

# WOMag

BAND 3  
ISSN 2195-5905

Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche | 3 / 2014



Hocheffektive Oberflächenaktivierung  
durch eine Behandlung mit  
Atmosphärendruckplasma  
(Bild: Plasmatrete GmbH)

Entwicklung der Korngröße beim  
Erwärmen des Stahls 42CrMo4

Einfluss der Oberflächengüte des  
Substrats auf Reibung und Verschleiß

Haftung von anodisch  
erzeugten Oxidschichten

Mehr-Komponenten-Spritzgussbauteile  
als Funktionselemente im Automobil

Chromfreie Passivierung für galvanisch  
abgeschiedene Zinkschichten



# Stückverzinkung komplexer Fahrzeugrahmen

Von Dr. Thomas Pinger, Gelsenkirchen

Stahlteile erhalten durch eine Feuerverzinkung einen hochwertigen Korrosionsschutz. Dies wird in zunehmendem Maße auch für tragende Fahrzeugteile erkannt. Zur Erzielung einer guten Qualität sind bereits im Rahmen der Konstruktion die Voraussetzungen bei der Auswahl und Ausführung der Stahlteile zu schaffen, um beispielsweise einen Verzug durch den Wärmeeinfluss beim Verzinken zu vermeiden.

## Piecework Zinc Coating of Complex Vehicle Components

Hot dip galvanising provides a high degree of corrosion protection to steel components. This is increasingly used in vehicle suspension components. To ensure the highest quality, not only must the choice of steel and construction methods be carefully considered, but in addition, the effect of heating during the hot dip galvanising process on the steel, must also be taken into account.

### 1 Einleitung

Das Feuerverzinken ist ein über Jahrzehnte bewährtes Verfahren und System für den Korrosionsschutz von verschiedensten Konstruktionen aus Stahl. Das Feuerverzinken zeichnet sich insbesondere durch folgende Eigenschaften aus:

- eine sehr hohe Beständigkeit gegenüber mechanischer Belastung infolge der Ausbildung einer unlösbaren Verbindung der Zinkschicht mit Stahl
- eine kathodische Schutzwirkung, wodurch Stahl durch die Aufopferung des unedleren Zinks auch dann noch geschützt ist, wenn die Zinkschicht mechanisch verletzt werden sollte
- einen hohen Kantenschutz, da es keine Kantenflucht wie bei organischen Beschichtungssystemen gibt
- eine sehr hohe Prozesssicherheit.

Die Frage nach dem Sinn eines feuerverzinkten Chassis stellt sich im Automobilsektor bereits seit langem nicht mehr. Im Nutzfahrzeugbereich hat sich dieser Standard hingegen noch nicht in der Breite durchgesetzt. Ein Grund hierfür ist darin zu sehen, dass bei der tragenden Struktur von Nutzfahrzeugen aufgrund der höheren Blechdicken kein vorverzinktes Material eingesetzt wird und die Vorteile der Stückverzinkung nicht nur hinsichtlich der Lebensdauer, sondern besonders in Bezug auf den Entfall von Instandsetzungsmaßnahmen und höherer Restkaufwerte nicht hinreichend berücksichtigt werden. Somit werden neben Fahrzeugrahmen auch einzelne Baugruppen nicht für eine für diese Bauteile prädestinierte Stückverzinkung vorgesehen. Teilweise liegt dies an Vorurteilen gegen das Verfahren, insbesondere im Hinblick auf die Belastung und möglichen Verzug resultierend aus dem

Eintauchen der häufig komplexen Schweißkonstruktionen in die heiße Zinkschmelze. Diese Skepsis basiert häufig auf Unkenntnis über die thermodynamischen Effekte bei der Verzinkung und über *das was geht und was nicht geht*.

Der vorliegende Beitrag möchte einige Hintergründe vermitteln und Empfehlungen hinsichtlich der erfolgreichen Verzinkung komplexer Bauteile wie Fahrzeugrahmen geben.

### 2 Thermodynamische Effekte des Stückverzinkungsprozesses

Beim Stückverzinken wird das zu verzinkende Bauteil zunächst in einer Entfettung und anschließend in einer sauren Reinigungslösung soweit gereinigt, bis eine metallisch blanke, saubere Oberfläche vorliegt. Anschließend wird ein Flussmittel aufgebracht und das Bauteil in die circa 450 °C

heiße Zinkschmelze eingetaucht (Abb. 1). Die Konstruktion muss so lange in der Zinkschmelze verweilen, bis sie die Schmelztemperatur erreicht hat und eine metallurgische Reaktion zwischen Zink und Stahl ablaufen kann (Thermodiffusion), die zur Ausbildung der charakteristischen, sehr widerstandsfähigen Eisen-Zink-Legierungsschicht führt.

