Rissschaden an einem Messing-Fitting

Crack Damage in a Brass Fitting

Dusan Grman, Markus Zraggen
(Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Dübendorf, Schweiz)

Kurzfassung

Durch metallkundliche Untersuchungen konnte geklärt werden, dass das defekte Messing-Fitting infolge Spannungsrisskorrosion (SpRK) im Winkelkniebereich undicht geworden ist. Als wesentlich schadensbegünstigend muss der im Bereich der Fitting-Einschraubzone festgestellte und als ausgeprägte SiO_2 -Schlackeneinschlüsse identifizierte Materialfehler angesehen werden, der zu einem vorbestandenen Anriss führte. Die Spannungserhöhungen an der rissartigen Fehlstelle gaben im weiteren Anlass zur Initiierung der SpRK. Der vorliegende Schadensfall stellt somit ein typisches Beispiel für eine Kumulation mehrerer Schädigungsmechanismen dar.

Schadensbild

Zur Untersuchung wurde ein undicht gewordenes Messing-Fitting aus Ms58 mit einem in das Fitting eingeschraubten Messing-Nippel eingeliefert. Der defekte Messingteil führte durch sein Versagen zu einem grossen Wasserschaden in einem Einfamilienhaus. Die fragliche Leckstelle sollte sich außerhalb der Fitting-Einschraubzone und zwar im Winkelkniebereich befinden, wo rein visuell keine Rissbildung festzustellen war. Demgegenüber lassen die Fittingpartien im Bereich der Nippel-Einschraubzone einen makroskopisch deutlich sichtbaren, bogenförmig verlaufenden Anriss erkennen (Bild 1). Der insbesondere im Bereich der Stirnfläche stark klaffende Anriss weist eine Länge von ca. 13 mm auf. Aufgrund der Rissausbildung kann vermutet werden, dass es sich hierbei um einen vorbestandenen Anriss handelt.

Abstract

A metallurgical investigation revealed that a defect found in the bend of a leaking brass fitting was a result of stress corrosion cracking (SCC). The principal cause of the failure is shown to be the presence of significant SiO_2 -inclusions found in the threaded part of the fitting which led to pre-existing crack. The increase in stress at this crack-like defect led to the initiation of SCC. The failure is a typical example of the cumulative action of a number of damage mechanisms.

Visual Inspection

A leaking brass fitting made of the alloy Ms58, into which was screwed a brass nipple, was submitted for investigation. The failure of the defective brass component resulted in considerable water damage being done to a residential property. The leak was reported to be in the angled part of the fitting away from the threaded nipple insert, at a place where no cracking was actually visually apparent. A clearly macroscopically visible curved crack was however found where the nipple was screwed into the fitting (Fig.1). The widely gaping crack, particularly on the top surface, had an overall length of ca. 13 mm. The visual appearance of the crack suggested that it had been present some time prior to the actual failure of the fitting.

Bild 1. Teilansicht des defekten Messing-Fittings. Rote Pfeile: Vorbestandener, bogenförmig verlaufender und im Bereich der Stirnfläche stark klaffender Anriss in der Fitting-Einschraubzone. Weiße Pfeile: Durch Spannungsrisskorrosion geschädigte Fittingpartie, die sich bis in den Winkelkniebereich erstreckt. Weiße Linie: Ende des eingeschraubten Messing-Nippels, dessen Lage etwa der Übergangszone zwischen dem vorbestandenden Anriss und der durch Spannungsrisskorrosion geschädigten Fittingpartie entspricht. Schwarzer Pfeil: Messing-Einschraubnippel.

Fig. 1. Detail of the defective brass fitting. Red arrow: Existing curved and gaping crack in the female threaded part of the fitting. White arrow: Part of the fitting damaged by stress corrosion cracking which extends into the angled part of the fitting. White line: The end of the brass nipple, the position of which corresponds with the transition between the existing crack and the part of the fitting damaged by stress corrosion cracking. Black arrow: The brass nipple.

