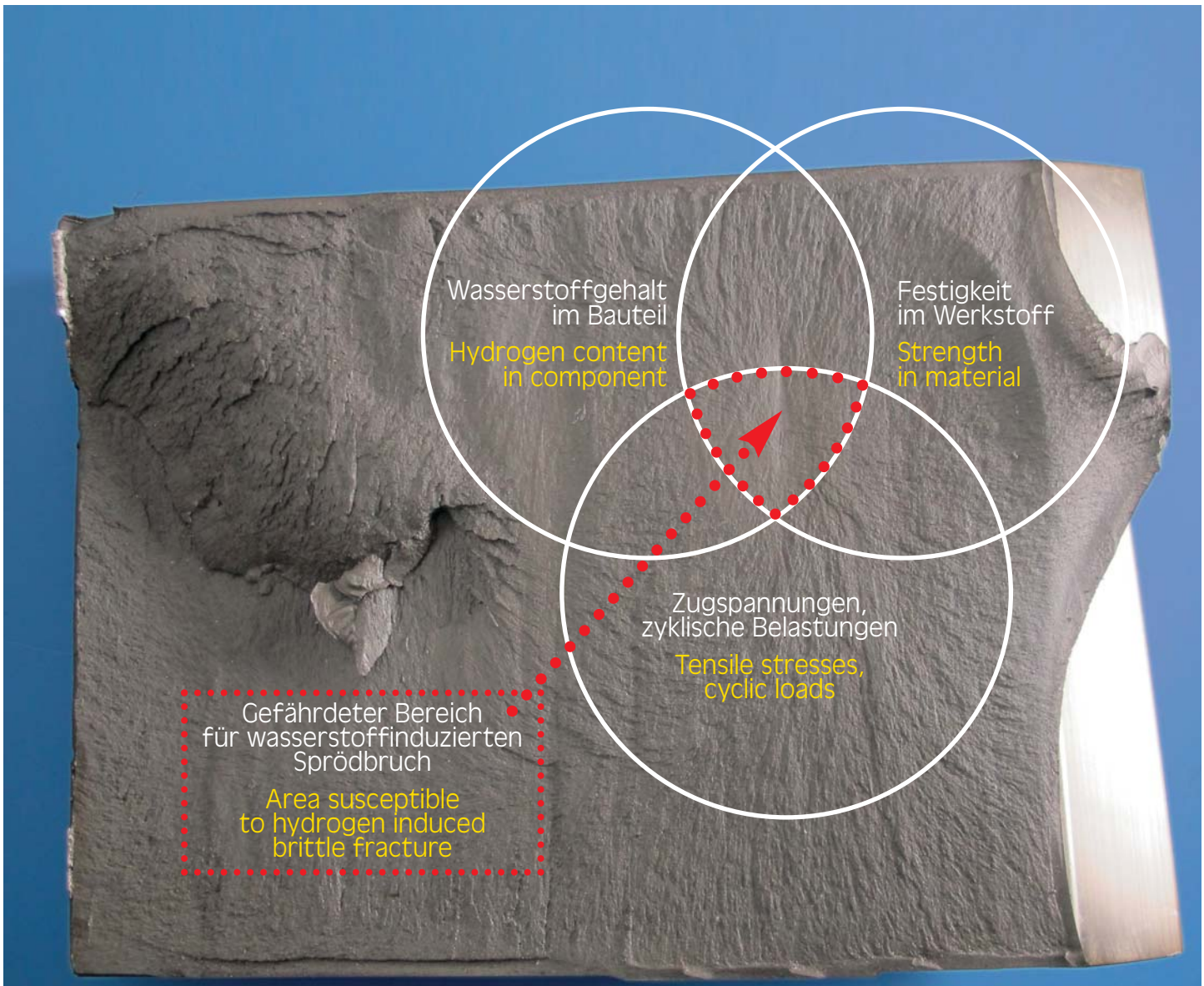
Nr. 3 Juli 2017

DER WÄRMEBEHANDLUNGSMARKT

MATERIALS | TECHNOLOGIES | OFFERS

THE HEAT TREATMENT MARKET

24. Jahrgang

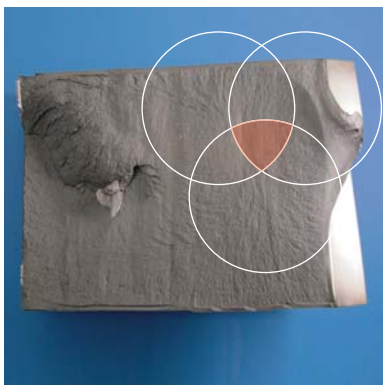


Wasserstoffaufnahme bei der Wärmebehandlung von Stählen

Hydrogen absorption during heat treatment of steels

Dr. Sommer Werkstofftechnik GmbH
Dr. Sommer Materials Technology

Telefon: +49-(0) 2835-9606-0
Telefax: +49-(0) 2835-9606-60
E-mail: info@werkstofftechnik.com
Internet: www.werkstofftechnik.com



Titelseite:

In der letzten Ausgabe behandelte der erste Teil dieses Artikels die Wasserstoffaufnahme bei der Wärmebehandlung von Stählen. In diesem zweiten Teil werden folgerichtig diverse Fehlermodi beschrieben und deren technische Hintergründe erläutert.

Nächster Marktspiegel Wärmebehandlung: Oktober 2017

Next Market Survey Heat Treatment Market: Oktober 2017

Redaktionsschluss nächste Ausgabe 15. September 2017
Next issue, please order until 2017-09-15

Tel/Phone: +49 - (0)2835-9606-0 Gabriela Sommer

Impressum

Herausgeber Editor:	Dr. Sommer Werkstofftechnik GmbH
Kontakt und Anzeigen:	Gabriela Sommer
Contact and Adds:	Hellenthalstrasse 2, D-47661 Issum
Schriftleitung Editor in charge:	Dr. Peter Sommer
Druck Printing:	Druckhaus Geldern
Layout:	Elmar van Treeck · Geldern
ISSN:	09 43 - 80 25

1. Infotag am 19. Sept. 2017 in Issum-Sevelen

