

K. Kerschbaumer, G. Kukutschki, R. Vallant

Practical Test on Brass Valves Using the 5% Ammonia Test to Elucidate the Reasons of Specific Failure Patterns of Stress Corrosion Cracking SCC

Praktischer Versuch an Messingventilen mittels des 5% Ammoniaktests zur Klärung von speziellen Schadensbildern der Spannungsrissskorrosion SpRK

*Received: March 28, 2011
Accepted: August 12, 2011
Translation: J. Fritsche*

*Eingegangen: 28. März 2011
Angenommen: 12. August 2011*

1. Introduction

The mechanisms initiating stress corrosion cracking (SCC) are known and are adequately described in the technical references [1–5]. These references here generally proceed from the fact that this type of corrosion requires the simultaneous existence of three initiating factors: 1. a material susceptible to SCC, 2. tensile stresses which are large enough, and 3. a corrosive medium with ordinary tap water being sufficient already [4]. Although SCC, as a specific type of corrosion, can be identified as such in a relatively easy way, because of its characteristic appear-

1. Einleitung

Die Auslösemechanismen von Spannungsrissskorrosion (SpRK) sind bekannt und in der Literatur hinlänglich beschrieben [1–5]. Es wird dabei allgemein davon ausgegangen, dass für diese Korrosionsform das gleichzeitige Vorhandensein der drei Auslösefaktoren – 1. ein für SpRK anfälliger Werkstoff, 2. ausreichend große Zugspannungen und 3. ein korrosives Medium – vorliegen muss, wobei schon gewöhnliches Leitungswasser ausreicht [4]. Die SpRK als spezielle Korrosionsart ist als solche zwar auf Grund ihres charakteristischen Aussehens relativ leicht

Authors:

Klaus Kerschbaumer, Gerhard Kukutschki, Rudolf Vallant Technische Universität Graz, Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik, Kopernikusgasse 24, A-8010 Graz; e-mail: klaus.kerschbaumer@tugraz.at, rudolf.vallant@tugraz.at

ance, in the microphotograph by light microscopy, the simultaneous action of the different influencing factors makes it more difficult to answer the question as to its cause. In the work carried out here, an attempt was made to bring about the peripheral cracks in the threaded sockets of sanitary brass valves, which were often observed and are caused by SCC by practical tests in order to better comprehend the mechanisms which cause such failure. This was done successfully because differently prestressed thread nipples were used and hemp was employed as a sealing means, with the aid of the 5% ammonia test which was made in accordance with the ÖNORM EN 14977 [6].

2. Description of Failures

SCC occurred on the threaded socket in the inflow portion on a total of 16 valves in the area of the thread engagement length of the mating piece and led to in damage by water. Those peripheral cracks occurred exclusively on the water inflow side, i. e. on the water entry side (see the arrows in Fig. 1). All threads reportedly were sealed with hemp. Verified indications cannot be made about the service period of the valves themselves and the use of a sealing paste or a so-called Locher paste. In any case, failures occurred in different geographical regions and, thus, with different water qualities.

The thread was oxidized so as to become black already by the attack of the corrosion



lichtmikroskopisch am Schlibbild erkennbar, das gleichzeitige Wirken der unterschiedlichen Einflussfaktoren erschwert jedoch die Beantwortung der Frage nach der Ursache. In der hier durchgeführten Arbeit wurde versucht, die oft beobachteten und durch SpRK verursachten Umfangsrisse in den Gewindemuffen von Sanitär-Messingventilen in praktischen Versuchen herbeizuführen, um die Auslösemechanismen besser verstehen zu können. Dies gelang mit unterschiedlich vorgespannten Gewindenippeln, sowie der Verwendung von Hanf als Dichtmittel an Hand der 5% Ammoniakprüfung nach ÖNORM EN 14977 [6].

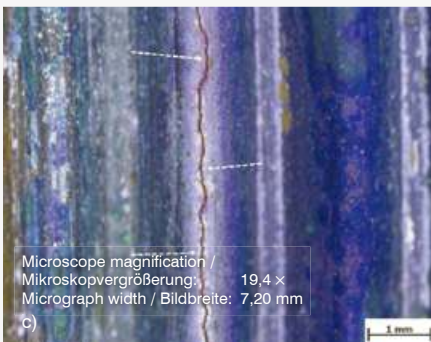
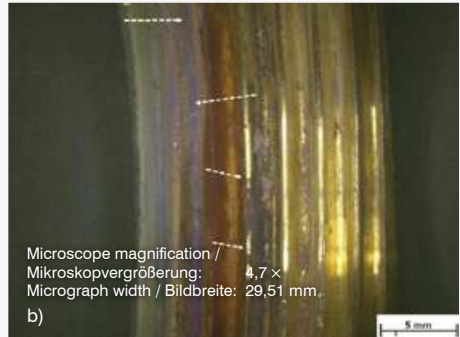
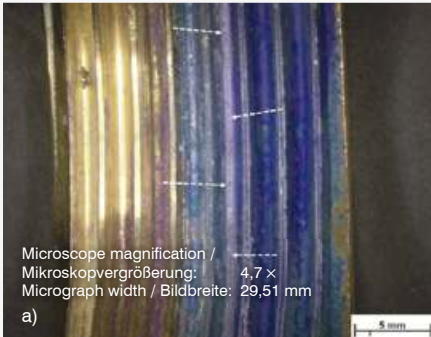
2. Beschreibung der Schadensfälle

An insgesamt 16 Ventilen trat im Bereich der Einschraubtiefe des Gegenstückes im Vorlauf SpRK an der Gewindemuffe auf und führte zu Wasserschäden. Diese Umfangsrisse traten ausschließlich vorlaufseitig, also auf der Wassereintrittsseite auf (s. Bild 1, Pfeile). Laut Angaben waren alle Gewinde mit Hanf abgedichtet. Über die Einsatzdauer der Ventile selbst, sowie die Verwendung einer Dichtungspaste bzw. einer sog. Locherpaste können keine verifizierten Angaben gemacht werden. Jedenfalls sind die Schäden in geografisch verschiedenen Gegenden und damit auch unterschiedlichen Wasserqualitäten aufgetreten.

Das Gewinde wurde ab der Einschraubtiefe auf der Wassereintritts- und -austrittsseite

Fig. 1: An inclined-seat valve with inflow-sided cracks on the threaded socket (black arrows). The white arrow marks the length of thread engagement on the outflow side.

Bild 1: Schrägsitzventil mit vorlaufseitigen Rissen an der Gewindemuffe (schwarze Pfeile). Der weiße Pfeil markiert die Einschraubtiefe rücklaufseitig.



