

Extreme Maßnahmen für extreme Umgebung



Kolbenstangenbeschichtungen für maritime Einsätze: Teil 1

Kolbenstangen von Hydraulikzylindern sind bei Einsätzen im maritimen Bereich in hohem Maße korrosionsgefährdet. Welche Probleme aufgrund welcher Ursachen auftreten können und welche Gegenmaßnahmen Abhilfe bringen, erläutert ein Insider im Rahmen eines zweiteiligen Fachbeitrags. *von Dr.-Ing. MBA Ingo Rühlicke*

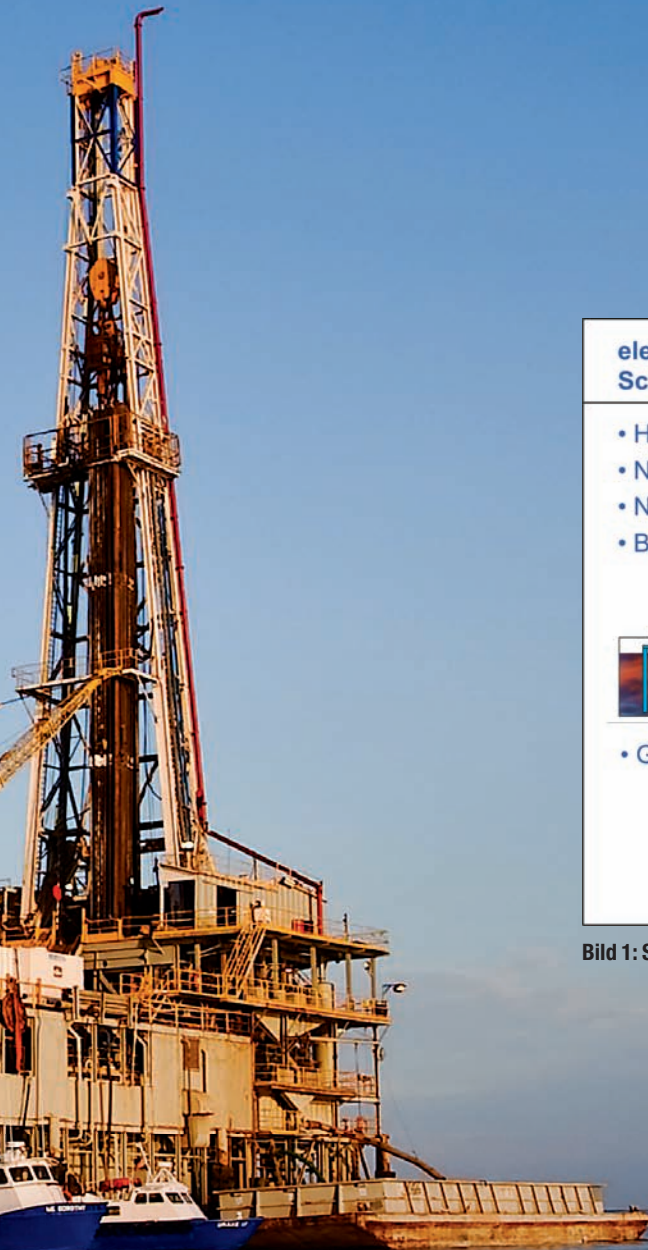
Diesen Beitrag können Sie sich im Internet unter www.fluid.de downloaden

▶▶▶ Kolbenstangen werden als kraftübertragende Elemente in Hydraulikzylindern eingesetzt. Ihre Oberflächen müssen daher zum Einen die Funktion des Gegenlaufpartners zu den Dicht- und Führungselementen erfüllen und folgerichtig in der Lage sein, unterschiedlichste statische und dynamische Lasten aufnehmen zu können. Zum Anderen muss die Beschichtung der Kolbenstangen ausreichenden, an die Anwendung angepassten Korrosions- und Verschleißschutz sicherstellen. Das gilt insbesondere für Einsätze in maritimer Umgebung, denn nur so lässt sich eine

