

Korrosion der Metalle
Korrosion metallischer Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen,
Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wasser
Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit
feuerverzinkter Eisenwerkstoffe

DIN
50 930
Teil 3

Corrosion of metals; Corrosion of metallic materials under corrosion load by water inside of tubes, tanks and apparatus; Evaluation of the corrosion likelihood of hot dip iron materials

Ersatz für Ausgabe 12.80

Corrosion des métaux; Corrosion des matériaux métalliques sous charge corrosive par des eaux à l'intérieur des tuyauteries, réservoirs et appareils; Evaluation de la probabilité de la corrosion des produits ferreux galvanisés à chaud

1 Anwendungsbereich und Zweck

Die Aussagen und Festlegungen dieser Norm dienen zum Beurteilen der Korrosionswahrscheinlichkeit feuerverzinkter Werkstoffe bei Korrosionsbelastung im Innern von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten durch Trinkwasser und Wasser, die in der chemischen Zusammensetzung Trinkwasser ähnlich sind, aber nicht den Anforderungen der Trinkwasserverordnung entsprechen.

ANMERKUNG: Schwimmbadwasser ist nicht Gegenstand dieser Norm.

Die in dieser Norm zusammengefaßten Kenntnisse beruhen in erster Linie auf Untersuchungen und Erfahrungen über die Korrosion von feuerverzinkten Gewinderohren in der Trinkwasserinstallation von Gebäuden. Die daraus abgeleiteten Empfehlungen beziehen sich deshalb vorzugsweise auf feuerverzinkte Rohre und Fittings für diesen Verwendungszweck. Sie können jedoch sinngemäß auch auf andere Verwendungszwecke angewendet werden.

Die Korrosion, ihre Erscheinungsformen und deren Ausmaß werden durch die Eigenschaften des Werkstoffs, die Wasserbeschaffenheit, die Installationsausführung und die Betriebsbedingungen beeinflusst. Wegen der komplexen Zusammenhänge zwischen diesen Einflußgrößen und wegen der bei einigen Korrosionsarten ausgeprägten Abhängigkeit von zufälligen Ereignissen können über das Ausmaß von Korrosionserscheinungen im allgemeinen nur Wahrscheinlichkeitsaussagen gemacht werden.

2 Begriffe

Begriffe nach DIN 50 900 Teil 1 bis Teil 3 und DIN 50 930 Teil 1.

3 Korrosionserscheinungen

Bei Korrosionsbelastung von feuerverzinkten Eisenwerkstoffen durch Wasser findet zwangsläufig Korrosion statt. Sie ist stets mit der Abgabe von Zink-Ionen an das Wasser verbunden.

Je nach Art und Ausmaß der Korrosion kommt es schließlich zur Ausbildung von Schutzschichten oder zu Korrosionsschäden. Die verschiedenen Möglichkeiten sind in Bild 1 und Bild 2 schematisch dargestellt.

3.1 Gleichmäßiger Flächenabtrag

Gleichmäßige Flächenkorrosion der Reinzinkphase des Zinküberzuges führt üblicherweise zu einer zunächst aus Zink-Korrosionsprodukten bestehenden Deckschicht.

Bei geringer Korrosionsgeschwindigkeit findet während der Nutzungsdauer kein vollständiger Zinkabtrag statt; es entstehen Schutzschichten auf Resten des Zinküberzuges. Bei größerer Korrosionsgeschwindigkeit wird der Zinküberzug während der Nutzungsdauer vollständig abgetragen. Bei der Korrosion der Zink-Eisen-Legierungsphasen nimmt der Gehalt an Eisen-Korrosionsprodukten in der Deckschicht zu. Die weitere Korrosion führt schließlich zu einer überwiegend aus gealterten Eisen-Korrosionsprodukten bestehenden Schutzschicht, die einen dauerhaften Korrosionsschutz bewirkt.

Bei zu hoher Korrosionsgeschwindigkeit kommt es nach Abzehrung des Zinküberzuges zu einem ungleichmäßigen Angriff auf den Grundwerkstoff. Als Folge davon können Verunreinigung des Wassers durch Eisen-Korrosionsprodukte, Zuwachsen der Rohre oder Wanddurchbruch auftreten.