Figs. 2a to d: Inflow-sided thread in the region of thread engagement length: a) and b) cracking along the inside thread diameter; c) and d) detailed micrographs

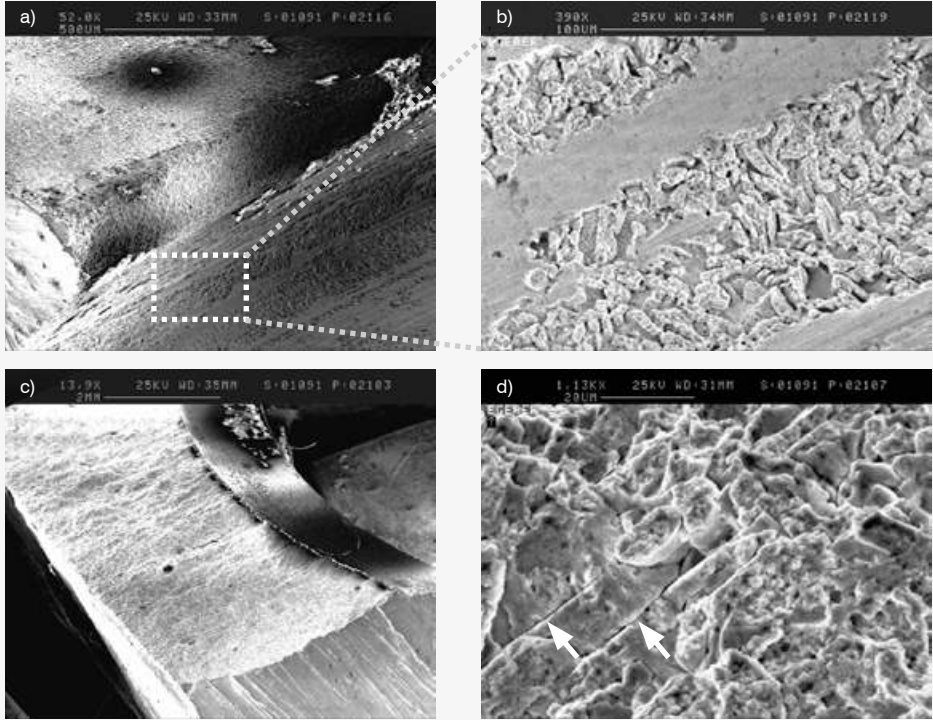
Bilder 2a bis d: Vorlaufgewinde im Bereich Einschraubtiefe: a) und b) Risse entlang des Gewindekern-durchmessers; c) und d) Detailaufnahmen

medium (water and hemp), starting from the point of thread engagement length on the water inflow and water outflow sides, Fig. 1. In the stereomicroscope, Figs. 2a to 2d allow a clear identification of transition points in the length of thread engagement (bright/oxidized). The cracks extend radially along the inside thread diameter. Furthermore, Figs. 2b and 2d also permit to observe dark coverings close to the crack.

Figs. 3a to 3d illustrate SEM micrographs of the fracture area and thread pitch near the fracture area. They allow making out that the latter has been partially dezincated at the thread edges. In other words, the more ignoble high-Zn β phase of the present α/β

durch den Angriff des Korrosionsmediums (Wasser und Hanf) bereits schwarz oxidiert, Bild 1. Im Stereomikroskop, Bilder 2a bis 2d, sind Übergänge an der Einschraubtiefe (blank/oxidiert) deutlich zu erkennen. Die Risse verlaufen radial entlang des Gewindekern-durchmessers. Weiter sind in den Bildern 2b bzw. 2d auch dunkle Beläge nahe dem Riss zu beobachten.

Die Bilder 3a bis 3d zeigen REM-Aufnahmen von der Bruchfläche bzw. dem Gewindegang nahe der Bruchfläche. Dabei ist erkennbar, dass der letztere an den Gewindeflanken partiell entzinkt ist. Die unedlere, Zn-reiche β -Phase des vorliegenden α/β -Messing-Werkstoffes



Figs. 3a to d: Crack from Fig. 2 (b, d) as broken open on the internal thread diameter: a) and b) in the area of the length of thread engagement; c) fracture area; d) detail of a deformation twin (arrows). [Micrographs by P. Kelman]

Bilder 3a bis d: Aufgebrochener Riss aus Bild 2 (b, d) am Gewindekerndurchmesser: a) und b) im Bereich Einschraubtiefe; c) Bruchfläche; d) Detail Verformungszwillung (Pfeile) [Aufnahmen: P. Kelman]

brass material CuZn39Pb1Al-C (CC754S) [7] according to DIN EN 1982 [8] was selectively dissolved by the predominant corrosion medium. Partial dezincification can even be observed on the fracture area itself (Fig. 3b) and deformation twins also occur sporadically (Fig. 3d) and suggest that higher stresses were dominating.

When a fracture area analysis was made in the SEM it was possible to discriminate the final fracture area from the corroded area, Fig. 4. A dezincification due to corrosion by the corrosion medium was found to exist when EDX mapping was made. To this end, the EDX spectra of copper, zinc, and oxy-

CuZn39Pb1Al-C (CC754S) [7] nach DIN EN 1982 [8], wurde also durch das vorherrschende Korrosionsmedium selektiv aufgelöst. Auf der Bruchfläche selbst ist ebenfalls eine teilweise Entzinkung (Bild 3b) zu beobachten, es treten vereinzelt auch Verformungszwillinge (Bild 3d) auf, die darauf hindeuten, dass höhere Spannungen vorgeherrscht haben.

Bei der Bruchflächenanalyse im REM konnte die Restbruchfläche von der korrodierten Fläche unterschieden werden, Bild 4. Im EDX-Mapping wurde eine Entzinkung infolge der Korrosion durch das Korrosionsmedium festgestellt. Hierfür wurden die EDX-Spektren für Kupfer, Zink und Sauerstoff analysiert,

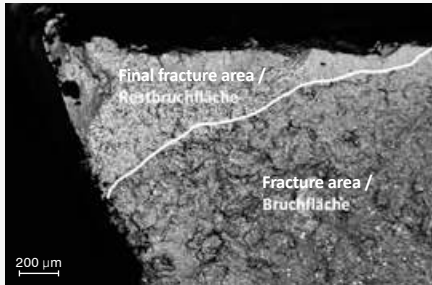


Fig. 4: General view of the fracture area on a brass valve

Bild 4: Übersicht Bruchfläche an Messingventil

gen were analyzed, Figs. 5a and b. Those helped in proving the fracture area to have been dezincified and a higher zinc content to exist on the final fracture area.

