



■ Bild 1: Trinkwasserinstallation aus ferritischem Stahl 1.4521, hier in Kombination mit Rotgussfittings. Diese Edelstahlqualität ist im Hinblick auf den Einsatz in der Trinkwasser-Installation dem molybdänhaltigen austenitischen Stählen 1.4401/1.4404 durchaus ebenbürtig. Äußerlich sind die Stahlsorten nicht zu unterscheiden.

Ausgezeichnete Alternative

Nicht rostender ferritischer Stahl für die Trinkwasser-Installation

Dr. Winfried Heimann, Prof. Dr. Paul Gümpel,
Dr. Norbert Arlt*

Lange Zeit haben die nicht rostenden austenitischen Stähle gegenüber den ferritischen eine beherrschende Rolle in vielen Anwendungsbereichen gespielt. Gute Festigkeit und hervorragende Zähigkeit, einfache Verarbeitbarkeit und problemloses Schweißen, Korrosionsbeständigkeit in vielen Medien sowie eine in nahezu 100-jähriger Herstellungsgeschichte immer wieder optimierte Fertigung sind die Gründe hierfür.

Auch im Bereich der Trinkwasser-Installation werden bislang ausschließlich nicht rostende austenitische Stähle eingesetzt. Dabei handelt es sich um Stähle des Typs 17Cr-12Ni-2Mo mit der Werkstoffnummer 1.4401/1.4404 (Tabelle 1).

Forderungen der Anwender haben nun die Hersteller veranlasst, sich stärker auch den nicht rostenden ferritischen Stählen zuzuwenden. Beispielhaft sei hier ihre Verwendung für Rohre in Abgasanlagen von Kraftfahrzeugen erwähnt, von denen mit der Einführung des Katalysators längere Standzeiten verlangt wurden. Durch Optimierung des gesamten Fertigungsstranges einschließlich der Erschmelzung ist

eine insbesondere bei kaltgewalzten Bändern bemerkenswerte Produktverbesserung erreicht worden. Das hat diese Stähle auch für weitere Anwendungen attraktiv gemacht. Darüber hinaus sind die stark angestiegenen Rohstoffpreise besonders für Nickel ein Grund, sich vonseiten der Anwender stärker den nickelfreien ferritischen Stählen zuzuwenden. Für den Bereich der Trinkwasser-Installation wurde von Viega nach intensivem Studium bestehender Literatur und sorgfältigen Untersuchungen der Stahl 1.4521 mit $\wedge 17,5\%$ Cr und 2% Mo als gleichwertige Alternative zum nicht rostenden austenitischen Stahl ausgewählt.

Chemische Zusammensetzung des Stahles 1.4521

Die Legierungselemente Chrom, Molybdän, Kohlenstoff und Stickstoff sind für die Korrosionsbeständigkeit nicht rostender Stähle von ganz besonderer Bedeutung, wengleich in ihrer Wirkung gänzlich verschieden.

Wichtig für die Beständigkeit eines nicht rostenden Stahles ist die Lage seines elektrochemischen Potentials im Vergleich zum Redoxpotential der Lösung, z. B. chloridhaltiges Trinkwasser. Solange es höher liegt, ist der Stahl gegen Lochkorrosion und Spaltkorrosion beständig. Chrom und Molybdän erhöhen das Lochfraßpotential und somit die Beständigkeit und sind daher in nicht rostenden Stählen sehr erwünscht. In Bezug

auf Lochfraß und Spaltkorrosion in chloridhaltigen wässrigen Lösungen ist Molybdän deutlich wirksamer als Chrom. Systematische Untersuchungen haben einen linearen Zusammenhang gefunden und dies in einem Chromäquivalent (Wirksumme oder PRE) wie folgt wieder gegeben:

$$\text{PRE} = \% \text{Cr} + 3,3x\% \text{Mo}.$$

Dies bedeutet, dass $0,3\%$ Mo in seiner Wirkung $1,0\%$ Cr ersetzen kann. [1]

Die Benutzung des PRE-Wertes (Pitting Resistance Equivalent) ist Stand der Technik, um die nicht rostenden Stähle in einer Rangliste ihrer Beständigkeit gegen Lochfraß und Spaltkorrosion entsprechend einzuordnen.

