwischen verfügbarer Zeit und anfallender Probenmenge, welcher oft zu einem Kompromiss beim Einbet-ten führt. Das Resultat sind meistens Einbettungen die einen Spalt neben der Zinkschicht ergeben, welcher das Reinigen erschwert und eine optimale Kantenschärfe verhindert. Ein aus dem Spalt austretendes Wasser-Alkoholgemisch verursacht Flecken und erschwert die Schichtdickenmessung und Gefügeinterpretation.

2. *Wegen der geringen Härte von Zink und seiner Empfindlichkeit gegenüber Wasser, neigen die Schichten zu Kratzerbildung, verfärben sich oder werden sogar angeätzt.*

Je reiner die Zinkschicht ist, um so weicher wird sie und um so empfindlicher reagiert sie auf Wasser. Einfach feurverzinkte und elektrolytisch aufgebrachte Zinkschichten sind weich und neigen zu mechanischer Verformung. Sie können nicht mit Wasser gereinigt werden (Abb. 7 und 8). Zum Reinigen müssen Ethanol oder Isopropanol verwendet werden. Durch den Zusatz von Aluminium, respektive durch die Wärmebehandlung, sind Galfan™, Galvalume™ und Galvaneal härter als feuerverzinkte und elektrolytische Zinkschichten, und verursachen normalerweise weniger Probleme während des Polierens und reagieren weniger heftig mit Wasser.

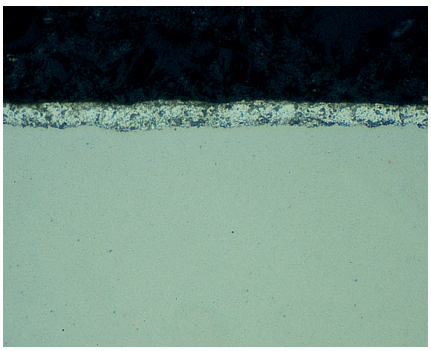


Abb. 7: Zinkschicht mit Wasser gereinigt, 500 x

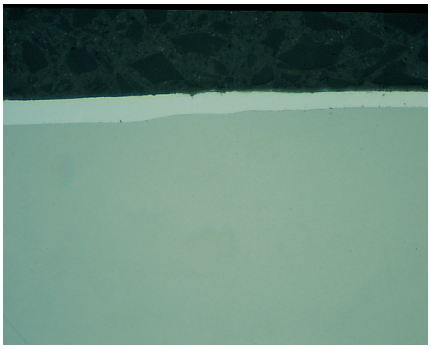


Abb. 8: Zinkschicht mit Alkohol gereinigt, 500 x

Empfehlungen für die Präparation von Zinkschichten

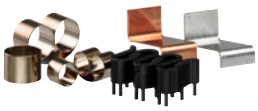
Trennen

Verzinktes Stahlblech zu trennen ist nicht schwierig und kann mit einer normalen Aluminiumoxid Trennscheibe mit geeigneter Härte durchgeführt werden. Manchmal werden Bleche mit der Blechschere oder einem Seitenschneider getrennt. Das kann für sehr dünne Bleche ausreichend sein, aber Bleche können sich verbiegen und die Schicht kann reißen, besonders wenn sie etwas dicker ist. Dadurch ergibt sich wiederum eine längere Schleifzeit bis das beschädigte Material abgetragen ist. Das Naßtrennschleifen ist daher in solchen Fällen eine wirtschaftlichere Alternative.

Einbetten

Die oben erwähnten Probleme der Spaltbildung zwischen Einbettmittel und beschichteter Probe können durch Säubern der Probe mit Azeton, und Verwendung eines geeigneten Einbettmittels, vermieden werden. Langsam aushärtendes Epoxidharz hat eine zu vernachlässigende Schrumpfung und liegt gut an der Probe an. Warmeinbetten mit kohlefaserverstärktem Bakelit (PolyFast) ist sehr zu empfehlen, da es keinen Spalt zwischen Resin und Schicht ergibt und die richtige Härte hat um die Proben flach zu halten.

Für beide Anwendungen werden einzelne Blechproben mit einem Kunststoffclip aufrecht gehalten. Da diese Clips nur einige Bleche halten können sind diese beiden Methoden für Qualitätslabors mit hohem Durchsatz nicht geeignet. In diesen Labors sind Schliffklammern die am meisten angewandte Methode: die getrennten Bleche werden gebündelt und mit Stahlklammern zusammengehalten.



