Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 93 (1975)
Heft: 39: Surface 75

Artikel: Risskorrosionserscheinungen an Spannstählen
Autor: Böhni, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-72824

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 27.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

93. Jahrgang Heft 39 SCHWEIZERISCHE BAUZEITUNG 25. September 1975

HERAUSGEGEBEN VON DER VERLAGS-AKTIENGESELLSCHAFT DER AKADEMISCHEN TECHNISCHEN VEREINE, 8021 ZÜRICH, POSTFACH 630

Zur Surface 75

Fachmesse für die Oberflächenbehandlung, Basel

Risskorrosionserscheinungen an Spannstählen

Von **H. Böhni**, Zürich

DK 620.194.8:666.982.4

Einleitung

Bei der Beurteilung des Korrosionsverhaltens mechanisch beanspruchter metallischer Werkstoffe müssen neben den metallabtragenden Korrosionsangriffen auch die Risskorrosionserscheinungen berücksichtigt werden. Die Erfahrungen aus der Praxis, wie auch die zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen zeigen dabei, dass mit steigender Festigkeit der Metalle im allgemeinen auch deren Neigung zu Risskorrosionsangriffen zunimmt. Die vermehrte Anwendung hochfester Werkstoffe in der Praxis erhöht somit die Gefahr von Risskorrosionsschäden.

Die vor einigen Jahren erstmals durchgeführten systematischen Untersuchungen an einer grösseren Anzahl von Schadenfällen bei Spannstählen haben denn auch ergeben, dass bei rund 70% aller geprüften Fälle korrosionsbedingte Sprödbrüche aufgetreten sind [1]. Diese Studie zeigt ausserdem, dass neben der unterschiedlichen Empfindlichkeit einzelner Drahtsorten auf Risskorrosionen vor allem der ungenügende äussere Korrosionsschutz eine wichtige Rolle spielt. Die am häufigsten vorkommenden Fehler bei einbetonierten Stählen sind dabei eine ungenügende Überdeckung und ein zu hoher Gehalt des Betons bzw. des Injektionsmörtels an risskorrosionsfördernden Stoffen, wie beispielsweise an Chloriden und Sulfiden.

In Anbetracht der Bedeutung und auch der Gefährlichkeit von Risskorrosionserscheinungen an Spannstählen soll deshalb auf diese komplexe Angriffsart näher eingegangen werden. Nur eine ausreichende Kenntnis der daran beteiligten Vorgänge erlaubt es, auch die in der Praxis vorkommenden Verhältnisse richtig zu beurteilen.

Risskorrosionserscheinungen an metallischen Werkstoffen

Bei gleichzeitiger chemischer und mechanischer Beanspruchung von Metallen können schon bei Zugspannungen unterhalb der Streckgrenze Sprödbrüche auftreten. Der gesamte Risskorrosionsangriff wird dabei häufig in einen Rissbildungs- und einen Risswachstumsprozess unterteilt. Eine solche Aufteilung ist theoretisch wohl in vielen Fällen möglich, experimentell jedoch häufig schwierig zu erfassen, da sich bei einem stufenweisen Fortschreiten des Rissprozesses die beiden Teilschritte zeitlich überlappen. Ferner enthalten Metalloberflächen bereits im Ausgangszustand vielfach Defekte wie Anrisse und Spalten, welche als Risskeime dienen, so dass eine Rissbildung gar nicht erst erforderlich ist. Aus diesem Grunde wurde ein grosser Teil der neueren Untersuchungen auf dem Gebiet der Risskorrosionen hauptsächlich den Wachstumsvorgängen gewidmet.

Vergleicht man die experimentell bestimmten Risswachstumsgeschwindigkeiten verschiedener Metall/Angriffsmittel-Systeme, so stellt man ausserordentlich grosse Unterschiede fest. Dies deutet bereits darauf hin, dass die verschiedenen heute bekannten Risskorrosionsangriffe sich kaum durch eine einzige Modellvorstellung befriedigend erklären lassen. Die zurzeit postulierten Mechanismen lassen sich jedoch in einem Risskorrosionsspektrum zusammenfassen [2]. Das Spektrum wird auf der einen Seite durch eine Modellvorstellung begrenzt, welche den Rissvorgang grundsätzlich als eine extrem örtliche Metallauflösung am Rissgrund betrachtet. Der örtliche Metallabtrag ist dabei in einem grösseren Ausmass nur durch das gleichzeitige Einwirken von Angriffsmitteln und mechanischer Spannungen bzw. Verformungen möglich (Bild 1a).

