



Trainingsdokument CD-Tester

Bestimmung der Beständigkeit von Beschichtungen gegen kathodische Ablösung in Meerwasser gemäß den folgenden Normen/Standards/Richtlinien:

- ASTM G-8
- ASTM G-42
- DIN 30 670
- DIN EN ISO 15711
- ISO 21809 Teil 1 Anhang H

Juni 2026

VERSIONSHISTORIE

Commit	Datum	Autor	Änderung / Nachricht
9767995	12.06.2026 13:57	Jasmin Zenz	Initiale Erstellung des Dokuments
da68aa8	12.06.2026 19:14	Jasmin Zenz	Anfertigen der deutschen Übersetzung.
b19d327	17.06.2026 08:23	Jasmin Zenz	Kleinere Korrekturen

Inhaltsverzeichnis

VERSIONSHISTORIE	2
1 EINLEITUNG	4
1.1 Allgemeine Informationen	4
1.2 Anwendung	4
1.3 Merkmale	4
1.4 Beschreibung der Methode	5
2 DURCHFÜHRUNG DES TESTS	6
2.1 Komponenten	6
2.2 Durchführung	6

1 EINLEITUNG

1.1 Allgemeine Informationen

Es gibt verschiedene Methoden zur Untersuchung von Farben und Lacken, die allgemein als Beschichtungen und Beschichtungsstoffe bezeichnet werden und für die in der Regel entsprechende Vorschriften gelten.

Im vorliegenden Fall geht es um die sogenannte kathodische Ablösung von Farben in Bereichen, die Beschädigungen aufweisen. Der Anwendungsbereich dieser Bauteile liegt typischerweise in Meerwasserumgebungen.

Die sogenannte kathodische Ablösung tritt im Zusammenhang mit dem kathodischen Korrosionsschutz von Bauteilen auf. Ziel des kathodischen Korrosionsschutzes ist es, Bauteile, deren Beschichtung durch mechanische Einwirkung beschädigt wurde, zusätzlich vor Korrosion zu schützen. Ein solcher kathodischer Korrosionsschutz kann z. B. durch eine Opferanode oder auch durch eine externe Stromquelle realisiert werden.