1st Info day on Sept. 19, 2017, in Issum-Sevelen

Weitere Informationen: www.werkstofftechnik.com/download/pdf/Anmeldung_Infotag_2017.pdf

More information: www.werkstofftechnik.com/download/pdf/Anmeldung_Infotag_2017.pdf

Sehr geehrte Leserinnen und Leser!

Die aktuelle Ausgabe komplettiert den Bericht zum Thema „Wasserstoffaufnahme bei der Wärmebehandlung" und beschreibt wasserstoffinduzierte Schadensfälle. Die im Bericht aufgeführten Schäden sind überwiegend an Bauteilen aufgetreten, die keiner galvanischen Behandlung unterzogen wurden. Es ist schon erstaunlich, was dieses kleinste Element im Periodensystem der Elemente anrichten kann.

Es muss jedoch betont werden, dass die Behandlung unter einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre nur die Wasserstoffquelle beschreibt. Es muss noch ein zusätzlicher Fehler vorhanden sein oder auftreten, damit es auch zu einer Rissbildung kommt.

Das Thema „Dem Wasserstoff auf der Spur" wird auch in unserem

1. Infotag am 19. Sept. 2017 in Issum-Sevelen

behandelt werden. Prof. Pohl und seine Mitarbeiter stellen die aktuellen Erkenntnisse hierzu vor.

Bereits im Dezember des letzten Jahres haben wir diese Veranstaltung in der Schweiz durchgeführt. Die Kurzvorträge zu aktuellen Themen der Werkstofftechnik und Wärmebehandlung wurden ausführlich und rege diskutiert.