Die Bewertung von Kohlenstoff und Stickstoff führt nicht zu einem so eindeutigen Ergebnis. Hier gibt es wesentliche Unterschiede zwischen den austenitischen und den ferritischen Stählen. Der austenitische Mischkristall hat eine deutlich größere interstitielle Löslichkeit für Kohlenstoff und Stickstoff, d. h. diese Elemente finden mehr Raum, um sich zwischen den Metallatomen einzulagern, während der ferritische Mischkristall nur wenig Raum bietet. Andererseits ist in Letzterem die Diffusionsgeschwindigkeit bis zu 1000-fach höher als im Austenit. Dadurch erfolgen die unerwünschte Bildung und das Wachstum von Chrom-Carbid und Chrom-Carbonitriden auf den Korngrenzen wesentlich schneller und sind kaum zu unterdrücken, was letztlich für das Auftreten von interkristalliner Korrosion (IK) und eine verringerte Zähigkeit verantwortlich ist. Während bei austenitischen Stählen durch Absenken des Kohlenstoffgehaltes auf unter $0,030\%$ dieses weitestgehend vermieden werden kann, sind bei den Fer-

*) Dr. Winfried Heimann, Krefeld, Prof. Dr. Paul Gümpel, Konstanz und Dr. Norbert Arlt, Düsseldorf

ritten weit darunter liegende Werte sowohl für Kohlenstoff als auch für Stickstoff erforderlich.

Ganz gegensätzlich zum ferritischen Stahl geht in Bezug auf die Beständigkeit gegen Loch- und Spaltkorrosion eine positive Wirkung von Stickstoff im Austenit aus, was durch gezielte Zugabe bei hochlegierten Stählen genutzt wird.

Niedrige Gehalte an Kohlenstoff und Stickstoff in nicht rostenden ferritischen Stählen waren lange Zeit nicht wirtschaftlich einstellbar. Erst die Einführung der VOD- und AOD-Metallurgie machte die Einstellung ausreichend niedriger Konzentrationen jener interstitiell gelösten Elemente möglich [3]. Eine zusätzliche Stabilisierung mit Niob und/

oder Titan (Abbindung von Kohlenstoff und Stickstoff in stabilen Verbindungen) gibt Sicherheit gegen interkristalline Korrosion, höhere Zähigkeit bei Umgebungstemperatur und dadurch eine allgemein bessere Verarbeitbarkeit, insbesondere durch Schweißen.

Nach der europäischen Norm DIN EN 10088-2:2005 sind die Gehalte der angesprochenen Legierungselemente für den Stahl 1.4521 weit gefasst (Tabelle 1) und ermöglichen dadurch eine individuelle Anpassung der Stahlzusammensetzung an spezifische Korrosionsbeanspruchungen.

Viega bietet den Anforderungen entsprechend Rohre aus dem ferritischen Stahl 1.4521 mit Chromgehalten

■ Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung (Massenanteil in %) des nicht rostenden ferritischen Stahles 1.4521 und des austenitischen Stahles 1.4401/1.4404 nach Norm DIN EN 10088-2:2005 und nach Viega-Spezifikation für erhöhte Beständigkeit.

Werkstoff-Nr.: (Kurzname)	1.4521 (X2CrMoTi18-2)	1.4401/1.4404 (X5CrNiMo17-12-2)/ (X2CrNiMo17-12-2)
C	max. 0,025	max. 0,07/0,030
Si	max. 1,00	max. 1,0
Mn	max. 1,00	max. 2,0
P	max. 0,040	max. 0,045
S	max. 0,015	max. 0,015
N	max. 0,030	max. 0,11
Cr	17,0 bis 20,0 (min. 17,5) ¹⁾	16,5 bis 18,5
Mo	1,80 bis 2,50 (min. 2,0) ¹⁾	2,0 bis 2,5 (min. 2,3) ¹⁾
Ni	–	10,0 bis 13,0
Ti	[4x(C+N)+0,15] bis 0,80 ¹⁾	–
PRE-Wert(Norm)	23	23,1
PRE-Wert(Viega)	24,1 ¹⁾	24,1 ¹⁾
¹⁾ Viega Qualität inkl. Stabilisierung durch Titan und Niob und Limitierung von C + N auf ≤ 0,030 %		

■ Tabelle 2: Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur aus dem Zugversuch des nicht rostenden ferritischen Stahles 1.4521(X2CrMoTi18-2) und des austenitischen Stahles 1.4401/1.4404 nach Norm DIN EN 10088-2:2005.

