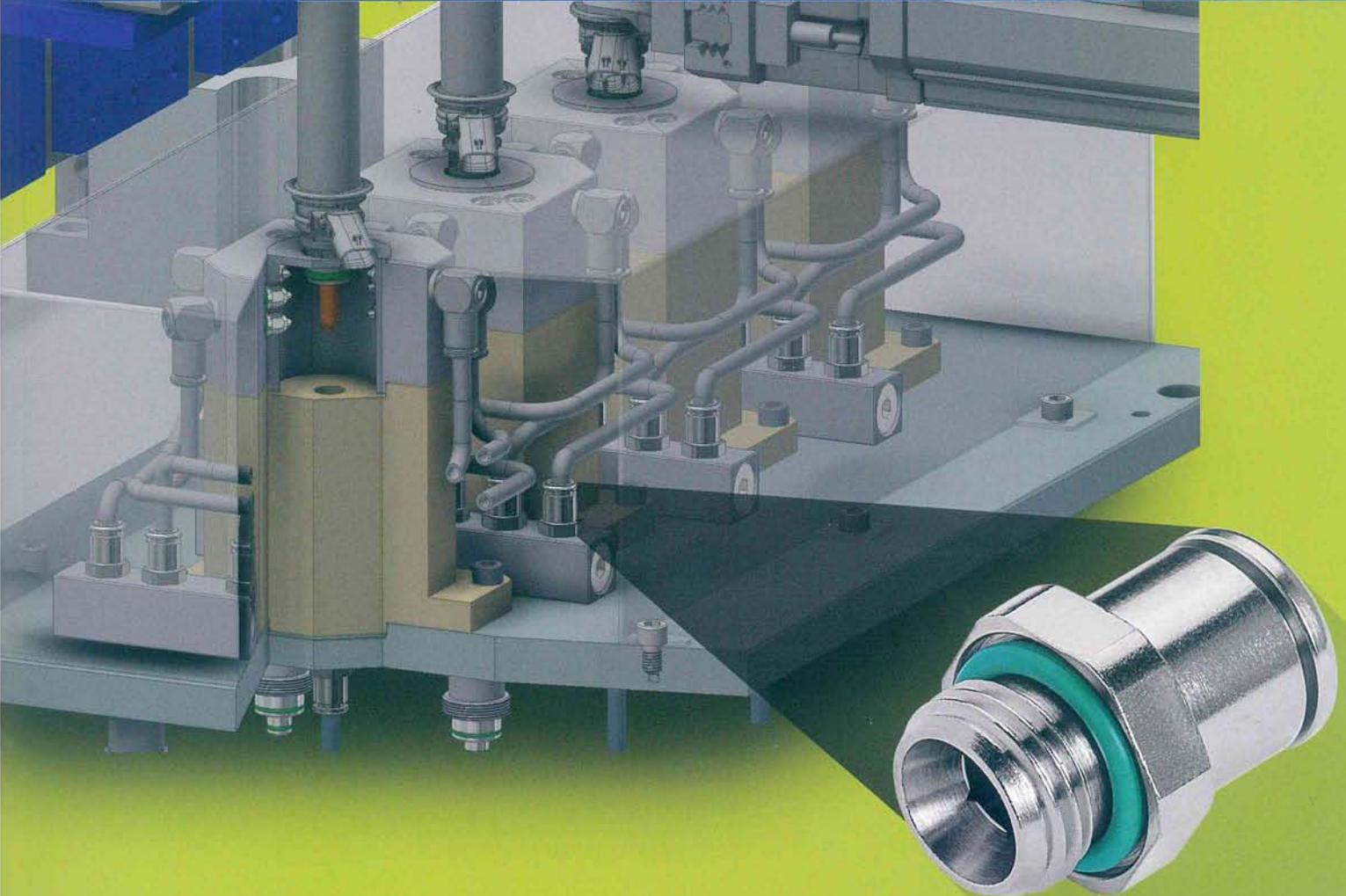


# Konstruktion

Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieur-Werkstoffe

Organzeitschrift der VDI-Gesellschaften Produkt- und Prozessgestaltung (VDI-GPP) und Materials Engineering (VDI-GME)