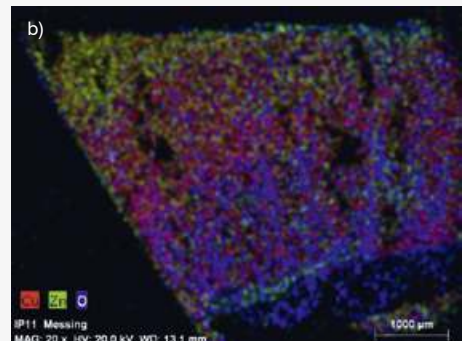
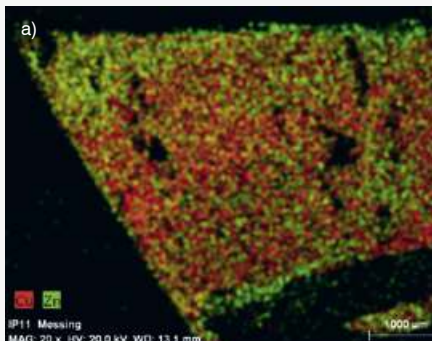
The cracks on all valves under examination presented similar cracking paths, the ramification which is typical of SCC with a selective attack by corrosion can be discerned already on the non-etched microsection (Fig. 6).

The cut microsection which was etched by means of copper-ammonium chloride allows recognizing the two-phase microstructure (Fig. 7) where the darker β phase, which is richer in Zn, was dissolved because of dezincification at the crack edges. Further, it can be seen that the secondary cracks run in a transcrystalline way at the crack edges and are predominantly intercrystalline on the brighter α phase which is rich in Cu.

Bilder 5a und b. Mit Hilfe derselben konnte die Entzinkung der Bruchfläche bzw. ein höherer Zink-Gehalt auf der Restbruchfläche nachgewiesen werden.

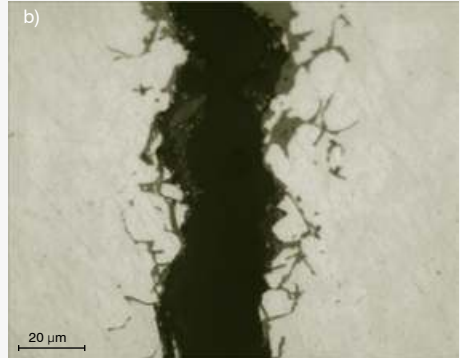
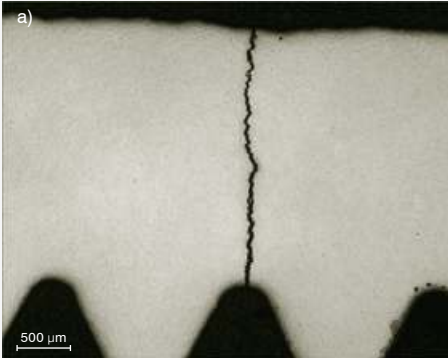
Die Risse an allen untersuchten Ventilen weisen ähnliche Rissverläufe auf, bereits am ungeätzten Schliff ist die für SpRK typische Verästelung mit selektivem Korrosionsangriff zu erkennen (Bild 6).

Am mittels Kupfer-Ammonium-Chlorid geätzten Schliff ist das zweiphasige Gefüge erkennbar (Bild 7), wobei sich die dunklere, Zn-reichere β -Phase an den Rissflanken durch Entzinkung teilweise aufgelöst hat. Weiter ist zu erkennen, dass die Nebenrisse in der β -Phase transkristallin und an der helleren, Cu-reichen α -Phase vorwiegend interkristallin verlaufen.



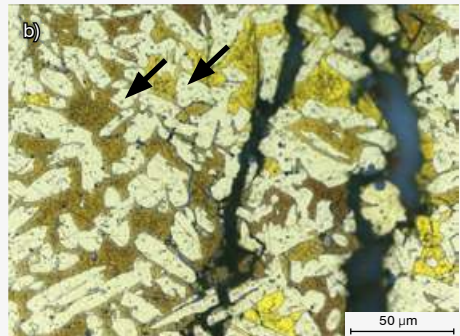
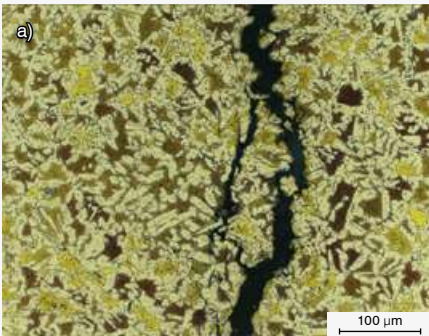
Figs. 5a and b: Mapping over brass valve fracture area: a) Cu-Zn; b) Cu-Zn-O

Bilder 5a und b: Mapping über Messingventil-Bruchfläche: a) Cu-Zn; b) Cu-Zn-O



Figs. 6a and b: Crack path on the non-etched microsection

Bilder 6a und b: Rissverlauf am ungeätzten Schliff



Figs. 7a and b: Microphotograph showing primary and secondary cracks with etching done by colours: a) microscope magnification 250 ×, micrograph width 557,82 μm; b) microscope magnification 625 ×, micrograph width 223,13 μm

Bilder 7a und b: Schliffbild mit Haupt- u. Nebenrissen, Farbätzung: a) Mikroskopvergrößerung 250 ×, Bildbreite 557,82 μm; b) Mikroskopvergrößerung 625 ×, Bildbreite 223,13 μm

Finely dispersed, globular embedded lead precipitates can be recognized as spontaneously distributed, blue-coloured points in the microstructure (see the arrows). The mean hardness measured was in the range of 110 HV10 with small degrees of scatter. According to DIN EN 1982 [8], this hardness corresponds to cast brass components which are manufactured by sand mould casting or gravity die casting.

Fein verteilte, globular eingeformte Bleiauscheidungen sind als vereinzelte blaufarbene Punkte im Gefüge zu erkennen (s. Pfeile). Die gemessene mittlere Härte lag bei allen Ventilen im Bereich von 110 HV10, bei geringen Streuungen. Diese Härte entspricht nach DIN EN 1982 [8] Bauteilen aus Gussmessing, die im Sandguss- oder Kokillengussverfahren hergestellt werden.