Neuerungen bei der Atmosphärenregelung, Industrie 4.0 für Wärmebehandler, Aktuelles zur CQI-9, Untersuchungsmethoden bei Schadensfällen und rechtliche Aspekte sind weitere Schwerpunktthemen. Diesen Infotag verbinden wir mit der Vorstellung unseres aktuell erweiterten Instituts und deshalb sind die Teilnahmegebühren besonders attraktiv.

Ja, und dann ist es schon bald wieder soweit. Die nächste Ausgabe wird zum diesjährigen HärtereiKongress erscheinen. Die Branche trifft sich wieder auf dem Messegelände in Köln. Auch in diesem Jahr bietet Ihnen unsere Zeitschrift umfangreiche Möglichkeiten der Produkt- und Leistungsvorstellung aus Ihrem Unternehmen.

Wir freuen uns auf Ihre Präsentationen. Bis dahin wünsche ich Ihnen eine gute Zeit

Dear Readers!

The actual issue completes the publication dealing with "Hydrogen absorption during heat treatment" and presents hydrogen induced damage cases. The damage cases, described in this report, mostly occurred on components which have not been electroplated in any manner. It is pretty amazing what havoc this smallest element in the periodic table of elements can wreak.

But it must be pointed out that the treatment in hydrogenous atmosphere describes the hydrogen source, only. So, an additional failure mode must be present there, to initiate a crack formation.

The topic "On the trace of hydrogen" will also be dealt with, on our

1st Info day on Sept. 19, 2017, in Issum-Sevelen.

Prof. Pohl and his assistants will present actual findings for this.

Already in December last year, we performed this presentation in Switzerland. The short lectures on actual themes of material techniques and heat treatment have been discussed lively and in detail.

Innovations in Atmosphere Control, Industry 4.0 for Heat Treaters, Actualities for CQI-9, Investigation Methods on Damage Cases and Legal Aspects are additional key topics. We will combine this information day with the introduction of our actually expanded institute and, therefore, the attendance fee is especially attractive.

Yes, and then it will be time again. The next issue will be published to this year's HeatTreatmentCongress. Again, the industrial sector will meet in Cologne exhibition center. Also in this year, our magazine offers multiple possibilities for product- and activity-presentation of your company.

We would be pleased to receive your presentations. Until then, I wish you good times

P. Sommer

P. Sommer

AnwendungsAkademie
Dr. Sommer Werkstofftechnik

19. September 2017

in Issum-Sevelen - Informationstagung

Aktuelle Informationen über Werkstoffe und deren Wärmebehandlung.

Kurz und bündig stellen wir in 30-minütigen Vorträgen neue Themen aus der Branche vor. Nach jedem Vortrag haben Sie die Gelegenheit zu einer 15-minütigen Diskussion:

- Neue Möglichkeiten in der Mess- und Regelungstechnik (Karl-Michael Winter, Process Electronic)
- Industrie 4.0. Worauf müssen sich die Wärmebehandler einstellen? (Jörn Rohde, Rohde Industrieofenbau)
- Dem Wasserstoff auf der Spur (Prof. Michael Pohl, RUB)
- CQI-9 – Status Quo und Zukunftsperspektiven (Markus Milde)
- Metallphysikalische Untersuchungsmethoden bei der Schadensfallanalyse (Philipp Sommer, Dr. Sommer Werkstofftechnik)
- Versicherungstechnische und rechtliche Aspekte bei Schadenfällen sowie Schadenprophylaxe in der Wärmebehandlungstechnik (RA Tim Lieber)
- Schäden an wärmebehandelten Bauteilen (Dr. Peter Sommer, Dr. Sommer Werkstofftechnik)

Anschließend laden wir zu einer Institutsbesichtigung in den neuen Räumen nach dem erfolgten Erweiterungsbau ein.

25. - 27. September 2017

in Issum-Sevelen

Teil 3: Aufbauseminar - Prozesstechnik + FMEA

Was der Härter über seine Arbeit wissen muss

Der dritte Teil der Seminarreihe setzt die Inhalte der ersten beiden Teile voraus und befasst sich jeweils einen Tag lang mit der konkreten Erstellung von Wärmebehandlungsprogrammen für die drei Werkstoffgruppen Vergütungsstähle, Einsatzstähle und Werkzeugstähle.

