

Wie korrosionsbeständig ist nichtrostender Stahl?

Autor(en): **Buess, Ernst**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **103 (1985)**

Heft 26

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75838>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

eine Beschichtung, die eine äquivalente Sicherheit gegen Korrosion gewährleistet, verwendet werden.

Ein Vorbehalt ist allerdings auch bei der Verwendung von nichtrostendem Stahl angebracht: Es ist seit langem bekannt, dass dieser in chloridhaltigem Wasser zu Spannungsriiss-Korrosion neigt, eine Korrosionsform, welche bei kaltverformtem und/oder ständig unter Spannung stehendem Chromnickelstahl auftritt. Beim Schäumen von Polyurethan werden nun im allgemeinen chlorhaltige Hilfsmittel verwendet. Da die Armierung von Kragplattenanschlüssen dauernd unter Spannung steht, sollte für die Wärmedämmung kein Polyurethanschaum verwendet werden.

Zusammenfassung

Anhand eines dreidimensionalen Rechenmodelles wurde nachgewiesen,

dass in wärmegeämmten Kragplattenanschlüssen der Energieverlust gegenüber durchlaufenden Betonplatten erheblich verringert werden kann.

Die besten Resultate werden erreicht, wenn die Querkraft durch schräge Eisen aufgenommen wird (kleinerer Stahldurchmesser) und im Bereich der Wärmedämmung nichtrostender Stahl mindestens der Qualität V2A verwendet wird (Wärmeleitfähigkeit nur ein Viertel derjenigen von Baustahl). Das Kräftespiel ist damit zudem übersichtlich und leicht zu erfassen.

Wie gut auch immer Stahl III im Bereich der Wärmedämmung an der Oberfläche korrosionsschutz geschützt wird, genügt dieser Schutz nur bedingt, vor allem deshalb, weil eine infolge Verletzung auftretende Korrosion bis zum Versagen des Stahles unbemerkt bleiben kann.

Adresse des Verfassers: *Heinz Wieland*, dipl. Bauing. ETH, Im Städtli; 7304 Maienfeld.

Literatur

- [1] EMPA-Versuch Nr. 47 682 im Auftrag von Ing.-Büro W. Egger, Saanen
- [2] Prüfamts für Baustatik Karlsruhe: Prüfbericht mit Aktenzeichen Nr. 34.2.7 vom 21.3.83 im Auftrage der Schöck Bauteile GmbH
- [3] Moderne Bauphysik von H. H. Hauri und Ch. Zürcher (Institut für Hochbautechnik ETH Zürich)
- [4] Institut für Bautechnik Berlin: Zulassung nichtrostende Stähle Nr. Z 30.1-44 vom 1.2.79
- [5] Gartenmann Ingenieur AG, Bern. Untersuchungsbericht über Oberflächen-Temperaturmessungen im Auftrag von Ing.-Büro Walter Egger, Saanen, 6.7.83
- [6] D. Knöfel: Stichwort Baustoffkorrosion Seite 178 ff.
- [7] H. Wieland: Fassaden aus Stahlblech korrosionssicher befestigt
- [8] DIN 18516 Teil 1: Bekleidung, Unterkonstruktion und Befestigung, Entwurf Juli 1982
- [9] Staatliche Materialprüfungsanstalt Darmstadt: Prüfungsbericht zum Antrag Nr. 83 0957
- [10] Eidgenössische Materialprüfungs- und Versuchsanstalt in Dübendorf: Untersuchungsbericht No 175 694/1

Wie korrosionsbeständig ist nichtrostender Stahl?

Von Ernst Buess, Basel

Die an der Zwischendecke des Hallenbades Uster von der Empa durchgeführte Untersuchung hat massive Korrosionsschäden an den Aufhängebügeln festgestellt. Der Begriff «nichtrostend» ist also nur relativ.

Diese Tatsache und die Konfusion um die richtige Handhabung der Begriffe, vor allem in der Tagespresse, gibt Anlass zu einer Darstellung der möglichen Korrosionsformen an nichtrostenden Stählen. Was den Herstellern und Betreibern von chemischen Apparaten aus nichtrostenden Stählen tägliche Arbeit bzw. tägliches Ärgernis ist, lässt vielleicht manchem Bauplaner den Werkstoff «nichtrostender Stahl» in einem neuen Blickwinkel erscheinen. Das Wissen um die Schädigungsmöglichkeiten wird für die Anwendung dieser Werkstoffe Voraussetzung werden müssen, eine Feststellung, die übrigens allgemein gilt.

Was ist nichtrostender Stahl?