Bild 2. Bereich der Fitting-Einschraubzone: Vorbestandener, stark klaffender Anriss mit ausgeprägten Schlackeneinschlüssen auf der Fittingwand-Aussenseite (ungeätzt)

Fig. 2. The threaded part of the fitting: Pronounced widely gaping crack with heavy inclusions to the outside wall of the fitting. (unetched).

Bild 3. Rasterbild sowie Röntgenverteilungsbilder von Silicium und Sauerstoff: Vorbestandener Anriss mit ausgeprägten, aus SiO₂ aufgebauten Schlackeneinschlüssen sowieENZinkungserscheinungen im Bereich der Fitting-Einschraubzone

Fig. 3. Scanning electron micrograph and X-ray maps of the distribution of silicon and oxygen: Pronounced crack with heavy SiO₂ slag inclusions and the appearance of dezincification in the threaded part of the fitting.

Experimentelle Untersuchung

Die metallographische Untersuchung von mehreren Querschliffproben hat bestätigt, dass im Bereich der Fitting-Einschraubzone ein vorbestandener, stellenweise durchgehender und durch ausgeprägte Schlackeneinschlüsse bzw. feineENZinkungserscheinungen gekennzeichnete Anriss vorliegt (Bild 2). Die vorgefundenen, z.T. grob ausgebildeten und mikroanalytisch als SiO₂ iden-

Experimental Investigation

The metallographical examination of a number of cross sections confirmed the threaded nipple insert to contain a pre-existing crack, in parts penetrating the full thickness of the wall of the fitting, together with significant, large slag inclusions and slight signs of dezincification (Fig. 2). The slag inclusions, some of which were quite coarse and therefore a severe defect in the material, were

Bild 4. Winkelkniebereich: Stark verzweigte, interkristallin verlaufende Spannungskorrosionsrisse mit feinen Verästelungen (geätzt)

Fig. 4. Angled part of the fitting: Heavily branched, intercrystalline stress corrosion cracks with finer branches (etched).

tifizierten Schlackeneinschlüsse (Bild 3) müssen als gravierender Materialfehler angesehen werden. Eine weitere mikroskopische Untersuchung ergab, dass der vorbestandene Anriss etwa im Bereich des Nippelendes in eine durch Spannungsrisskorrosion geschädigte Fittingpartie übergeht. Wie das Bild 4 zeigt, wurden im Winkelkniebereich typische stark verzweigte und mehrheitlich mit Korrosionsprodukten gefüllte Spannungskorrosionsrisse festgestellt, die einen interkristallinen Rissverlauf aufweisen. Aufgrund des Verlaufs der Rissverzweigungen konnte abgeklärt werden, dass der Spannungskorrosionsriss von der Fittingwand-Außenseite ausgegangen ist. Das Gussgefüge des Schadenobjektes entspricht einem relativ feinkörnigen ($\alpha + \beta$)-Messing mit zahlreichen feinen Bleieinschlüssen. Extreme Kaltverformungsmerkmale an den Gewindeflanken des Fittings bzw. des Einschraubnippels, welche auf Montagefehler hindeuten würden, wurden nicht festgestellt.

Bei der fraktographischen Untersuchung wurde festgestellt, dass die im Winkelkniebereich freigelegte Anrissfläche einen interkristallinen Bruchverlauf mit klaffenden Kornflächen bzw. festhaftenden Korrosionsprodukten aufweist (Bild 5). Die vorgefundenen Korrosionsprodukte wurden

Bild 5. Bruchmikrotopographie im Winkelkniebereich: Interkristalliner Bruchverlauf mit klaffenden Kornflächen sowie festhaftenden Korrosionsprodukten

Fig. 5. Fracture surface in the angled part of the fitting: Intercrystalline fracture path with gaping grain boundaries and strongly adhering corrosion products.

micro-analysed and found to be SiO₂ (Fig. 3). A further microscopic examination of the crack revealed that close to the end of the nipple the crack ran into a part of the fitting damaged by stress corrosion cracking. As can be seen from Fig. 4, heavily branched intercrystalline cracks, mostly filled with corrosion products, were found in the angled part of the fitting. This type of crack is typical of those found in cases of stress corrosion cracking. The path of the crack branching indicated the crack to have started in the outside surface of the wall of the fitting. The cast microstructure of the component was typical of a relatively fine grained ($\alpha + \beta$) brass containing numerous fine inclusions of lead. No signs of extreme cold deformation could be found either on the sides of the thread of the fitting or on the nipple, which might have indicated mechanical abuse during assembly.