Das Adsorptions-Sprödbruchmodell stellt den anderen Grenzfall des Spektrums dar. Hier wird angenommen, dass die Adsorption bestimmter Komponenten des Angriffsmittels auf der Metalloberfläche die Bindungskräfte zwischen den Metallatomen lockert und den Sprödbruch entlang von Spaltbruchebenen begünstigt (Bild 1b). Ein Vergleich der beiden Grenzfälle zeigt, dass beim ersten die Korrosion und beim zweiten der mechanische Sprödbruch als dominanter Faktor zu betrachten ist. Zwischen diesen beiden Extremen sind naturgemäss auch Übergänge möglich, wobei sich der Einfluss der Korrosion in unterschiedlichem Masse bemerkbar machen kann.

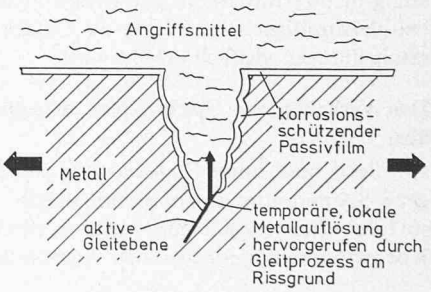


Bild 1a. Verformungsinduzierte Metallauflösung: Stufenweiser Risskorrosionsangriff durch aufeinanderfolgende Aktivierungs- und Repassivierungsprozesse am Rissgrund [9]

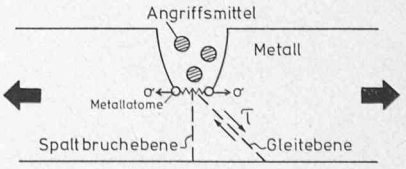


Bild 1b. Adsorptions-Sprödbruch: Erniedrigung der Bindungskräfte zwischen Metallatomen am Rissgrund infolge Adsorption bestimmter Komponenten des Angriffsmittels. Sprödbruch entlang Spaltbruchebene wird begünstigt [8]

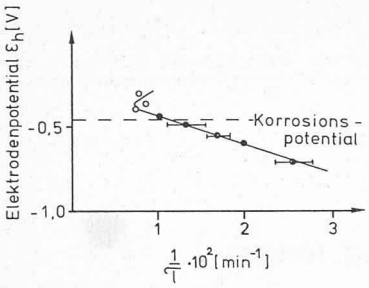
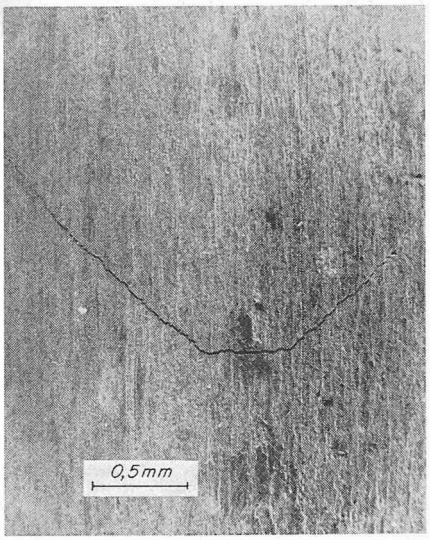


Bild 2a. Zusammenhang zwischen Potential ε und reziprokem Wert der Standzeit τ bei einem handelsüblichen, patentiert gezogenen Spannstahl

● kathodische Wasserstoffversprödung

○ lochfrassinduzierter Sprödbruch

($\sigma = 0{,}8\ \beta_Z$, H_2S-gesättigte Lösung $pH = 4{,}4$)



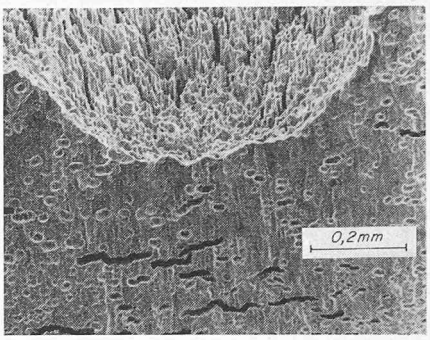


Bild 2b (Mitte). Schuppenförmiger Anriss bei niedrigen Potentialwerten (Rasterelektronenmikroskop-[REM]Aufnahme)

Bild 2c (oben). Lochfrassinduzierter Sprödbruch bei höheren Potentialwerten: örtliche Korrosionsangriffe mit Anrissen und Bruchausgang (REM-Aufnahme)

Eine besondere Risskorrosionsart, welche gerade bei den Spannstählen eine sehr wichtige Rolle spielt, ist die korrosionsbedingte Wasserstoffversprödung metallischer Werkstoffe. Der während des Korrosionsprozesses auf der Metalloberfläche gebildete Wasserstoff gelangt mindestens teilweise auch ins Metall.