09. - 10. Oktober 2017

in Issum-Sevelen - Praxistage

Gefüge in Stählen: Anlieferzustand

Die Praxistage „Gefügebewertung" richten sich an Mitarbeiter, die metallographische Untersuchungen durchführen bzw. Ergebnisse der Metallographie bewerten und interpretieren müssen. In dieser ersten Veranstaltung werden insbesondere Neueinsteigern die metallographischen Grundkenntnisse und die Beschreibung von Gefügen im Lieferzustand vermittelt.

17. - 18. Oktober 2017

in Issum-Sevelen

AIAG CQI-9 Prozessauditor (3rd Edition 2011)

Dieses Seminar führen wir in unserem Institut in Zusammenarbeit mit Herrn Markus Milde (heat treatment and nadcap consulting service, Dortmund) durch. Es vermittelt den Teilnehmern den ordnungsgemäßen Umgang mit dem Auditfragenkatalog der CQI-9 und zeigt gleichzeitig die notwendigen Anforderungen an Wärmebehandlungseinrichtungen auf

7. November 2017

in Issum-Sevelen - Praxistage

Gefüge in Stählen: Gebrauchszustand

Die Praxistage „Gefügebewertung" richten sich an Mitarbeiter, die metallographische Untersuchungen durchführen bzw. Ergebnisse der Metallographie bewerten und interpretieren müssen. Diese zweite Veranstaltung beschreibt Gefüge nach unterschiedlichsten Wärmebehandlungen (Härten, Randschichthärten, Einsatzhärten, Nitrieren und Nitrocarburieren) sowie Gefüge aus Schadensfällen.

Die Teilnehmer der Wochenseminare grüßen die Leser

Wir sind Bildungsträger nach AZAV

Nutzen Sie Bildungsschecks, Bildungsprämien und die verschiedenen Förderprogramme des Bundes und der Bundesländer. Gerne beraten wir Sie in einem persönlichen Gespräch.

Wasserstoffaufnahme bei der Wärmebehandlung von Stählen, Teil 2

Hydrogen absorption during heat treatment of steels, part 2

Dr.-Ing. P. Sommer
Dr. Sommer
Werkstofftechnik GmbH
Issum

Der erste Teil dieses Artikels behandelte in der Ausgabe 2/2017 dieser Zeitschrift die Wasserstoffaufnahme bei der Wärmebehandlung von Stählen. In diesem zweiten Teil werden nun verschiedene Fehlermodi beschrieben und deren Hintergründe erläutert.

4. Schadensfälle durch Wasserstoff

4.1. Rissbildung nach abgeschlossener Wärmbehandlung

Schadensfall 1

An einsatzgehärteten und verzinkten gewindeschneidenden Schrauben, die aus dem Werkstoff C15 + 35 ppm Bor in der Abmessung M4x14 hergestellt waren, war es zu Kopfabrissen gekommen. Da die Schrauben zur Befestigung stromführender Gehäuse verwendet wurden, erfolgte eine Rückrufaktion von 33.000 Haushaltsgeräten, in denen Schrauben aus dem betreffenden Behandlungslos verbaut waren. Der wirtschaftliche Schaden entstand in erster Linie durch die hohen Kosten der Rückrufaktion. Das Schadensbild des wasserstoffinduzierten Sprödbruchs war dabei bei allen beteiligten Parteien unstrittig, **Bild 7**. Strittig war dagegen die Herkunft des Wasserstoffs, weshalb dieser Schaden in zwei Instanzen vor Gericht verhandelt wurde. In der zweiten Instanz ordnete ein Oberlandesgericht die Nachstellung des gesamten Fertigungsablaufs an.