Werkstoff-Nr.: (Kurzname)	1.4521 ¹⁾ (X2CrMoTi18-2)	1.4401/1.4404 (X5CrNiMo17-12-2)/ (X2CrNiMo17-12-2)
0,2 %-Dehngrenze in N/mm ² (min.) längs (quer)	300	240
Zugfestigkeit in N/mm ²	420 bis 640	530 bis 680
Bruchdehnung in % (min.)	20	40
¹⁾ Kaltgewalztes Band bis 8 mm Dicke		

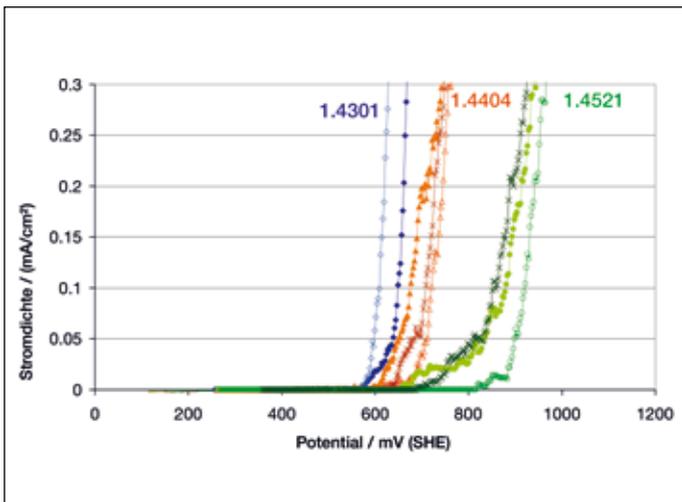


Bild 2: Lineare potentiodynamische Polarisationskurven an 1.4301, 1.4404 und 1.4521 (ohne Spaltkörper) in 0,5% NaCl (Scanrate: 50 mV/h).

von $\approx 17,5\%$ und mindestens 2 % Molybdän sowie mit eingeschränktem Gehalt an (C+N) von maximal 0,030 % an. Damit liegen die entscheidenden Elemente Cr und Mo in vergleichbarer Höhe wie beim austenitischen Stahl 1.4401/1.4404 (siehe PRE-Wert in Tabelle 1).

Mechanische Eigenschaften

Grundwerkstoff

Die mechanischen Eigenschaften aus dem Zugversuch (Tabelle 2) sind kennzeichnend für ferritische Stähle. Im Vergleich zum austenitischen Stahl 1.4401/1.4404 ist die 0,2%-Dehngrenze etwa 50 % höher

und wird in den einschlägigen Normen mit Mindestwerten von rund 300 N/mm² angegeben. Dagegen liegt der Bereich für die Zugfestigkeit niedriger. Die Angaben für die Bruchdehnung sind mit 20 % (min.) nur halb so hoch wie bei den Austeniten, müssen aber in dieser Größenordnung als konservativ angesehen werden. Typische Werte liegen etwa 50 % höher, sowohl nach Angaben von Herstellern als auch aus der Literatur [2, 3].

Das Umformverhalten des ferritischen Stahles 1.4521 zeigt im Vergleich zu den herkömmlichen austenitischen Stählen wie auch dem 1.4401/1.4404 eine kennzeichnende Unter-

schiede. Die zur Einleitung einer plastischen Verformung erforderliche Fließspannung ist beim ferritischen Stahl höher (siehe 0,2%-Dehngrenze), die mit weiterer Verformung auftretende Verfestigung ist dagegen beim Austenit 1.4401/1.4404 deutlich stärker. Dies erleichtert die Druckumformung (Kaltstauhen, Tiefziehen) des Ferrits, schränkt aber andererseits Umformungen unter Zugbeanspruchung ein (Streckziehen), was auch aus der geringeren Bruchdehnung abzuleiten ist. Für den Anwender sind diese Unterschiede im Formänderungsverhalten