Sonderteil Verbindungstechnik

## Titelthema: Fluidtechnik

Feederantrieb mit Zahnriemen

Bleche größerer Dicke energie- und ressourceneffizient verbinden

ERA – Energiebasierte Zuverlässigkeitsanalyse

FACHTEIL

Ingenieur  
**Werkstoffe**

Reparaturfähige  
Duromermatrix  
Hochtemperatur-  
werkstoffe

Neues Gleitlager-  
material

# Clinchen korrosionsbeanspruchter Bauteile – Einsatz innovativer Dünnschicht-Stückverzinkung

*Das Fügen beschichteter Halbzeuge stellt grundsätzlich eine Herausforderung dar, da die Beschichtung bei jedwedem Fügeverfahren lokalen thermischen und/oder mechanischen Belastungen ausgesetzt ist, für die sie nicht konzipiert wurde und dementsprechend eine mehr oder minder große Schwächung ihrer eigentlichen Funktion, dem Korrosionsschutz, auftritt. Beim Clinchen als Massivumform-Fügetechnik wird diesbezüglich insbesondere eine hohe Umformbarkeit der Beschichtung ohne Ablösung vom Grundmaterial gefordert. Moderne Zinküberzüge, wie sie bei vorverzinkten Dünnblechen üblicherweise zum Einsatz kommen, erfüllen diese Anforderung, wodurch das Clinchen in einem der Hauptanwendungsgebiete dieses Vormaterials, der Automobilindustrie, auch seit vielen Jahren eingesetzt wird. In den Fällen, wo jedoch nicht auf vorverzinktes Material zurückgegriffen werden kann und hohe korrosionsschutzseitige Anforderungen vorliegen, bestand bisher eine Technologielücke, da kein adäquates Korrosionsschutzsystem zur Verfügung stand. Mit der Entwicklung des Dünnschicht-Stückverzinkungsverfahrens „microZinc“ und der Kombination zwischen Korrosionsschutz- und Fügetechnologie könnte nun diese Lücke geschlossen werden.*

## Anwendung des Clinchens

Die Bezeichnung Clinchen, im Deutschen auch Durchsetzfügen genannt, bedeutet „Umklammerung“, denn beim Clinchen werden zwei oder mehr Blechlagen zur gegenseitigen Umklammerung gebracht. Mit Hilfe einer Fügepresse wird ein Stempel

in eine konzentrisch gegenüberliegende Matrize geführt, wobei die dazwischenliegenden Blechteile lokal plastisch umgeformt werden. Da bei diesem Prozess keine zusätzliche thermische Belastung in die Bauteile eingebracht wird, stellt das Clinchen insbesondere für wärmetechnisch sensible Fügeaufgaben eine interessante und effiziente Alternative zu den thermischen Fügeverfahren, wie dem Schweißen oder Löten, dar. Die Form, Größe und Tiefe einer Matrize bestimmen für die mechanischen Eigenschaften wichtigen Hinterschnitt, also das Maß der Umklammerung. Mittels eines Clinchpunktes können dann bis zu 70 % der statischen Kräfte und höhere dynamische Festigkeiten als bei einem Schweißpunkt erreicht werden [1]. Im Vergleich zu anderen Fügeverfahren wird kein Hilfsfügeteil oder Zusatzwerkstoff benötigt, wodurch keine Zusatzkosten entstehen und ein hoher Qualitätsstandard eingehalten werden kann.

Unter dem Aspekt des Korrosionsschutzes stellt das Clinchverfahren eine spezielle Herausforderung dar. Aufgrund der massiven, lokalen Umformprozesse ist bei Verwendung von vorbeschichtetem Material eine hochgradige Mitverformbarkeit der Beschichtung notwendig, um keine Schwächung des Korrosionsschutzsystems zu provozieren. Die Verwendung von unbeschichtetem Material, bei dem der Korrosionsschutz erst komplett nach dem mechanischen Fügen erfolgt, liefert den Nachteil, dass in der Innenseite der Fügezone kein Korrosionsschutz vorliegen kann, was im Hinblick auf eine mögliche Spalt- und/oder Kontaktkorrosion ein Gefährdungspotential für das Gesamtbauteil darstellt. In Anwendungsbereichen, in denen Korrosion eine relevante Rolle spielt oder spielen kann, z. B. in Außenbereichen des Automobil- und Nutzfahrzeugbaus, wäre deshalb eine solche Lösung nicht zu empfehlen.