3.2 Örtlicher Angriff

Örtlicher Angriff auf feuerverzinkte Eisenwerkstoffe ist auf Korrosionselemente zurückzuführen. Nach örtlicher Abzehrung des Zinküberzuges schreitet der Angriff auf den Grundwerkstoff im allgemeinen in Form von Mulden- oder Lochfraß fort.

Im speziellen Fall der selektiven Angriffsform des Zinküberzuges (siehe Abschnitt 3.2.1) kann es bei gering ausgeprägter Elementwirkung zur Ausbildung von Rost-Schutzschichten kommen.

3.2.1 Selektive Angriffsform des Zinküberzuges

Diese überwiegend in Kaltwasser beobachtete Angriffsform ist durch einen bevorzugten Angriff des Zinküberzuges entlang der Korngrenzen gekennzeichnet. Dabei können körnige feste Stoffe an das Wasser abgegeben werden. Hierbei handelt es sich um Partikel aus festen Zink-Korrosionsprodukten, die noch metallisches Zink enthalten können (Zinkgeriesel).

Fortsetzung Seite 2 bis 7

Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Documents

3.2.2 Muldenfraß, Lochfraß

Muldenfraß und Lochfraß von feuerverzinkten Eisenwerkstoffen sind auf die Ausbildung von Belüftungselementen oder auf Kontaktkorrosion zurückzuführen.

Ursachen für die Ausbildung von Belüftungselementen sind stets Heterogenitäten der Oberfläche, die durch die Beschaffenheit des Werkstoffs, die Verarbeitung oder die Betriebsweise bedingt sein können und die sich nicht generell vermeiden lassen.

Muldenfraß wird vorzugsweise in Kaltwasserleitungen beobachtet. Als Folge von Muldenfraß kommt es zur Bildung von Rostknollen, die im Laufe der Zeit den Rohrquerschnitt verengen. Dabei kann auch eine Verunreinigung des Wassers durch Eisen-Korrosionsprodukte auftreten. Wanddurchbruch tritt im Zusammenhang mit Muldenfraß nur selten auf.

3.3 Blasenbildung im Zinküberzug

Diese hauptsächlich in Warmwasser auftretende Korrosionserscheinung an feuerverzinkten Eisenwerkstoffen ist auf eine Korrosion des Zinks unter Wasserstoffentwicklung zurückzuführen. Der in atomarer Form entstehende Wasserstoff wird absorbiert und im Bereich der Zink-Eisen-Legierungsphasen zu molekularem Wasserstoff rekombiniert. Dabei entstehen Werkstofftrennungen und blasige Aufwerfungen. Im Bereich aufgeplatzter Blasen entstehen Anoden von Belüftungselementen.

3.4 Beeinträchtigung der Trinkwasserbeschaffenheit

Die Beeinträchtigung der Trinkwasserbeschaffenheit durch Korrosion feuerverzinkter Eisenwerkstoffe umfaßt den Austrag von Korrosionsprodukten des Zinks und des Eisens sowie die Umwandlung einiger Wasserinhaltsstoffe. Auf das Ausmaß der Veränderungen des Wassers haben nicht nur Wasserparameter, sondern vor allem der Betriebszustand und das Alter der Installation einen Einfluß. Daher sind für die Beurteilung der Beeinträchtigung der Trinkwasserbeschaffenheit keine Ergebnisse von Einzelanalysen, sondern Mittelwerte aus Analyseergebnissen zugrunde zu legen, die die Entnahmegewohnheiten berücksichtigen (siehe Erläuterungen zu DIN 50 930 Teil 1).

Bei Entnahme von Wasser nach geringer Verweildauer in der Installation und bei Wässern aus älteren Anlagen mit ausgebildeten Schutzschichten liegt im allgemeinen keine Beeinträchtigung der Trinkwasserbeschaffenheit vor.

