

Anlauffarben im Bauwesen – immer wieder strittig

F. Steidl, R. Stibbe, Ansbach, und P. Knödel, Ettlingen

Seit der Verwendung der nichtrostenden Stähle werden die im Zuge thermischer Füge- und Trennverfahren entstehenden Anlauffarben strittig diskutiert. In diesem Zusammenhang sind die Fragen nach deren Bedeutung und Zulässigkeit unumgänglich. Es werden die Entstehung und Auswirkungen der Anlauffarben erläutert wie auch Hinweise zum Vermeiden bzw. Entfernen von Anlauffarben gegeben.

1 Funktionsweise von nichtrostenden Stählen

Die austenitischen Chrom-Nickel-Stähle erhalten Ihre gute Korrosionsbeständigkeit durch das Zulegieren von ca. 13 bis 20 % Chrom und 7,5 bis 13 % Nickel. Um die Beständigkeit gegen Lochkorrosion und spezielle Angriffsmittel zu erhöhen, wird unter Umständen noch zusätzlich ca. 1,5 % bis 4,5 % Molybdän zulegiert.

Bei den genannten Anteilen von Legierungselementen bildet sich auf der Oberfläche dieser Werkstoffe eine Passivschicht, durch die die Korrosionsbeständigkeit erreicht wird. Die Passivschicht wird durch Sauerstoff auf der Oberfläche dieser Werkstoffe gebildet. Damit diese Schutzschicht erhalten bleibt, muss ständig genügend Sauerstoff an die Oberfläche gelangen können. Das bedeutet, dass nur gegen solche Angriffsmittel Korrosionsbeständigkeit besteht, die den erforderlichen Sauerstoff lösen und ihn zur Erhaltung der Passivschicht in genügender Menge (200 ppm) an die Werkstoffoberfläche abgeben [3].

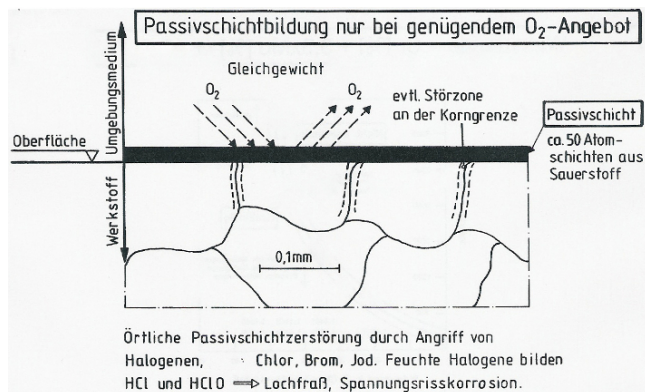


Abbildung 1 Passivschichtbildung bei entsprechendem Sauerstoffangebot [3]

Die entstandene Passivschicht besteht aus Chromoxid Cr_2O_3 , ist sehr dicht und porenfrei und wird mit einer Dicke von ca. 2 bis 4 nm angegeben.

Bei Beschädigungen der Passivschicht bildet diese sich bei Vorhandensein von ausreichendem Sauerstoff spontan neu (Repassivieren).

Die Passivschicht hemmt aufgrund ihrer nur geringen ionischen Leitfähigkeit die anodische Metallauflösung sehr stark. Im Gegensatz zu anderen Metallen, wie Aluminium, ist ihre elektrische Leitfähigkeit dagegen so hoch, dass die kathodische Reduktion eines Oxi-

dationsmittels an der Stahloberfläche nicht beeinträchtigt wird. Die Passivschicht kann daher leicht die Funktion einer Kathode in einem Korrosionselement übernehmen und dadurch das Auftreten bestimmter Korrosionsarten erst ermöglichen. Beispiele sind die Kontaktkorrosion sowie verschiedene Formen örtlicher Korrosion [4].

Ohne die Passivschicht rosten die „nichtrostenden“ Stähle so, wie dies sonst von Stählen mit ungeschützter Oberfläche bekannt ist (Gutachten SV0956 Knödel 2010).

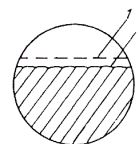
2 Formen der Korrosion

Korrosion tritt bei nichtrostenden Stählen in einer Vielzahl von möglichen Erscheinungsformen auf. Im Zusammenhang mit Anlauffarben werden folgende drei Arten der Korrosion näher betrachtet.

2.1 Gleichmäßiger Flächenabtrag

Bei einem gleichmäßigen Flächenabtrag wird der Werkstoff von der Oberfläche her annähernd eben und gleichförmig abgetragen. Dies geschieht unabhängig von einer Änderung der Korrosionsgeschwindigkeit mit der Zeit.