Nach jedem Fertigungsschritt wurden die Wasserstoffgehalte in den Schrauben überprüft und Verspannteste nach DIN EN 15330 [7] durchgeführt. Das Wasserstoffgehalt an den kaltumgeformten Schrauben lag mit 0,5 ppm im Bereich der technischen Nachweisgrenze, **Bild 8**. Durch das Carbonitrieren und Einsatzhärten erhöhte sich der Wasserstoffgehalt auf 2,6 ppm. Bei dem Verspanntest der einsatzgehärteten und nicht angelassenen Schrauben

The first part of this article in issue 2/2017 of this magazine handled about hydrogen absorption during heat treatment of steels. Now in this second part, different failure modes will be described with explanation of the backgrounds.

4. Damage Cases due to Hydrogen Absorption

4.1. Crack Formation after Completed Heat Treatment

Case of damage 1

Delayed fractures occurred at case hardened and galvanized thread-forming screws, produced of the material C15 + 35 ppm boron within the dimension of M4x14. Because the screws were used to fixate electrical conducting boxes a product recall took the place of 33,000 household appliances in which screws from the affected batch were installed. The economic loss firstly occurred due to the high costs of the product recall. The damage pattern of the hydrogen-induced brittle fracture was indisputable for all parties, **Figure 7**. But controversial was the origin of hydrogen, and therefore this damage was judicial proceeded in two instances. Within the second instance, the Higher Regional Court ordered the re-enactment of the whole manufacturing process.

After each production step, the hydrogen contents of the screws were measured, and preloading tests according to DIN EN ISO 15330 [7] were carried out. The hydrogen content of 0.5 ppm at the cold formed screws was within the range of the technical detection limit, **Figure 8**. Due to carbonitriding and case hardening, the hydrogen content increased to 2.6 ppm. During the preloaded test of the case hardened and untempered screws a delayed hydrogen induced fracture occurred

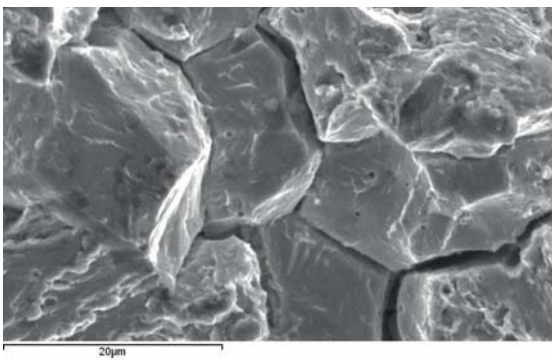
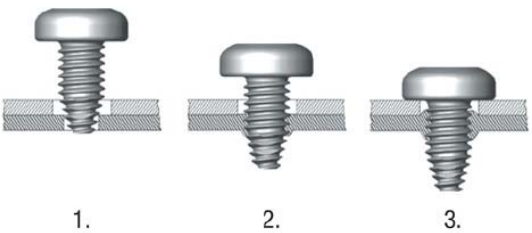