3. Simulation by the 5 % Ammonia Test on New Valves

A simulation of the fracture pattern of the failures encountered was made using inclined-seat valves and straight-seat valves of the DN20 dimension from the batch of a manufacturer. The valves were disassembled prior to the test; the stop valve was screwed out, was cleaned with alcohol in an ultrasonic agitation bath, and was dried in a warm flow of air. The tensile stressed needed were achieved by turning in straight and tapered nipples with and without hemp where the application of a Locher paste was intentionally dispensed with in order not to have too large a number of influencing factors.

The corrosive environment required was created by ammonia vapour (5% NH_3 solution, pH10, according to EN 14977) in an desiccator. Its vapour volume was 6 l at 1 l of ammonia solution. The standard EN 14977 indicates a ratio by volume of 10 : 1 between the test receptacle and test solution, which means that more severe conditions were prevailing here (Fig. 8).

The field of application of the 5% ammonia test (ÖNORM EN 14977 [6]) is fixed in the technical terms of delivery of semi-finished products or finished products made of copper or copper alloys. The test stipulates a test of mean duration (24, 48, 72 h) on components made of copper alloys in



3. Simulation mit dem 5 % Ammoniak-Test an neuen Ventilen

Für die Simulation des Bruchbildes der vorgefundenen Schäden wurden Schräg- und Geradsitzventile der Dimension DN20 aus einer Charge eines Herstellers herangezogen. Vor dem Test wurden die Ventile zerlegt, das Absperrventil herausgeschraubt, mit Alkohol im Ultraschallbad gereinigt und im warmen Luftstrom getrocknet. Die nötigen Zugspannungen wurden durch Eindrehen von geraden und konischen Nippeln mit und ohne Hanf erreicht, wobei – um nicht zu viele Einflussparameter zu erhalten – bewusst auf die Verwendung einer Locherpaste verzichtet wurde.

Die nötige korrosive Umgebung wurde in einem Exsikkator durch Ammoniakdampf (5% NH_3 -Lösung, pH10, nach EN 14977) geschaffen. Das Volumen desselben betrug 6 l bei 1 l Ammoniak-Lösung. Die Norm EN 14977 gibt ein Volumenverhältnis zwischen Prüfgefäß und Prüflösung von 10 : 1 an, d. h. es lagen hier verschärfte Bedingungen vor (Bild 8).

Das Anwendungsgebiet des 5%-Ammoniak-Tests (ÖNORM EN 14977 [6]) wird in technischen Lieferbedingungen von Halbfabrikaten oder Endprodukten aus Kupfer oder Kupferlegierungen festgelegt. Dieser legt eine Prüfung mittlerer Dauer (24, 48, 72 h) an Bauteilen aus Kupferlegierungen in einer ammo-

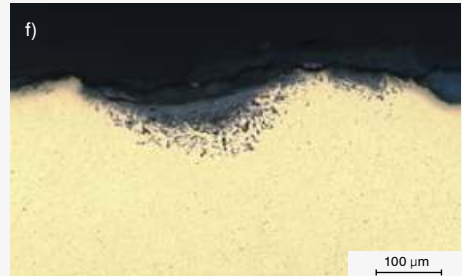
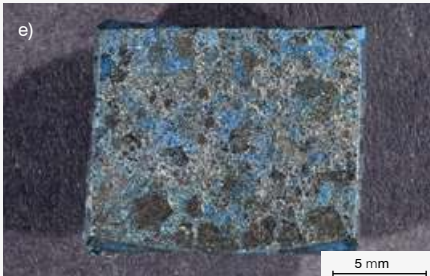
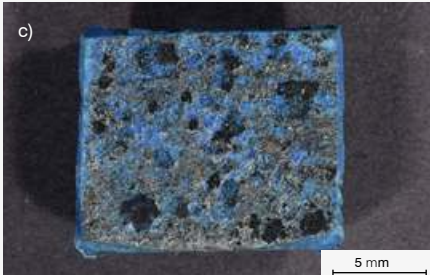
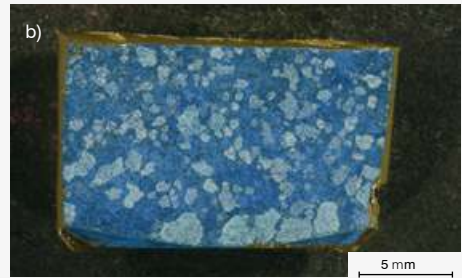
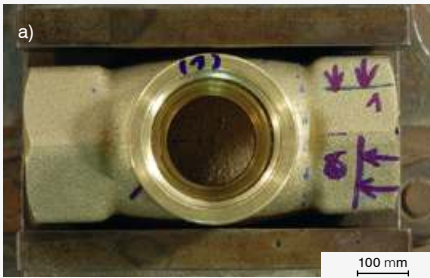
Fig. 8: A (6l) desiccator for the implementation of the 5% ammonia test on the straight-seated valve 1
Bild 8: Exsikkator (6l) zur Durchführung des 5% Ammoniaktests am Geradsitzventil 1

an ammonia-containing atmosphere with a view to finding possible any increased casting-related and production-related final stresses which can cause SCC.

After the test, cleaning and drying was repeated and was followed by the metallographic examination on non-etched and etched microsections.

niakalischen Atmosphäre fest, um eventuelle erhöhte gieß- und fertigungstechnische Restspannungen, die SpRK verursachen können, zu finden.

Nach dem Test erfolgte eine erneute Reinigung und Trocknung, anschließend die metallografische Untersuchung an ungeätzten und geätzten Schlifften.



Figs. 9a to f: a) Straight-seated valve 1 with arrows marking the withdrawal of samples / superficial modification at the outside following a 5% ammonia test after b) 72 h; c) 288 h; d) 360 h; e) 577 h subsequent to a purification with alcohol in an ultrasonic bath; f) the transverse microsection with no etching presenting dezincification after 432 h

Bilder 9a bis f: a) Geradsitzventil 1, Pfeile markieren Probenentnahme / Oberflächenveränderung an Außenseite nach b) 72 h; c) 288 h; d) 360 h; e) 577 h Ammoniaktest 5%, nach Reinigung im Ultraschallbad mit Alkohol; f) Querschliff nach 432 h ungeätzt zeigt Entzinkung

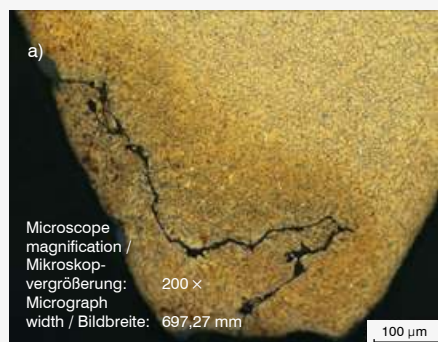
3.1 Straight-Seated Valve No. 1: No Prestress / No Visual Inspection of the Surface

For a verification of whether cracking will occur because of the inherent stresses occurring in the valve the valve was exposed to the ammonia atmosphere with no nipples screwed in, i.e. with no extra initial stress, while the colour changes of the valve surface were exposed to visual inspections at the same time after different testing times.