Vor diesem Hintergrund hat sich die Anwendung der Clinchtechnologie für die Herstellung von Komponenten aus vorverzinktem, dünnwandigem Blech bereits etabliert. Für eine breitere Anwendung stößt das Verfahren aus korrosionsschutztechnischer Sicht aber an Grenzen. Zunächst ist vorverzinktes Blech nur bis zu einer Dicke von maximal 5 mm lieferbar, darüber hinaus liegt bei der Verwendung von verzinktem Blech immer die Problematik vor, dass bei allen Trennschritten während der Fertigung unverzinkte Schnitt- und Stanzkanten auftreten, die per se eine Schwachstelle im Korrosionsschutz darstellen. Die im Grobblechbereich herkömmlichen Beschichtungssysteme, i.d.R. organische Pulver- oder Nasslacke sowie Zinküberzüge, die im klassischen Stückverzinkungsverfahren aufgebracht werden, neigen aufgrund ihrer Dicke und der fehlenden Duktilität dazu, durch die Massivumformung während des Clinchprozesses Schaden zu nehmen, sodass es

### Autoren

Dr.-Ing. Thomas Pinger  
Leiter Forschung & Entwicklung

Dipl.-Ing. Eva-Maria Rückriem  
Produktmanager

beide:  
Fontaine Technologie GmbH  
An den Schleusen 6  
45881 Gelsenkirchen  
Tel.: 02 09/94 03-403  
E-Mail: thomas.pinger@fontaine-technologie.com  
www.fontaine-technologie.com

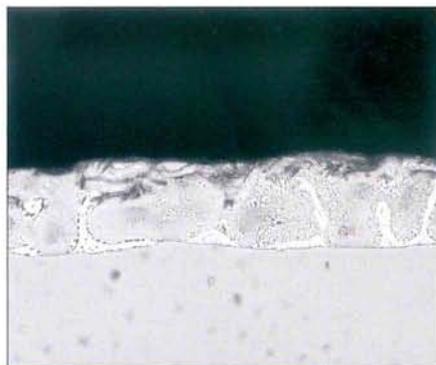
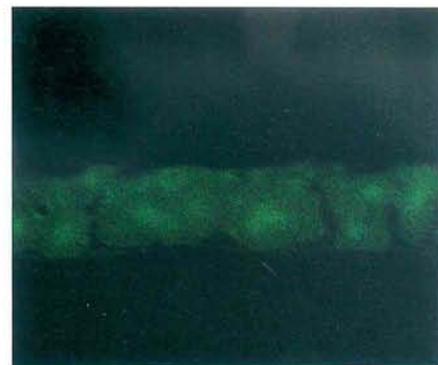
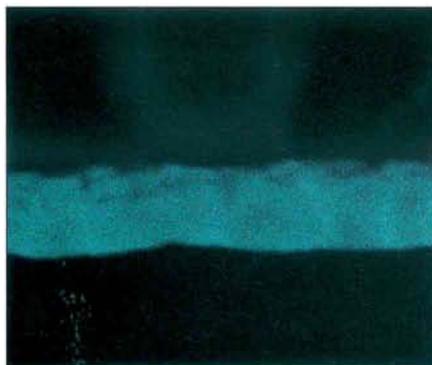


Bild 1

Mikroschliff der Zn5Al-Schicht und Elementverteilung (Mitte: Verteilung Zink; rechts: Verteilung Aluminium in der Schicht)



bisher für das Clinchverfahren bei korrosionsseitig anspruchsvollen Aufgabenstellungen in Kombination mit dickwandigeren Konstruktionen keine zufriedenstellende Lösung gibt [2].

### Herkömmliche Stückverzinkung

Bei der Stückverzinkung wird das gefertigte Bauteil vorbehandelt und anschließend in eine 450 °C-Zinkschmelze eingetaucht, so dass die Oberfläche vollständig mit einem Zinküberzug versehen wird. Hierbei findet eine metallurgische Reaktion zwischen Zink und Stahl statt, durch die eine unlösbare Verbindung entsteht, die der Schicht die für den Feuerverzinkungsprozess charakteristische sehr hohe mechanische Belastbarkeit verleiht. In Kombination mit dem kathodischen Schutzpotential, d.h. dem Vermögen des unedleren Zinks, sich bei einer Verletzung der Korrosionsschutzschicht für den edleren Stahl aufzuopfern und somit diesen vor einem korrosiven Angriff zu schützen, stellen derartige Zinkschichten ein Höchstmaß an Schutzwirkung für jede Eisen- oder Stahlkonstruktion dar.