Zuerst ist die Frage der Definition und der richtigen Benennung zu klären. Genormt sind diese Stähle in der Norm DIN 17 440 unter der Bezeichnung «Nichtrostende Stähle». Die gelegentlich verwendete Bezeichnung «rostfreie Stähle» ist keine Fachbezeichnung, sondern höchstens Umgangssprache.

Als nichtrostend gelten nach der genannten Norm Stähle, die sich durch besondere Beständigkeit gegenüber chemisch angreifenden Stoffen aus-

zeichnen. Ihr Hauptlegierungselement ist Chrom, das mit 13 und mehr Prozent zulegiert wird. Chrom ist ein unedles Element, es hat aber die Eigenschaft, dass es sich – ähnlich wie das Aluminium – mit einer widerstandsfähigen Oberflächenschutzschicht überzieht. Diese Schicht aus Chromoxid, die aber auch durch eine Ionenbarriere verstärkt werden kann, wird in ihrer Gesamtheit allgemein als Passivschicht bezeichnet. Beim Zulegieren von 13 und mehr Prozent Chrom zum Stahl überträgt sich die Eigenschaft der Passivierfähigkeit; der Stahl kann dann als nichtrostend bezeichnet werden.

Auf diese Weise entsteht eine erste Gruppe von nichtrostenden Stählen, die *Chromstähle*. Diese besitzen unter gewissen Bedingungen sehr gute Korrosionseigenschaften, weisen leider jedoch nur geringe Zähigkeit auf, sind also spröde, was ihre Verwendung für viele Bereiche ausschliesst.

Im Gegensatz dazu besitzen die *Chromnickelstähle*, die in der Basislegierung um 18% Cr und 8% Ni enthalten, sowohl gute Korrosionsbeständigkeit wie auch eine hohe Zähigkeit bis hinab in den Tieftemperaturbereich. Diese Eigenschaften lassen den trügerischen Schluss zu, dass der Verwendung dieser Stähle keine Grenzen gesetzt seien, werden sie doch auch im warmfesten Bereich und als zunderbeständige Werkstoffe eingesetzt. Dass aber doch Grenzen vorhanden sind, hat der tragische Deckeneinsturz von Uster deutlich gezeigt.

Schädigungsmöglichkeiten an nichtrostenden Stählen

Der weitaus grösste Teil der Schädigungen an nichtrostenden Stählen kann unter dem Begriff Korrosion in wässrigen Medien zusammengefasst werden. Vom Ablauf her sind es *elektrochemische* Vorgänge, die über die Bildung von Lokalelementen den Werkstoff zerstören.

Eine wässrige Lösung, die freie Ionen enthält, wirkt als Elektrolyt. Je nach der elektrischen Ladung der vorhandenen Ionen wird es zu einem oxidierenden oder zu einem reduzierenden Angriff auf den Werkstoff kommen. In jedem Falle werden die Metallatome aus ihrer Bindung im Kristallgitter herausgelöst, d. h. der Werkstoff wird abgetragen. Die beim nichtrostenden Stahl vorhandene Passivschicht schützt den darunterliegenden Werkstoff bis zu einem gewissen Grade vor derartigen Abtragungen. Vermindert wird die Beständigkeit, wenn die Passivschicht nicht homogen ist. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Oberfläche durch Kratzer, Riefen, Fremdstoffe usw. beschädigt oder verunreinigt ist. Die Oberflächengüte des Chromnickelstahles ist deshalb ein wesentlicher Bestandteil seiner Korrosionsbeständigkeit. Höchste Beständigkeit wird bei polierter Oberfläche erreicht.

Korrosionsformen

Flächenkorrosion

Bei dieser Korrosionsform wird der Werkstoff auf seiner ganzen Kontaktfläche mit dem Elektrolyten abgetragen. Beim nichtrostenden Stahl durchbricht das angreifende Medium die Passivschicht in ihrer Gesamtheit. Ist der Elektrolyt sauerstoffhaltig, so kann sich die Schicht wieder neu bilden, bis es zu einem erneuten Durchbruch kommt. Der Werkstoff wird dabei im Laufe der Zeit um Millimeter abgetragen, was bedeutet, dass nach dem Erreichen einer kritischen Restwanddicke der Apparat oder die Rohrleitung ersetzt werden muss.

Zusätzliches Legieren des Chromnickelstahles mit Kupfer macht ihn wider-

standsfähiger gegen diese Art von Korrosion; dadurch wird die Abtragsgeschwindigkeit reduziert.