ausreichende Lebensdauer des gesamten Systems erreichen. Darüber hinaus werden Hydraulikzylinder auch in extrem korrosiven und schwer zu wartenden Bereichen wie beispielsweise Spritzwasserzonen eingesetzt. Auch das erfordert die Verwendung hochleistungsfähiger Schichtsysteme. Doch wie eigentlich lassen sich die Einsatzbedingungen richtig bewerten, um die jeweils geeignete Beschichtung auswählen zu können? Und welche Testverfahren und Abnahmekriterien zur Qualifizierung der Schichten sind anzuwenden? Für Einsätze im maritimen Bereich werden

aktuell hauptsächlich elektrochemische Schichten, Spritzschichten und Schweißschichten appliziert. Andere Verfahren, wie beispielsweise das Vapour Deposition Coating, konnten bislang keine nennenswerte Verbreitung im Hydraulikzylinderbau finden. In Bild 1 sind die wichtigsten verfügbaren Verfahren mit den jeweils verarbeitbaren Materialien aufgelistet.

Im Offshore-Bereich werden vor allem galvanisch aufgetragene Nickel-Chromschichten, thermisch gespritzte Metalloxid- und Karbidschichten sowie geschweißte Schichten eingesetzt. Die



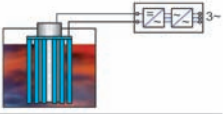
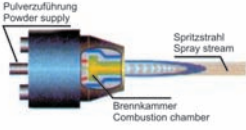
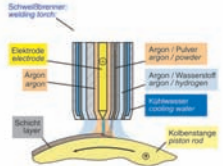
elektrochemische Schichten	Spritzschichten	Schweißschichten
<ul style="list-style-type: none"> • Hartchrom • Nickel • Nickel / Chrom • Bronze  <ul style="list-style-type: none"> • Galvanik 	<ul style="list-style-type: none"> • Metalle • Metalloxide • Carbide • Kunststoffe  <ul style="list-style-type: none"> • Lichtbogenspritzen • Flammsspritzen • Kaltgasspritzen • HVOF- Spritzen • Plasmaspritzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Metalle  <ul style="list-style-type: none"> • Lichtbogen-schweißen • UP- Schweißen • PTA- Schweißen • Laserschweißen

Bild 1: Schichtsysteme für Einsätze im maritimen Bereich und dazu verarbeitbare Werkstoffe.

Auswahl der geeigneten Schicht erfolgt durch den Anwender oder den Hydraulikzylinderhersteller. Bestimmend dabei: Einsatzerfahrungen sowie qualifizierende Tests. Oftmals werden als Entscheidungshilfe auch Empfehlungen unabhängiger Institutionen, beispielsweise Germanischer Lloyd, DNV oder ABS hinzugezogen. Das Fehlen einer einheitlichen, umfassenden Richtlinie lässt leider aber immer noch genügend Spielraum für Irrtümer, Halbwissen und Fehlentscheidungen.

Im Rahmen eines mehrjährigen Joint Industry Project (JIP), an dem DNV, Off-

shore- Ausrüster, Endanwender sowie Hydraulikzylinderhersteller mitwirkten, wurden daher Empfehlungen für den Einsatz sowie die Eignung von Beschichtungen erarbeitet. Das JIP mit der Bezeichnung „Guideline for qualification of wear and corrosion protective surface materials for piston rods and other components“ wurde im vergangenen Jahr abgeschlossen. Die Unterlagen in Form einer Richtlinie stehen Hydraulikzylinderherstellern, Ausrüstern und Anwendern zur Verfügung.

Eine wesentliche Grundlage für die Auswahl der geeigneten Kolbenstan-

genbeschichtung ist die einheitliche Klassifizierung der Einsatzbedingungen. Bild 2 bietet dazu einen Überblick über die Korrosionskategorien in Anlehnung an EN ISO 12944-2. Im Wesentlichen werden drei Korrosionskategorien spezifiziert – Marineatmosphäre, Spritzwasserzone sowie der Unterwasserbereich. Sämtliche Korrosionszonen weisen hohe bis sehr hohe Korrosivität auf. Weitere Differenzierungsmerkmale, wie beispielsweise unterschiedliche Umgebungstemperaturen innerhalb einer Korrosionszone, werden dabei nicht berücksichtigt.