Begrenzt wird die Anwendung des klassischen Stückverzinkungsprozesses gemäß DIN EN ISO 1461 [3] insbesondere durch folgende Faktoren:

- Die Zinkschichtdicke hängt maßgeblich von der Zusammensetzung des Grundmaterials ab, insbesondere dem Si-Gehalt, und beträgt in der Regel zwischen 80–200 µm. Auf-

grund der fehlenden Einflussmöglichkeit des Verzinkungsbetriebes auf die Materialwahl und konstruktive Gestaltung des Verzinkungsgutes, welche in der Hand des Kunden liegen, sowie der prozesseitigen Notwendigkeiten bei der Verzinkung, kann nur in begrenztem Maße Einfluss auf die Zinkschichtdicke genommen werden. Hierdurch können teils sehr dicke Zinkschichten entstehen, die zwar korrosionstechnisch von Vorteil sind gemäß dem Motto des „Viel hilft viel“, unter Kosten/Nutzen-Aspekten sowie hinsichtlich der Verarbeitbarkeit jedoch unnötig und kontraproduktiv sind.

- Durch den Wärmeeintrag beim Eintauchen der Konstruktion in die heiße Zinkschmelze entstehen thermodynamische Effekte, die bei ungünstigen Bauteilen, z. B. asymmetrische Geometrien, zu ungewollten Verzugserscheinungen führen können [4].

- Die maximalen Bauteilabmessungen sind auf die Größe des Verzinkungskessels begrenzt. Größere Gesamtkonstruktionen entstehen aus der Verschraubung der einzelnen Komponenten.

### Dünnschicht-Stückverzinkungsverfahren

Im Rahmen einer langjährigen Entwicklungsarbeit wurde das Verzinkungsverfahren „microZinq“ entwickelt, welches die Vorteile der verschiedenen Verfahren aus dem Bereich der Feuerverzinkung vereint, nämlich:

- die prinzipielle Nutzung der passiven und aktiven Korrosionsschutzwirkung von Feuerverzinkungsschichten,
- die Nutzung der prozesseitigen Vorteile des Stückverzinkungsverfahrens, bei dem die vollständige Konstruktion mit Zink überzogen wird und somit keine unverzinkten Stellen im Bereich von fertigungsbedingten Trennkanten vorliegen sowie

- die Nutzung des bereits in der Bandverzinkung erreichten hohen Entwicklungsstandes im Bereich der Zinkschmelzentechnologie, durch die sehr viel dünnere, gleichzeitig aber hochleistungsfähige Zinkschichten erzielt werden.

Konkret wird bei der microZinq-Technologie mit einer Zinkschmelze der Zusammensetzung 95 % Zink – 5 % Aluminium gearbeitet. Die innovative Entwicklung lag hierbei insbesondere in der speziellen Vorbehandlung, um eine einwandfreie Benetzung der Stahloberfläche frei definierter Konstruktionen durch die Zn-Al-Legierung zu ermöglichen. Im Ergebnis resultieren aus dem microZinq-Prozess mit durchschnittlich circa 10 µm deutlich dünnere Zinkschichten im Gegensatz zur klassischen Stückverzinkung gemäß [3], welche aber durch die korrosionsschutztechnisch positive Wirkung des relativ hohen Aluminium-Gehaltes in der Zinklegierung mindestens in