The high-Zn β phase appears light-blue because of the attack of the ammonia vapour after 72 h. It will change its colour into black, which involves dezincification. The high-copper α phase first turns dark-blue and, finally, turns grey after 577 h, Fig. 9.

As was observed that the attack by corrosion is more intense at the outside than is at the inside (threaded portion), which can presumably be attributed to the weak circulation of the ammonia vapour inside the desiccator.

In Fig. 10, SCC occurred at the tip of the thread after an ammonia test of 423 h while more severe dezincification occurs additionally after 505 h. Fig. 11 shows deformed grains at the thread root, i.e. compression stress should be present there.



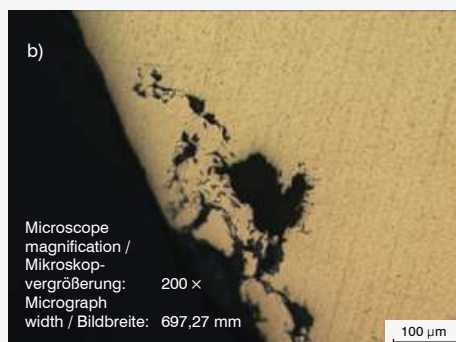
3.1 Geradsitzventil Nr. 1: Ohne Vorspannung / ohne visuelle Prüfung der Oberfläche

Um zu überprüfen, ob es durch die vorhandenen Eigenspannungen des Ventils zu Rissen kommt, wurde dieses ohne eingeschraubte Gewindenippel, d.h. ohne zusätzliche Vorspannung der Ammoniakatmosphäre ausgesetzt und zugleich die Verfärbungen der Ventiloberfläche nach unterschiedlichen Prüfzeiten visuell untersucht.

Die Zn-reiche β -Phase erscheint durch den Angriff des Ammoniak-Dampfes nach 72 h hellblau. Danach färbt sie sich schwarz ein, wobei Entzinkung damit einher geht. Die Cu-reiche α -Phase färbt sich erst dunkelblau und schließlich, nach 577 h, grau ein, Bild 9.

Es wurde beobachtet, dass der Korrosionsangriff auf der Außenseite stärker ist, als an der Innenseite (Gewinde), vermutlich auf Grund der geringen Zirkulation des Ammoniak-Dampfes im Exsikkator.

In Bild 10 ist SpRK am Gewindekopf nach 423 h Ammoniak-Test aufgetreten, nach 505 h tritt zusätzlich stärkere Entzinkung auf. Bild 11 zeigt verformte Körner am Gewindegrund, d.h. dort sollten Druckspannungen vorliegen.



Figs. 10a and b: Dezincification and thermal stress cracking at the tip of the thread by internal stress because of thread manufacture (with no initial stress): a) for 432 h, etched; b) for 505 h, non-etched

Bilder 10a und b: Entzinkung und Spannungsriss am Gewindekopf durch Eigenspannung infolge der Gewindefertigung (ohne Vorspannung): a) geätzt 432 h; b) 505 h, ungeätzt

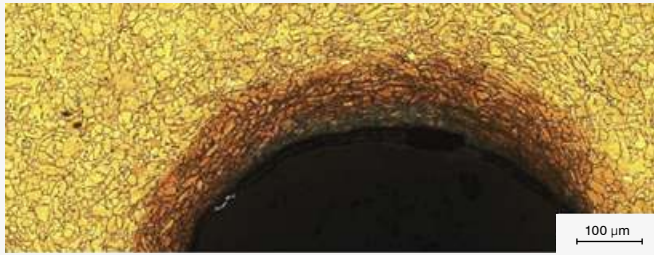


Fig. 11: Deformed grains at the thread root (pressed thread)

Bild 11: Verformte Körner am Gewindegrund (gedrücktes Gewinde)

3.2 Angular-Seat Valve No. 2: Torque 80 Nm, With Threaded Nipples With Hemp/No Hemp

A thread nipple having a tapered thread was turned into the angular-seat valve 2 on the left. Since there was an octagon here it had to be tightened "as firmly as possible" up to a stop, using a pipe wrench. At right, a thread nipple having a cylindrical thread and a hexagon was turned in at abt. 80 Nm, using a torque wrench. At this point, 0.05 g of hemp was used, which was taken from failures of chapter 2. The hemp was introduced in an expert way against the thread pitch and without applying a sealing paste (Locher paste), Fig. 12a.

The 5% ammonia test was made for 72 h in the initially stressed condition. Fig. 12b shows the condition of the valve after undergoing cleaning with alcohol in an ultrasonic bath and including the marked points of withdrawal for the transverse and

3.2 Schrägsitzventil Nr. 2: Drehmoment 80 Nm mit Gewindenippeln mit/ohne Hanf

In das Schrägsitzventil 2 wurde links ein Gewindenippel mit kegeligem Gewinde eingedreht. Da hier ein Achtekant vorlag, musste dieser mit der Rohrzanze „so fest wie möglich“ bis auf Anschlag angezogen werden. Rechts wurde ein Gewindenippel mit zylindrischem Gewinde und Sechskant mittels Drehmoment-schlüssel mit ca. 80 Nm eingedreht. Hierbei wurden 0,05 g Hanf, welcher aus Schadens-fällen in Kapitel 2 stammt, verwendet. Die Einhanfung erfolgte fachmännisch gegen die Gewindesteigung und ohne Dichtungspaste (Locherpaste), Bild 12a.