Diese Methode ermöglicht es große Mengen von Blechen gleichzeitig zu bearbeiten, sie verhindert aber nicht das Problem der Spaltbildung zwischen den Blechen. Die Schliffklammern sind wegen ihrer Schrauben und Stahlteile schwierig zu reinigen und zu trocknen, und Gefügeinterpretation und Schichdickenmessung werden durch ständig aus dem Spalt austretenden Alkohol erschwert. Wenn man die Bleche mit Schnellkleber zuerst zusammenklebt, und dann die daraus resultierenden Schliffpakete mit PolyFast warmeinbettet, wird die Spaltbildung verhindert. Dieses Verfahren bietet die Vorteile einer gut eingebetteten, sauberen Probe (siehe Abb. 9).

Präparationsmethode

Schleifen

	Stufe		PG	FG 1	
	Unterlage		SiC-Papier, #320	MD-Largo	
	Abrasive	Typ	SiC	Diamond	
		Grösse	#320	9 µm	
	Schmiermittel		Wasser		
	UpM		300	150	
	Kraft [N]		30 pro Probe	30 pro Probe	
	Zeit		Bis plan	4 Min.	

Polieren

	Stufe		DP 1	DP 2	OP
	Unterlage		MD-Dac	MD-Dur	OP-Chem
	Abrasive	Typ	Diamond	Diamond	
		Grösse	3 µm	1 µm	
	Schmiermittel		DP-Gelb	DP-Gelb	Ethanol*
	UpM		150	150	150
	Kraft [N]		25 pro Probe	20 pro Probe	15 pro Probe
	Zeit		4-6 Min.	4-6 Min.	15-20 Sec.
Bemerkung			**Ethanol vergällt mit Isopropylalkohol*		

Verzinkte Stahlbleche werden herkömmlicherweise auf Siliziumkarbidpapier mit verschiedenen Körnungen geschliffen und anschließen mit zwei oder drei Stufen diamantpoliert. Die Vorbereitung kann verkürzt werden, indem man das Feinschleifen mit Siliziumkarbidpapier durch eine spezielle Feinschleifscheibe (MD-Largo) ersetzt auf die Diamantspray oder Suspension gegeben wird. MD-Largo gibt auch eine sehr gute Randschärfe, was besonders wichtig ist wenn die Schichten bei 1000facher Vergrößerung angesehen werden. Für das nachfolgende Polieren sind zwei Diamantpolierstufen mit 3 µm und 1µm ausreichend. Mit dieser Methode wird die Anzahl der Präparationsschritte von sechs auf vier verringert.

Obwohl die unterschiedlichen Zinkschichten in ihrer Härte variieren, ist es möglich sie alle in einem Halter automatisch zu polieren. Wenn Schleif-und Poliermaschinen ohne automatische Dosiereinrichtung benutzt werden, ergibt die Benutzung von Diamantspray ausgezeichnete Ergebnisse, da der Spray kein Wasser enthält. Für automatische Dosiereinrichtungen müssen wasserfreie Diamantsuspensionen und Schmiermittel benutzt werden um die Verfärbung der Schichten zu vermeiden. Poliertücher aus Seide halten die Schichten flach, aber nicht ganz kratzerfrei.

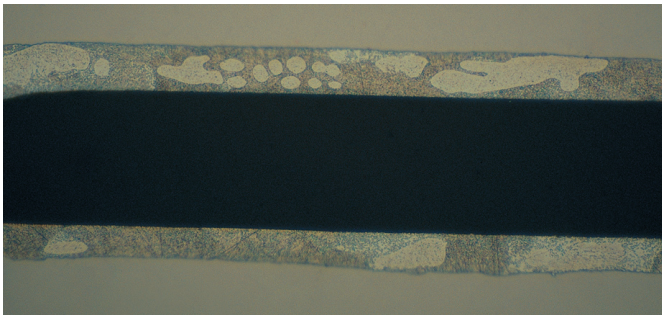


Abb. 9: Galfan Schicht, geätzt mit 0.5% Nital. Primäres, dendritisches Gefüge, 500 x