Man findet diese Form der Korrosion überwiegend bei Metallen im aktiven Zustand. Typische Beispiele sind Zink und unlegierte sowie niedriglegierte Stähle, die an neutralen Wässern und an feuchter Atmosphäre rosten [1]. Schematisch wird der gleichmäßige Flächenabtrag in Abbildung 2 gezeigt.



- 1: ursprüngliche Metalloberfläche
- 2: Metalloberfläche nach korrosivem Abtrag

Abbildung 2 Schematische Darstellung gleichmäßigen Flächenabtrags [2]

Der gleichmäßige Flächenabtrag tritt bei atmosphärischer Beanspruchung auf und ist am sichersten zu beherrschen. Ihm kann durch regelmäßiges Reinigen der Oberfläche entgegengetreten werden. Für die richtige Auswahl der Reinigungsintervalle müssen die einwirkenden Faktoren berücksichtigt werden. Hierzu gelten beispielsweise die Umgebungsfaktoren (Küstennähe, Kontakt mit salzhaltigem Tauwasser, Indust-

rieabgase, etc.) aber auch optische Ansprüche, die an das Bauteil gestellt werden.

Erste Anzeichen für einen gleichmäßigen Flächenabtrag machen sich durch einen Glanzverlust der Oberfläche bemerkbar.

2.2 Loch- und Muldenkorrosion

Loch- und Muldenkorrosion bezeichnet eine Korrosionsform, an der kraterförmige, die Oberfläche unterhöhende oder nadelstichtartige Vertiefungen entstehen (siehe Abbildung 3). Außerhalb der Lochfraßstelle tritt praktisch kein Flächenabtrag auf. Im Regelfall ist die Tiefe der Lochfraßstelle größer als ihr Durchmesser. Diese Korrosionsform kann unter anderem bei Anwesenheit von Chlorionen auftreten. Zwischen Muldenfraß und Lochfraß ist keine Abgrenzung möglich. Charakteristische Größen des Lochfraßes sind Lochzahldichte, Flächenanteil des örtlichen Angriffs, Anzahl der Stellen pro Fläche, maximale Angriffstiefe sowie das Ausmaß der Unterhöhung.

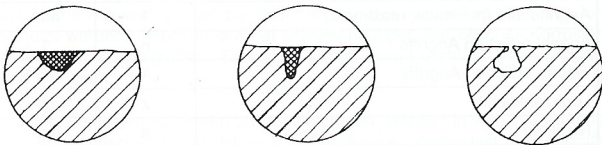


Abbildung 3 Schematische Darstellung von Loch- und Muldenkorrosion [2]

Werkstoffseitig hängt die Loch- und Spaltkorrosionsbeständigkeit nichtrostender Stähle primär von ihren Gehalten an Chrom und Molybdän ab. Daneben kann auch Stickstoff wesentlich zur Beständigkeit beitragen. Die unterschiedliche Wirkung dieser drei Legierungselemente lässt sich mit Hilfe einer Wirksummenbeziehung wichten. Die Wirksumme W ist ein Maß für die von der Legierungszusammensetzung her zu erwartende Lochfraßbeständigkeit eines nichtrostenden Stahls:

$$W = \%Cr + 3,3 \cdot \%Mo + X \cdot \%N$$

$$X = 0 - 30$$

Im Gegensatz zu den Wirksummenfaktoren für Chrom und Molybdän hängt der für Stickstoff stark von der Stahlzusammensetzung ab. Ein Wert von 30 kommt nur bei höchstlegierten austenitischen Stählen, insbesondere hochmolybdänhaltigen, zum Tragen. Bei austenitischen Standardstählen der Typen 18/8-CrNi oder 17/12/2-CrNiMo ließ sich dagegen kein nutzbarer Stickstoffeffekt zur Erhöhung der Loch- und Spaltkorrosion feststellen. Bei ferritisch-austenitischen Stählen wie dem 1.4462 wird dem Element Stickstoff meist ein Wirksummenfaktor von 16 zugeordnet [4].

Anhand der erzielten Wirksumme kann die Korrosionsbeständigkeit nach Abbildung 4 abgeschätzt werden.

