

# Drastisch verbesserte Eigenschaften

## Optimaler Korrosionsschutz in der hydraulischen Verbindungstechnik

Harald Pott, Helwig Brabander

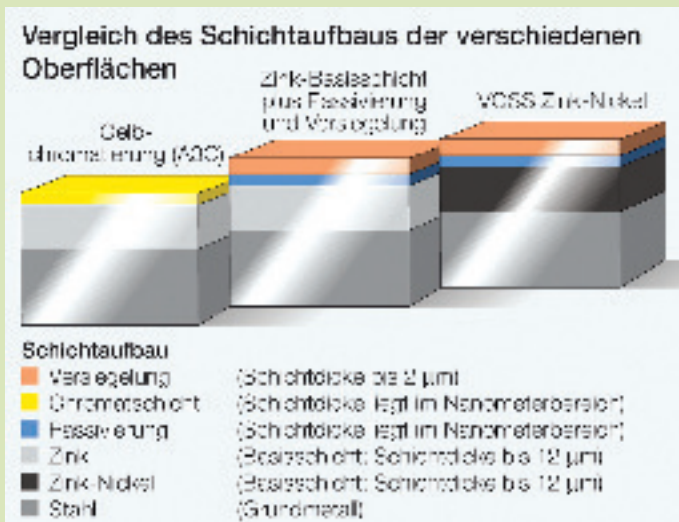
*Die Umstellung der Chrom(VI)-freien galvanischen Oberflächenschutzschichten, bedingt durch die EU-Altautoverordnung, liegt einige Jahre zurück. Seitdem wurden seitens der Hersteller von hydraulischen Verbindungselementen verschiedene Lösungen entwickelt und vermarktet. Nicht nur die auf der altbekannten Verzinkung beruhenden Verbindungselemente sind heute am Markt verfügbar, sondern auch Lösungen mit drastisch verbesserten Eigenschaften.*

**Autoren:** Dr.-Ing. H. Pott, Bereichsleiter Entwicklung und Konstruktion, VOSS Fluid GmbH, Wipperfürth, Dipl.-Ing. H. Brabander, Leiter Oberflächentechnik, Benteler Stahl/Rohr GmbH, Paderborn

Insbesondere der Einsatz von Zink-Nickel als Grundlage der Korrosionsschutzschicht hat sich auf breiter Front für hydraulische Verbindungselemente durchgesetzt. Aber nicht nur durch die Hersteller der Verbindungselemente, sondern auch von Seiten der Rohrhersteller werden heute Chrom(VI)-freie Oberflächenschutzschichten für Hydraulik-Präzisions-Stahlrohre angeboten.

### Korrosionsschutz für Rohre und Rohrverbindungen

In der guten alten Zeit war nicht immer alles besser, zumindest aber einheitlicher. Zum Schutz vor Korrosion hatte sich als Alternative zur noch älteren Phosphatierung das Verzinken von Stahlbauteilen durchge-



1: Der komplette Schichtaufbau der VOSS Zink-Nickel-Oberfläche

2: Beschädigen der Korrosionsschutzschicht durch Endmontagevorgang

setzt, wobei die Zinkschicht anschließend noch chromatiert wurde. Der Schichtaufbau war, und ist noch heute, unter der Bezeichnung A3C bekannt und wurde für gelbchromatierte Bauteile wie beispielsweise Verschraubungen, Schlaucharmaturen, Ventilblöcke oder Rohre verwendet.

Durch das Chrom(VI)-Verbot wurde diese einheitliche Situation allerdings beendet, und mit dem Verschwinden der Chrom(VI)-Ionen verschwanden zeitgleich auch die guten Korrosionsschutzeigenschaften der

### **VOSS Zink-Nickel: herausragende Korrosionsschutzeigenschaften**

A3C-Beschichtung. Die alternativ eingeführten Chrom(VI)-freien Passivierungen waren anfänglich bei Weitem nicht in der Lage, in standardisierten Prüfungen die bisher üblichen Standzeiten nachzuweisen. Als Ausweg aus dieser Situation wurden Versiegelungsschichten als ergänzender Schutz eingesetzt.