In dem vorgespannten Zustand erfolgte der 5%-Ammoniak-Test für 72 h. Bild 12b zeigt den Zustand des Ventils, nach Reinigung mit Alkohol im Ultraschallbad und mit den bereits markierten Entnahmestellen für die Quer- und Längsschliffe. Es wurde lediglich jeweils ein



Figs. 12a and b: a) Angular-seated valve 2 with thread nipples, non-fixed. Left side: Octagon, tapered, with no hemp used; Right: Hexagon, cylindrical, with 0.05 g of hemp; b) condition after 72 h 5% ammonia test, cleaned in an alcohol ultrasonic bath



Bilder 12a und b: a) Schrägsitzventil 2 mit Gewindenippeln, lose – links: 8-Kant, kegelig ohne Hanf; rechts: 6-Kant, zylindrisch mit 0,05 g Hanf; b) Zustand nach 72 h 5%-Ammoniak-Test, gereinigt in Alkohol US-Bad

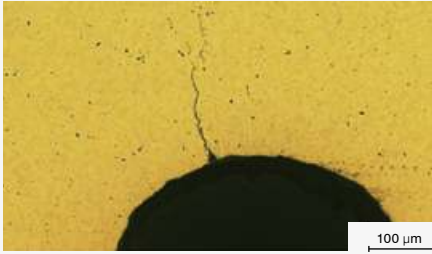


Fig. 13: Angular-seated valve 2 – Radial cracking on the thread root of the left-hand socket, tapered octagon, no hemp used

Bild 13: Schrägsitzventil 2 – Radialriss im Gewindegrund der linken Muffe-kegeliger 8-Kant, ohne Hanf

longitudinal microsections. Merely a small crack each was found in the thread root in the longitudinal microsections of the right and left sockets. Dezincification occurs on the left-hand tapered thread nipple at the 1st thread root (point of support existing on the left-hand socket). Neither a crack nor any dezincification was encountered on the length of thread engagement.

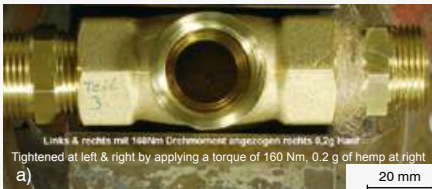
3.3 Straight-Seated Valve No. 3: Torque 160 Nm With Threaded Nipples With Hemp/No Hemp Inserted

Threaded nipples having cylindrical threads and hexagons were screwed in at about 160 Nm here, with no hemp at left and with a large volume of hemp, about 0.2 g at right (which is approximately four times the volume of valve No. 2). Fig. 14a shows the condition prior to the application of an initial stress. The 5% ammonia test was made for 144 h in the initially stressed state. Fig. 14b illustrates the condition of the valve after it underwent cleaning with alcohol in

kleiner Riss im Gewindegrund in den Längsschliffen der linken und der rechten Muffe gefunden. Am kegeligen Gewindenippel links, tritt am 1. Gewindegrund (Auflage bei der Muffe links) Entzinkung auf. An der Einschraubtiefe konnte weder ein Riss, noch eine Entzinkung gefunden werden.

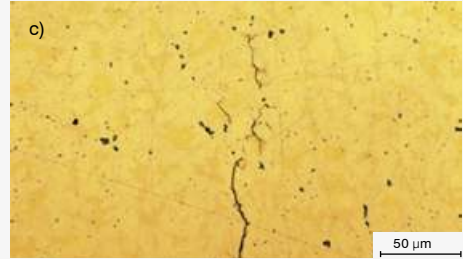
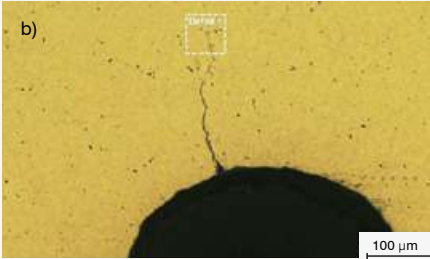
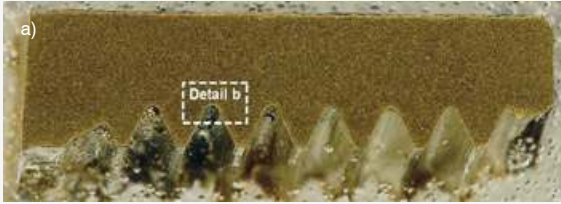
3.3 Geradsitzventil Nr. 3: Drehmoment 160 Nm mit Gewindenippeln mit/ohne Hanf

Hierbei wurden links und rechts Gewindenippel mit zylindrischem Gewinde und Sechskant mit ca. 160 Nm eingedreht. Links ohne Hanf, rechts mit großer Hanfmenge, ca. 0,2 g (etwa 4-fache Menge von Ventil Nr. 2). Bild 14a zeigt den Zustand vor der Vorspannung. Im vorgespannten Zustand erfolgte der 5%-Ammoniak-Test über 144 h. Bild 14b zeigt den Zustand des Ventils, nach Reinigung mit Alkohol im Ultraschallbad. Bereits mit bloßem Auge ist die Aufweitung der



Figs. 14a and b: a) Straight-seated valve 3 with cylindrical thread nipples / no hemp used at left, 0.2 g hemp used at right; b) condition after 144 h 5% ammonia test and cleaning in alcohol ultrasonic bath

Bilder 14a und b: a) Geradsitzventil 3 mit zylindrischen Gewindenippeln / links ohne, rechts mit 0,2 g Hanf; b) Zustand nach 144 h 5%-Ammoniak-Test, gereinigt in Alkohol US-Bad



Figs. 15a to c: a) Longitudinal micro-section of the socket, left-hand side, with no hemp; b) radial cracking on the length of thread engagement; c) tip of the crack

Bilder 15a bis c: a) Längsschliff Muffe, linke Seite, ohne Hanf; b) Radialriss an Einschraubtiefe; c) Rissspitze.

an ultrasonic bath. The expansion of the two sockets due to the high starting torque can be seen with the bare eye already. In addition, longitudinal cracks attributable to the high squeezing stresses can be clearly recognized both at left and right on the surface. A white corrosion product was formed (presumably because of hemp decomposition) on the hemp-sealed side. When the metallographic examination was made subsequently a slight dezincification was observed to occur on both sockets at the thread edges in the area of the length of thread engagement. On the left-hand (not hemp-sealed) side of the socket, a radially peripheral crack whose crack depth was about 0.2 mm was found in the root of the thread at the area of transition to the length of thread engagement, Figs. 15b and 15c.

Likewise, a radial crack was encountered on the length of thread engagement on the right-hand hemp-sealed side with the crack origin at the root of thread that runs throughout the component cross-section, Fig. 16a. The crack exhibits ramifications or finer secondary cracking in the detail micrographs with the crack flanks being covered with a corrosion product, Figs. 16b and 16c.

beiden Muffen infolge des hohen Anzugsdrehmoments zu erkennen. Zusätzlich sind auf der Oberfläche des Ventilkörpers an den Muffen links und rechts deutlich Längsrisse auf Grund der hohen Zwängspannungen erkennbar. An der gehanften Seite bildete sich ein weißes Korrosionsprodukt (vermutlich durch die Zersetzung des Hanfes). Bei der anschließenden metallographischen Untersuchung konnte auf beiden Muffen eine leichte Entzinkung an den Gewindeflanken im Bereich der Einschraubtiefe festgestellt werden. Auf der linken, nicht gehanften Seite der Muffe fand sich im Gewindegrund am Übergangsbereich zur Einschraubtiefe ein radial umlaufender Riss mit einer Risstiefe von etwa 0,2 mm – Bilder 15b und 15c.