Environment	Industrial atmosphere	Potable and fresh water	Brackish and saltwater		Marine atmosphere	
			Splash zone	Submerged	Open	Sheltered
Corrosivity	Very low to very high corrosivity	Low – Medium corrosivity	Very high corrosivity	High corrosivity	Very high corrosivity	High to very high corrosivity
Category ¹⁾	C1, C2, C3, C4, C5-I	Im1	C5-M / Im2	Im2	C5-M	C5-M
General description	Various industrial conditions	Rain water – treated water	Seawater (estuaries and coastal areas)	Seawater in the open oceans	Seawater salts and varying humidity levels	Local seawater salts and varying humidity levels
Salinity		1 - 300 ppm	2.5 -3.5 %	2.5 -3.5 %	2.5 - 7 %	2.5 -15 %
pH		6 -9	7.5 - 8.5	7.5 - 8.5	6-9	3-10
Temperature		1 -30	-2 to 30	-2 to 30	-20 to 50	-20 to 50
Humidity, RH		-----	100 %	-----	30 -100 %	10 -100 %
Pollution		Low	Low	Low	Low to high	Low to high

¹⁾ Corrosivity categories acc to EN-ISO-12944-2

Bild 2: Korrosionskategorien, abgeleitet aus dem DNV Report No. 2009-3295, Rev.0.



Quelle: DNV, JIP Phase II Report

Für die Auswahl und Qualifizierung einer geeigneten Beschichtung empfiehlt sich deshalb die Anwendung der in Bild 3 dargestellten Methodik aus dem DNV-JIP-Report. Sämtliche Schritte werden dabei durch detaillierte Empfehlungen zu Beschichtungsverfahren, Materialien und Tests sowie in Tabellenform zusammengefasste Einsatzerfahrungen belegt.

Einsatzerfahrungen mit Kolbenstangenbeschichtungen im maritimen Bereich basieren leider zumeist auf der Try-and-error-Methode. Das stellt viele Lieferanten-Kundenbeziehungen oftmals auf eine harte Probe. Denn selbst Lösungen, die sich über einen langen Zeitraum bewährten, können aufgrund veränderter Fertigungsbedingungen oder eines neuen Einsatzortes plötzlich versagen. Hinzu kommt, dass den zuständigen Personen – normalerweise Spezialisten auf einem völlig anderen Gebiet – die tatsächlich wirkenden Korrosionsschadensmechanismen nicht bekannt sind.

Im maritimen Bereich lassen sich fünf wesentliche Ausfallursachen für Kolbenstangenbeschichtungen identifizieren:

- Unterrostung
- Pitting-Bildung (Lochfraß)
- Spaltkorrosion
- Elektrochemische Korrosion
- Mechanisches Schichtversagen

Während Unterrostung hauptsächlich Chrom und Nickel- Chromschichten sowie alle Spritzschichten betrifft, können die anderen Ausfallursachen alle Arten von Kolbenstangenbeschichtungen und auch unbeschichtete Kolbenstangen aus seewasserfesten Stählen betreffen.

Viele Schadarten sind möglich

Unterrostung ist das Versagen der Kolbenstangenbeschichtung aufgrund unzureichender Abdeckung des Kolbenstangengrundmaterials. Dabei tritt Korrosion am Grundmaterial auf, die Schicht selbst ist zumeist aber nicht korrodiert. Bei Hartchromschichten wiederum gibt die Mikrostruktur den Weg für das korrosive Medium bis hinunter zum Grundwerkstoff frei, bei thermischen Spritzschichten ist die Porosität der Schicht dafür verantwortlich. Die Schichtporosität thermischer Spritzschichten beträgt, in Abhängigkeit von Spritzverfahren und Schichtmaterial, lediglich zwischen 0,1 und etwa fünf Prozent. Zudem wird die Schicht aus Gründen der hydraulischen Funktionssicherheit und des Korrosionsschutzes noch versiegelt. Das bedeutet allerdings auch, dass der Korrosionsschutz der Spritzschicht entscheidend von der Beständigkeit des verwendeten Sieglers abhängt. Das Schichtversagen wird oftmals erst durch das von

expandierenden Korrosionsprodukten verursachte Abheben der Schicht vom Grundmaterial sichtbar. Das wiederum bedeutet Verlust von Maß- und Oberflächengüte der Kolbenstangenbeschichtung. Folge: sofortiger Ausfall der Dichtelemente im Hydraulikzylinder.