Um sich aber wirklich zu verbessern und somit anwendungstechnisch keinen Rückschritt zu machen, ging die Firma VOSS Fluid weiter. Anstatt die alte Basisschicht Zink weiter zu verwenden und sich ausschließlich auf die verbessernden Eigenschaften von Passivierung und Versiegelung zu verlassen, wird bei VOSS-Verschraubungen eine Zink-Nickel-Schicht verwendet. Die Korrosionsbeständigkeit von Zink-Nickel im Vergleich zu reinem Zink ist nun schon in der Basisschicht um ein Vielfaches höher und verbessert den Korrosionsschutz der Verschraubung. Der weitere Schichtaufbau ist ähnlich wie bei

verzinkten Verschraubungen. Nach der Zink-Nickel-Beschichtung erfolgt eine Chrom(VI)-freie Passivierung und anschließend ebenfalls eine Versiegelung. Im Unterschied zu anderen Chrom(VI)-freien Schutzschichten wird bei der Versiegelung von VOSS Fluid eine anorganische Version eingesetzt. Diese ist nicht nur bedingt medienverträglich, sondern gewährleistet im Grundsatz die Kompatibilität mit allen in der Hydraulik üblichen Fluiden.

Ausschlaggebend für die Entscheidung, Zink-Nickel als Korrosionsschutz einzusetzen, war vor allem der Lebenslauf einer Hydraulik-Verschraubung. Dieser stellt durch Handling und Montage besondere Anforderungen an die Oberfläche. In der Praxis sieht es so aus, dass nach der Zerspaltung die galvanische Beschichtung der Einzelteile erfolgt. Diese werden anschließend im Hause des Herstellers über einen gewissen Zeitraum gelagert, bevor sie für nachfolgende Montageoperationen weiter verwendet werden. Danach werden diese entweder direkt zum Kunden ausgeliefert oder erneut, beispielsweise im Handel, eingelagert. Bereits bei der Montage bzw. beim Handling während des Transportes kann es zu Beschädigungen der Beschichtung kommen. Spätestens jedoch beim Einbau der Verschraubungen in die Hydraulikanlagen lassen sich Beschädigungen der Beschichtung nicht mehr vermeiden.

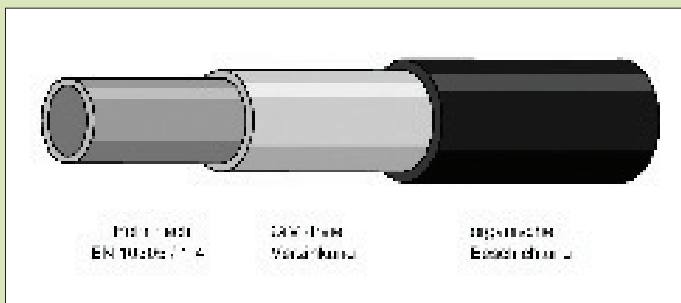
Bei Prüfungen durch ein angesehenes, unabhängiges Institut konnten die gewünschten herausragenden Korrosionsschutzeigenschaften der Zink-Nickel-Oberfläche von VOSS bestätigt werden. Es werden Standzeiten von mindestens 720 h bis zum ersten Auftreten von Rotrost im standardisierten Salzsprühnebeltest erzielt. Die Standzeit der Zink-Nickel-Basisschicht liegt

als Faustregel um den Faktor 10 höher, als eine herkömmliche Zink-Schicht. Seit mehr als drei Jahren setzt VOSS Fluid diese Form der Beschichtung als Standardbeschichtung für alle Produktreihen ein. Die in diesem Zeitraum gemachten Erfahrungen bestätigen die Ergebnisse aus dem Laborversuch. Insbesondere bei Anwendungen aus dem Bereich der Mobilhydraulik treten die herausragenden Korrosionsschutzeigenschaften von Zink-Nickel deutlich zu Tage.