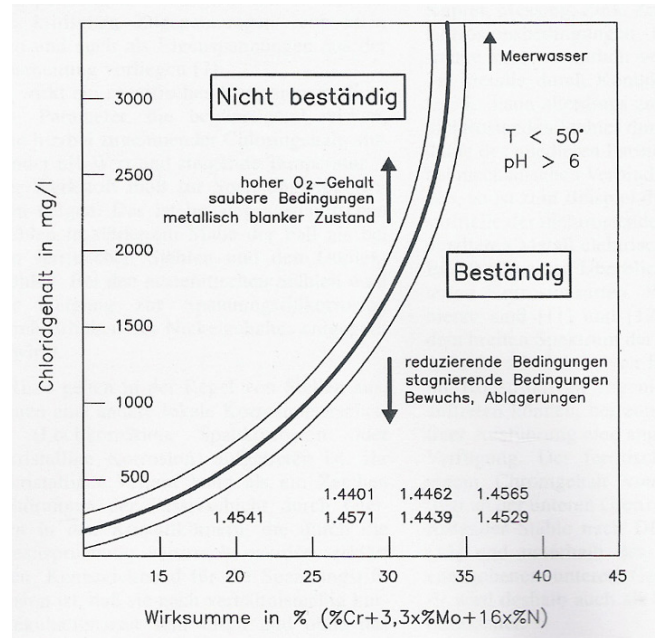


Abbildung 4 Einfluss der Wirksumme auf die Korrosionsbeständigkeit in Abhängigkeit des Chloridgehalts [3]

2.3 Inter- und Transkristalline Korrosion, Spannungsrissskorrosion (Spannungsrissskorrosion, Zugspannung, spezielles Angriffsmedium – Chlor-, Werkstoffneigung)

Unter dieser Korrosionsrisse versteht man eine Korrosionsform, bei der Risse auftreten. Entstehungsorte der Risse sind die Oberflächen, aber auch das Innere des Werkstoffes. Der Flächenabtrag dieser Erscheinungsform ist sehr gering. Korrosionsrisse können entweder interkristallin, das heißt auf den Korngrenzen, oder transkristallin quer durch die Körner entstehen (siehe Abbildung 5). Um welche Rissbildung es sich handelt, kann nur durch metallografische Untersuchung ermittelt werden.

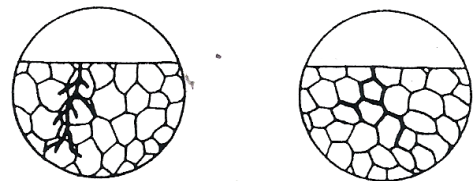


Abbildung 5 Trans- und Interkristalliner Korrosionsriss [2]

Spannungsrissskorrosion entsteht unter speziellen Bedingungen. Es müssen drei für Spannungsrissskorrosion charakteristische Merkmale zusammen wirken.

1. Es müssen Zugspannungen im Bauteil vorliegen.
2. Es muss ein spezielles Medium vorliegen. Dieses Medium stellt im Fall der nichtrostenden Stähle beispielsweise Chlor dar.
3. Der Werkstoff muss zur Spannungsrissskorrosion neigen. Dies ist beispielsweise bei den Werkstoffen 1.4301 und 1.4571 der Fall.

Die folgenden Abbildungen 15 und 16 zeigen ein Stück einer Klärschlammleitung aus 1.4571 mit einer undichten Schweißnaht nach dem Heraustrennen aus dem Leitungssystem und Längsaufschneiden (aus einem Gutachten des dritten Verfassers). Man erkennt, dass sich im Betriebszustand offenbar eine 1-2 mm dicke Schlammschicht an der Rohrwand anlegt. Insofern wäre hier wieder die bereits oben angesprochene Frage nach der richtigen Werkstoffwahl zu stellen: Der Planer wählt den Werkstoff üblicherweise nach pH-Wert und Chloridkonzentration aus; muss er wissen, dass sich eine Schlammschicht an der Rohrwand anlegt? Muss er daraus folgern, dass der für die Aufrechterhaltung der Passivschicht erforderliche Sauerstoffzutritt (siehe Abbildung 1) dadurch nicht mehr ausreichend gegeben ist?



Abbildung 15 An der Innenwand einer Klärschlammleitung haftende Schlammschicht [Foto: SLV Mannheim 2008]



Abbildung 16 Verbliebene Anlauffarben im Inneren einer Klärschlammleitung [Foto: SLV Mannheim 2008]

Die an der Innenseite der Rohrwand verbliebenen Anlauffarben sind eindeutig nicht zulässig – hier ist ein „Formierunfall“ passiert. Es ist jedoch bemerkenswert, dass auch im Bereich der zu den hohen Temperaturen gehörenden Anlauffarben noch keine Korrosionserscheinungen erkennbar sind (die Leitung war ca. 3 Jahre in Betrieb), während durch Spaltkorrosion bereits undichte Stellen entstanden sind.

