

Weiterbildungskurse 2017



www.brunnenmeister.ch

Nichtrostende Stähle bei Trinkwasser-Anwendungen

Eberhard Brune

Dipl.-Ing. TU Metallurgie und Werkstoffkunde

Dr. René Mächler

Dipl. Werkstoffingenieur ETH

SWISSINOX - Informationsstelle für rostfreie Edelstähle

Postfach

8810 Horgen



www.swissinox.ch

Anja König

Dipl.-Ing. SFI

SVS Schweizerischer Verein für Schweisstechnik

4052 Basel

www.svs.ch



Veranstaltungsort:



Nichtrostende Stähle bei Trinkwasser-Anwendungen

1. Nichtrostende Stähle

Nichtrostende Stähle enthalten mindestens 10,5 % Chrom und weisen gegenüber unlegierten Stählen eine deutlich bessere Korrosionsbeständigkeit auf. Das Legierungselement Chrom führt mit diesem Mindestanteil zur Ausbildung einer sehr dünnen, aber fest haftenden und bei Verletzung auch selbst heilenden Passivschicht, die das darunter liegende Metall vor dem Angriff durch die umgebenden Medien schützt. Die traditionelle Namensgebung "nichtrostende Stähle" hat ihren Ursprung darin, dass diese Werkstoffe bei Auslagerung an normaler Atmosphäre nicht rosten. Dies bedeutet jedoch nicht, dass sie beliebigen Medien ohne Korrosionserscheinungen ausgesetzt werden können. Mit einer Erhöhung des Chrom-Gehalts über Mindestgehalt hinaus und dem Hinzufügen von Legierungsbestandteilen wie z.B. Nickel und Molybdän kann die Korrosionsbeständigkeit weiter verbessert werden. Durch ein Hinzulegen von Stickstoff wird die Festigkeit ohne Beeinträchtigung der Duktilität erhöht. Zugleich erhöht Stickstoff auch die Beständigkeit gegenüber örtlichem Korrosionsangriff. Daneben ist immer etwas Kohlenstoff vorhanden. Dieser kann insbesondere nach dem Schweißen zu interkristalliner Korrosion führen, sofern er nicht sehr niedrig gehalten oder durch die Zugabe von Titan oder Niob abgebunden ist. Man bezeichnet diese Werkstoffe dann als stabilisiert. Eine dafür typische Stahlsorte ist 1.4571.

2. Nichtrostende austenitische Stähle

Bei den nichtrostenden austenitischen Stählen nimmt die Gruppe der häufig als V2A bezeichneten Edelstähle mengenmässig den bedeutendsten Anteil ein, gefolgt von der Gruppe der als V4A bezeichneten Edelstähle. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich dabei nicht um genormte Bezeichnungen handelt. Die Zuordnung ist aber dann sinnvoll, wenn sie sich an die Einteilung in die nichtrostenden Stähle vom Typ 304 und 316 der international weithin gebräuchlichen US-amerikanischen Normung anlehnt.

Bei V2A handelt es sich um austenitische Edelstähle mit im Mittel 18 % Chrom und 10 % Nickel, die im Fall von V4A zusätzlich noch 2 bis 3 % Molybdän enthalten. Die V4A-Stähle weisen eine bessere Beständigkeit gegenüber Lokalkorrosion in chloridhaltigen Medien auf als die V2A-Stähle. Als typische Vertreter sind die Stähle 1.4301 (oder: 1.4307) und 1.4404 in der Wasserwirtschaft weit verbreitet und in vielerlei Produktformen verfügbar.

Im Trinkwasserbereich sind für die Wasser führenden Leitungen häufig die V4A-Stähle, beispielsweise 1.4404, anzuraten, während im Abwasserbereich in der Regel die V2A-Stähle, beispielsweise 1.4307, Anwendung finden können. Bei Chloridwerten grösser 200 mg/l wird jedoch der Einsatz der V4A-Stähle empfohlen, wobei die nicht das Medium berührenden Teile aus V2A sein können. Für Fälle besonders hoher Korrosionsbeanspruchung, beispielsweise infolge einer über das Trinkwasser weit hinaus gehenden Belastung des Wassers mit Chlorid-Ionen, haben sich sehr hoch legierte austenitische Edelstähle wie z.B. 1.4529 bewährt.