Besonders ausgeprägt ist die Wasserstoffaufnahme bei Eisenwerkstoffen in Gegenwart von Verbindungen wie Schwefelwasserstoff oder auch anderen Schwefelverbindungen. Über die Wirkungsweise des eindiffundierenden Wasserstoffes auf die mechanischen Eigenschaften lassen sich zurzeit noch keine eindeutigen Schlüsse ziehen. Neben der Bildung von Hohlräumen im Inneren des Metalles, welche mit molekularem Wasserstoff gefüllt sind (cavity nucleation), dürfte der im Metall gelöste Wasserstoff auch die plastische Verformbarkeit erschweren und im Sinne des Adsorptions-Sprödbruchmodelles die Tendenz zur Sprödbruchbildung erhöhen [2, 3]. Erwartungsgemäss ist bei der Wasserstoffversprödung eine gleichzeitige chemische und mechanische Belastung nicht erforderlich. Die Erfahrungen zeigen jedoch, dass bei gleichzeitiger Einwirkung die Gefahr von Risskorrosionserscheinungen vielfach erhöht wird.

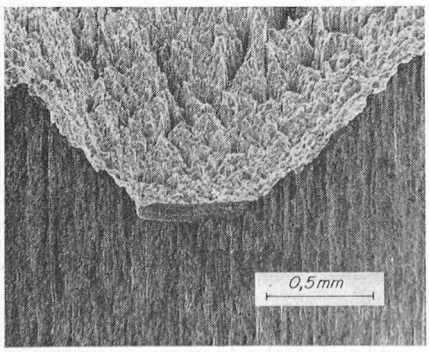
Das Verhalten von Spannstählen in sulfidhaltigen Angriffsmedien

Setzt man unter Zugbelastung stehende, patentiert gezogene Spanndrähte einem sulfidhaltigen Angriffsmedium aus, so führt dies je nach den vorherrschenden Spannungs- bzw. Korrosionsbedingungen nach verhältnismässig kurzer Zeit zum Bruch des Stahles. Makroskopisch betrachtet handelt es sich hierbei stets um Sprödbrüche.

Unter kontrollierten Korrosionsbedingungen, wie beispielsweise bei potentiostatischer Versuchsdurchführung im Labor, wo das Elektrodenpotential Spannstahl/Angriffsmedium während des ganzen Versuches konstant gehalten wird, hängt der Rissvorgang wesentlich von diesem Potentialwert ab [4]. In schwach sauren und auch in neutralen Angriffsmedien lassen sich im Hinblick auf den Ablauf des gesamten Rissvorganges zwei Potentialbereiche unterscheiden (vgl. Bild 2a). Bei niedrigen Potentialen treten auf der Metalloberfläche meist mehrere Anrisse auf, wovon einer schliesslich zum Bruch der Probe führt. Ein nennenswerter Metallabtrag ist dabei meist nicht zu beobachten, da der Stahl bei niedrigen Potentialwerten kathodisch geschützt ist (Bild 2b). In diesem Potentialbereich besteht ausserdem ein linearer Zusammenhang zwischen dem vorgegebenen Potential und dem reziproken Wert der Standzeit (Zeitdauer bis zum Bruch). Bei höheren Potentialen hingegen ändert sich der Rissvorgang, es tritt ein lochfrassinduzierter Rissprozess auf (Bild 2c). Die örtlichen Korrosionsangriffe, welche bei höheren Potentialen beschleunigt ablaufen, beeinflussen auch die Standzeit ganz erheblich und ergeben dementsprechend wieder kürzere Werte.

Im Bereich der linearen Abhängigkeit sind die Risskorrosionserscheinungen eindeutig auf einer Wasserstoffversprödung des Spannstahles zurückzuführen. Auf der Metalloberfläche findet bei diesen Potentialwerten im wesentlichen nur eine kathodische Wasserstoffbildung statt, wobei ein Teil des gebildeten Wasserstoffes auch ins Metall eindiffundiert.