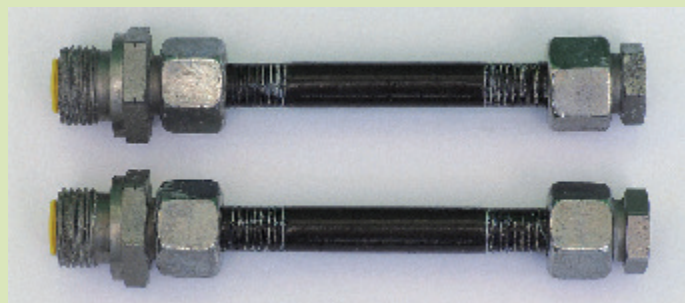
### **VDMA-Einheitsblatt 24576**

Was bis vor Kurzem noch fehlte, war eine standardisierte Bezeichnung für Chrom(VI)-freie Oberflächenschutzschichten von hydraulischen Bauteilen. Um diese Lücke zu schließen, bildete sich im VDMA ein Arbeitskreis, der sich mit dem Thema Chrom(VI)-freie Korrosionsschutzschichten für die Fluidtechnik befasste. Das VDMA-Einheitsblatt 24576 ist das Ergebnis dieser ein- und einhalbjährigen Bemühungen. Mithilfe dieses Einheitsblattes ist es möglich, Chrom(VI)-freie Korrosionsschutzschichten für fluidtechnische Bauteile mit einem kurzen und einprägsamen Kürzel zu benennen.

Das Revolutionäre an diesem neuen Einheitsblatt ist, dass nicht mehr der Aufbau der Schicht im Mittelpunkt der Bezeichnung steht, sondern deren Leistungsfähigkeit. Zur Definition dieser Leistungsfähigkeit wurden Korrosionsschutzklassen eingeführt. Diese Korrosionsschutzklassen (K1 bis K5) stellen unterschiedliche Anforderungen an die Schutzleistung der Schichten. In der höchsten Klasse sind es mindestens 720 h, die bis zum Auftreten von Rotrost gewährleistet sein müssen. Zurzeit erfolgt die Erarbeitung einer englischsprachigen Version.



3: Schematische Darstellung des Schichtaufbaus der BENTELER ZISTAPLEX®-Rohroberfläche



4: VOSSForm-Prüflinge aus dem Salzsprühnebeltest

Für den, der es etwas genauer haben möchte, bietet dieses Einheitsblatt aber auch die Möglichkeit, neben der Korrosionsschutzklasse z. B. den Schichtaufbau und die Farbe der Oberflächenbeschichtung zu definieren. So kann die Zink-Nickel-Beschichtung von VOSS mit der Kurzbezeichnung K5S6F2 vollständig bezeichnet werden, welche für die höchste aller Korrosionsschutzklassen mit silbergrauer Optik steht.

### ZISTAPLEX® – herausragender Korrosionsschutz für Rohre

Benteler Stahl/Rohr fertigt seit Jahren unter dem Namen ZISTA CRF® Chrom(VI)-verzinkte Präzisionsstahlrohre. Die Rohre werden u. a. als Leitungen im Fahrzeug und im Maschinen- und Anlagenbau eingesetzt. Bei zahlreichen Anwendungen werden jedoch höhere Anforderungen an die Beschichtung gestellt. Auch Beschädigungen der Oberfläche wie bei den Rohrverschraubungen durch Transport, Handling und Weiterverarbeitung führen in Verbindung mit dem fehlenden Selbstheilungseffekt der Chrom(VI)-freien Beschichtung zu einer Einschränkung der Korrosionsschutzeigenschaften. Als Lösung für diese Aufgabenstellung bietet Benteler Stahl/Rohr in der Chrom(VI)-freien Produktpalette geschweißte und nahtlose ZISTAPLEX®-Rohre an.

Beim BENTELER ZISTAPLEX® wird die Korrosionsbeständigkeit der verzinkten Rohre durch eine zusätzliche organische Beschichtung deutlich verbessert. Ist ZISTA CRF® gemäß dem VDMA-Einheitsblatt in die Korrosionsschutzklasse K3 einzuordnen, findet sich BENTELER ZISTAPLEX® in der höchsten Klasse K5 wieder. Die vollständige Bezeichnung lautet zum Beispiel für eine schwarze Oberfläche K5F3SX.

Neben dem herausragenden Korrosionsschutz verfügt BENTELER ZISTAPLEX® über eine extrem gute Verformbarkeit, welche auch nach kompletter Verarbeitung der Rohre allen Anforderungen gerecht wird. Dadurch entfallen kundenseitig vielfach aufwändige Verzinkungs- und Lackierarbeiten.

Das spezielle Herstellverfahren ermöglicht den flexiblen Einsatz verschiedener or-

### Korrosionsbeständigkeit der höchsten Klasse: K5

ganischer Beschichtungstypen. Neben der freien Farbauswahl können somit spezielle Anforderungen wie z. B. Temperatur- oder Chemikalienbeständigkeit erfüllt werden. Aus Gründen des Umwelt- und Mitarbeiterschutzes wird ein lösemittelfreies Verfahren eingesetzt. Dieses erfüllt damit gleichzeitig die Anforderungen der EU-Lösemittelverordnung.