Für den Konstrukteur sind hierbei der Verzinkungsprozess und die dabei ablaufenden instationären thermodynamischen Zustände im Bauteil von besonderem Interesse:

- Die Konstruktion dehnt sich in der Zinkschmelze aus, wobei die Geschwindigkeit der Ausdehnung einhergeht mit der zunehmenden Durchwärmung des Materials, welche wiederum von der Blechdicke sowie der Eintauchgeschwindigkeit abhängt und ungleichmäßig erfolgen kann.

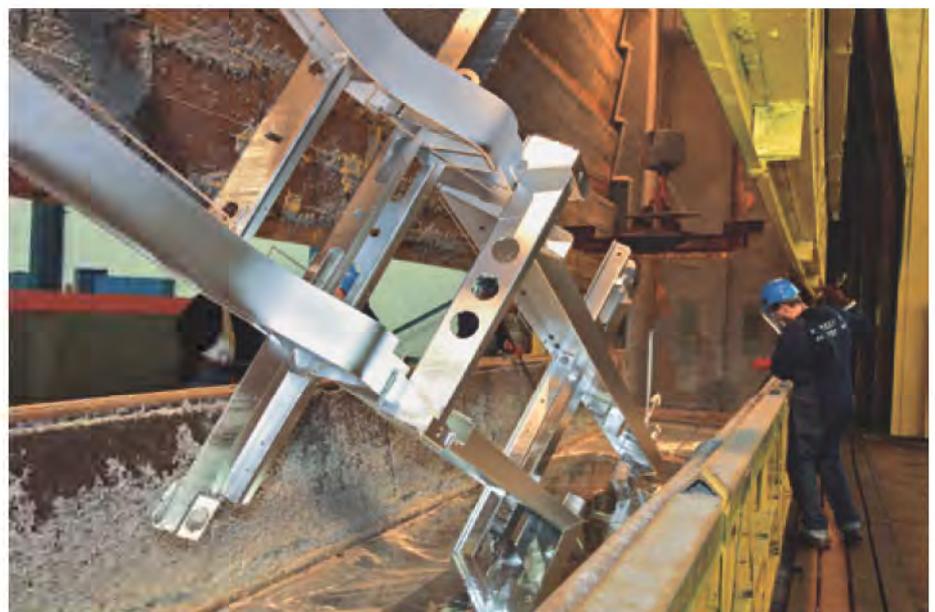


Abb. 1: Verzinkungsprozess eines Fahrzeugrahmens

- Die Festigkeit des Grundwerkstoffs reduziert sich mit zunehmender Erwärmung bis auf circa 50 % der Raumtemperaturfestigkeit, was in Kombination mit den material- und fertigungsbedingten Eigenspannungen zum Freiwerden derselben führen kann.
- Die Konstruktion schrumpft nach dem Herausziehen aus der Zinkschmelze und dem parallel einsetzenden Abkühlen unter gleichzeitiger Wiedergewinnung der Festigkeit.

Diese Effekte gilt es im Rahmen der Planung zu berücksichtigen, wobei insbesondere die Abstimmung der konstruktiven Gestaltung mit den Möglichkeiten und Zwängen des Verzinkungsprozesses einhergehen muss.

### 3 Beherrschung der Effekte

Konstruktionsseitig ist es von grundlegender Wichtigkeit, die Ausdehnung der Konstruktion um circa 4,5 mm/m zu berücksichtigen. Hierbei ist zu beachten, dass das Bauteil nicht gleichmäßig erwärmt, sondern die Erwärmungsfront sukzessive mit fortschreitendem Eintauchen in die Zinkschmelze erfolgt. Es ist abzuschätzen, wie sich die Konstruktion unter einer solchen Belastung verhält (Verformungsverhalten) und wo möglicherweise Zwängungen infolge ungleichmäßiger Ausdehnung auftreten können.