Bild 3. Kathodisch versprödeter Spannstahl: Bruchausgang mit mechanischer Verletzung (REM-Aufnahme)



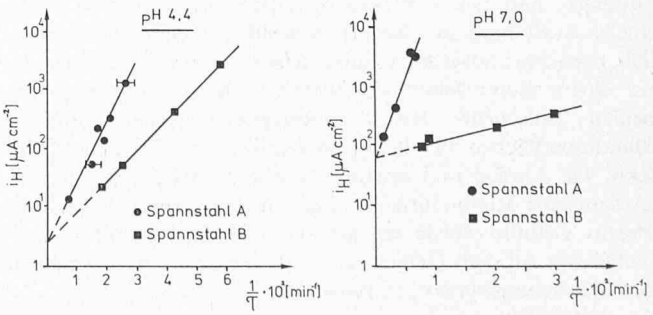


Bild 4. Reziproker Wert der Standzeit τ in Abhängigkeit der kathodischen Teilstromdichte i_H für zwei verschiedene, patentiert gezogene Spannstähle

Stahl A: handelsübliche Qualität, Stahl B: risskorrosionsempfindlicher Stahltyp ($\sigma = 0{,}8\ \beta_Z$, H_2S-haltige Angriffsmedien)

Für die Praxis von besonderer Bedeutung ist dabei die Tatsache, dass die zum Bruch führenden Anrisse bevorzugt von Fehlstellen auf der Metalloberfläche, wie zum Beispiel Schleifspuren, ausgehen. Die Bruchfläche selbst weist im Bereich des Anrisses ein charakteristisches, stufenförmiges Aussehen auf, ferner sind zahlreiche, zur Längsachse parallele Risse im Innern des Stahles erkennbar (vgl. Bild 3). Setzt man an Stelle des Potentialwertes die zugehörige resultierende Stromdichte i_H der kathodischen Wasserstoffentwicklung, so ergibt sich folgende Beziehung zwischen dieser Grösse und der Standzeit: $\log i_H = a\,(1/\tau) + b$.

Unter der Annahme, dass das Risswachstum schon zu Beginn des Versuches erfolgt, stellt die Grösse a ein Mass für die Abhängigkeit der Wachstumsgeschwindigkeit von der Stromdichte i_H dar. Je grösser a, desto geringer die Neigung des Spannstahles zur Wasserstoffversprödung im untersuchten Medium. Die theoretische Deutung der Konstanten b ergibt ferner, dass in ihr eine kritische Stromdichte enthalten ist, welche zur Vermeidung solcher Risskorrosionserscheinungen nicht überschritten werden darf [4]. Der Zusammenhang zwischen Stromdichte und Standzeit ist in Bild 4 für zwei verschiedene Spannstähle und pH-Werte dargestellt. Aus dieser Darstellung geht hervor, dass sich die Grösse a sowohl zur Charakterisierung des Spannstahles auf seine Neigung zur Wasserstoffversprödung wie auch zur Prüfung des Angriffsmittels auf seine versprödungsfördernde bzw. versprödungshemmende Eigenschaften eignet. Beachtenswert ist die Tatsache, dass die unterschiedliche Empfindlichkeit der Stahltypen bei höheren pH-Werten, d.h. im weniger aggressiven Medium wesentlich deutlicher zum Ausdruck kommt als im sauren Angriffsmittel.

Für das Verhalten von Spannstählen in der Praxis sind die lochfrassinduzierten Risskorrosionsangriffe, welche sich bei höheren Potentialwerten abspielen, jedoch von ebenso grosser Bedeutung. Spannstähle sind ja meist von alkalisch reagierenden Mörtelschichten umgeben, welche auf der Stahloberfläche eine korrosionsschützende Deckschicht zu bilden vermögen. Bei mangelhafter Überdeckung kann in der unmittelbaren Umgebung der Stahloberfläche der für eine einwandfrei schützende Deckschicht notwendige pH-Wert nicht aufrecht erhalten werden, und es kommt in der Folge meist zu einem örtlichen Korrosionsangriff [5]. Diese Angriffsart wird in Gegenwart deckschichtzerstörender Stoffe, wie zum Beispiel von Chloriden, noch verstärkt. Da die Stabilität der Deckschicht durch den niedrigeren pH-Wert ohnehin schon geschwächt ist, ergibt sich im allgemeinen keine ausgesprochen nadelförmige Lochfrasskorrosion, sondern es entstehen mehr muldenförmige Angriffe. Die aktivierte Oberfläche, vielfach bedeckt durch poröse Korrosionsprodukte, ist dabei von zahlreichen Löchern durchsetzt, von denen die vielen feinen, für den lochfrassinduzierten Rissprozess typischen Anrisse ausgehen. In Bild 5 sind die verschiedenen Stadien der Rissbildung und des Risswachstums erkennbar. Neben örtlichen Angriffen, in welchen die Rissbildung unmittelbar bevorsteht, sind grössere Risse zu sehen, welche meist durch Zusammenwachsen kleinerer Anrisse entstanden sind.