4 Werkstoffe und Einfluß der Werkstoffbeschaffenheit

4.1 Rohrleitungen

Nach DIN 1988 Teil 2 Beiblatt 1 müssen für Trinkwasserleitungen in Grundstücken und Gebäuden bis DN 80 Stahlrohre mit einem Zinküberzug nach DIN 2444 verwendet werden. Für Nennweiten über DN 80 sind nach DIN 50 976 stückverzinkte Rohre zu verwenden, die die besonderen Anforderungen an trinkwasserberührte Bauteile erfüllen. Für Nichttrinkwasserleitungen können auch sonstige im Handel erhältliche Rohre verwendet werden, die nicht den Anforderungen nach DIN 2444 entsprechen und die in folgenden Gruppen zusammengefaßt werden können:

Gruppe A: Rohre mit einer hellgrauen zerklüfteten Innenfläche. Im metallographischen Schliff ist erkennbar, daß die Reinzinkschicht sehr dick und ungleichmäßig ausgebildet und stellenweise mit Hohlräumen durchsetzt ist. Die Legierungsphasen sind normal ausgebildet. Rohre dieser Art stammen aus Verzinkungsanlagen, bei denen das überschüssige Zink nach dem Herausziehen aus der Zinkschmelze mit Luft ausgeblasen wird.

Gruppe B: Rohre mit einer dunkelgrauen rauen Innenfläche. Im metallographischen Schliff ist erkennbar, daß die Legierungsphasen ungleichmäßig ausgebildet und bis an die Oberfläche gewachsen sind. Rohre dieser Art stammen meistens aus Verzinkungsanlagen, die nicht speziell für die Verzinkung von Rohren konzipiert sind und bei denen vor allem die Verweilzeit der Rohre in der Zinkschmelze nicht definiert gesteuert ist.

Gruppe C: Rohre mit mehr oder weniger stark zerklüftetem oder überhöhtem Innenschweißgrat.

Aufgrund der Heterogenität im Bereich der Innenflächen neigen Rohre der Gruppen A, B und C in verstärktem Maße zur Ausbildung von Korrosionselementen, die dann zu Muldenfraß und Lochfraß führen. Rohre der Gruppe A und Rohre mit einem Zinküberzug nach DIN 2444 bzw. DIN 50 976 mit extrem dicker Reinzinkschicht neigen in verstärktem Maße zu selektiver Korrosion.

4.2 Rohrverbindungen

Die Ausführung von Gewindeverbindungen nach DIN 2999 Teil 1 führt zur geringsten Korrosionswahrscheinlichkeit im Bereich der Verbindungsstellen. Die Korrosionswahrscheinlichkeit ist aber gegenüber der in Rohrleitungen erhöht. Für die Rohrverbindungen sind feuerverzinkte Tempergußfittings nach DIN 2950 üblich. Fittings mit nicht geschlossenem Zinküberzug auf der Innenfläche außerhalb des Gewindebereichs, mit Zinkperlen, Zinkbärten und/oder durchgewachsenen Eisen-Zink-Legierungsphasen sowie nichtmetallischen Rückständen erhöhen die Korrosionswahrscheinlichkeit. Bei der Verarbeitung von Stahlfittings ist darauf zu achten, daß die Güte der Innenverzinkung der Stahlfittings nach DIN 2980 der DIN 2950 entsprechen muß.

Verarbeitungsbedingte Einflußgrößen können die Korrosionswahrscheinlichkeit erhöhen.

Bei der Verbindung von Rohren mit Kupferwerkstoffen muß bei Vorliegen bestimmter Wasserparameter (siehe Abschnitt 5.2.1) im Bereich der Verbindungsstellen mit Muldenfraß bzw. Lochfraß durch Kontaktkorrosion an den feuerverzinkten Rohren (siehe Abschnitte 3.2.2 und 6.4.1) gerechnet werden. Eine Häufung von Bauteilen aus Kupferwerkstoffen kann Verhältnisse schaffen, die denen bei Kupfer-Zink-Mischinstallation (siehe Abschnitt 6.4.2) gleichen.

Rohre großer Nennweiten werden auch durch Hartlötungen verbunden. Als Hartlot eignet sich das Messinglot L-CuZn40 nach DIN 8513 Teil 1 in Verbindung mit dem Flußmittel F-SH2 nach DIN 8511 Teil 1. Beim Hartlötungen wird die Reinzinkphase im wärmebeeinflussten Bereich weitgehend in Zink-Eisen-Legierungsphasen umgewandelt. Die Korrosionswahrscheinlichkeit für örtliche Korrosion kann dadurch bedingt erhöht sein.