Das Verfahren gewährleistet zudem eine gleichmäßige Schichtverteilung, Dies sorgt für einen einheitlichen Korrosionsschutz über das gesamte Rohr und ermöglicht die Verwendung der gängigsten Rohrverschraubungen nach DIN und SAE ohne ein vorheriges Entfernen der Beschichtung.

### Zusammenspiel der Komponenten

Mit der Verfügbarkeit der ZISTAPLEX®-Rohre von Benteler Stahl/Rohr ergibt sich die Fragestellung, inwieweit das System Rohrverschraubung-Rohr miteinander harmonisiert.

Zielsetzung eines gemeinsamen Projektes der Firmen Benteler Stahl/Rohr und VOSS

war es daher, durch geeignete Tests und Prüfungen zu untersuchen, welche Ergebnisse mit dieser Kombination erzielt werden können. Das gemeinschaftlich festgelegte Untersuchungsprogramm umfasst einerseits Korrosionsschutzprüfungen und andererseits statische und dynamische Festigkeitsprüfungen der Verbindungen.

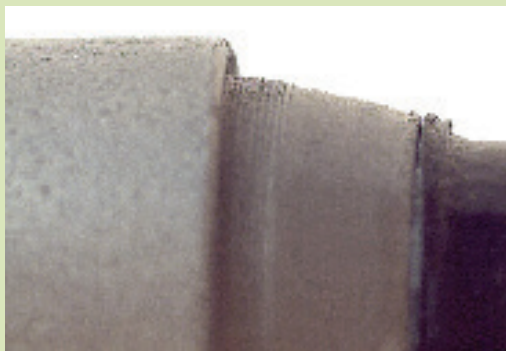
Als Prüfmuster wurden ZISTAPLEX®-Rohre der Firma Benteler Stahl/Rohr gemäß EN 10305-4 der Größe 12 x 1,5 ausgewählt. Als typische Rohrverbindungs-Systeme wurden einerseits der 2S plus-Schneidring von VOSS und andererseits das Rohrverbindungssystem VOSSForm SQR definiert.

### Versuchsprogramm

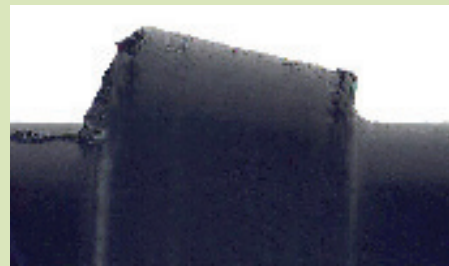
Gemäß der Montageanleitung für 2S plus-Schneidringe erfolgte zuerst die Vormontage der Schneidringe auf dem Hydraulikrohr mit dem VOSS-Vormontagerät Typ 90 Basic. Um die korrekte Montage aller Prüflinge zu gewährleisten, wurden stichprobenartig Rohreinschnitte mittels eines Schlibfbildes überprüft.

Die vormontierten Rohre wurden anschließend einer Dichtheits- und Berstdruckprüfung bzw. zur Überprüfung der dynamischen Festigkeit, einer Druckimpulsprüfung (1 Mio. Lastwechsel bei 1,33-fachem Nenndruck) unterzogen. Zusätzlich zu diesen Standardprüfungen wurde eine Berstdruckprüfung an endmontierten Rohren durchgeführt, die zuvor einer Temperaturwechselbelastung unterzogen wurden. Die Temperaturwechselprüfung erfolgte, um den Einfluss der 50 µm dicken äußeren Kunststoff-Schicht zu ermitteln. Hierbei wurden die Rohre auf -20 °C abgekühlt, 3 h gehalten, auf +80 °C erwärmt und





5: Montierter 2S plus-Schneidring auf BENTELER ZISTAPLEX®-Rohr



7: Umgeformtes VOSSForm-Rohrende des BENTELER ZISTAPLEX®-Rohres



6: Korrekter Einschnitt des Schneidrings in das Rohr



8: Entfall des nachträglichen Lackierens der Bauteile

auf diesem Temperaturniveau ebenfalls 3 h gehalten mit 10 Wiederholungen des Zyklus. Alle Druckprüfungen wurden bezogen auf einen Nenndruck der Rohre von 300 bar durchgeführt.