dung eines Schweißzusatzes hergestellt werden. Schweißversuche zeigen, dass an einer Schweißverbindung Festigkeitswerte vergleichbar denen des Grundwerkstoffes erreicht werden. Trotz einer geringeren Bruchdehnung im Zugversuch, deren Ursache die etwas gröbere Gussstruktur der WIG-Schweißnaht ist, konnten Schweißverbindungen längs und quer zur Schweißnaht um 180° ohne Riss gebogen werden [4].

Heute wird für Viega-Produkte aus nichtrostendem Stahl modernste Laserschweißtechnik eingesetzt. Verfahrensspezifisch sind

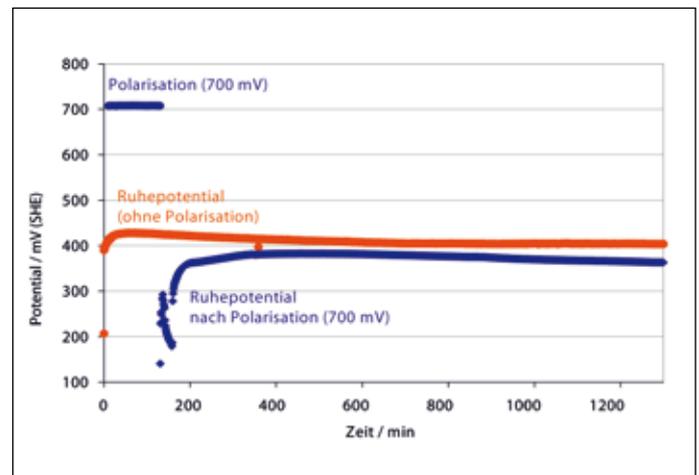


Bild 4: Ruhepotenzialentwicklung ohne Polarisation bzw. nach anodischer Polarisation bei 700 mV(SHE): 1.4521 in 0,5% NaCl-Lösung.

nicht von Bedeutung, da alle Verarbeitungsprozesse in der Trinkwasser-Installation dadurch nicht eingeschränkt werden.

Einfluss des Schweißens auf die mechanischen Eigenschaften

Von besonderer Bedeutung ist die Antwort auf die Frage, in wie weit die Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften durch Schweißen beeinflusst werden. In der Trinkwasser-Installation werden sowohl als Leitungsrohr als auch als Vormaterial für die Fertigung von Verbindungselementen längsnahtgeschweißte Rohre eingesetzt, die ohne Verwen-

Schweißnaht und wärmebeeinflusste Zone hierbei sehr schmal. Die mechanischen Eigenschaften und auch das Korrosionsverhalten werden dadurch merklich verbessert.

Korrosionsverhalten

Bei korrosiver Überbeanspruchung nicht rostender Stähle tritt im Wesentlichen örtliche Korrosion auf, nämlich Lochkorrosion, Spaltkorrosion und Spannungsrissskorrosion. Bei Stählen mit Kohlenstoffgehalt über 0,030 %, insbesondere bei Ferriten, kann auch interkristalline Korrosion auftreten. Es handelt sich dabei jeweils um ört-