Bei Vorhandensein von Schwefelwasserstoff in Feuchträumen von Abwasseranlagen

helfen allerdings weniger höherwertige Edelstähle als vielmehr geeignete Be- und Entlüftungsmassnahmen, um Korrosionsschäden zu vermeiden.

3. Korrosionsbeständigkeit gegenüber Wässern und ihre Einflussgrössen

Die Korrosionsbeständigkeit als das wichtigste Kriterium nichtrostender Stähle ist keine Werkstoffeigenschaft, sondern ergibt sich aus der Wechselwirkung mit dem jeweils umgebenden Medium. Massgebend ist deshalb neben der eigentlichen Wahl des Werkstoffs auch seine gesamte Ausführung, z.B. seine Oberflächenbeschaffenheit, die angewendeten Verbindungsverfahren und die korrekte Oberflächenbehandlung.

Auf der anderen Seite steht das umgebende Medium, in der Regel gleichfalls mit einer Vielfalt zu beachtender Parameter, in die auch die jeweiligen Betriebsbedingungen eingehen. In Hinblick auf die Korrosionsbeständigkeit nichtrostender Stähle in der Wasserwirtschaft sind für die unterschiedlichen Arten der Korrosion jedoch einige uneingeschränkt positive Aussagen möglich.

3.1. Flächenkorrosion

Die Geschwindigkeit der Flächenkorrosion der nichtrostenden Stähle in Verteilungs- und Speichersystemen für Trinkwasser wegen ihres passiven Zustandes vernachlässigbar gering. Abgesehen von möglichen Verschmutzungen bleibt das metallisch-blanke Aussehen der nichtrostenden Stähle im Betrieb erhalten. Die Beständigkeit wird auch durch saure Wasserinhaltsstoffe bis zu pH-Werten von etwa 4 nicht beeinträchtigt. Eine Verfärbung der Oberfläche infolge der Ablagerung von Fremdkorrosionsprodukten ist kein Anzeichen für Korrosion des nichtrostenden Stahls. Aufgrund der Beständigkeit gegen Flächenkorrosion spielt diese in der Praxis beim Einsatz von nichtrostenden Stählen in Wässern keine Rolle.

3.2. Erosionskorrosion

Gegenüber Erosionskorrosion weisen nichtrostende Stähle in Wässern ebenfalls eine vergleichsweise hohe Beständigkeit auf, so dass ihre Anwendung auch im Fall hoher Fliessgeschwindigkeiten bis herauf zu beispielsweise 30 m/s in Betracht gezogen werden kann.

3.3. Galvanische Korrosion

Unter den Bedingungen, die in Wasserverteilungssystemen vorliegen, stellen nichtrostende Stähle üblicherweise den edleren Werkstoff dar und sind deshalb selbst nicht durch Kontakt- oder Bimetallkorrosion gefährdet, wohl aber die unedleren Partner.

3.4. Interkristalline Korrosion

Die Wahrscheinlichkeit für interkristalline Korrosion in Verteilungs- und Speichersystemen für Trinkwasser und in Wässern ähnlicher Zusammensetzung vernachlässigbar gering.

3.5. Loch- und Spaltkorrosion

In einigen Fällen kann jedoch die Passivschicht der nichtrostenden Stähle lokal zerstört werden. Dies kann einen lokalen Korrosionsangriff zur Folge haben, welcher zu einem Korrosionsschaden führen kann. Deshalb sind die Korrosionsarten

Lochkorrosion und Spaltkorrosion eingehender zu betrachten.

Spannungsrissskorrosion kann für die nichtrostenden Stähle in der Wasserwirtschaft bei korrekter Verarbeitung - Vermeidung von Sensibilisierung und von sehr extremen Kaltverformungsgraden - in den meisten Fällen ausser Betracht bleiben.

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Lochkorrosion ist erhöht bei mit Schwefel legierten nichtrostenden Automatenstählen, die vielfach für Ventile und Fittings eingesetzt werden. Sie sollten deshalb nicht ständig Wässern ausgesetzt werden.

4. Wasserseitige Einflussgrössen

Die Wahrscheinlichkeit nichtrostender Stähle für Lochkorrosion und Spaltkorrosion steigt mit zunehmendem Gehalt des Wassers an Chlorid-Ionen, wenn die anderen Betriebsbedingungen konstant bleiben. Deshalb sind die zulässigen Grenzgehalte an Chlorid-Ionen abhängig von pH-Wert, Temperatur, den Fließbedingungen, dem Ausmass der Anwesenheit von Oxidationsmitteln sowie anderer Wasserinhaltsstoffe wie Nitrate oder Sulfate, die gleichfalls einen und zwar meist positiven inhibierenden Einfluss ausüben können.