Im Zusammenhang mit dem hier vorliegenden Mechanismus der Rissbildung muss festgehalten werden, dass eine verformungsinduzierte Metallauflösung, wie sie einleitend erwähnt worden ist, hier kaum vorliegen kann. Eine wesentliche Voraussetzung hierfür, nämlich das Vorhandensein einer schützenden Deckschicht bis hinab zum Rissgrund, ist hier nicht gegeben. Vielmehr scheint es wahrscheinlich, dass in den vorhandenen Löchern infolge Hydrolyse der in Lösung gehenden Metallionen der pH-Wert abfällt. Auf diese Weise wird örtlich eine Wasserstoffbildung und damit lokal auch eine Wasserstoffversprödung möglich [6].

Die Ergebnisse der elektrochemischen Messungen, wie auch die fraktographischen Untersuchungen stehen im Einklang mit dieser Deutung (Bild 6).

Die hier erwähnten Ergebnisse und Folgerungen beziehen sich selbstverständlich auf sulfidhaltige Angriffsmedien und schliessen die Möglichkeit einer verformungsinduzierten Metallauflösung als Rissvorgang unter anderen Korrosionsverhältnissen nicht aus. Das hierzu notwendige kritische «Gleichgewicht» zwischen aktiver Oberfläche am Rissgrund und Passivität auf der restlichen Metalloberfläche wäre dann gegeben, wenn beispielsweise bei ausreichend hohem pH-Wert, also im Bereich stabiler Passivität, eine äusserst örtliche Zerstörung durch lochfrasserzeugende Agenzien wie Chloride auftritt. Bei gleichzeitiger Anwesenheit von Sulfiden und Chloriden ist also mit steigendem pH-Wert ein Übergang von der lochfrassinduzierten Wasserstoffversprödung zur verformungsinduzierten Metallauflösung durchaus denkbar. Ein gleichzeitiges Zusammenwirken beider Risskorrosionsmechanismen ist ebenfalls nicht auszuschliessen.

Schlussfolgerungen für die Praxis

Risskorrosionsangriffe an Spannstählen treten in der Praxis meist als Folge einer mangelhaften Überdeckung der Stähle und einem zu hohen Gehalt des Mörtels an risskorrosionsfördernden Verbindungen auf. Die sich daraus ergebenden Korrosionsverhältnisse führen dabei weniger zu einem ausgeprägt örtlichen, als vielmehr zu einem mehr muldenförmigen Angriff. Die daran anschliessenden, lochfrassindu-

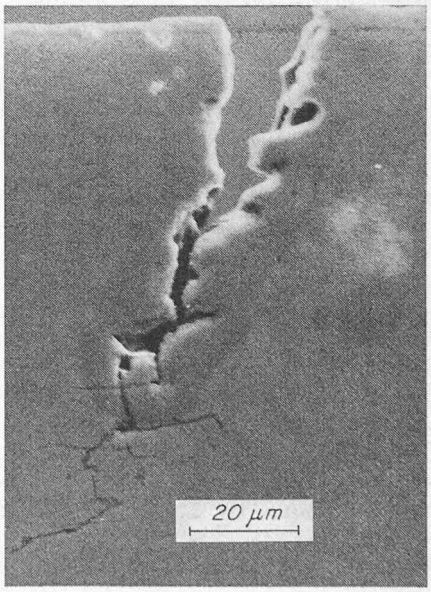


Bild 5 (rechts). Lochfrassinduzierte Risskorrosion: Lochfrasskorrosion mit Rissbildung und verschiedenen Risswachstumsstadien (REM-Aufnahme)