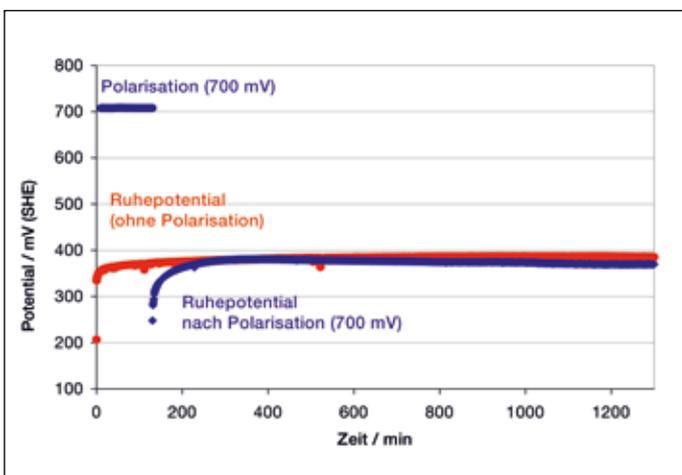
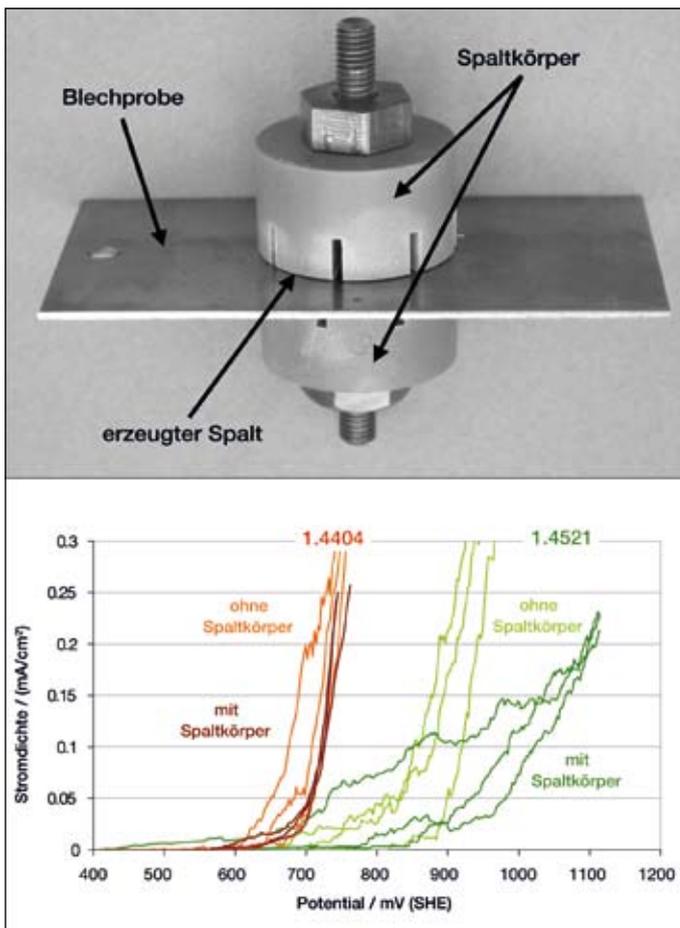


Bild 3: Ruhepotenzialentwicklung ohne Polarisation bzw. nach anodischer Polarisation bei 700 mV(SHE): 1.4404 in 0,5% NaCl-Lösung.



■ Bild 5: Lineare potentiodynamische Polarisationskurven an 1.4404 und 1.4521 (mit und ohne Spaltkörper) in 0,5% NaCl (Scanrate: 50 mV/h).

lich auftretende Korrosion in chloridhaltigen wässrigen Lösungen.

Lochkorrosion

Entscheidend für das Auftreten von Lochkorrosion (oder auch Lochfraß genannt) ist, wie schon zuvor erklärt, die Lage des Lochfraßpotenzials im Vergleich zum Redoxpotenzial des Wassers. Liegt es darüber, ist der Stahl beständig gegen Lochkorrosion in dem betreffenden Medium. Die Höhe des Potenzials ist zudem auch ein direktes Maß für die Beständigkeit. Es ist daher gängige Praxis, die Lochfraßbeständigkeit von nicht rostenden Stählen durch deren Lochkorrosionspotenziale zu definieren, auch um verschiedene Stähle miteinander vergleichen zu können. Die Chrom- und Molybdängehalte sind in Be-

zug auf den Einsatz in wässrigen chloridhaltigen Medien die wichtigsten Legierungselemente. Sie erhöhen die Lochfraßpotenziale und somit die Beständigkeit nicht rostender Stähle. Der ferritische Stahl 1.4521 besitzt mit $\approx 17,5\%$ Chrom und 2% Molybdän etwa gleiche Legierungshöhe wie die bewährten Austenite 1.4571 (X6CrNiMoTi17-12-2) und 1.4404 (X2CrNiMo17-12-2) und zeigt daher auch vergleichbares Lochkorrosionsverhalten [3].