Man kann auf Grund der bisherigen Erfahrungen sagen, dass die Wahrscheinlichkeit für Lochkorrosion bei molybdänfreien nichtrostenden Stählen hoch ist, wenn in Kaltwasser die Konzentration an Chlorid-Ionen über etwa 200 mg/l und in erwärmtem Wasser über etwa 50 mg/l liegt.

5. Bauseitige Einflussgrössen

Für die Korrosionsbeständigkeit nichtrostender Stähle gegenüber Wässern ist die Vermeidung von Spalten wichtig. Sind sie unvermeidbar, sollten sie möglichst weit sein. Spalte mit einer Weite von mehr als 0,5 mm gelten im Allgemeinen als unkritisch. Auch sind Metall-Metall-Spalte in der Regel weniger kritisch als Metall-Kunststoff-Spalte. Bei kritischen Spalten lässt sich die erhöhte Korrosionsgefahr in der Regel durch Wahl eines korrosionsbeständigeren Werkstoffs auffangen.

Bei Flanschen, Klemm- und Pressfittingen oder Muffen ist darauf zu achten, dass die Dichtungswerkstoffe keine oder nur geringe Mengen an Chlorid freisetzen. Generell müssen Bauteile aus nichtrostenden Stählen vor Kontakt mit chloridhaltigen Baustoffen bewahrt werden. Ebenso ist die Einwirkung chlor- bzw. chloridhaltiger Gase oder Dämpfe zu vermeiden oder bei der Werkstoffauswahl zu berücksichtigen. Dämmstoffe dürfen einen Massenanteil an wasserlöslichen Chlorid-Ionen von 0,05 % nicht überschreiten. Bei Mineralwolle darf der Massenanteil an wasserlöslichen Chlorid-Ionen nicht mehr als 6 mg/kg betragen. Die Isoliereinlagen der Befestigungselemente für Rohrleitungen müssen frei von auslaugbaren Chloriden sein.

6. Fertigungsseitige Einflussgrössen

6.1. Schweißen

Hier kann es unter anderem zu einer Erhöhung der Wahrscheinlichkeit für Lochkorrosion als Folge einer Sensibilisierung kommen. Unsachgemässe Wärmebehandlungen oder Schweißprozesse, bei denen der Werkstoff für eine längere Zeit im Temperaturbereich von 500 °C bis 800 °C verbleibt, führen zur

Ausscheidung chromreicher Karbide auf den Korngrenzen und einer Chromverarmung in den korngrenzenahen Bereichen. Diese Werkstoffveränderung wird als Sensibilisierung bezeichnet. Eine Sensibilisierung der nichtrostenden austenitischen Stähle wird in der Regel vermieden, wenn beim Schweißen dicker Querschnitte - über 6 mm Blechdicke oder 20 mm Durchmesser Edelstähle mit max. 0,03 % Kohlenstoff verwendet werden, beispielsweise 1.4307 oder 1.4404.

6.2. Oberfläche und Anlauffarben

Ferner hat die Oberflächenbeschaffenheit einen wesentlichen Einfluss auf die Korrosionsbeständigkeit. Die höchste Beständigkeit wird mit einer sauberen und metallisch blanken Oberfläche erzielt, die frei ist von Spalten, Einbrandkerben und Poren als Schwachstellen für das Entstehen von Spaltkorrosion. Von besonderer Bedeutung ist das werkstoffgerechte Schweißen.

Erfahrungsgemäss weisen mechanisierte Schweißungen mit ausreichender Schutzgashinterführung und Vermeidung von Kantenversatz eine grössere Korrosionsbeständigkeit auf als Handschweißungen. An Schweißverbindungen sind jegliche Anlauffarben, Verzunderungen, Spritzer und Schlackenreste sorgfältig zu entfernen, und es ist auf einwandfreie Wurzeldurchschweißung zu achten. Die Bildung von Oxid- und Zunderschichten ist durch angepasste Schutzgaszufuhr und Formieren möglichst zu verhindern.

Oxidfilme mit dunkleren Farben als strohgelb erhöhen die Wahrscheinlichkeit für Lochkorrosion. Sie können durch Beizen, Feinschleifen oder Kugelstrahlen, z.B. mit Glasperlen, entfernt werden. Unter kritischen Bedingungen können jedoch auch strohgelbe Oxidfilme die Wahrscheinlichkeit für Lochkorrosion erhöhen.