An scanning electron micrograph (Fig. 5) of the inner surface of the crack in the angled part of the fitting revealed an intercrystalline mode of fracture with gaping grain boundaries and strongly adhering corrosion products. The corrosion products were subsequently analysed by electron

anschließend mit der Elektronenstrahl-Mikrosonde auf Anwesenheit von korrosiv wirkenden Stoffen geprüft. Es wurde insbesondere nach Stickstoff gesucht, da stickstoffhaltige Verbindungen Spannungsrissskorrosion an Messingteilen auslösen können. Aufgrund der mikroanalytischen Prüfung konnte bestätigt werden, dass in den untersuchten Korrosionsprodukten erhebliche Stickstoffanreicherungen vorliegen.

Zusammenfassung und Beurteilung

Die Untersuchung hat ergeben, dass das defekte Messing-Fitting infolge Spannungsrissskorrosion im Winkelkniebereich undicht geworden ist. Messingwerkstoffe sind bekanntermaßen spannungsrissskorrosionsempfindlich. Dazu müssen gleichzeitig Zugspannungen und spezifische Angriffsmedien (insbesondere stickstoffhaltige Verbindungen wie Ammoniak, Stickstoffdioxide, Nitrate etc.) auf das Messingbauteil wirken. Als aggressive Stoffe konnten auf der freigelegten Anrissfläche mikroanalytisch erhebliche Mengen von stickstoffhaltigen Verbindungen nachgewiesen werden. Der metallographische Befund ergab, dass der festgestellte Spannungsrisss im Bereich des vorbestandenen Materialfehlers aufgetreten ist und sich in der gleichen Ebene bis in den Winkelkniebereich fortpflanzte. Als auslösende Zugspannungen wirkten somit die lokalen Spannungserhöhungen an der rissartigen Fehlstelle. Als wesentlich schadensbegünstigend muss folglich der festgestellte Materialfehler angesehen werden, der Anlass zur Initiierung der SpRK gab. Zwar ist der vorbestandene Anriss stellenweise durchgehend; da jedoch das defekte Fitting im Bereich der Nippel-Einschraubzone durch Hanffäden abgedichtet wurde, konnten im vorliegenden Fittingbereich keine Undichtheiten entstehen.

Angenommen: 26. Mai 1999

Korrespondenzanschrift/Correspondence address:
Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Überlandstr. 129, CH-8600 Dübendorf, Schweiz;
e-mail: dusan.grman@empa.ch

beam micro-analysis to determine the possible presence of corrosive substances, and in particular nitrogen, as nitrogen-containing compounds are known to initiate stress corrosion cracking in brasses. The results of the micro-analyses ultimately revealed the corrosion products to contain considerable accumulations of nitrogen-containing compounds.

Summary and Conclusion

The investigation revealed the leakage in the angled section of the defective brass fitting to have been caused by stress corrosion cracking. Brasses are well known to be sensitive to stress corrosion cracking. For this to occur, tensile stresses together with a specific corrosive medium (in particular nitrogen-containing compounds such as ammonia, nitrogen dioxide, nitrates, etc.) must both act simultaneously on the brass component. As evidence of the presence of an aggressive medium, considerable quantities of nitrogen-containing compounds were found by micro-analysis on the surface of the crack. The metallographical examination revealed that the stress corrosion crack initiated in the region of an existing material defect from which it grew in the same plane into the angled part of the fitting. The tensile stresses required to initiate the stress corrosion cracking were present in the form of localised internal stresses within the part of the fitting containing the crack-like defects. The principal cause of failure must therefore be attributed to the presence of these defects which ultimately initiated the stress corrosion cracking. Whilst it is true that the existing defect did in some places penetrate the wall of the fitting, the hemp caulking used to assemble the nipple into the fitting would have prevented any leakage at this point.