Lochkorrosion

Bei dieser Angriffsform, gelegentlich auch noch mit Lochfrass bezeichnet, durchbricht das angreifende Medium die Passivschicht nur örtlich, vorzugsweise an Stellen, wo sie durch Oberflächenfehler ungenügend ausgebildet ist. Die Oberflächenöffnung kann dabei weniger als 1 mm gross sein, unter der Oberfläche können aber Korrosionskavernen von mehreren Millimetern Ausdehnung entstehen. Das Bild 1 zeigt einen Ausschnitt einer Röntgenaufnahme, die an einem durch Lochkorrosion undicht gewordenen Warmwasserboiler erstellt worden ist. Die Aufnahme zeigt die Hohlstellen im Werkstoff als schwarze Flecken. Diese Korrosionsart entsteht vorzugsweise beim Angriff von Halogenionen, d. h. wenn der Elektrolyt entweder Chlor, Brom, Jod oder Fluor enthält.

Von der Werkstoffseite her wird dieser Korrosionsart durch Zulegieren von Molybdän zum Chromnickelstahl begegnet, denn dieses Legierungselement verstärkt vor allem die Passivschicht.

Spaltkorrosion

Diese Korrosionsart entsteht in konstruktiven Spalten vor allem dann, wenn sich im Spalt gegenüber der Umgebung andere Konzentrationen, z. B. von Sauerstoff, ausbilden. Der sauerstoffärmere Spaltbereich wird zum unedleren Pol eines Lokalelementes; dadurch wird der Werkstoff im Spaltbereich abgetragen.

Selektive Korrosion

Bei diesem Korrosionsangriff werden nur bestimmte Gefügebestandteile aus

dem metallischen Verband herausgelöst. Der übliche Chromnickelstahl mit 18% Cr und 8% Ni zeigt kein homogenes Gefüge. Der Werkstoff besteht hauptsächlich aus zwei verschiedenen Gefügearten; er wird als zweiphasig bezeichnet.

Der Hauptgefügeanteil ist *Austenit*, die zweite vorhandene Phase wird als *Ferrit* bezeichnet. Das Verhältnis von Austenit zu Ferrit wird in erster Linie durch die Anteile von Chrom und Nickel bestimmt. Liegt der Ferritgehalt beim 18/8-Stahl bei etwa 10%, so wird ein Stahl, der bei der gleichen Chrommenge mindestens 16% Ni enthält, einphasig, d. h. er besteht nur noch aus der Gefügekomponente Austenit.

Nickel ist somit ein sogenannter Austenitbildner, während Chrom ein Ferritbildner ist. Unter gewissen Korrosionsbedingungen wird nun jene Phase, die mit dem geringsten Anteil vertreten ist, zum unedlen Teil der Verbindung. In diesem Falle ist es der Ferrit, der selektiv aus dem Gefüge herausgelöst wird, was auf der Oberfläche des Stahles furchenartige Korrosionsnarben entstehen lässt. Wie bereits erwähnt, lässt das Anheben des Nickelgehaltes den Ferritanteil verschwinden; der Werkstoff wird zu einem einphasigen, stabilen Austenit, der gegen die selektive Korrosion nicht anfällig ist.

Eine Variante der selektiven Korrosion ist die *interkristalline Korrosion*, kurz IK genannt. Kohlenstoff ist in den nichtrostenden Stählen ein unerwünschter Legierungsbestandteil. In bestimmten Temperaturbereichen, wie sie z. B. beim Schweißen in den wärmebeeinflussten Bereichen der Schweißnähte auftreten, ist eine Kohlenstoffdiffusion möglich. Chrom hat eine sehr hohe Affinität zum Kohlenstoff; dies bedeutet, dass in diesen Temperaturbereichen Chromkarbide entstehen. Dies