Auch die mikrobiologisch beeinflusste Korrosion nichtrostender Stähle setzt in der Regel dort ein, wo eine verarbeitungsbedingte Schwächung der Korrosionsbeständigkeit durch Anlauffarben auf und neben den Schweißverbindungen vorliegt. Die Bildung von Anlauffarben ist beim Schweißen nichtrostender Stähle unnachlässig und kompromisslos zu vermeiden oder Anlauffarben sind vollständig und gründlich zu entfernen, am besten durch eine Beizung im Vollbad.

6.3. Schleifen

In gleicher Weise müssen Metallabrieb, der beim Bearbeiten vom Werkzeug auf die Metalloberfläche gelangt ist, und alle fest haftenden Ablagerungen anderer Art wie z.B. Fremdstoffe sorgfältig entfernt werden. Art und Umfang zu ergreifender Reinigungsmassnahmen hängen von der Art der Oberflächenbeeinträchtigung ab und können sehr unterschiedlich ausfallen. Flanschverbindungen sind erfahrungsgemäss weniger gefährdet als unvollkommene Schweißverbindungen, jedoch sollen auch diese so wenig wie möglich an engen Spalten und geflechtfreie Dichtungen aufweisen.

Durch grobes Schleifen zur Entfernung von Oxidfilmen oder Zunderschichten im Bereich von Schweißnähten werden in einer oberflächennahen Schicht des Werkstoffs Aufhärtungen und Zugeigenspannungen erzeugt. Diese führen zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für transkristalline Spannungsrisskorrosion bei nichtrostenden Stählen. Die durch grobes Schleifen geschädigte oberflächennahe Schicht kann durch Beizen abgetragen werden.

6.4. Strahlen

Durch Kugelstrahlen werden in einer oberflächennahen Schicht Druckeigenspannungen erzeugt und Zugeigenspannungen verringert. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit für Spannungsrisskorrosion verringert. Wenn jedoch das Strahlgut Verunreinigungen aus ferritischem Material enthält, werden diese in die Oberfläche des nichtrostenden Stahles eingedrückt und erhöhen die Korrosionswahrscheinlichkeit. In Zweifelsfällen ist ein nochmaliges Strahlen mit frischem Strahlgut nicht hilfreich. Der geeignete Weg, die Oberfläche zu reinigen, ist sie zu beizen.

Verarbeitungstechnische Massnahmen, die dazu führen, dass Zugspannungen auf den nichtrostenden Stahl aufgebracht werden, beeinflussen das Langzeitverhalten in Bezug auf Spannungsrisskorrosion. Bei der Installation eines Wasserverteilungssystems können Zugspannungen in einzelnen Bauteilen entstehen, welche im Zusammenhang mit spezifischen korrosiven Medien Spannungsrisskorrosion auslösen können. Kritische Zugspannungen können niedrig gehalten werden z.B. durch sorgfältiges Verschrauben von Gewinden und durch Beachtung der entsprechenden Installationsempfehlungen.

7. Betriebliche Einflussgrößen

Die Basis für die Bewertung und richtige Werkstoffauswahl ist die Analyse der Auswirkung aller wichtigen Einflussgrößen und Massnahmen auf die Korrosionswahrscheinlichkeit, wie beispielsweise der Chloridgehalt des Wassers, die Konzentration des Schwefelwasserstoffes in Feuchträumen von Abwasser führenden Anlagen, die vorbeugende Wartung und Reinigung und anderes mehr. Da die Initiierung von Lochkorrosion vom Potential abhängt, nimmt die Korrosionswahrscheinlichkeit nichtrostender Stähle bei Erhöhung des Redoxpotentials des Wassers zu, z.B. als Folge einer oxidierenden Desinfektion neuer Rohrleitungssysteme.