Bild 4 verdeutlicht die Unterrostung einer Metalloxidbeschichtung an einem Hydraulikzylinder, der in einem Brückenbauwerk für Servicezwecke eingesetzt wird. Der Hydraulikzylinder wird nur einmal im Jahr benutzt, die Kolbenstange ist immer ausgefahren und der Marineatmosphäre ausgesetzt. Erkennbar ist die scharfe Grenze zwischen unterrostetem und noch intaktem Schichtbereich. Untersuchungen ergaben, dass die unterrostete Seite die der Sonne zugewandte Südseite des Hydraulikzylinders ist. Als Ausfallursache wird ein Zusammenspiel aus Versagen des Sieglers nach intensiver UV-Belastung und erhöhter Salzkonzentration auf der Schicht durch stärkere Erwärmung und Verdunstung angenommen. Ein Beispiel dafür, wie schwierig es ist, die Einsatzbedingungen korrekt zu beschreiben, da unter gleichen Umgebungsbedingungen eine Beschichtung sehr schnell versagen, aber auch für sehr lange Zeit funktionieren kann.

Unter Pittingbildung (Lochfraß) versteht man das Versagen der Kolbenstan-

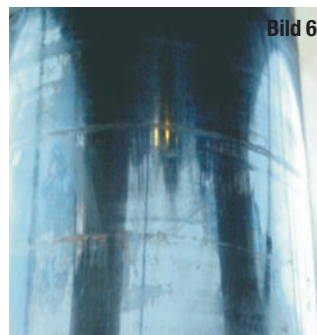
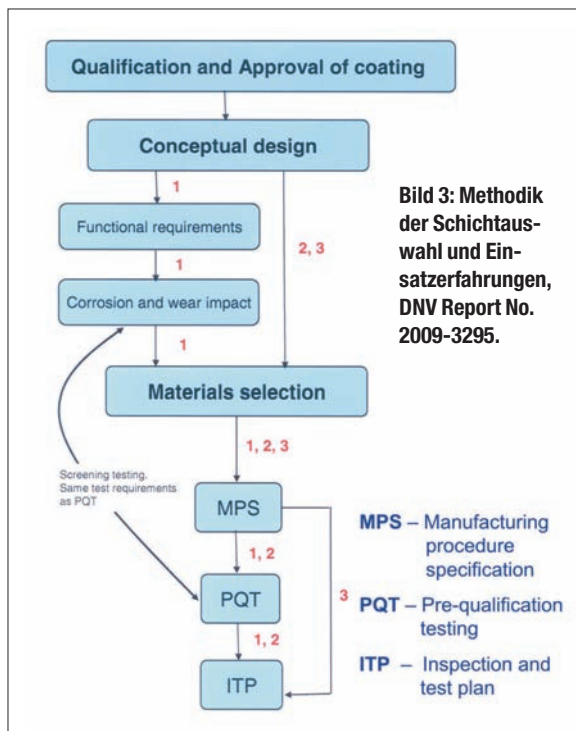


Bild 4: Beispiel für Unterrostung einer Metalloxidbeschichtung.
Bild 5: Beispiel einer Pittingbildung an einer Nickel-Chrom-Beschichtung.
Bild 6: Beispiel für Spaltkorrosion an einer Metalloxidbeschichtung.

genbeschichtung aufgrund lokal begrenzter Korrosion der Schicht. Das Kolbenstangenrundmaterial bleibt dabei so lange unversehrt, bis die Korrosionstiefe die Schicht durchdrungen hat. Anschließend kann sich der durch zusätzliche elektrochemische Korrosion mehrerer beteiligter Elemente bedingte Korrosionsprozess deutlich beschleunigen. Ursache für Pittingbildung ist mithin die lokale Aufhebung der Passivierung des schützenden Schichtmaterials.

Schäden fallen anfangs kaum auf

Dabei wird Sauerstoff durch Chloridionen verdrängt, die Stelle ist dann nicht mehr durch eine Oxidschicht geschützt. Da die Korrosion anfangs nur einige Bereiche der Kolbenstange betrifft, tritt das Versagen des Hydraulikzylinders nicht unbedingt unmittelbar ein. Fährt allerdings eine durch Pittings beschädigte Stelle der Kolbenstange über die Dichtkante der Stangendichtung, wird diese beschädigt und es tritt äußere Leckage auf.