Auf der rechten, gehanften Seite, fand sich ebenfalls ein radialer Riss an der Einschraubtiefe, mit Rissausgang am Gewindegrund der durch den gesamten Bauteilquerschnitt läuft – Bild 16a. Der Riss zeigt in den Detailaufnahmen Verästelungen bzw. feinere Nebenrisse, wobei die Rissflanken mit Korrosionsprodukt belegt sind, Bilder 16b und 16c.

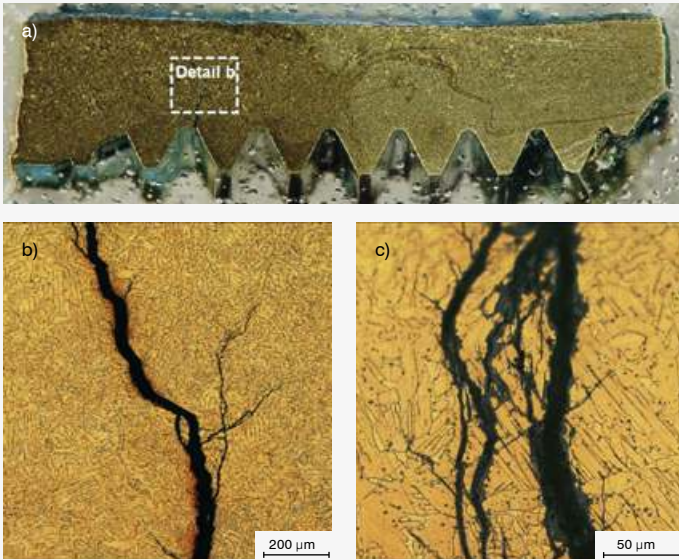


Fig. 16a to c: a) Longitudinal microsection of the socket, right-hand side with hemp; b) continuous radial crack on length of thread engagement; c) detail of tensile cracks from b)

Bilder 16a bis c: a) Längsschliff Muffe, rechte Seite, mit Hanf; b) Radialriss, durchgehend, an Einschraubtiefe; c) Detail der Spannungsrisse aus b)

4. Summary of Practical Tests

An attempt was made to simulate the failure phenomenon described, which occurred on a number of brass valves, by means of the 5% ammonia test, i. e. produce a peripheral crack in the valve socket in the area of the thread pitch on the length of thread engagement.

A partial dezincification of the β phase by the ammonia vapour could be observed at the outside of the valve without applying any extra initial stress.

When an initial stress was applied by hemp-sealed, cylindrical thread nipples at a tightening torque of 80 Nm initial cracking appeared at the root of the length of thread engagement.

If a very high torque of about 160 Nm was applied a peripheral crack occurred, i. e. a fracture of the threaded socket along the thread.

Accordingly, the SCC effect is clearly accelerated if hemp is used as a sealing means.

4. Zusammenfassung der praktischen Versuche

Es wurde versucht, das beschriebene Schadensbild, welches an einer Anzahl von Messing-Ventilen aufgetreten ist, mittels der 5% Ammoniakprüfung zu simulieren, d. h. einen umlaufenden Riss in der Ventilmuffe im Bereich des Gewindeganges an der Einschraubtiefe zu erzeugen.

Es konnte eine partielle Entzinkung der β -Phase durch den Ammoniakdampf auf der Ventilaußenseite ohne zusätzliche Vorspannung beobachtet werden.

Bei Vorspannung durch gehaftete, zylindrische Gewindenippel mit 80 Nm Anzugsmoment zeigte sich ein Anriss am Gewindegrund der Einschraubtiefe.

Bei sehr hohem Drehmoment von etwa 160 Nm kam es zu einem umlaufenden Riss, d. h. Bruch der Gewindemuffe entlang des Gewindes.

Der SpRK-Effekt wird demnach eindeutig durch die Verwendung von Hanf als Dichtmittel beschleunigt.

The alloy CuZn39Pb1Al-C which was examined on cast brass valves, because of its internal stress induced in casting, is not susceptible to SCC.

It is only by stresses in manufacture that SCC cracking occurs in the area of the thread tip.

This alloy presents first dezincification phenomena only after 432 h in the 5% ammonia atmosphere, which is also sped up by the use of hemp.

Hemp clearly quickens SCC formation in the length of thread engagement (note: no flowing medium). The reason thereof is still unsettled and will require more accurate studies.

Dezincification is a phenomenon which accompanies SCC. These forms of corrosion always occur in common on the material under examination under the prevailing test conditions.

5. Conclusions and Discussion

The aim of imitating radial cracks which extend across the wall thickness and start from the thread root, namely at the level of thread engagement of the mating piece, was achieved. Here, SCC turned out to distinctly be sped up by hemp and, hence, takes an intense course. Most likely, the reason is the ammonia content of the hemp or the ammonia concentrations which locally are higher on the thread.

The large tightening torque of the threaded nipples and the sealing with hemp or the tightening of the nipples to a fixed stop will apply a bending stress to the length of thread engagement, which causes a tensile stress at the thread root and, thus, determines the path of cracking in a peripheral direction.

Hemp is a non-standardized natural product with a variable concentration of nitrogen compounds, from which ammonia can form under the impact of moisture.

Die untersuchte Legierung CuZn39Pb1Al-C an gegossenen Messingventilen ist durch ihre Gießeigenspannung nicht SpRK anfällig.

Erst durch Einbringen von Fertigungsspannungen treten im Bereich Gewindekopf SpRK-Risse auf.

Diese Legierung weist erst nach 432 h in der 5% Ammoniakatmosphäre erste Entzinkungserscheinungen auf, dies wird durch Verwendung von Hanf ebenso beschleunigt.

Hanf beschleunigt die SpRK-Bildung deutlich in der Einschraubtiefe (Anm. kein strömendes Medium). Grund hierfür ist noch offen und erfordert noch genauere Untersuchungen.

Die Entzinkung ist eine Begleiterscheinung der SpRK, diese Korrosionsformen treten am untersuchten Werkstoff unter den gegebenen Versuchsbedingungen immer gemeinsam auf.