4.3 Andere Bauteile

Bauteile mit Schweißverbindungen, z. B. Rohre mit angeschweißten Flanschen, Behälter, Wassererwärmer, Verteiler, die für Trinkwasser verwendet werden sollen, müssen nach DIN 50 976 derart feuerverzinkt werden, daß sie die Anforderungen für trinkwasserberührte Teile erfüllen.

5 Einfluß der Wasserbeschaffenheit

Für die Beurteilung sind Angaben über die Wasserbeschaffenheit nach DIN 50 930 Teil 1 erforderlich.

Für die Beurteilung von Wasserproben in Schadensfällen sind zusätzliche Angaben über die Lage der Probenahme-stelle und die Betriebsbedingungen bei bzw. vor der Probenahme erforderlich. In diesen Fällen kann über den in DIN 50 930 Teil 1 angegebenen Umfang der Wasseranalyse hinaus die Konzentration von Stoffen wichtig sein, die nach

der Wasserübergabestelle durch Korrosion in das Wasser gelangt sind (z. B. Kupfer-Ionen, partikuläre Eisen- und Zink-Korrosionsprodukte).

5.1 Gleichmäßige Flächenkorrosion

Notwendige Voraussetzung für die Ausbildung einer Rost-Schutzschicht als Folge einer geringen gleichmäßigen Flächenkorrosion des Zinküberzuges ist, daß das Wasser folgenden Anforderungen genügt:

$$K_{B\ 8,2} < 0,7 \text{ mol m}^{-3}$$

$$K_{S\ 4,3} > 1,0 \text{ mol m}^{-3}$$

ANMERKUNG: Die Basekapazität $K_{B\ 8,2}$ ist ein angenähertes Maß für die Konzentration an gelöstem Kohlenstoffdioxid $c(\text{CO}_2)$. Die Säurekapazität $K_{S\ 4,3}$ ist ein angenähertes Maß für die Konzentration an Hydrogencarbonat-Ionen $c(\text{HCO}_3^-)$.

Die Erfüllung dieser Anforderungen ist jedoch nur dann eine hinreichende Voraussetzung für die Ausbildung von Rost-Schutzschichten, wenn keine Bedingungen vorliegen, die das Auftreten von ungleichmäßiger Korrosion begünstigen.

Von erheblicher Bedeutung für die Ausbildung von Schutzschichten und den Ablauf der Korrosion sind auch die Art und Menge der im Wasser natürlicherweise enthaltenen Stoffe mit Inhibitorwirkung, insbesondere Phosphate, Silicate, Aluminiumverbindungen sowie noch nicht näher definierbare organische Stoffe. Das zuweilen unterschiedliche Ausmaß der Korrosionserscheinungen von feuerverzinkten Eisenwerkstoffen in Wässern von sonst gleicher Beschaffenheit, bei gleicher Werkstoffbeschaffenheit und bei gleichen Betriebsbedingungen kann auf unterschiedliche Gehalte an diesen Stoffen zurückgeführt werden.

5.2 Örtliche Korrosion

5.2.1 Muldenkorrosion, Lochkorrosion

Die Korrosionswahrscheinlichkeit für Muldenkorrosion und Lochkorrosion ist gering, wenn folgende Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

$$K_{S\ 4,3} > 2 \text{ mol m}^{-3}$$

$$S_1 = \frac{c(\text{Cl}^-) + 2 c(\text{SO}_4^{2-})}{K_{S\ 4,3}} < 1 \quad (1)$$

$$c(\text{Ca}^{2+}) > 0,5 \text{ mol m}^{-3}$$

Die Korrosionswahrscheinlichkeit für Muldenkorrosion und Lochkorrosion ist groß, wenn für die Ausbildung von Korrosionselementen fördernde Umstände vorliegen (siehe Abschnitte 4 und 6) und $S_1 > 3$ ist.

ANMERKUNG: Bei sehr großem S_1 kann in schwach gepufferten kalten Wässern anstelle von Muldenkorrosion gleichmäßige Flächenkorrosion ohne Deckschichtbildung auftreten.