Bild 5 zeigt Pittings in der Nickel-Chromschicht eines Hydraulikzylinders, eingesetzt in der Passagierbrücke eines Fähranlegers. Der dargestellte untere Bereich der Kolbenstange fährt praktisch nie in den Hydraulikzylinder ein und ist somit stets der Marineatmosphäre ausgesetzt.

Der zum normalen Hubbereich des Hydraulikzylinders gehörende Teil der Kolbenstangenoberfläche hingegen wird des öfteren in den Ölraum gefahren, er ist frei von Korrosion. Aus diesem Grund konnte die Gesamtanlage auch weiterhin störungsfrei betrieben werden, ohne eine Beschädigung der Kolbenstangenabdichtung zu befürchten. Spaltkorrosion ist definiert als Versagen der Kolbenstangenbeschichtung aufgrund lokal begrenzter Korrosion der Schicht in engen Spalten. Ähnlich wie bei Pittingbildung bleibt das Kolbenstangenrundmaterial dabei so lange unversehrt, bis die Korrosionstiefe die Schicht durchdrungen hat. Danach kann sich der Korrosionsprozess, beschleunigen. Ursache für Spaltkorrosion ist der Konzentrationsunterschied eines korrosiven Mediums im Spalt und Außenspaltbereich. Die mit dem Unterschied einhergehende Potentialdifferenz führt zu elektrochemischer Korrosion im Spalt. Das Material des spaltbildenden Partners kann beliebig sein.

Von Spaltkorrosion sind lediglich jene Bereiche der Kolbenstangenbeschichtung betroffen, die sich konstruktionsbedingt in engen Spalten von maximal 0,5 mm befinden. Zusätzlich ist eine gewisse, wenn auch nur kurze, Einwirkzeit erforderlich. Typische konstruktionsbedingte Spalte an Kolbenstangen von Hydraulikzylindern sind

aufgeschraubte Gelenkaugen sowie Dicht- und Führungselemente im Zylinderkopf. So lange der Hydraulikzylinder bewegt wird, besteht keine Gefahr von Spaltkorrosion. Während Stillstandsphasen allerdings kann durch die Hubbewegung in den Zylinderkopf hineingezogenes Seewasser sehr schnell zu Spaltkorrosion führen.

Im Bild 6 sind aufgrund von Spaltkorrosion zerstörte Bereiche in der Metalloxidschicht eines Offshorezylinders zu erkennen. Der Zylinder wurde nach dem Probebetrieb und während der Überführung in eine Parkstellung gefahren, nachdem die Kolbenstange mehrfach aus dem Seewasser in den Zylinder eingefahren worden war. Dabei konnte unter dem Abstreifer hindurch Salzwasser zwischen die Kolbenstangenoberfläche und die Kunststoffführungselemente gelangen. Die Position der Führungselemente ist gut zu erkennen und stimmt exakt mit der Konstruktionszeichnung überein.

Der Schlussteil des Berichts erscheint in der März-Ausgabe der fluid

	webCODE	flu16512
Hunger Hydraulik		
www.hunger-hydraulik.de		
Direkter Zugriff unter www.fluid.de Code eintragen und go drücken		



Extreme Maßnahmen für ein extremes Umfeld – Teil 2



Kolbenstangenbeschichtungen für maritime Einsätze

Kolbenstangen sind bei Einsätzen im maritimen Bereich in hohem Maße korrosionsgefährdet. Die Korrosionsarten wurden in der vorigen Ausgabe beschrieben. Welche weiteren Probleme aufgrund welcher Ursachen auftreten können und welche Gegenmaßnahmen Abhilfe bringen, ist Thema des Schlussteils der Beitragsreihe. *von Dr.-Ing. MBA Ingo Rühlicke*

Diesen Beitrag können Sie sich im Internet unter www.fluid.de downloaden

▶▶▶ Elektrochemische Korrosion tritt dann auf, wenn zwei Metalle mit unterschiedlichem Potenzial durch einen Elektrolyten, beispielsweise Salzwasser, verbunden sind. Das chemisch unedlere Metall wird sich durch Korrosion auflösen, während das chemisch edlere Metall nicht angegriffen wird. Man kann Potenzialunterschiede aber auch künstlich erzeugen oder so verschieben, dass ein Schutzeffekt für bestimmte Komponenten erreicht wird. Das ist etwa beim kathodischen Schutzsystem der Fall, bei dem eine Fremdspannung so angelegt wird, dass das zu schützende Bauteil, beispielsweise der Schiffsrumpf, negativ kontaktiert wird und eine positiv kontaktierte Anode den Gegenpol im Seewasser bildet.