Ein identisches Untersuchungsprogramm erfolgte mit umgeformten Rohren des VOSSForm-Systems. Bei diesem Verbindungssystem wurde das Versuchsprogramm um eine Salzsprühnebelprüfung der endmontierten Rohre ergänzt.

## Versuchsergebnisse

### 2S plus

Es bildet sich eine leicht aufgeworfene Beschichtung oberhalb des Materialaufwurfs vor der Schneidring-Stirnfläche. Für die einwandfreie Funktion der Hydraulikanlage werden lose Beschichtungsreste einfach vor dem Einbau entfernt. Dieser Vorgang gestaltet sich durch ein einfaches Abwischen problemlos. Die mit den so präparierten Prüfröhren durchgeführten Dichtheits-, Berstdruck- und Druckimpulsprüfung wurden allesamt bestanden.

### VOSSForm

Wie schon bei der Schneidringverbindung müssen lose Beschichtungsreste durch ein Abwischen entfernt werden. Dadurch wird eine korrekte Montage und Wiederholmontage sichergestellt. Die anschließend durchgeführten Dichtheits-, Berstdruck- und Druckimpulsprüfungen wurden auch von den mit VOSSForm montierten Rohren allesamt bestanden. Auch die Rohre, die einer vorgelagerten Temperaturwechselbelastung unterzogen wurden, zeigten keine Ausfälle.

Interessant bei den mit VOSSForm umgeformten Rohren sind die Ergebnisse der Salzsprühnebelprüfung. Diese zeigen auch

nach 720 h in der Salzsprühkammer keine Grundmetallkorrosion.

## Ergebnisse aus dem Einsatz

Gemeinsam mit der Firma Goldhofer wurde das durch VOSS und Benteler Stahl/Rohr geprüfte System zur Verrohrung eines Schwerlasttransporters eingesetzt. Die Firma Goldhofer, mit Sitz in Memmingen, gehört zu den weltweit führenden Herstellern von Spezialtransportfahrzeugen. Auf dem rund 120 000 m<sup>2</sup> großen Betriebsgelände fertigen etwa 1 050 Mitarbeiter Fahrzeuge für einen Nutzlastbereich von 25 bis 10 000 t. Bisher wurden mehr als 32 000 Fahrzeuge in über 70 Länder der Erde geliefert.

Zur weiteren Verbesserung der internen Abläufe und um die Qualität Ihrer Produkte weiter zu verbessern, erprobt Goldhofer gemeinsam mit VOSS und Benteler Stahl/Rohr den Einsatz des VOSSForm-Systems in Kombination mit ZISTAPLEX®-Rohren. Die dabei gewonnenen Erfahrungen im Bereich der Montage waren durchweg positiv. Der Schwerlasttransporter befindet sich nun im Feldtest beim Kunden.

Durch den Einsatz von Zink-Nickel in Verbindung mit ZISTAPLEX® konnte Goldhofer die internen Abläufe der Produktion/Montage erheblich verbessern. Der herausragende Korrosionsschutz der Bauteile ermöglicht es der Firma Goldhofer, auf das nachträgliche aufwändige Lackieren der Hydraulikeinheiten zu verzichten.

Insbesondere sind nun die in der Lackiererei nur schwer erreichbaren Stellen nochmals deutlich besser gegen korrosive Angriffe aus der Umgebung geschützt. „Durch die Wahl von VOSS Zink-Nickel und ZISTAPLEX® der Firma Benteler Stahl/Rohr können wir die hervorragende Qualität un-

serer Produkte noch weiter steigern“, so Herr Unglert, Industriemeister Hydraulik bei Goldhofer.

## Zusammenfassung

Die Testergebnisse bestätigen das perfekte Zusammenspiel von VOSS Zink-Nickel und ZISTAPLEX®. Die Korrosionsbeständigkeit der höchsten Klasse K5, gemäß dem VDMA-Einheitsblatt, wird problemlos erreicht. Die Beschichtung der Rohre behindert die Funktion der VOSS 2S plus-Schneidringverbindung sowie des Rohrumformsystems VOSSForm in keinsten Weise. Die Firma Goldhofer bestätigt mit ihrem hohen Anspruch auf leakagefreie und korrosionsbeständige Verbindungen die Leistungsfähigkeit der Produktpaarungen unter realen Praxisbedingungen.

VOSS FLUID  
5202070

WWW

www.vfv1.de/#5202070