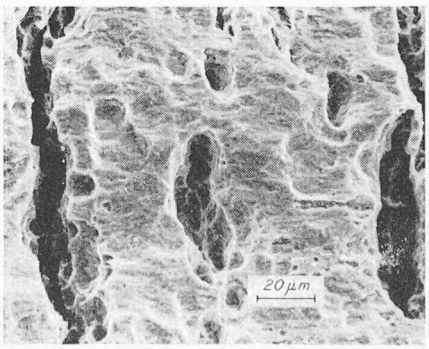


Bild 6 (rechts aussen). Lochfrassinduzierte Risskorrosion: Örtlicher lokaler Korrosionsangriff mit mehreren feinen Anrissen vom unteren Teil der Lochfrassstelle ausgehend (Querschliff, REM-Aufnahme)

zierten Rissvorgänge sind vermutlich auf eine lokale Wasserstoffversprödung zurückzuführen, da unter diesen Verhältnissen eine verformungsinduzierte Metallauflösung in grösserem Ausmass kaum möglich ist. Im Hinblick auf die Schutzmassnahmen in der Praxis muss deshalb nicht nur auf die Abwesenheit wasserstoffversprödungsfördernder Stoffe wie Schwefelwasserstoff oder auch anderer Schwefelverbindungen geachtet werden, sondern es ist mindestens ebenso wichtig, örtliche Korrosionsangriffe zu verhindern.

In der Praxis sind jedoch auch saure, schwefelwasserstoffhaltige Angriffsmedien nicht immer auszuschliessen, so dass bei mangelhaftem Korrosionsschutz eine kathodische Wasserstoffversprödung ebenfalls möglich ist. In diesem Falle sind mechanische Verletzungen häufig die Ausgangspunkte für die Risse. Dem Oberflächenzustand der Spannstähle ist deshalb die notwendige Beachtung zu schenken.

Bei den heute noch vielfach gebräuchlichen Prüfmethoden zur Beurteilung der Spannstähle auf ihre Neigung zur Wasserstoffversprödung werden der Einfacheit halber zu Bügelproben gebogene Drahtabschnitte einem geeigneten Medium ausgesetzt [7]. Die gewünschte Zugspannung ist somit nur in den äusseren Randfasern und zudem in einem recht beschränkten Oberflächenbereich vorhanden. Eine elektrochemisch kontrollierte Versuchsdurchführung erfolgt normalerweise nicht, so dass auch von den korrosionschemischen Bedingungen her beträchtliche Unterschiede zu erwarten sind. Aus diesen Gründen ist es nicht erstaunlich, dass bei solchen Prüfmethoden im allgemeinen ausserordentlich grosse Streuungen auftreten.

Verwendet man anstelle von Bügelproben axial belastete Zugproben unter elektrochemisch kontrollierten Versuchsbedingungen, so lassen sich wesentlich bessere Ergebnisse erzielen. Die beispielsweise in schwefelwasserstoffhaltigen Prüfmedien bei tiefen Potentialwerten vorhandene lineare Beziehung zwischen dem Logarithmus der kathodischen Teilstromdichte und dem reziproken Wert der Standzeit ermöglicht sowohl eine Beurteilung des Spannstahles, wie auch des Angriffsmediums. Bei der Prüfung von Spannstählen auf ihre grundsätzliche Neigung zur Wasserstoffversprödung sollten lochfrassinduzierte Rissvorgänge vermieden werden, da hier der vorgängig notwendige lokale Korrosionsangriff eine Beurteilung der Wasserstoffversprödungsempfindlichkeit unter Umständen verunmöglicht.

Literaturverzeichnis

[1] Netherlands Committee for Concrete Research, Report 49, 1971: Cases of Damage due to Corrosion of Prestressing Steel.

[2] *R. N. Parkins:* Stress Corrosion Spectrum; «Br. Corr. J.» *7* (1972) 15.

[3] *N.A.T.O.* Science Committee Research Evaluation Conference: The Theory of Stress Corrosion Cracking in Alloys; edited by *J. C. Scully,* Brüssel 1971.

[4] *H. Böhni:* Die Wasserstoffversprödung bei Spannstählen; «Werkstoffe und Korrosion» *26* (1975) 199.

[5] *H. Böhni:* Die Lochfrasskorrosion metallischer Werkstoffe; «Material und Technik» *1* (1973) 33.

[6] *B. F. Brown:* Stress Corrosion Cracking of High Strength Steels; in [3].