5. Schlussfolgerungen und Diskussion

Das Ziel, die Nachstellung von quer durch die Wanddicke verlaufenden Radialrissen, ausgehend vom Gewindegrund und zwar auf Höhe der Einschraubtiefe des Gegenstückes, konnte erreicht werden. Dabei stellte sich heraus, dass SpRK durch Hanf deutlich beschleunigt wird und somit einen fulminanten Verlauf erfährt. Der Grund dafür ist sehr wahrscheinlich der Ammoniak-Gehalt des Hanfes bzw. die lokal höheren Ammoniak-Konzentrationen am Gewinde.

Durch das hohe Anzugsmoment der Gewindenippel und die Einhanfung bzw. das Festziehen auf Anschlag wird an der Einschraubtiefe eine Biegespannung aufgebracht, die am Gewindegrund eine Zugspannung und somit den Verlauf der Risse in Umfangsrichtung verursacht.

Hanf ist ein nicht genormtes Naturprodukt mit abweichender Konzentration von Stickstoffverbindungen, aus denen sich unter Einfluss von Feuchtigkeit Ammoniak bilden kann.

What remains unsettled is the question as to why SCC occurred mostly on the water in-flow side as was observed in the above-described failures. Therefore, what needs to be investigated is the additional influence of the water flow where we presume that anaerobic zones are formed as a result of turbulences along the length of thread engagement, which will accelerate hemp decomposition by microorganisms, which is locally associated with a development of ammonia.

Amongst the known factors initiating SCC, i. e. a material prone to SCC, tensile stresses and a corrosive medium, it seems that hemp, when combined with tap water, plays a larger role than was supposed hitherto. On one hand, if an excessively large hemp volume is used in hemp insertion this can be made accountable for tensile stresses at the thread root at the level of the length of thread engagement because the socket will expand. On the other hand, hemp forms ammonia by getting its nitrogen compounds decomposed exactly in this locality, which now is loaded by tensile stress.

6. Acknowledgements

We are grateful to the expert office of Posch & Partner GmbH, Weissenbach (A), who provided the defective brass valves, and to Dr. Kelman, SV (Wien) who provided the SEM micrographs.

Ungeklärt bleibt die Frage, warum SpRK überwiegend auf der Wasservorlaufseite aufgetreten ist, wie an den oben beschriebenen Schadensfällen, zu beobachten war. Zu untersuchen ist daher der zusätzliche Einfluss der Wasserströmung, wobei vermutet wird, dass es an der Einschraubtiefe durch Verwirbelungen zur Bildung anaerober Zonen kommt und damit zur beschleunigten Zersetzung des Hanfs durch Mikroorganismen und der damit verbundenen lokalen Bildung von Ammoniak.

Von den bekannten Auslösefaktoren von SpRK, nämlich anfälliger Werkstoff, Zugspannungen und korrosives Medium scheint der Hanf in Verbindung mit Leitungswasser eine größere Rolle zu spielen, als bisher angenommen. Einerseits ist die Verwendung einer zu großen Hanfmenge beim Aufhanfen durch die Aufweitung der Muffe für Zugspannungen am Gewindegrund in Höhe der Einschraubtiefe verantwortlich. Andererseits bildet er genau in dieser, nunmehr mit Zugspannung belasteten Örtlichkeit Ammoniak durch Zersetzung seiner Stickstoffverbindungen.

6. Danksagung

Dem Sachverständigenbüro Posch & Partner GmbH, Weissenbach (A) für die zur Verfügung gestellten schadhafte Messing-Ventile, sowie Hrn. Dr. Kelman, SV (Wien) für die REM-Aufnahmen.

References / Literatur

- [1] Linhardt, P.: Ungewöhnliche Schadensfälle in Süßwasser und Abwasser. Schweiß- & Prüftechnik. 12(2010), S. 192–195.
- [2] Rückert, J.: Spannungsrißkorrosion an Kupferlegierungen. Materials and Corrosion. (1996), Bd. 47, S. 71–77.
- [3] Spannungsrißkorrosion an Messingteilen für Sanitäranwendungen / Sonderbände der praktischen Metallographie, Band 36. Vortrags-
texte der 38. Metallographie-Tagung, DGM, 29.9.–1.10.2004 in Berlin, S. 343–354, ISBN 3-88355-336-0.
- [4] Allertshammer, W.: Spannungsrisskorrosion bei Messing / Tagungsband 3-Länder-Korrosionstagung, „Korrosion und Korrosionsschutz in Trinkwasser-Installationen“, 19./20. April 2004; BAM Berlin; S. 60–71. ISBN: 3-935406-13-4.
- [5] Deutsches Kupferinstitut. Messing ja – Entzinkung muss nicht sein! Düsseldorf: Deutsches Kupferinstitut, 2011.
- [6] ÖNORM EN 14977. Kupfer und Kupferlegierungen – Auffinden von Zugspannungen – 5% Ammoniakprüfung. Wien: ON Österreichisches Normungsinstitut, 2006.
- [7] Deutsches Kupferinstitut. Werkstoffdatenblatt CuZn39Pb1Al-C. http://www.kupfer-institut.de/front_frame/pdf/CuZn39Pb1Al-C.pdf: Deutsches Kupferinstitut, 2011.
- [8] ÖNRM EN 1982. Kupfer und Kupferlegierungen – Blockmetalle und Gussstücke. Wien: ON Österreichisches Normungsinstitut, 2008. 2008–09–01.

Klaus Günther Kerschbaumer



geboren 1978
in Klagenfurt,
Studium Wirtschafts-
ingenieurwesen-
Maschinenbau an
der Technischen Uni-
versität Graz. 2007
Ausbildung für die
Metallographische
Probenpräparation,
ASMET, Montanuni-

versität Leoben. Seit 2010 wissenschaftlicher
Mitarbeiter am Institut für Werkstoffkunde
und Schweißtechnik, TU Graz. Schwerpunk-
tforschung im Bereich der Korrosion und
Schweißtechnik von Kälteköhlkompressoren.

Gerhard Kukutschki



Studium Maschinen-
bau-Wirtschaft an der
TU Graz bis 2000,
Doktoratsstudium 2004
bis 2008 am Institut
für Werkstoffkunde u.
Schweißtechnik an der
TU Graz, Thematik:
Einsatz von Kunst-
stoffen in speziellen
Atmosphären,

2002–2009 Mitarbeiter Institut für Werk-
stoffkunde u. Schweißtechnik, Schweiß-
ingenieur IWE, Gerichtl. zertifizierter Sach-
verständiger für Schadensfälle, seit 2009
Lehrer HTL, freier Mitarbeiter TU Graz.

PDF of this article: www.practical-metallography.com
Den Beitrag als PDF finden Sie unter: **PM 110153**