Wie aus Bild 2 ersichtlich, können allerdings unerwünschte Nebeneffekte auftre-

ten, welche die Schutzfunktion umkehren und bestimmte Komponenten kurzfristig durch elektrochemische Effekte zerstören. Die Bohrplattform ist mit einem kathodischen Schutzsystem ausgerüstet, das nicht nur den Schiffsrumpf, sondern auch den in das Seewasser eingetauchten unteren Teil der Kolbenstange schützt. Auch nach mehreren Monaten war keinerlei Korrosion an der mit einem Metalloxid beschichteten Kolbenstange festzustellen. Das Schutzsystem funktioniert mithin einwandfrei.

Ein unerwünschter Nebeneffekt trat jedoch innerhalb des Hydraulikzylinders am oberen Teil der Kolbenstange auf, der nicht der Seeatmosphäre ausgesetzt war. Obwohl das verwendete Hydraulikfluid auf Wasser-Glycol-Basis korrosionshemmende Eigenschaften aufweist, war die Kolbenstangenbeschichtung komplett zerstört,

unter der Schicht fanden sich Korrosionsprodukte. Die Bohrungsoberfläche des Zylinderrohres aus Stahl hingegen war frei von Korrosion. Die Analyse ergab, dass die aufgrund der Kunststoff-, Dicht- und Führungselemente nicht geerdete Kolbenstange eine Anode innerhalb des Zylinders bildete, das mit dem Schiffsrumpf verbundene Zylinderrohr jedoch die geschützte Kathode. Der Korrosionseffekt konnte sich jedoch nur einstellen, da das verwendete Hydraulikfluid gute elektrolytische Eigenschaften aufweist.

Risse sind kritisch

Mechanisches Schichtversagen kann aufgrund mechanischer Einwirkungen auf die Schicht, Verschleißes oder zu hoher statischer oder dynamischer Spannungsbelastung auftreten. Neben Materialabtrag, Kratzern und Deformationen sind vor allem Abplatzungen und Risse sehr kritisch, da sie meist zu kurzfristigem Versagen des Hydraulikzylinders führen.

Während bei Schweißschichten vor allem Risse kritisch sind, da sie bei dynamischer Belastung in das Kolbenstangenrundmaterial hineinwachsen, können sich galvanisch aufgebraute Schichten oder Spritzschichten bei Überlastung eher vom Grundmaterial ablösen.

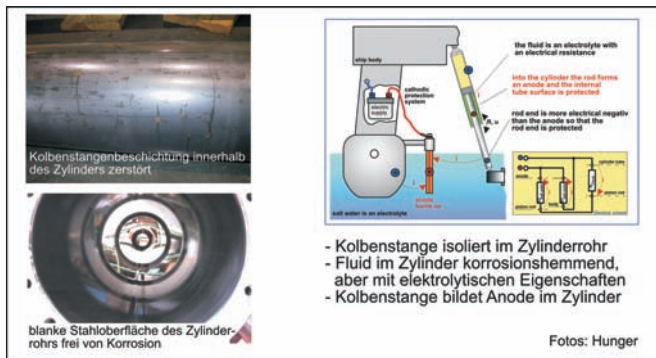


Bild 2: Elektrochemische Korrosion einer Kolbenstange durch kathodisches Schutzsystem.



Bild 3: Mechanisches Schichtversagen durch Abplatzen.

Bild 3 zeigt eine Chromkarbid- Nickelchrom Schicht, die sich großflächig von der Kolbenstange abgelöst hat. Der Hydraulikzylinder war einer dynamischen Belastung ausgesetzt, die einwirkenden Spannungen zerstörten die Haftung der Schicht auf dem Grundmaterial. Der Schaden an der Schicht führte zu sofortiger Zerstörung der Dicht- und Führungselemente im Zylinderkopf und damit zum Ausfall des Hydraulikzylinders.