Accepted: May 26, 1999
Translation: Ph. Tate

Sehen – Verstehen – Gestalten

Dietrich Schulze

Mikrostrukturen im Elektronenmikroskop
Werkstoff-Informationsgesellschaft mbH
Frankfurt 1998

216 Seiten, ISBN 3-88355-260-7

Preis 78,- DM

Die Besprechung dieses Buches macht Spaß: Wer von den Lesern der praktischen Metallographie dieses hervorragend aufgemachte Werk über die mikroskopische Struktur von Kristallen und die Verfahren zur Abbildung noch nicht kennt, sollte es sich so bald wie möglich ansehen. Hier hat ein berühmter Kollege viel der in seinem Arbeitsleben gemachten Erfahrungen in einer Weise zusammengestellt, die präzise Information mit künstlerischer Ästhetik so verbindet, dass das Lesen zum staunenden Schauen und das Schauen zum tiefen Verstehen führt. Es geht um Strukturen, die in der belebten und in der unbelebten Welt auftreten und die mit mikroskopischen Techniken, vor allem mit dem Elektronenmikroskop, sichtbar werden. Der Autor verbindet das physikalische und biologische Wissen, mit dem er dem Leser Einblick in die Wirkungsweise der abbildenden Geräte und der Bauprinzipien von weit voneinander unterschiedlich erscheinenden Strukturen wie Schrauben und Seesternen, Muskelfasern und Versetzungen, Kristallen und Blättern gibt, mit hoher künstlerischer und humanistischer Bildung, die eine Zuordnung von Unbekanntem zu Bekanntem, und die Herstellung von Verbindungen zwischen technisch-naturwissenschaftlichen Tatsachen und intuitiver Anschaulichkeit ermöglicht bzw. fordert.

Die einzelnen Abschnitte des Textteils sind mit zum Lesen anregenden Überschriften versehen, so z.B. „Von den Reizen der Kristallstrukturen“, „Das Elektronenindividuum mit zwei Gesichtern: Teilchen oder Welle?“, „Die närrische Struktur der Polymere“, aber auch unter sachlichen Titeln wie „Grenzen der Wahrnehmung“ oder „Gitter, Maschen, Netze“ versteht es der Autor, Geschichte und Geschichten mit konkreten Informationen zu einem Text zu verbinden, der ebenso im Lehnstuhl eventuell bei einem Glas Wein wie als willkommene Unterbrechung des Tagesgeschäfts in

der Studierstube genossen werden kann. Das trifft in noch starkem Maß für den Bildteil zu, wo – ebenfalls wurde unter spannenden Titeln zusammengefasst – eine Vielzahl von optischen Eindrücken exzellenter mikroskopischer Bilder (ergänzt durch Makroaufnahmen aus der Natur)

in höchst inhaltsreicher, aber ebenso unterhaltsamer und bildender Weise besprochen werden. Beim Durchgang durch das Buch fällt oft nicht mehr auf, daß gleichzeitig mit dem Lese- und Betrachtungsvergnügen das Lernen von Sachverhalten verknüpft ist, die in

vielen Wissenschaften (Physik, Chemie, Biologie, vor allem Materialwissenschaft) zu den Grundkenntnissen gehören. Anhänge, unter anderem eine Zeittafel zur Entwicklung der Lichtmikroskopie und ein Literaturverzeichnis, schließen das Buch ab.

Der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde ist zur Herausgabe des Buchs zu gratulieren, vor allem aber auch dem Autor, dass das Buch nach – wie er selbst sagt – einer langen Odyssee – erscheinen konnte. Der Preis ist – im Vergleich zu anderen Fachbüchern und Bildbänden – als äußerst moderat zu bezeichnen, so dass sich das Buch zum Eigengebrauch ebenso wie als repräsentatives Geschenk oder Schmuckstück wissenschaftlicher Bibliotheken eignet.

Darmstadt, im Oktober 1999

H. E. Exner