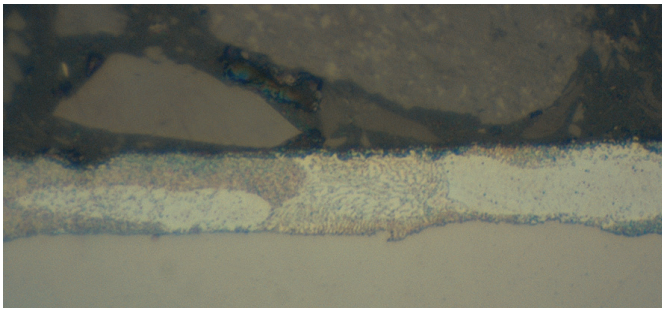


Abb.10: Gleiche Schicht wie in Abb. 9, die höhere Vergrößerung zeigt lamellares eutektisches Gefüge, 1000 x

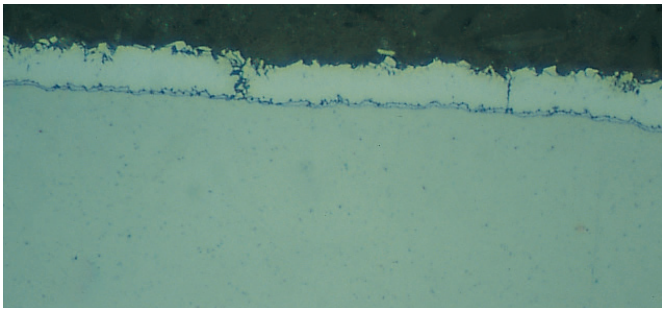


Abb. 11: Galvaneal Schicht, geätzt mit 1% Nital, 1000 x

Das Polieren mit weichen Nap-Tüchern soll wenn möglich vermieden werden, da sie etwas Relief verur-sachen können.

Die Verwendung von automatischen Schleif-und Poliergeräten mit Dosiereinrichtungen wie das RotoSystem bieten den Vorteil, daß immer zuverlässig, sehr gute und reproduzier-bare Ergebnisse erzielt werden.
Die Präparationsmethode auf der vorhergehenden Seite, für eingebettete, 30 mm Einzelproben oder für mehrere Proben in einem Probenhalter, wurde erfolgreich für feuer- und elektroverzinkte Stahlbleche verwendet.

Reinigen
Da Zink mit Wasser reagiert ist die Reinigung schwierig. Beim Schleifen ist dieses Problem vernachläßigbar, aber zwischen den Diamantpolierstufen wird das Reinigen mit reinem Alkohol (Ethanol vergällt mit Isopropylalkohol) und Trocknen mit sauberer Druckluft empfohlen.

Beim Endreinigen werden mit einer kurzen Politur mit reinem Alkohol und anschließendem Abspülen und Trocknen die besten Ergebnisse erzielt. Wird ein automatisches Dosiersystem benutzt kann es so programmiert werden, daß nach den letzten Poliersekunden eine größere Menge wasserfreies Schmiermittel auf das Tuch gegeben wird. Das erleichtert die anschließende Reinigung.

Ätzen und
Gefügeinterpretation
Die gebräuchlichste Ätzung für Zinkschichten ist eine 0,5-2%ige alko-holische Salpetersäure. Die Ätz-zeiten sind sehr kurz (Sekunden!) und Überätzen kann sehr schnell auftreten, da alle Schichten unterschiedlich reagieren.

Abb. 9 zeigt eine Galfan Schicht, geätzt mit 0,5% Nital. Sie zeigt ein primäres, dendritisches Gefüge.

Abb.10, gleiche Galfan Schicht wie in Abb. 9, zeigt einen zinkreichen α Mischkristall und ein lamellares, eutektisches Gefüge aus α und der aluminiumreichen Fase β.

Abb.11 zeigt eine Galvaneal Schicht, geätzt mit 1% Nital. Eine dünne, eisenreiche Diffusionsschicht, γ, liegt zwischen Stahlgrundwerkstoff und der Zinkschicht. Die Schicht hat ein Zink-Eisen Gefüge mit unterschiedlichen Konzentrationen, abhängig vom Grundwerkstoff. Dieses Gefüge kann zum Teil mit einer Ätzlösung die unter anderem Pikrinsäure und Salpetersäure enthält, entwickelt werden. (Detaillierte Angaben für diese Ätzung sind im Struers e-Metalog zu finden.)