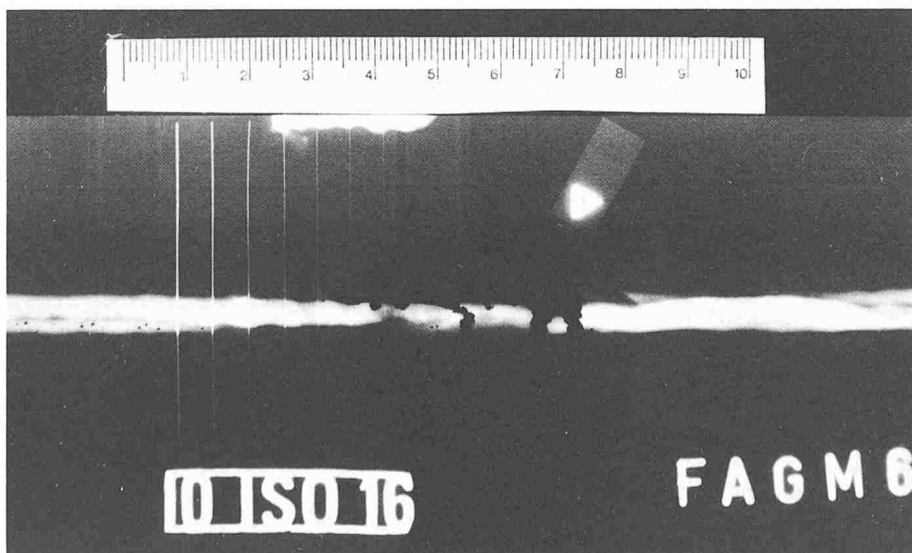
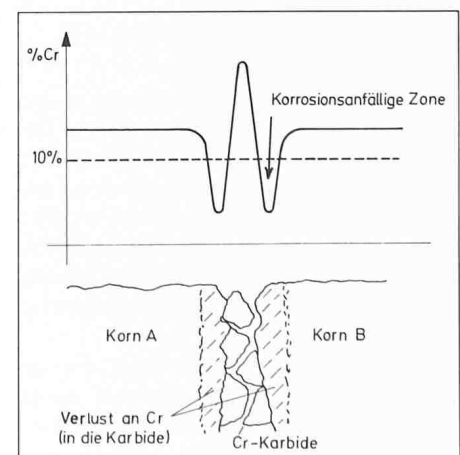


Bild 1 (links). Lochkorrosion, Röntgenaufnahme

Bild 2. Interkristalline Korrosion, Schema



führt einerseits zur Versprödung des Werkstoffes, andererseits wird vor allem den Kornoberflächen durch den Kohlenstoff für die Bildung der Karbide Chrom entzogen. Dies führt aber zu einer Chromverarmung der Korngrenzen. Ein gewisser Chromprozentsatz ist jedoch für die Korrosionsbeständigkeit notwendig. Die Korngrenzen werden somit durch die Chromverarmung zum unedlen Teil des Gefüges. Sie werden deshalb beim korrosiven Angriff bevorzugt aufgelöst, und das betreffende Korn fällt dann einfach aus dem metallischen Verband heraus (Bild 2).

Von der Stahlherstellung her kann der IK auf zwei verschiedene Arten begegnet werden. Die eine Möglichkeit ist das Absenken des C-Gehaltes auf 0,02 bis 0,04% C, diese niedriggekohlten Stähle unterliegen der IK nicht. Die andere Möglichkeit ist das Binden des Kohlenstoffes an Elemente, die eine grössere Affinität zu diesem haben als das Chrom. Dies sind vor allem die Elemente Titan und Niob. Stähle, die mit diesen Elementen zusätzlich legiert sind, werden als stabilisiert bezeichnet; auch diese bieten eine grössere Sicherheit gegen die IK als der gewöhnliche 18/8-Stahl.

Spannungsrisskorrosion

Gefürchtet ist bei tragenden Teilen aus nichtrostendem Chromnickelstahl die *Spannungsrisskorrosion*. Voraussetzung dazu ist ein bestimmter Zugspannungszustand im Bauteil und die Anwesenheit einer wässrigen Lösung, welche Halogenionen - vorzugsweise Chlorionen - enthält.

Die Spannungsrisskorrosion erzeugt ast- oder büschelartig verlaufende Risse in der Oberfläche des Werkstoffes. Nach dem Entstehen der ersten Risse tritt meist an diesen Stellen auch noch Lochkorrosion auf. Der Vorgang der Spannungsrisskorrosion ist noch nicht geklärt, vor allem weiss man nicht, warum sie bei den einen Werkstoffen auftritt und bei andern nicht. Man weiss aber, dass in einem unter Zugspannung stehenden Gefüge die Korngrenzen unter höherer Beanspruchung stehen als das Korninnere. Dadurch entstehen auch Potentialunterschiede, die Kornoberfläche wird zum unedlen Teil und wird dann in einem ersten Angriff in einer Art selektiven Korrosion aufgelöst. Dadurch entstehen in der Oberfläche Kerben, die Spannung im Kerbgrund steigt mit wachsender Tiefe an, was die Korrosion nur noch beschleunigt. Es kommt dann sehr rasch auch zu den ersten Rissbildungen, die vorerst interkristallin verlaufen, später aber auch transkristallinen Charakter annehmen können (Bild 3).