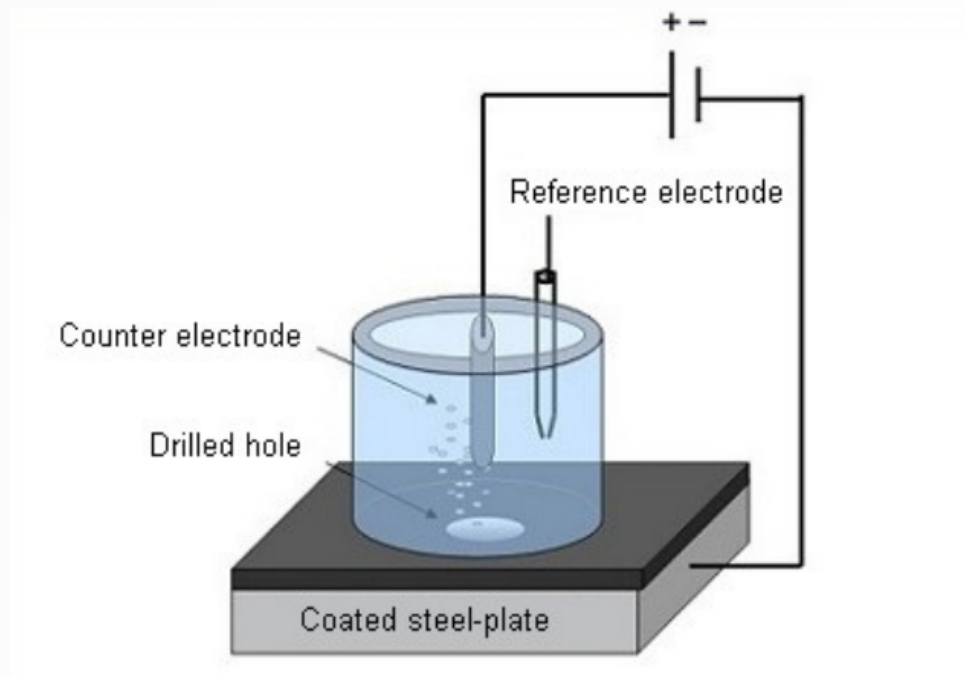
1.2 Anwendung

Prüfung der Haftfestigkeit von Kunststoffbeschichtungen auf Stahl.

1.3 Merkmale

Die Beschichtung einer Probe wird gezielt beschädigt, sodass das Stahlsubstrat freigelegt wird. Diese Probe wird dann gegenüber einer Anode kathodisch polarisiert, d.h. der Stahl wird an den Minuspol einer regelbaren Stromquelle angeschlossen (die Stahlprobe wird mit Elektronen überladen). Nach der Prüfung wird die Beschichtung entfernt und das Ausmaß der Infiltration bewertet.

1.4 Beschreibung der Methode



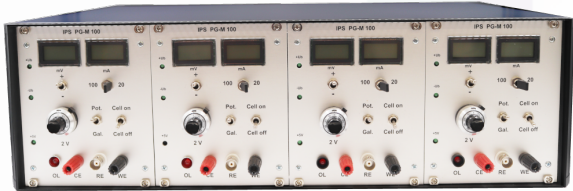
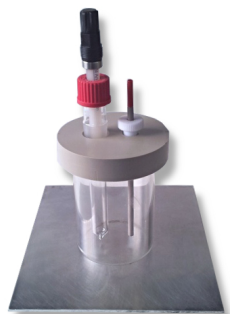
Die kathodische Unterwanderung (CD-Test, cathodic disbondment) untersucht die Anfälligkeit von Beschichtungen für Delamination an einer durch kathodischen Korrosionsschutz verursachten Stelle. Der Test liefert zudem Informationen über die Qualität einer Beschichtung, da die Oberflächenvorbereitung und der Auftrag Einfluss auf die kathodische Infiltration haben. Der CD-Test simuliert die Bedingungen, die an einer Leckstelle auftreten, entweder durch kathodische Schutzströme oder durch Wasserstoffbildung. Die Beschichtung einer Probe wird gezielt beschädigt, sodass das Stahlsubstrat freiliegt. Diese Probe wird dann gegenüber einer Anode kathodisch polarisiert, d. h. der Stahl wird an eine einstellbare Stromquelle am Minuspol angeschlossen.

2 DURCHFÜHRUNG DES TESTS

2.1 Komponenten

Um den Test durchzuführen, muss zunächst die Vollständigkeit aller Komponenten überprüft werden. Diese sind wie folgt:

- Probe: (Stahlplatte mit einer definierten Beschädigung, typischerweise einem Defekt, der mit einem 6-mm-Bohrer erzeugt wurde. (Der Defekt sollte sich in der Mitte der Platte befinden.) Der Defekt sollte sich in der Mitte der Platte befinden). Um den Potentiostaten zu kontaktieren, muss die Probe einen weiteren Defekt am Rand oder ein 4-mm-Loch aufweisen. Ein Bananenstecker kann direkt in das 4-mm-Loch gesteckt werden. Wenn der Lack abgekratzt wird, kann eine Krokodilklemme zur Kontaktierung verwendet werden.
- Messzelle, bestehend aus:
 - Glaszylinder
 - Deckel
 - Gegenelektrode
 - Referenzelektrode
 - Zwischengefäß für die Referenzelektrode
 - Silikon mit Spritze, um den Glaszylinder an der Probe zu befestigen
 - 3M KCl als Pufferlösung für das Zwischengefäß
- Externe Spannungsquelle, typischerweise ein Potentiostat. Ein PG-M100 und diesem Fall.