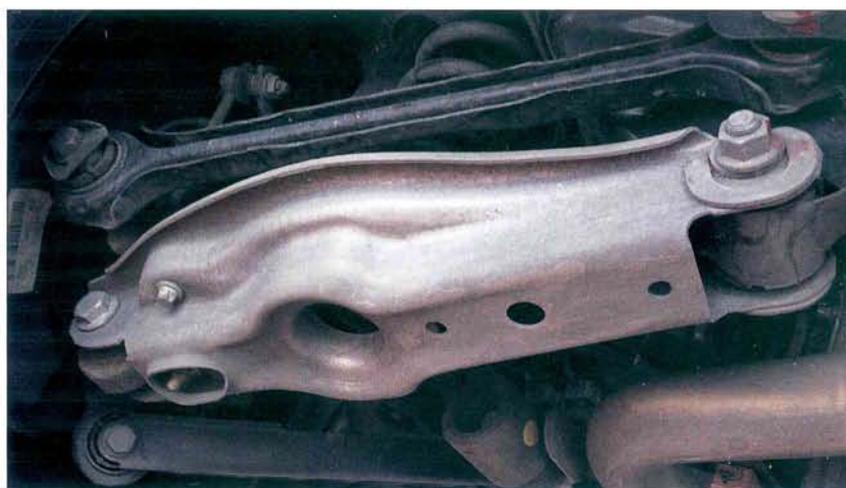
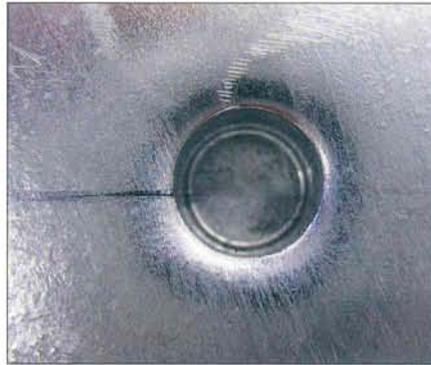


Bild 2

Zustand eines „microZinq“-verzinkten Fahrwerksteils nach 100 000 km Fahrleistung



Bild 3



Clinchpunkt an einer microZinc-beschichteten Probe (links und Mitte), Zustand der Matrice (rechts)

gleichem Maße wirksam sind (Bild 1).

Durch die Unabhängigkeit der Zinkschichtausbildung von der Zusammensetzung des Grundmaterials wird zudem die Ausbildung von optisch und dickenmäßig sehr unterschiedlichen Zinkauflagen vermieden. Weiterhin lässt die Verwendung der eutektischen Zink-Aluminium-Legierung die Reduzierung der Zinkbadtemperatur von klassisch circa 450 °C auf 420 °C zu, wodurch die thermische Beeinflussung der Konstruktion und des Materials reduziert werden kann. Dies wirkt sich gerade im Bereich verzugsanfälliger Bauteile und bei Verwendung hochfester Stähle positiv aus [5].

Die Wirksamkeit dieses dünn-schichtigen Korrosionsschutzsystems, welches in der ASTM A 1072 [6] genormt ist, hat sich sowohl in den Kurzzeit-Korrosionsprüfungen während der Entwicklungs- und

Einführungsphase als auch in der bisherigen praktischen Anwendung nachhaltig erwiesen [7, 8]. Gerade der mittlerweile mehrere millionenfache Einsatz von microZinc auf Fahrwerksteilen im Unterbodenbereich von Automobilen belegt die hohe Beständigkeit des Systems gegenüber korrosiver als auch mechanischer Belastung (Bild 2).

Im Hinblick auf die Weiterverarbeitung verzinkter Bauteile oder Halbzeuge bietet die Dünn-schicht-Stückverzinkung den Vorteil, dass sich keine spröden Eisen-Zink-Phasen ausbilden, sondern dünne, homogene und vor allem hoch duktile Zink-Aluminium-Phasen. Im Biegetest gemäß DIN 50111:1987-09 zeigt sich bei einem Biegewinkel von 180° kein Aufreißen der Zinkschicht. Für das Fügeverfahren Clinchen und die prinzipielle Konstruktionsmethodik eröffnen sich durch dieses hohe Umformvermögen in Kombina-

tion mit hohem Korrosionsschutz neue Anwendungsmöglichkeiten.