Zusammenfassung
Um die Präparation von Zinkschich-ten leichter und reproduzierbarer zu machen, und die Ergebnisse für die Gefügeinterpretation zu verbessern, werden folgende Empfehlungen zum automatischen Schleifen und Polieren gegeben:

- *Trotz unterschiedlicher Härte können alle Arten von Zinkschichten mit der gleichen Methode präpariert werden.*
- *Die Hauptvoraussetzung für eine erfolgreiche Politur ist eine guteEinbettung ohne Schrumpfspalt zwischen Einbettmittel und Probe.*
- *Schleifen mit Diamant auf Feinschleifscheiben ergibt hervorragende Planheit.*
- *Wasserfreie Diamantsuspensionen und Schmiermittel verhindern die Verfärbung der Zinkschichten.*
- *Poliertücher aus Seide verhindern Kantenabrundung der Schichten während des Polierens.*
- *Alle Reinigungsschritte während des Polierens müssen mit reinem Alkohol durchgeführt werden.*

Die vorgeschlagene Methode kann als Grundlage für eine fein abgestimmte Schleif-und Poliermethode benutzt werden, die sich nach den in jedem einzelnen Labor vorliegenden, spezifischen Schichten richtet.

Application Notes

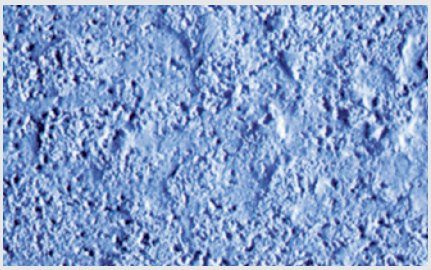
Metallografische Präparation von Zinkschichten

Elisabeth Weidmann,
Struers A/S, Kopenhagen

Danksagung:
Wir bedanken uns bei DOFASCO Inc., und STELCO Inc., Hamilton, Kanada, Fa. Julius Blum GmbH, Höchst, Österreich, Rautaruukki Steel, Hämeenlinna, Finnland, für das großzügig zur Verfügung gestellte Probenmaterial und die damit verbundenen Informationen, und bei der Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria, und der Zinkberatung Ingenieurdienste GmbH, Düsseldorf, Deutschland, für die generelle Information über Zinkschichten.
Wir danken dem Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf, Deutschland, für die Erlaubnis der Wiedergabe der folgenden Abbildungen: Waschmaschine und Abb. 4 aus Charakteristische Merkmale 095 und Abb. 3 aus Dokumentation 535.
Wir danken Rautaruukki Steel, Hämeenlinna, Finnland, für die Erlaubnis der Wiedergabe der folgenden Abbildungen: Abb. 2 und Mähdrescher, und die REM Aufnahmen auf der ersten und letzten Seite.

Bibliografie:

Charakteristische Merkmale 092 „Schmelztauchveredeltes Band und Blech", 1998
Charakteristische Merkmale 095 „Elektrolytisch verzinktes Band und Blech"
Dokumentation 535 „Weiterverarbeitung von verzinktem und beschichtetem Stahlblech", 1997
Alle: Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf, Deutschland



Oberfläche einer Galvaneal Schicht, REM

Struers
Ensuring Certainty

Struers ApS
Pederstrupvej 84
DK-2750 Ballerup, Denmark
Phone +45 44 600 800
Fax +45 44 600 801
struers@struers.dk
www.struers.com

AUSTRALIA & NEW ZEALAND
Struers Australia
27 Mayneview Street
Milton QLD 4064
Australia
Tel.: +61 7 3512 9600
Fax: +61 7 3369 8200
info.au@struers.dk

BELGIUM (Wallonie)
Struers S.A.S.
370, rue du Marché Rollay
F- 94507 Champigny
sur Marne Cedex
Tel.: +33 1 5509 1430
Fax: +33 1 5509 1449
struers@struers.fr

BELGIUM (Flanders)
Struers GmbH Nederland
Zomerdijk 34 A
3143 CT Maassluis
Tel.: +31 (10) 599 7209
Fax: +31 (10) 5997201
netherlands@struers.de

CANADA
Struers Ltd.
7275 West Credit Avenue
Mississauga, Ontario L5N 5M9
Tel.: +1 905-814-8855
Fax: +1 905-814-1440
info@struers.com

CHINA
Struers Ltd.
No. 1696 Zhang Heng Road
Zhang Jiang Hi-Tech Park
Shanghai 201203, P.R. China
Tel.: +86 (21) 6035 3900
Fax: +86 (21) 6035 3999
struers@struers.cn