Mindestvoraussetzung: Salzsprühtest

Aktuell übliche Testverfahren zur Bewertung von Kolbenstangen für maritimen Einsatz wurden schrittweise an geänderte Anforderungen angepasst. Wurde beispielsweise vor zehn Jahren oftmals noch ein erfolgreich absolvierter Salzsprühtest über 1000 Stunden als alleiniger Korrosionsschutznachweis als ausreichend erachtet, wird er bei den heutigen Akzeptanzkriterien nur noch als Mindestvoraussetzung angesehen. Dennoch stehen selbst die aktuell geltenden Testverfahren lediglich als Empfehlung für Minimalkriterien, die von

der Kolbenstangenbeschichtung erfüllt werden sollten. Die Übertragbarkeit der Testergebnisse auf einen konkreten Einsatzfall ist nach wie vor schwierig, eine Garantie für den Erfolg oder Misserfolg einer Schichtauswahl lässt sich aus den Testergebnissen nicht direkt ableiten. Zur Charakterisierung von Kolbenstangenbeschichtungen sind folgende Untersuchungen von Bedeutung:

- Schichtdesign (Metallografie, Porositätsanalyse, visuelle Bewertung)
- Haftung auf dem Substrat (Haftzugtests)
- mechanische Eigenschaften (Mikrohärte, Biegetest, Verschleißtest)
- Korrosionsfestigkeit (Salzsprühtest, Saline Droplet Test, elektrochemischer Porositätstest, Pitting Corrosion Test)

Da für die Untersuchung von Schichtdesign, Haftung und mechanischen Eigenschaften oftmals vorhandene Standards unverändert herangezogen werden können, soll im Folgenden nur auf einige ausgewählte Testverfahren bezüglich der Korrosionsfestigkeit eingegangen werden.

Salzsprühtests werden in Europa üblicherweise nach DIN 50021 SS/ESS oder DIN EN ISO 9227 durchgeführt. Sie liefern hinreichende Ergebnisse bei Hartchrom, Nickel-Chrom- und vielen Spritzschichten. Für Schweißschichten mit Eignung im maritimen Bereich liefern Salzsprühtests üblicherweise keine Ergebnisse.

Mit Salzsprühtest lassen sich Korrosion durch Unterwanderung der Schicht sowie eventuell Pittings in einer metallischen Schicht nachvollziehen. Bewertungskriterium sind dabei Testdauer sowie der Zustand der Schicht. Es erwies sich auch als sinnvoll, Prüfkörper, die den Test ohne Korrosionserscheinungen absolviert haben, in der Folge unter Raumklima-Bedingungen zu beobachten. Derart lassen sich Korrosionsherde unterhalb der Schicht erkennen, die noch keine Korrosionsprodukte an die Schichtoberfläche transportiert oder Schichtabhebung verursacht haben. Die Prüfkörper (Bild 4) zeigen deutlich die unterschiedliche Leistungsfähigkeit von Hartchrom- und Metalloxid-Beschichtung bezüglich des Korrosionsschutzes.

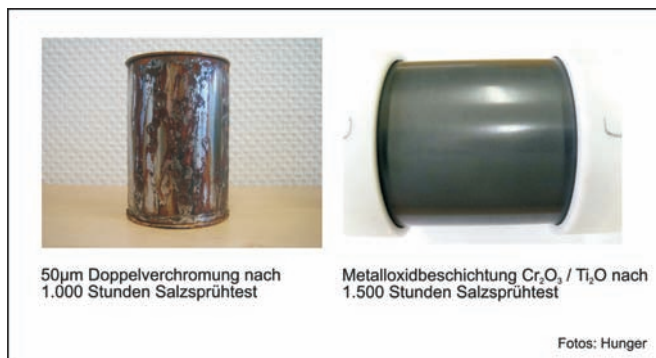


Bild 4: Prüfkörper nach dem Salzprüfetest.