### Untersuchung der Clinchbarkeit Dünn-schicht-stückverzinkter Bleche

In Zusammenarbeit mit der TOX Pressotechnik GmbH wurde im Rahmen mehrerer Versuchsreihen die Clinchbarkeit Dünn-schicht-stückverzinkter Bleche untersucht. Hierbei stand die Fragestellung nach dem Widerstand der Zinkschicht in Form des Vermeidens von Rissbildungen bzw. Abplatzungen, welche Einbußen auf Seiten des Korrosionsschutzes als auch eine Absenkung der Werkzeugstandzeiten bedeuten würden, im Vordergrund. Vergleichend wurden gemäß [3] klassisch stückverzinkte Proben gegenübergestellt. In den Versuchen kamen 5 mm dicke Bleche aus einem handelsüblichen Stahl der Güte S235 zur Anwendung. Hierbei wurden die Bleche zunächst in den entsprechenden Verfahren verzinkt, anschließend vollflächig überlappend fixiert und mit jeweils zwei Clinchpunkten versehen. Die im Dünn-schicht-Verfahren verzinkten Proben wiesen eine durchschnittliche Zinkschichtdicke von 10 µm auf, die klassisch verzinkten Proben eine Zinkschichtdicke von 65 µm.

In Bild 3 ist das Ergebnis eines Clinchpunktes der microZinc-beschichteten Proben beispielhaft dargestellt. Es zeigt sich, dass der Punkt sauber gesetzt ist und es zu keinem makroskopisch erkennbaren Ablösen oder Aufreißen des Zinküberzugs gekommen ist.

Entsprechend liegt auch keine Beeinträchtigung der Fügewerkzeuge vor (Bild 3, rechts).

Bild 4 zeigt ein Muster, welches zwecks Kontrolle der Verbindung im Clinchpunkt aufgeschnitten wurde. Auch hier ist gut zu erkennen, dass die Zinküberzüge beider Bleche die massive Umformung problem- und schadlos überstehen und ein sehr guter Passsitz erzielt wird.

Bei den klassisch stückverzinkten Proben ist dagegen bereits mit bloßem Auge die Beschädigung der Zinkschicht nach dem Clinchen erkennbar (Bild 5). Im Bereich des Matrizenbodens reißt die Beschichtung ein und platzt teilweise ab, auf der Stempelseite löst sich die Schicht vom Grundwerkstoff. Dies führt dazu, dass werkzeugseitig die Matrice durch ablösendes Zinkmaterial verstopft und der Stempel durch Anhaftungen verunreinigt wird (Bild 5, rechts). Beides führt zur Reduzierung der Werkzeugstandzeit.

Zur Untersuchung, ob durch den Clinchvorgang möglicherweise Mikrobefschädigungen im Überzug der Dünn-schicht-Proben aufgetreten sind, wurden die geclinchten Blechpaarungen einem Kurzzeitkorrosionstest ausgesetzt. Hierfür wurde die Standardprüfung aus dem Fahrzeugbau, der Klimawechseltest gemäß VDA 621-415 [9], über eine Dauer von drei Zyklen herangezogen.

Im Ergebnis zeigt der Korrosionstest, dass die Proben mit der Dünn-schicht-Verzinkungsschicht keine Grundwerkstoffkorrosion im Bereich des Matrizenbodens

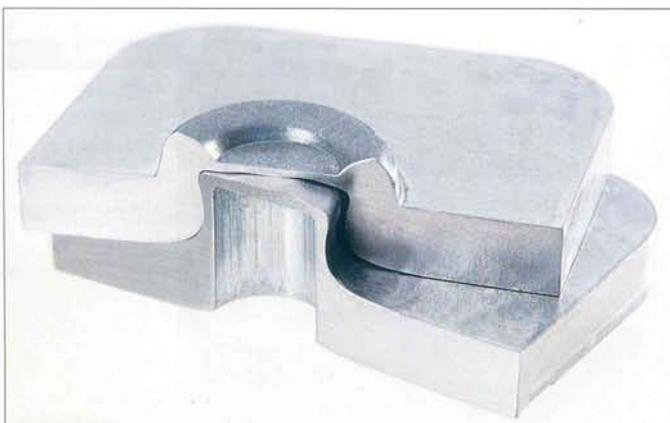


Bild 4

Zur Kontrolle im Clinchpunkt aufgeschnittenes Muster microZinc-verzinkter, geclinchter Bleche



Bild 5



Clinchpunkt an einer klassisch nach DIN 1461 verzinkten Probe

aufweisen. Hierdurch wird belegt, dass der Zinküberzug nach dem Fügeprozess vollständig intakt und der Korrosionsschutz im Bereich der Clinchpunkte gegeben ist (Bild 6, rechts). Demgegenüber weist die herkömmliche Verzinkung im Bereich der bereits makroskopisch wahrnehmbaren Beschädigungen massive Rotrostbildung auf, d.h., das Korrosionsschutzsystem hat in diesen Bereichen trotz der wesentlich dickeren Zinkschicht versagt (Bild 6, links).