Wichtig ist bei dieser Korrosionsart die Erkenntnis, dass eine kritische Grenzspannung existiert, die vom angreifenden Medium und von der Art des Werkstoffes abhängig ist, unterhalb welcher keine Gefahr des Entstehens von Spannungsrisskorrosion besteht (Bild 4). Eine Schädigung setzt erst ein, wenn diese kritische Spannung überschritten wird. Diese Grenzspannung kann deutlich unter der für eine statische Berechnung massgeblichen Spannung liegen. Dies bedeutet aber, dass Bauteile, die unter Bedingungen eingesetzt werden, bei denen Spannungsrisskorrosion entstehen kann, entsprechend überdimensioniert sein müssen.

Bei Chromnickelstahl der einfachsten Variante kommt noch dazu, dass er eine relativ bescheidene Streckgrenze aufweist, die etwa dem Wert des St 37 entspricht. Von dieser Seite her ist somit der Chromnickelstahl alles andere als ein interessanter Werkstoff.

Der Norm DIN 17 440 kann entnommen werden, dass der in Uster verwendete Werkstoff eine Streckgrenze von 185 N/mm² aufweist. Üblicherweise kann die Betriebsspannung mit etwa zwei Drittel dieses Wertes festgelegt werden.

Ob und in welchem Rahmen diese Kriterien für die Festlegung der Betriebsspannung der gebrochenen Bügel des Hallenbades Uster mitberücksichtigt worden sind, ist sicher auch Gegenstand der laufenden Untersuchungen der Empa (vgl. Schweizer Ingenieur und Architekt, H. 21/85, S. 509 und H. 23/85, S. 566).

Interessant ist, dass nicht alle nichtrostenden Stähle der Spannungsrisskorrosion unterliegen. Wie dem Bild 5 entnommen werden kann, sind in erster Linie die Chromnickelstähle bei einem Gehalt von 18% Cr und einem Gehalt von 8 bis 20% Ni für diese Korrosionsart anfällig.

Reine Chromstähle bieten eine relativ hohe Sicherheit; leider sind diese Stähle wegen ihrer geringen Duktilität und niederen Kerbschlagzähigkeit nicht immer ohne weiteres anwendbar. Hochnickelhaltige Legierungen verhalten sich ebenfalls günstig, ausserdem besitzen diese meist auch eine gute Zähigkeit, nur liegt natürlich der Preis dieser Werkstoffe in anderen Höhen.

Zusammenfassung

Nichtrostende Stähle können durch korrosive Angriffe auf verschiedenste Art und Weise geschädigt werden. Unter gewissen Bedingungen geht die Zer-



Bild 3. Spannungsrisskorrosion, Aussenfläche

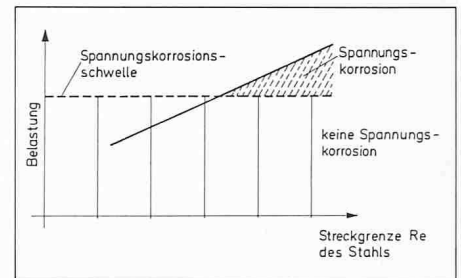
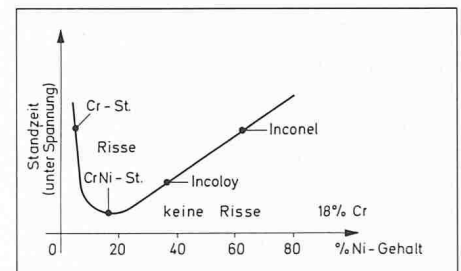


Bild 4. Spannungskorrosionsschwelle

Bild 5. Spannungsrisskorrosionsverhalten in Funktion des Ni-Gehaltes bei rund 18% Cr



störung sogar schneller vor sich als bei gewöhnlichem Baustahl unter den gleichen Bedingungen. Für die verschiedenen Korrosionsbedingungen haben die Stahlhersteller nichtrostende Legierungsvarianten entwickelt, die heute als Standardlegierungen auf dem Markt sind. Eine korrekte Werkstoffauswahl kann aber nur treffen, wer sich über die Einsatzbedingungen des Werkstoffes im klaren ist und auch die Schädigungsmöglichkeiten genauestens kennt.

Wer bei der Verwendung dieser Werkstoffe Vorteile sieht, sich jedoch in den Details nicht auskennt, der tut gut daran, wenn er zur Lösung dieser Probleme entsprechende Fachleute bezieht. Fachstellen für Beratungen auf diesem Gebiete sind in der Schweiz z. B. die Korrosionsabteilung der Empa, die Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz mit Sitz in Zürich und, wenn es zusätzlich noch um schweisstechnische Probleme geht, der Schweizerische Verein für Schweisstechnik mit Sitz in Basel.

Adresse des Verfassers: Ernst Buess-Grieder, Vize-direktor Schweiz. Verein für Schweisstechnik, Langackerstr. 20, 4441 Thürnen.