[7] *A. Bukowiecki:* Korrosionsuntersuchungen mit Vorspanndrähten; «Schweiz. Archiv angew. Wiss. u. Technik» *34* (1968) 369.

[8] *D. Latanision* and *A. R. C. Westwood:* Surface- and Environment-Sensitive Mechanical Behavior; in: Advances in Corrosion Science and Technology, vol 1; ed. by M. G. Fontana and R. W. Staehle, New York/London 1970, Plenum Presss.

[9] *R. W. Staehle:* Stress Corrosion Cracking of the Fe-Cr-Ni Alloy System; in [3].

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. *H. Böhni,* ETH Zürich, Institut für Baustoff, Werkstoffchemie und Korrosion, Sonneggstrasse 3, 8006 Zürich.

Das Korrosionsverhalten von Stahlbewehrungen in Beton

Von Obering. **K. A. van Oeteren,** Hilden/Rhld.

DK 620.194.8:666.982.4

Die Bewehrung von Stahbetonbauwerken ist erfahrungsgemäss im allgemeinen ohne weitere Schutzmassnahmen sehr gut korrosionsgeschützt. Das ist dadurch bedingt, dass im normal alkalischen Beton, dessen Porenfeuchtigkeit einen *pH*-Wert von 12,6 aufweist, der unlegierte Stahl elektrochemisch passiv ist. Die Korrosion wird durch eine submikroskopische dünne Oxidhaut in den angreifenden Elektrolyten praktisch völlig gehemmt.

Es ist zu beachten, dass die Alkalität des Betons grundsätzlich nicht konstant ist, da das als Alkalispeicher wirkende Calciumhydroxid oder auch sonstige Hydroxide, mit dem Kohlendioxidgehalt der Luft langsam zum Carbonat reagiert. Die Geschwindigkeit dieser sogenannten Carbonatisierung des Betons hängt naturgemäss stark von der Dichte und Porigkeit des Betons, aber auch vom Vermahlungsgrad ab. Unter sonst konstanten Bedingungen ist ausserdem zu erwarten, dass die Carbonatisierung die nächste Umgebung der Bewehrungen um so später erreicht, je dicker die Betonüberdeckung der Bewehrungen ist. Mithin wird der natürliche Korrosionsschutz der Bewehrungen mit steigender Dichte und Betonüberdeckung dauerhafter, soweit der Beton selbst keine aggressiven Substanzen enthält.

Anderseits gehen die Bestrebungen eher in Richtung auf möglichst dünnschalige Beton- und besonders Spannbetonkonstruktionen. In diesen kann nach Erschöpfung des Alkalispeichers des Mörtels der durch die Passivität bewirkte Korrosionsschutz versagen. Die Bewehrungen beginnen dann nach Massgabe des Zutritts von Feuchtigkeit und Luftsauerstoff zu rosten. Der Mechanismus des Rostens sollte in diesem Fall in seinen wesentlichen Zügen dem Mechanismus der gewöhnlichen Korrosion von unlegiertem Stahl an feuchter Luft ähneln, wobei allerdings das Fortschreiten der Korrosion durch Verwendung eines sehr dichten Betons stark verlangsamt werden kann.

Betontechnologische Voraussetzungen sind für einen optimalen Korrosionsschutz

Der Verbund zwischen Bewehrung und Beton ist durch eine ausreichend dicke dichte Betondeckung zu sichern. Sie muss in der Lage sein, den Stahl dauerhaft gegen Korrosion zu schützen. Nach DIN 1045 «Beton- und Stahlbetonbau» sind drei Grundparameter zu berücksichtigen:

- Mindestmasse der Betondeckung, bezogen auf die Durchmesser der Bewehrung (siehe Tabelle 9, DIN 1045)
- Mindestmasse der Betondeckung bezogen auf die Umweltbedingungen (siehe Tabelle 10, DIN 1045)
- Risse des Betons unter Gebrauchslasten, höchstens haarfein, und zwar dürfen folgende Rissbreiten nicht überschritten werden: 0,3 mm in trockener Umgebung; 0,2 mm in feuchter Umgebung; 0,1 mm bei Spannbeton bei beschränkter Vorspannung oder anspruchsvollem Sichtbeton; 0,0 mm bei Spannbeton mit Vorspannung.

Korrosion der Stahlbewehrung

Unter gewissen Bedingungen versagt der natürliche Korrosionsschutz der Stahloberfläche im Beton. Es kommt