	
Potentiostat PG-M100 mit 4 Modulen für 4 parallele Experimente.	CD Zelle mit Gegenelektrode, Zwischengefäß und Referenzelektrode

2.2 Durchführung

Tragen Sie zunächst eine dünne Schicht Silikon auf den Boden des Glaszylinders auf. Positionieren Sie dann den Glaszylinder so, dass die mit Silikon beschichtete Seite mittig über der Lackbeschädigung an der Probe (zu prüfende Stahlplatte) liegt. Anschließend müssen Sie eine gewisse Zeit warten, bis das Silikon ausgehärtet ist, da sonst der später einzufüllende Elektrolyt. Der Elektrolyt sollte die gleiche Zusammensetzung wie Meerwasser haben. Die genauen Spezifikationen finden Sie in der jeweiligen

DIN-Norm. Geben Sie 23,0 g Natriumchlorid, 9,8 g Magnesiumchlorid-Hexahydrat, 8,9 g Natriumsulfat-Decahydrat und 1,2 g Calciumchlorid in einen Liter destilliertes Wasser.

Nun können Sie die Gegenelektrode (platinbeschichteter Titanstab mit rotem Verschlusskopf) und das Zwischengefäß (Glaszylinder mit rotem Schraubverschluss) in den Zelldeckel einsetzen. Füllen Sie das Zwischengefäß etwa zur Hälfte mit einer gesättigten, mindestens jedoch 3-molaren NaCl-Lösung. Für eine 3-molare NaCl-Lösung benötigt man 3 x 58,5 g NaCl pro Liter destilliertes Wasser.

Es wird eine Flasche mit einem Fassungsvermögen von 0,5 Litern und 87,8 g NaCl bereitgestellt. Füllen Sie diese Flasche mit destilliertem Wasser, verschließen Sie sie und schütteln Sie sie gut, bis sich alle Salzkristalle aufgelöst haben. Anschließend kann sie als Pufferlösung zum Befüllen der Zwischengefäße verwendet werden.



Wenn das Zwischengefäß gefüllt ist, kann die Referenzelektrode ebenfalls in das Zwischengefäß eingeführt werden. Lösen Sie dazu die rote Abdeckung, schieben Sie die Referenzelektrode fast vollständig in die Öffnung der Dichtung (ca. 1 cm des weißen Zylinders kann dabei außen bleiben) und ziehen Sie die Abdeckung anschließend leicht fest, um die Elektrode zu fixieren. Jetzt kann der Potentiostat angeschlossen werden: Verbinden Sie:

1. die rechte Bananenbuchse mit der Probe (Stahlplatte)
2. die Referenzelektrode mit der blauen Bananenbuchse
3. die Gegenelektrode (roter Steckkopf) mit der roten Bananenbuchse

Wenn alles korrekt angeschlossen ist, können Sie nun das sogenannte Ruhepotential auf dem linken Anzeigensinstrument des Potentiostaten ablesen. Es handelt sich dabei um die Spannungsdifferenz zwischen der Stahlplatte und der Referenzelektrode. Der Wert dieses Potentials hängt vom Material der Stahlplatte und von der Elektrolytlösung ab. Je nach Material oder Zusammensetzung können unterschiedliche Potentiale eingestellt werden.

Der Wert des Potentials driftet zu Beginn des Tests leicht und sollte dann größtenteils bei einem stabilen Wert bleiben. Die Dauer des Driftprozesses kann einige Sekunden, Minuten oder sogar Stunden betragen. Für diesen Test ist es nicht wichtig, das Erreichen eines stabilen Zustands abzuwarten.

Es ist wichtig, dass der potentielle Wert entweder stabil bleibt oder nur leicht schwankt. Wenn der Wert sprunghaft schwankt, dann stimmt etwas mit der Struktur nicht.