Die Korrosionswahrscheinlichkeit für Muldenkorrosion und Lochkorrosion ist gering, wenn

$$c(\text{O}_2) < 0,1 \text{ g m}^{-3} \text{ ist.}$$

5.2.2 Selektive Korrosion

Die Korrosionswahrscheinlichkeit für selektive Korrosion ist erhöht, wenn

$$S_2 = \frac{c(\text{Cl}^-) + 2 c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{NO}_3^-)} < 2 \text{ ist.} \quad (2)$$

5.3 Korrosion unter Blasenbildung

Die Korrosionswahrscheinlichkeit nimmt mit zunehmendem Gehalt an gelöstem Kohlenstoffdioxid ($K_{B\ 8,2}$) und mit ansteigender Temperatur zu.

5.4 Beeinflussung der Trinkwasserbeschaffenheit

Eine korrosionsbedingte Veränderung der Trinkwasserbeschaffenheit im Hinblick auf seine Eigenschaft als einwandfreies Lebensmittel wird als vertretbar angesehen, wenn das Wasser über die Anforderungen der Trinkwasserverordnung und Abschnitt 5.1 hinaus folgenden Anforderungen genügt:

$$K_{B\ 8,2} < 0,5 \text{ mol m}^{-3}.$$

Wenn dieser Analysenwert im Wasseranalysebericht nicht aufgeführt ist, kann davon ausgegangen werden, daß diese Anforderung erfüllt ist, wenn

$$\text{pH} \geq 7,3 \text{ und } K_{S\ 4,3} \leq 5,0 \text{ mol m}^{-3}$$

sind.

6 Einfluß von Konstruktion, Verarbeitung und Betriebsbedingungen

Neben den Eigenschaften der Werkstoffe und Wässer haben Konstruktion, Verarbeitung und Betriebsbedingungen einen Einfluß auf die Korrosionswahrscheinlichkeit. Der Einfluß der Betriebsbedingungen kann für verschiedene Anlagenteile einer Installation unterschiedlich sein. Zweckmäßig wird eine Kalt- oder Warmwasserinstallation unterteilt in Verteilungsleitungen, Steigleitungen, Stockwerksleitungen und Behälter. Diese Anlagenteile sind getrennt zu betrachten. Die Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit für ein einzelnes Installationsteil ist nicht auf andere Bauteile übertragbar.

6.1 Strömungsgeschwindigkeit des Wassers

Die Geschwindigkeit der gleichmäßigen Flächenkorrosion nimmt mit ansteigender Strömungsgeschwindigkeit des Wassers zu. Während der Stagnation kommt die Korrosion nahezu zum Stillstand. Nach Ausbildung von Schutzschichten hat der Strömungszustand praktisch keinen Einfluß mehr. Unter den Bedingungen der Hausinstallation hat die Häufigkeit der Wasserentnahme und damit der Wasserdurchsatz den größten Einfluß.

Kaltes Wasser, das durch verzinkte Rohre geflossen ist und dabei durch Korrosion an Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid verarmt ist, wirkt weniger korrosiv als frisches Wasser. Aus diesem Grunde nimmt die Geschwindigkeit der gleichmäßigen Flächenkorrosion in einer Rohrleitung in der Strömungsrichtung ab. Stockwerksleitungen zeigen deshalb eine geringere Korrosionswahrscheinlichkeit als Verteilungsleitungen.

Mulden- und Lochkorrosion werden durch stagnierendes Wasser begünstigt, weil die heterogenen Oberflächenzustände dadurch stabilisiert werden. Wenn dieser Vorgang abgeschlossen ist, wird das Fortschreiten der örtlichen Korrosion durch den Wasserdurchsatz gefördert, weil der für die Korrosion erforderliche Sauerstoff dadurch herantransportiert wird.

Selektive Korrosion des Zinks kann durch zeitweise hohe Strömungsgeschwindigkeit des Wassers gefördert werden, wobei die nur locker anhaftenden, körnigen Korrosionsprodukte abgetragen werden.

6.2 Temperatur

Die Temperatur beeinflusst die gleichmäßige Flächenkorrosion, die Muldenkorrosion und die selektive Korrosion des Zinküberzuges nur wenig. Dagegen nimmt die Korrosionswahrscheinlichkeit für Lochkorrosion, vor allem aber für Blasenbildung im Zinküberzug mit ansteigender Temperatur deutlich zu. Oberhalb etwa 60 °C ist die Korrosionswahrscheinlichkeit für Lochkorrosion und Blasenbildung erfahrungsgemäß