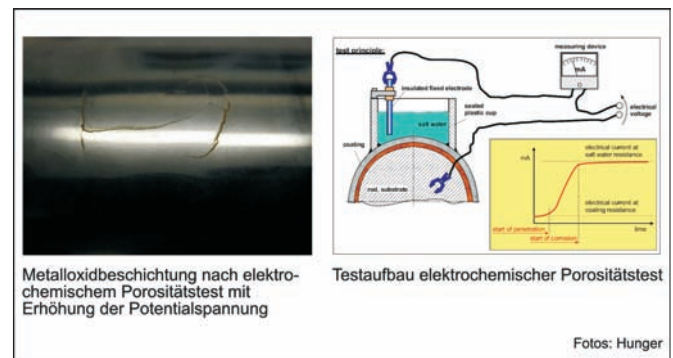


Bild 5: Verfahren und Prüfkörper zum elektrochemischen Porositätstest.

Dichtigkeitsuntersuchungen von Kolbenstangenbeschichtungen erfolgen mittels elektrochemischen Porositätstests nach DNV-C2-Testmethode. Der Test wird vor allem bei galvanisch aufgetragenen Schichten sowie thermisch applizierten Spritzschichten zur Ermittlung von Mikrorissen und Porosität, welche die gesamte Schicht durchdringen, herangezogen. Für Schweißschichten, die eine sehr hohe Dichtigkeit aufweisen, ist dieser Test zu meist nicht verwendbar.

Zum Ablauf: Auf die Beschichtung wird zunächst eine mit künstlichem Seewasser gefüllte Prüfkammer aufgesetzt. Anschließend werden der Prüfling direkt und das Seewasser über eine Elektrode kontaktiert. Sodann erfolgt das Anlegen einer definierten Potentialspannung. Eine Prüftemperatur kann vereinbart werden. Während des Versuches wird die Stromdichte überwacht. Überschreitet der positive Anodenstrom den Wert $1\mu\text{A}/\text{cm}^2$, liegt aktive Auflösung oder Korrosion vor.

Für Offshore-Beschichtungen sollte die Prüfdauer mindestens 500 Stunden betra-

gen, der Anodenstrom darf den Wert $1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ nicht überschreiten. Alternativ kann die Versuchs-Potentialspannung erhöht werden, bis Korrosionsprodukte an der Schichtoberfläche sichtbar werden oder die Beschichtung aufreißt (Bild 5).

Testübertragung oftmals schwierig

Der Pitting Corrosion Test nach DNV-C3, ASTM G48- Methode A, modifiziert, dient der Bestimmung der Lochfraßbeständigkeit einer metallischen Schicht. Es handelt sich um einen sehr aggressiven Test, der bereits nach 24 oder 48 Stunden Ergebnisse liefert. Allerdings erweist sich eine direkte Übertragung der Testergebnisse auf reale Offshore-Bedingungen als schwierig.

Zum Ablauf: Auf die Beschichtung wird eine Prüfkammer mit sechszehntigem FeCl₃ gesetzt. Prüfling und Lösung werden durch ein umgebendes Wasserbad auf die spezifizierte Prüftemperatur temperiert. Nach Ablauf der Prüfzeit wird der Testbereich gereinigt und unter dem Mikroskop auf Korrosionserscheinungen hin untersucht. Der Versuch kann bei schrittweise

erhöhter Temperatur so lange wiederholt werden, bis die Schicht Korrosion in Form von Pittings aufweist. Derart lässt sich die Pitting Corrosion Temperature (PCT) der metallischen Schicht bestimmen. Für den maritimen Bereich wird eine PCT von mindestens 35 bis 40 Grad Celsius empfohlen. Die im Test ermittelte PCT kann jedoch nicht direkt auf die Einsatztemperaturgrenze bezogen werden. Zusätzlich kann eine Ruhepotenzialmessung während des Versuches durchgeführt werden, welche ein Ranking der Korrosionsbeständigkeit gegenüber Lochkorrosion erlaubt.

Fazit: Es gibt nicht die eine Kolbenstangenbeschichtung für den maritimen Bereich. Die Schichtauswahl sollte aufgrund der Einsatzbedingungen und nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten erfolgen.

de	webCODE	flu16513
Hunger Hydraulik		
www.hunger-hydraulik.de		
Direkter Zugriff unter www.fluid.de Code eintragen und go drücken		