Die thermische Belastung kann an konstruktiven Kerben zu einer Konzentration von Spannungen oder zu Relativverformungen im Bereich von Dicken- und Steifigkeitsprüngen führen, woraus lokale Überbelastungen des Grundmaterials resultieren können. Zu deren Vermeidung sei auf die Regeln und Empfehlungen der DASt-Richtlinie 022 verwiesen.

Zur Reduzierung der Belastung sollten die Einlauf- und Entlüftungsöffnungen in ausreichender Anzahl und Größe in die Konstruktion eingebracht werden, insbesondere bei Hohlprofilen. Hierdurch wird ein möglichst schnelles Eintauchen in die Zinkschmelze

gewährleistet, was wiederum die Ungleichmäßigkeit der Temperaturen und damit die induzierten Spannungen minimiert. Natürlich gilt es hier, das statisch Machbare mit dem verzinkungstechnisch Notwendigen abzustimmen.

Zur Vermeidung von Verzugserscheinungen können verschiedene Lösungsansätze gewählt werden. Diese können bei folgenden Aspekten liegen:

- das Bauteil steifer zu machen, zum Beispiel durch zusätzliche Aussteifungsbleche oder -sicken (wobei hier die Gefahr von Spannungsspitzen und einer Rissbildung zu beachten ist)
- temporäre Aussteifungshilfen verwenden
- durch ausgleichende, in der Fertigung gezielt eingebrachte Eigenspannungspunkte den Druckspannungszustand zu überlagern
- Verformungsmöglichkeiten für die gefährdeten Teile einzuplanen, um die auftretenden Relativverformungen aufzunehmen.

Um das Freiwerden von Eigenspannungen möglichst zu unterdrücken, sollten auf jeden Fall die Grundsätze des eigenspannungsarmen Fertigungs beachtet werden, ebenso wie die Grundsätze des verzinkungsgerechten Konstruierens, zum Beispiel Vermeidung von asymmetrisch angeordneten Anschweißteilen.

Verzinkungsseitig ist insbesondere das richtige Handling der Konstruktion sowohl im Verzinkungskessel als auch nach dem Herausnehmen, also im warmen Zustand bei reduzierter Festigkeit, besonders wichtig zur Vermeidung von Verzug (Abb. 2).

### 4 Fazit

Die Verzinkung von komplexen Fahrzeugrahmen ist heutzutage prozesssicher und mit einer präzisen Definition der Produktqualität möglich. Grundvoraussetzung hierfür ist die intensive Abstimmung zwischen dem Konstrukteur und dem von



Abb. 2: Richtiges Handling nach dem Verzinkungsprozess zur Vermeidung von Verzug

ihm gewählten Fachbetrieb für das Stückverzinken. Unerlässlich dabei ist, dass der Fachbetrieb über qualifizierte Ressourcen beziehungsweise Experten im werkstoffwissenschaftlichen und konstruktiven Bereich verfügt, um kompetent mit dem Kunden in den Dialog zu treten.

Ziel muss es sein, für das Produkt und die Umsetzung der Aufgabenstellung Stückverzinken praxisorientierte Lösungen zu entwickeln. Idealerweise beginnt dieser Dialog bereits in der Planungsphase in fortlaufender Abstimmung der Konstruktion und des Verzinkungsprozesses. Im Ergebnis bietet sich damit auch für komplexe Stahlbauteile die Möglichkeit, mit dem für den robusten Einsatz besten verfügbaren Korrosionsschutzsystem versehen zu werden.

#### Autor

Dr. Thomas Pinger  
Voigt & Schweitzer GmbH & Co. KG  
Nordring 4, D-45894 Gelsenkirchen

# WOClean

Bauteil- und Oberflächenreinigung in der Prozesskette

Die Sonderausgabe zur Internationalen Fachmesse für industrielle Teilereinigung 2014 ist in Vorbereitung.

Nutzen Sie das attraktive Umfeld der technischen Fachbeiträge in WOClean zur Präsentation Ihrer Dienstleistungen und Produkte auf dem Gebiet der Reinigungstechnik. Wir unterstützen Sie bei der Erstellung von aussagekräftigen Pressemitteilungen und bieten interessante Werbemöglichkeiten zu attraktiven Konditionen in WOClean.

**Damit sind Sie auf allen Kanälen präsent:**  
ob klassisch gedruckt oder modern auf der online-Plattform!  
Kontakt: WOTech GbR, [info@wotech-technical-media.de](mailto:info@wotech-technical-media.de)