## Zusammenfassung

Das Clinchen bietet als kaltes Fügeverfahren interessante Anwendungsmöglichkeiten, insbesondere vor dem Hintergrund der zunehmenden Verwendung hochfester, temperatursensibler Stähle und der Kombination mit

anderen Werkstoffen. Aufgrund der massiven Umformung im Fügeprozess werden hohe Anforderungen an die Umformbarkeit des Grundmaterials gestellt, wobei die Verarbeitung von beschichtetem Material eine besondere Herausforderung darstellt. Moderne Zinküberzüge, wie sie bei vorverzinkten Dünnblechen üblicherweise zum Einsatz kommen, erfüllen diese Anforderung, wodurch das Clinchen in diesem Bereich auch seit vielen Jahren eingesetzt wird. Außerhalb des Anwendungsbereichs vorverzinkten Materials stößt das Verfahren aus korrosionsschutztechnischer Sicht aber an Grenzen. Hier kann das Dünnschicht-Stückverzinkungsverfahren microZinc eine Lösung bieten. Durch Verwendung einer innovativen Prozess- und Zinkschmelzentechnologie resultieren sehr

dünne, gleichzeitig aber hoch wirksame Zinkschichten. Im Gegensatz zu herkömmlichen Zinkschichten, bei denen spröde Zink-Eisen-Phasen aufwachsen, die bei einer Umformung aufreißen und somit zu einer Schwächung des Korrosionsschutzes führen, sind die dünnen Zinkauflagen duktil und können dadurch selbst massive Umformvorgänge vollziehen. In ersten Fügeversuchen konnte die Clinchbarkeit microZinc-verzinkter Bleche nachgewiesen werden. Anschließend durchgeführte Korrosionstests belegen, dass die Zinkschicht nicht beschädigt wird und damit der Korrosionsschutz gewahrt bleibt. Damit eröffnen sich für das Clinchverfahren neue Anwendungsmöglichkeiten, gerade im Bereich korrosiv und mechanisch beanspruchter Komponenten.

## Literatur

- [1] Produktdatenblatt 80.201303.de : TOX – Verbindungssysteme“. TOX Pressotechnik GmbH, S. 2–3
- [2] Kuhn, D.: Clinchen zeigt sich auch bei großen Blechdicken als sehr effizient, [www.blechnet.com/themen/trenntechnik-verbindingstechnik/articles/383234/](http://www.blechnet.com/themen/trenntechnik-verbindingstechnik/articles/383234/) veröffentlicht: 24.10.2012
- [3] DIN EN ISO 1461: Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken), Oktober 2009
- [4] Pinger, T.: Thermodynamische Effekte beim Feuerverzinken und deren Beherrschung, *Konstruktion* 06.2013, S. 62–67
- [5] Pinger, T.: Mikroverzinkung von Schweißkonstruktionen, *der praktiker* 65, 11.2013, S. 528–530
- [6] ASTM A 1072: Zinc-5 % Aluminum (Hot-Dip) Coatings on Iron and Steel Products, November 2011
- [7] Pinger, T.: Dünnschicht-Stückverzinkung für alle Stahlbauteile, *JOT – Journal für Oberflächentechnik*. Ausgabe 07.2012, S. 24–25
- [8] Pinger, T.: Dünne Zn-Al-Stückverzinkungsschichten unter Klimawechselbelastung, *JOT Special Korrosionsschutz*, Oktober 2013, S. 16–18
- [9] VDA Prüfblatt 621-415: Prüfung des Korrosionsschutzes von Kraftfahrzeuglackierungen bei zyklisch wechselnder Beanspruchung, Februar 1982



Bild 6



Geclinchte Proben nach drei Zyklen Klimawechselprüfung nach [9]: microZinc (rechts) und herkömmliche Stückverzinkung (links) im Vergleich