Fehler können auftreten:

- bei schlechtem Kontakt zur Probe (Kontamination an der Kontaktstelle)
- wenn die Referenzelektrode nicht in eingetaucht ist (zu wenig Pufferlösung im Zwischengefäß)
- wenn die Elektroden nicht ordnungsgemäß angeschlossen sind.

Wenn alles in Ordnung ist, kann der Potential-Sollwert für die Prüfung eingestellt werden. Je nach den Vorschriften, auf denen die Prüfung basiert, können dies unterschiedliche Potentialwerte sein. Ein typischer Wert beträgt -1260 mV gegenüber einer Wasserstoffelektrode.

Erklärung

In der Elektrochemie gilt das sogenannte **Wasserstoffpotential** als Referenzpotential mit dem Wert 0 V . Alle Messungen werden auf dieses Potential umgerechnet, sofern keine Wasserstoff-Referenzelektrode verwendet wird. Da die Herstellung eines Wasserstoff-Referenzpotentials etwas aufwendig ist, werden in der Praxis typischerweise Elektroden zweiter Ordnung verwendet. In den meisten Fällen handelt es sich dabei um Kalomel-Elektroden oder Silber-Silberchlorid-Elektroden. Im ersten Fall besteht das Referenzsystem aus Quecksilber in einer gesättigten KCl-Lösung, im zweiten Fall aus einem Silberdraht, ebenfalls in einer gesättigten (manchmal auch in einer 1-molaren) KCl-Lösung. Die genaue Bauweise der Elektroden ist in diesem Zusammenhang nicht von Bedeutung. Wichtig ist zu wissen, dass die Entsorgung einer Quecksilberelektrode sorgfältig erfolgen muss.

Es ist außerdem wichtig, die Bezugspotenziale dieser Elektroden im Verhältnis zum Wasserstoffpotential zu kennen. In der Regel liegt der Elektrode ein Datenblatt bei. Als Richtwerte können angenommen werden:

- Kalomel-Elektrode $+242\text{ mV}$ gegenüber NHE
- Silber-Silberchlorid-Elektrode $+207\text{ mV}$ gegenüber NHE in 3 molarem KCl
- Silber-Silberchlorid-Elektrode $+203\text{ mV}$ gegenüber NHE in 1 molarem KCl

Um den korrekten Sollwert zu berechnen, muss der Wert der Referenzelektrode vom Sollwert abgezogen werden. Beispielsweise ergibt sich bei einer Messung mit einer Ag/AgCl-Elektrode in 3-molarer KCl-Lösung ein Sollwert von $-1260\text{ mV} - 207\text{ mV} = -1467\text{ mV}$, der am Messgerät eingestellt werden muss.

Der Potentiostat verfügt auf der linken Seite über einen Kippschalter zur Einstellung der Polarität. Dieser ist nach unten zu schalten. Das darunter liegende Potentiometer ist in 10er- und 100er-Teile unterteilt. Wenn der schwarze Knopf nach rechts gedreht wird, entspricht eine vollständige Umdrehung 100 Teilen der äußeren Skala und 1 Teil der 10er-Skala. In Zahlen: Der Spannungsbereich des Potentiometers beträgt 2 V . Eine vollständige Umdrehung des schwarzen Knopfes entspricht $0,2\text{ V}$. Der Wert von -1467 mV entspricht somit 7,33 Umdrehungen. Die innere Skala im kleinen Fenster zeigt die Zahl 7 an, die äußere Skala steht bei ca. 33.

Nun können Sie den rechten Kippschalter von „Cell off“ auf „Cell on“ umlegen. Dadurch wird das Sollpotential an die Stahlplatte angelegt. Der genaue Wert lässt sich nun anhand der linken Potentialanzeige einstellen.

Nun wird die Stahlplatte durch einen kathodischen Schutzstrom gespeist. Dieser Strom kann einige mA betragen, aber auch 40 oder 50 mA. Er muss nicht konstant bleiben, sondern kann sich im Laufe der Zeit ändern.