Die Zustände in einem Spalt hinsichtlich der Korrosionsmechanismen (z. B. gestörte Repassivierung) können (siehe Problematik der kritischen Spaltbreite) deutlich schlechter sein als an der freien Werkstückoberfläche. Wirken in diesem Zusammenhang zwei negative Faktoren wie Spalte mit Anlauffarben zusammen, muss ein Werkstoff gewählt werden, der gegenüber der für die „optimale“ Oberfläche erforderlichen Widerstandsklasse ca. 2 Stufen höher liegt.

In Schwimmbädern ist diesbezüglich äußerste Vorsicht geboten. Dies liegt darin begründet, dass in ganz normalen Schwimmbädern, in denen das Wasser im Kreislauf geführt wird, eine Aufchlorung des Wassers entsteht auf „200-500 mg/l mit Steigender Tendenz“ [12]. In einem konkreten Fall lagen die Abwässer des Bades bei 350-630 mg/l (Gutachten SV0956 Knödel 2010).

Das heißt, ein Stahl, der für vermeintliches Wasser nach Trinkwasserverordnung mit unter 250 mg/l Chlor ausgewählt wurde, ist unter günstiger Bedingung vorneweg schon eine Stufe zu schwach im Korrosionswiderstand.

10 Fazit

Die Bezeichnung „nichtrostender Stahl“ ist aus technischer Sicht grob irreführend. Dass sich der Begriff in der Öffentlichkeit so eingebürgert hat, kann nur als Zeichen erfolgreicher Lobby-Arbeit gedeutet werden. [Knödel 2007].

Im Bauwesen werden leichte Anlauffarben durch das vorhandene Regelwerk toleriert. Der Kostendruck in der Fertigung sorgt für einen oftmals sorglosen Umgang mit dieser Thematik. Im Alltag tritt eine Vielzahl von Schadensfällen auf, die auf das Nichtentfernen von Anlauffarben zurückzuführen sind. Aus diesem Grund kann die Folgerung nur darin bestehen, die Entfernung auch von strohgelben Anlauffarben möglichst zu empfehlen.

11 Schrifttum

- [1] Tostmann, K.-H.: Korrosion - Ursachen und Vermeidung, WILEY-CH Verlag GmbH, 1. Auflage, 2001.
- [2] Voigt, C., Paul M. et /al.: Vorlesungen über Korrosion und Korrosionsschutz von Werkstoffen, Teil 1: Korrosion, 1. Auflage, TAW-Verlag Wuppertal, 1996.
- [3] Steidl, G.: Kann durch Schweißen die Korrosionsbeständigkeit von 18/8 Chrom-Nickel-Stählen vermindert werden? Der Praktiker 3/1969 S. 2.
- [4] Kunze, E.: Korrosion und Korrosionsschutz, Band 2: Korrosion der verschiedenen Werkstoffe. WILEY-VCH Verlag GmbH 2001.
- [5] Wendler-Kalsch, E., Gräfen, H.: Korrosionsschadenkunde, Springer 1998.
- [6] Ruge, J., Radebold L.: BMFT-Abschlussbericht FE-KKs, Vol. %; Proj.Nr. B2.6/3 Dechema Frankfurt (1990) 101.
- [7] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6. Erzeugnisse, Bauteile und Verbindungen aus nichtrostenden Stählen. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 20.04.2009.

- [8] DIN EN 12502-4:2004: Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe – Hinweise zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserverteilungs- und -speichersystemen – Teil 4: Einflussfaktoren für nichtrostende Stähle.
- [9] British Stainless Steel Association
www.bssa.org.uk/topics.php?article=140 (26.06.2010)
- [10] Finke, M., Pries, H., Wohlfahrt, H.: Aufbau und Korrosionsanfälligkeit der Oxidschichten bei CrNi-Stählen. 4. VSA-Symposium, Bad Kissingen, 29.04.99, Tagungsband. Industrieverband Schornsteinbau und Abgastechnik e.V. (VSA), Postfach 10 17 40, 75117 Pforzheim.
- [11] DIN 18516 Außenwandbekleidungen, hinterlüftet. Teil 1: Anforderungen, Prüfgrundsätze. Dezember 1999. Teil 3: Naturwerkstein; Anforderungen, Bemessung. Dezember 1999.
- [12] MB 831: Informationsstelle Edelstahl Rostfrei (Hrsg.): Merkblatt 831 – Edelstahl Rostfrei in Schwimmbädern. 2. Aufl. Düsseldorf 2000.
- [13] Mietz, J.: Studie zum Korrosionsverhalten nichtrostender Stähle im Bauwesen, BAM-Az.: Vh 7407. BAM VII.42 – Korrosion im Bauwesen und Anlagenbau, Berlin, Aktualisierte Fassung September 1998.