Ergebnisse aus früheren Untersuchungen belegen die Gleichwertigkeit des ferritischen Stahles 1.4521 verglichen mit den austenitischen Stählen 1.4401 und 1.4404. Danach bewegen sich die Lochfraßpotenziale in unterschiedlichen Medien in vergleichbaren Größenordnungen [2, 5, 6, 7].

Im Hinblick auf die Qualifizierung des 1.4521 als Werkstoff für Röhrenwärmetauscher in Flusswasser-Kühlsystemen wurden in Rheinwasser mit 400 ppm Chlorid bei 20 und 80°C Schweißverbindungen ohne Zusatz mit sich kreuzenden Schweißnähten untersucht. Die ermittelten Potenziale für beginnenden Lochfraß mit 550 bis 650 mV zeigen, dass unter diesen Bedingungen keine Gefahr einer Lochkorrosion gegeben ist [4]. Durch die Wahl kreuznahtgeschweißter Proben wurde gleichzeitig eine mögliche Sensibilisierung geprüft, wie sie bei Rundnähten an längsnahtgeschweißten Rohren, die nicht online wärmebehandelt werden, auftreten könnte. Aufgrund der Ergebnisse ist diese nicht nachzuweisen [4].

Die potenziodynamischen Polarisationkurven in Bild 2 zeigen die beiden relevanten Werkstoffe 1.4521 und 1.4404

sowie zusätzlich den austenitischen Cr-Ni-Stahl 1.4301 im Vergleich. Die Stromdichte steigt beim 1.4521 später, d. h. bei höherem Potenzial, und bei 1.4301 früher, also bei tieferem Potenzial an als beim 1.4404. Diese Versuchsergebnisse bestätigen, dass die Korrosionsbeständigkeit des ferritischen nicht rostenden Chrom-Molybdän-Stahles 1.4521 in Trinkwasserqualität bei freier Oberfläche mit der des austenitischen nichtrostenden Chrom-Nickel-Molybdänstahles 1.4401/1.4404 als mindestens gleichwertig zu betrachten ist. Da der ferritische Stahl gegenüber dem austenitischen Stahl sogar eine leicht höhere Wirksamkeit aufweist, ist es nicht verwunderlich, dass auch in den vorliegenden Untersuchungen der ferritische Stahl gegenüber dem austenitischen Stahl eine leicht erhöhte Beständigkeit gegenüber Lochfraßangriff zeigt.

Glossar

Unterscheidung ferritischer/austenitischer Stahl

Die ferritischen Edelmetalle enthalten üblicherweise als Legierungszusatz ca. 12 bis 18 % Chrom (Ferritbildner) und einen niedrigen Gehalt an austenitbildenden Elementen (in erster Linie Nickel). Charakteristisch für austenitische Stähle ist der hohe Gehalt an austenitbildenden Substanzen wie insbesondere Nickel (mindestens 8 %).

Die nicht rostenden Chromstähle haben die gleiche kristallografische Struktur wie die normalen Stähle und sind magnetisch. Die Beigabe von Nickel verändert diese Struktur, sie wird austenitisch und unmagnetisch.

Interstitiell

(deutsch: eingelagert) gelöst nennt man solche Fremdatome, die sich zwischen die Atome auf reguläre Gitterplätze gedrängt haben. Da ihr Radius meist größer als der Abstand zwischen zwei benachbarten regulären Atomen ist, führt ihre Einlagerung zu Gitterverspannungen.

Redoxpotenzial

Eine Substanz die Elektronen abgibt, bezeichnet man als Elektronendonator, eine die Elektronen aufnimmt als Elektronenakzeptor. Die daraus resultierende Spannungsdifferenz (der Elektronenfluss) ist messbar und wird als Redoxpotenzial bezeichnet.