CZECH REPUBLIC & SLOVAKIA
Struers GmbH Organizační složka
vědeckotechnický park
Přilepská 1920,
CZ-252 63 Roztoky u Prahy
Tel.: +420 233 312 625
Fax: +420 233 312 640
czechrepublic@struers.de
slovakia@struers.de

GERMANY
Struers GmbH
Carl-Friedrich-Benz-Straße 5
D- 47877 Willich
Tel.: +49 (0) 2154 486-0
Fax: +49 (0) 2154 486-222
infoservice@struers.de

FRANCE
Struers S.A.S.
370, rue du Marché Rollay
F-94507 Champigny
sur Marne Cedex
Tel.: +33 1 5509 1430
Fax: +33 1 5509 1449
struers@struers.fr

HUNGARY
Struers GmbH
Magyarországi Fióktelep
2040 Budaörs
Szabadság utca 117
Phone +36 (23) 80 60 90
Fax +36 (23) 80 90 91
hungary@struers.de

IRELAND
Struers Ltd.
Unit 11 Evolution@ AMP
Whittle Way, Catcliffe
Rotherham S60 5BL
Tel.: +44 0845 604 6664
Fax: +44 0845 604 6651
info@struers.co.uk

ITALY
Struers Italia
Via Monte Grappa 80/4
20020 Arese (MI)
Tel.: +39-02/38236281
Fax: +39-02/38236274
struers.it@struers.it

JAPAN
Struers K.K
Takanawa Muse Bldg. 1F
3-14-13 Higashi-Gotanda,
Shinagawa
Tokyo
141-0022 Japan
Tel.: +81 3 5488 6207
Fax: +81 3 5488 6237
struers@struers.co.jp

NETHERLANDS
Struers GmbH Nederland
Zomerdijk 34 A
3143 CT Maassluis
Tel.: +31 (10) 599 7209
Fax: +31 (10) 5997201
netherlands@struers.de

NORWAY
Struers ApS, Norge
Sjøskogenveien 44C
1407 Vinterbro
Tel.: +47 970 94 285
info@struers.no

AUSTRIA
Struers GmbH
Zweigniederlassung Österreich
Betriebsgebiet Puch Nord 7
5412 Puch
Tel.: +43 6245 70567
austria@struers.de

POLAND
Struers Sp. z o.o.
Oddział w Polsce
ul. Jasnogórska 44
31-358 Kraków
Tel.: +48 12 661 20 60
Fax: +48 12 626 01 46
poland@struers.de

ROMANIA
Struers GmbH, Sucursala Bucuresti
Str. Preciziei nr. 6R
062203 sector 6, Bucuresti
Tel.: +40 (31) 101 9548
Fax: +40 (31) 101 9549
romania@struers.de

SWITZERLAND
Struers GmbH
Zweigniederlassung Schweiz
Weissenbrunnenstraße 41
CH-8903 Birmensdorf
Tel.: +41 44 777 63 07
Fax: +41 44 777 63 09
switzerland@struers.de

SINGAPORE
Struers Singapore
627A Aljunied Road,
#07-08 BizTech Centre
Singapore 389842
Tel.: +65 6299 2268
Fax: +65 6299 2661
struers.sg@struers.dk

SPAIN
Struers España
Camino Cerro de los Gamos 1
Building 1 - Pozuelo de Alarcón
CP 28224 Madrid
Tel.: +34 917 901 204
Fax: +34 917 901 112
struers.es@struers.es

FINLAND
Struers ApS Suomi
Sahaajankatu 20-22 A6
00880 Helsinki
Tel.: +358 (0)207 919 430
finland@struers.fi

SWEDEN
Struers Sverige
Box 20038
161 02 Bromma
Tel.: +46 (0)8 447 53 90
Fax: +46 (0)8 447 53 99
info@struers.se

UNITED KINGDOM
Struers Ltd.
Unit 11 Evolution @ AMP
Whittle Way, Catcliffe
Rotherham S60 5BL
Tel.: +44 0845 604 6664
Fax: +44 0845 604 6651
info@struers.co.uk

USA
Struers Inc.
24766 Detroit Road
Westlake, OH 44145-1598
Tel.: +1 440 871 0071
Fax: +1 440 871 8188
info@struers.com

23.01.2020 / 62240102