Wenn eine erstellte Anlage für einen begrenzten Zeitraum mit oxidierenden Desinfektionsmitteln behandelt werden muss, ist keine zusätzliche Korrosionsgefährdung zu erwarten, sofern die Empfehlungen, die in den entsprechenden Normen enthalten sind, befolgt werden. Eine weitere betriebliche Einflussgrösse ist neben der Temperatur der Strömungszustand. In strömenden Wässern ist die Korrosionsbeständigkeit immer relativ hoch, während in Stagnationsphasen Lochkorrosion eingeleitet werden kann. Mit der Strömungsgeschwindigkeit in Zusammenhang stehen kann darüber hinaus die Bildung von Ablagerungen, unter denen die Gefahr von Spaltkorrosion gegeben ist. Wirksame Vorkehrungen bestehen hier vor allem in einer regelmässigen gründlichen Reinigung und Spülung der Anlagenteile sowie der normgerechten Lüftung der Abwasserleitungen.

8. Praktische Erfahrungen

Im Bereich der Gewinnung, Behandlung und Verteilung von Trinkwasser wird Edelstahl Rostfrei für Verrohrungen, Einbauteile und Auskleidungen in Trinkwasserbehältern verwendet, daneben für eine Vielzahl peripherer Ausrüstungen

wie Schachtabdeckungen, Einsteigleitern, Treppen, Geländer, Handläufe, Gitterroste, Loch- und Riffelbleche. Wichtig für die Werkstoffwahl ist in diesen Fällen die Korrosionsbeständigkeit an der Atmosphäre. In ländlicher Umgebung oder in normaler Stadtatmosphäre dürften die nichtrostenden austenitischen Stähle der Gruppe V2A, beispielsweise 1.4301 oder 1.4307, wahrscheinlich die beste Werkstoffwahl im Hinblick sowohl auf die Korrosionsbeständigkeit als auch auf die Kosten sein. Bei höherer korrosiver Belastung, wie sie in Industrie- oder Meeresatmosphäre möglich ist, kann es jedoch erforderlich werden, Werkstoffe der Gruppe V4A, die Duplex-Edelstähle 1.4362 bzw. 1.4462 oder den hoch legierten Austenit 1.4539 zu verwenden.

Auskleidungen von Trinkwasser-Hochbehältern mit Edelstahl Rostfrei kommen zur Anwendung sowohl im Fall von Neubauten als auch um damit Undichtigkeiten dauerhaft zu sanieren. In den meisten Fällen sind hier die nichtrostenden austenitischen Stähle der V4A-Gruppe beständig, so dass für derartige Auskleidungen beispielsweise 1,5 mm dicke Bleche aus 1.4404 mit 2B-Oberfläche verwendet werden können.

Auch für Rohrleitungen und Einbauteile in Wasserkammern wird nichtrostender Stahl aus der V4A-Gruppe empfohlen, der dann nicht nur gegenüber den Wässern, sondern auch im Fall einer Desinfektion und Reinigung hinreichend beständig ist. Bei der Trinkwasseraufbereitung ist zu beachten, dass das Einleiten von Sauerstoff mit Oxidatoren eine starke Sauerstoffübersättigung zur Folge haben kann. Nichtrostender Stahl der V4A-Gruppe ist hier beständig.

Ozon ist ein zunehmend verwendetes alternatives Oxidationsmittel, welches entweder allein oder in Verbindung mit Chlor für die Wasseraufbereitung zur Anwendung kommt. Nichtrostende Stähle der V4A-Gruppe sind hier beständig. So wird beispielsweise der Edelstahl 1.4404 vorzugsweise für den Bau von Ozongeneratoren verwendet. Ferner ist Chlor, auch als hypochlorige Säure oder Hypochlorit-Ion aus chlorhaltigen Desinfektionsmitteln als starkes Oxidationsmittel zu nennen.

Ebenso werden Druckrohre für eine bei der Trinkwasseraufbereitung erforderlich werdende Membranfiltration aus Edelstahl Rostfrei hergestellt. So sind austenitische nichtrostende Stähle für die in einem Wasserwerk bestehenden Anforderungen auch wegen ihrer hervorragenden Verarbeitbarkeit zu vielfältigen geometrischen Formen bei zugleich hohem Widerstand gegenüber Erosionsbeanspruchung infolge hoher Strömungsgeschwindigkeiten hervorragend geeignet.

Dieser Text ist eine gekürzte Fassung des Merkblattes 893 „Edelstahl Rostfrei in der Wasserwirtschaft“, herausgegeben von der Informationsstelle Edelstahl Rostfrei (ISER) in Düsseldorf (D). Dort wird auch auf zahlreiche Literaturstellen verwiesen. Die Broschüre kann bei SWISSINOX bezogen werden, ebenso viele weitere Informationen zum Thema „Nichtrostende Stähle“.