Lochfraßpotenzial

ist der Punkt, an dem sich die schützende Chromoxid-Schicht des rostfreien Edelstahls auflöst. In Folge dieses „Auflösens“ entstehen Löcher (Lochfraß, punktueller korrosiver Angriff des rostfreien Edelstahls). Das Potenzial (die Spannung) einer Lochentstehung kann gemessen werden und heißt Lochfraßpotenzial. ■

Eine kurzzeitige anodische Polarisation auf 700 mV führt bei beiden Werkstoffen zu einer Aktivierung, was sich daran zeigt, dass das freie Korrosionspotenzial nach dem Wegfall der Außenpolarisierung auf negative Werte als das in dieser Lösung übliche Potenzial absinkt. Eine qualitative Aussage über die Repassivierungsfähigkeit des Werkstoffes lässt sich aus der Geschwindigkeit ableiten, wie schnell das übliche Ruhepotenzial wieder erreicht wird. Die Bilder 3 und 4 zeigen, dass auch hier keine Unterschiede zwischen diesen beiden Werkstoffen bestehen.

Spaltkorrosion

Spaltkorrosion ist ebenso wie Lochfraß potenzialabhängig. Entscheidend ist hierbei die Höhe des Repassivierungspotenzials. Dieses ist bei gleichem Korrosionssystem immer negativer als das Lochfraßpotenzial. Somit ist die Gefährdung durch Spaltkorrosion auch größer. Der ferritische Stahl 1.4521 hat gute Beständigkeit gegen Spaltkorrosion, vergleichbar der von 1.4404 [5 und 6]. Bei Versuchen in Rheinwasser mit 400 ppm Chlorid bei 80 und 100 °C trat an Schweißverbindungen keine Spaltkorrosion an (U-)gebogenen Proben auf [4].

Zur Bestimmung der Beständigkeit der verschiedenen Werkstoffe unter Spaltbedingungen wurden die Proben mit Spaltkörpern aus Teflon bestückt und unter gleichen Bedingungen geprüft. Die Ergebnisse, dargestellt in Bild 5, zeigen, dass der eine Korrosion anzeigende Anstieg der Stromdichte jetzt bei deutlich niedrigeren Potenzialen einsetzt, wobei der Abfall des kritischen Potenzialwertes bei dem ferritischen Stahl stärker ausfällt als bei dem aus-

tenitischen Werkstoff (Bild 3). Grundsätzlich zeigen sich allerdings auch bei der Prüfung auf Korrosionsbeständigkeit unter Spaltbedingungen keine gravierenden Unterschiede zwischen diesen beiden Materialien.

Spannungsrissskorrosion (SRK)

Ein wesentlicher Vorteil der nicht rostenden ferritischen Stähle gegenüber den austenitischen ist ihre Beständigkeit gegen Spannungsrissskorrosion. Der Stahl 1.4521 ist in wässrigen Lösungen mit den unterschiedlichsten Chloridgehalten im Vergleich zu verschiedenen austenitischen Stählen geprüft worden. Während jene teilweise schon nach wenigen Stunden versagten (1.4301) und selbst hochlegierte Stähle (25 Cr-25 Ni-2,3 Mo) nur eine begrenzte Standzeit aufwiesen, war der Ferrit beständig gegen SRK [2]. Auch bei Versuchen in Rheinwasser wurde bis 130 °C SRK-Beständigkeit festgestellt [5]. Vonseiten der Hersteller wird die Überlegenheit des ferritischen Stahles gegenüber den Austeniten des Typs 304 (1.4301) und 316 (1.4401) auch bei sehr hohen Chloridgehalten nachgewiesen [5, 6].

Interkristalline Korrosion (IK)

Bei nicht rostenden austenitischen Stählen mit ihrem größeren Lösungsvermögen für Kohlenstoff und Stickstoff stellt die interkristalline Korrosion kein wirkliches Problem mehr dar. Die ferritischen Stähle besitzen dagegen kaum Löslichkeit für jene Elemente, die dort zudem noch wesentlich beweglicher sind. Aus diesem Grund werden auch beim Stahl 1.4521 stets sehr niedrige Gehalte an (C+N) angestrebt. Eine zusätzliche Stabilisierung mit Ti und/oder Niob zur Abbindung von restlichem Kohlenstoff und Stickstoff soll IK-Beständigkeit sichern, auch im geschweißten Zustand. Im

praxisnahen Test konnte an gekreuzten Schweißnähten im Strauss-Test keine interkristalline Korrosion nachgewiesen werden [4].

Anwendungsbereiche für 1.4521

Seit der Entwicklung dieses nicht rostenden ferritischen Stahles vor rund 30 Jahren ist er vorwiegend im Kalt- und Warmwasserbereich eingesetzt worden. Er hat dort teilweise den Austenit 1.4301 wegen unzureichender Korrosionsbeständigkeit (SRK, Lochfraß, Spaltkorrosion) ersetzt. Einige Beispiele sind Heißwasserspeicher in der Hauswasserversorgung, Sonnenkollektoren, Wasservorratsbehälter auf hohen Gebäuden für täglichen Gebrauch und Notfälle sowie Eismaschinen und Kühlschränke [8]. Der Stahl ist mittlerweile in die Gruppe 2 der Stähle für den Einsatz in Industrie- und Trinkwässern gleichwertig mit den molybdänhaltigen austenitischen Stählen aufgenommen worden [9].

Zusammenfassung

Der nicht rostende ferritische Stahl 1.4521 (X₂Cr-MoTi₁₈₋₂) ist aufgrund seines Eigenschaftsprofils im Hinblick auf den Einsatz in der Trinkwasser-Installation den molybdänhaltigen austenitischen Stählen 1.4401/1.4404 (X₅CrNiMo₁₇₋₁₂₋₂)/(X₂Cr-NiMo₁₇₋₁₂₋₂) durchaus ebenbürtig. Die 0,2%-Dehngrenze liegt etwa 50% höher, während die Werte der Bruchdehnung die Hälfte der der Austenite erreicht. Dies bedeutet keine Einschränkung der Gebrauchseigenschaften. Das Korrosionsverhalten ist in jeder Hinsicht gleichwertig, teilweise wie bei der Spannungsrissskorrosion sogar überlegen. Dieses ist durch einschlägiges Schrifttum be-

legt und wird durch die vorliegenden Ergebnisse nochmals bestätigt. Die Ruhepotenziale liegen bei beiden Werkstoffen auf einem nahezu gleichen Niveau, damit ist auch sichergestellt, dass eine Mischbauweise ohne Korrosionsgefährdung möglich ist. ■

Literatur:

- [1] K., Medawar, G.: Über das Korrosionsverhalten austenitischer Chrom-Nickel-(Molybdän-)Stähle mit und ohne Stickstoffzusatz unter besonderer Berücksichtigung ihrer Beanspruchbarkeit in chloridhaltigen Lösungen. Thyssenforschung 1 (1969), Heft 3, Seite 97 - 108.
- [2] Jarleborg, O. H., Sawhill, J. M., Steigerwald, R. F.: Die Eigenschaften von unterschiedlich stabilisierten ferritischen nicht rostenden Stählen mit rund 18% Cr und 2% Mo sowie niedrigen Kohlenstoff- und Stickstoffgehalten, besonders ihre Schweißseignung. Stahl u. Eisen 97 (1977) Nr. 1, Seite 29 - 38.
- [3] Rademacher, L., Baumann, J., Kubisch, J.: Nicht rostende ferritische 18/2 Chrom-Molybdänstähle mit verbesserten Eigenschaften (ELA-Ferrit). TEW - Technische Berichte 2. Band 1976, Heft 1, Seite 19 - 28.
- [4] Fässler, K., Spähn, H.: On the Corrosion Behaviour of Ferritic 18Cr-2Mo-Steel. Z. Werkstofftechnik 13 (1982), Seite 8 - 23.
- [5] Allegheny Ludlum Technical Data, Blue Sheet, AL 444.
- [6] UGINOX Data Sheet, f 18 MT (308/1, date 12/98).
- [7] Outokumpu Stainless, Avesta Research Centre, Interner Bericht 2004.
- [8] Harada, K., Suzuki, T., Ishii, K.: Application of 18Cr-2Mo Ferritic and high Chromium Ferritic/Austenitic Stainless Steels in Japan. Stainless Steel '77, London, September 26-27, Seite 177 - 184.
- [9] Merkblatt 830, Edelstahl Rostfrei in chloridhaltigen Wässern, Informationsstelle Edelstahl Rostfrei.