Bild 7: Gewindeformende Schrauben und interkristalliner Bruch

Figure 7: Thread-forming screws and intergranular fracture



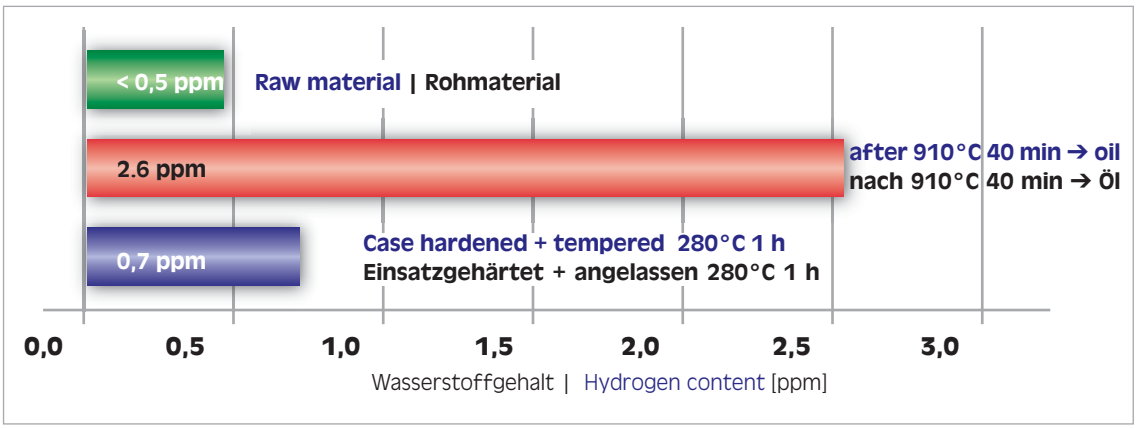


Bild 8: Wasserstoffgehalte nach Carbonitrieren und Anlassen

Figure 8: Hydrogen contents after carbonitriding and tempering

kam es bei 96 % der 120 verspannten Schrauben zu einem verzögerten, wasserstoffinduzierten Sprödbruch. Durch das Anlassen bei 280°C sank der Wasserstoffgehalt auf 0,7 ppm und in diesem Zustand gab es keine Verspannausfälle mehr. Bereits in einer früheren Arbeit [8] wurde nachgewiesen, dass die Verspannausfälle nicht durch mangelnde Zähigkeit aufgrund der fehlenden Anlassbehandlung verursacht wurden. An nicht angelassenen Schrauben effundierte der Wasserstoff auch bei Raumtemperatur nach ca. 8 Wochen, was ebenfalls dazu führte, dass es keine Verspannausfälle mehr gab.

Die einsatzgehärteten Schrauben wurden anverzinkt, getempert und fertigverzinkt. Die Temperbehandlung erfolgte bei 210°C über 8 h. Da zahlreiche Schrauben aus dem schadhaften Fertigungslos noch eine Oberflächenhärte von bis zu 860 HV 0,3 aufwiesen, konnte weder eine Anlassbehandlung noch eine Temperbehandlung sachgerecht durchgeführt worden sein. Das Ergebnis dieser Untersuchung konnte wie folgt zusammengefasst werden:

Einsatzhärten ohne Anlassen
➜ nahezu 100 % Verspannausfälle in 96 h Testdauer

Einsatzhärten mit Anlassen
➜ keine Verspannausfälle

Einsatzhärten ohne Anlassen + Galvanik mit Tempern
➜ wenige Verspannausfälle

Einsatzhärten mit Anlassen + Galvanik ohne Tempern
➜ zahlreiche Verspannausfälle

Einsatzhärten mit Anlassen + Galvanik mit Tempern
➜ keine Verspannausfälle

Diese Untersuchung belegte, dass sowohl eine sachgerechte Anlassbehandlung als auch Temperbehandlung erforderlich ist, um einen wasserstoffinduzierten Sprödbruch zu vermeiden [9, 10].

at 96 % of 120 tested screws. Due to tempering at 280°C the hydrogen content dropped to 0.7 ppm and within this condition, no fractures occurred anymore. Already in an earlier examination [8] it was proved that the delayed fracture did not happen through insufficient toughness caused by a missing tempering treatment. At untempered screws hydrogen effused even at ambient temperature after approximately 8 weeks; additionally, no further failures occurred.

The case hardened screws were pre-galvanized, baked and then finally galvanized. The bake treatment was carried out at 210°C for 8 h. Since many screws of the failed batch still had a surface hardness of up to 860 HV 0.3, neither a tempering treatment nor a bake treatment could be performed appropriately. The result of this investigation was summarized as follows

Case hardening without tempering
➜ almost 100 % failures within 96 h testing time

Case hardening with tempering
➜ no failures

Case hardening without tempering
+ galvanizing with baking
➜ few failures

Case hardening with tempering
+ galvanizing without baking
➜ numerous failures

Case hardening with tempering
+ galvanizing with baking
➜ no failures

This investigation showed that an appropriate tempering treatment, as well as a baking after galvanizing, is necessary to avoid a hydrogen-induced brittle fracture [9,10].

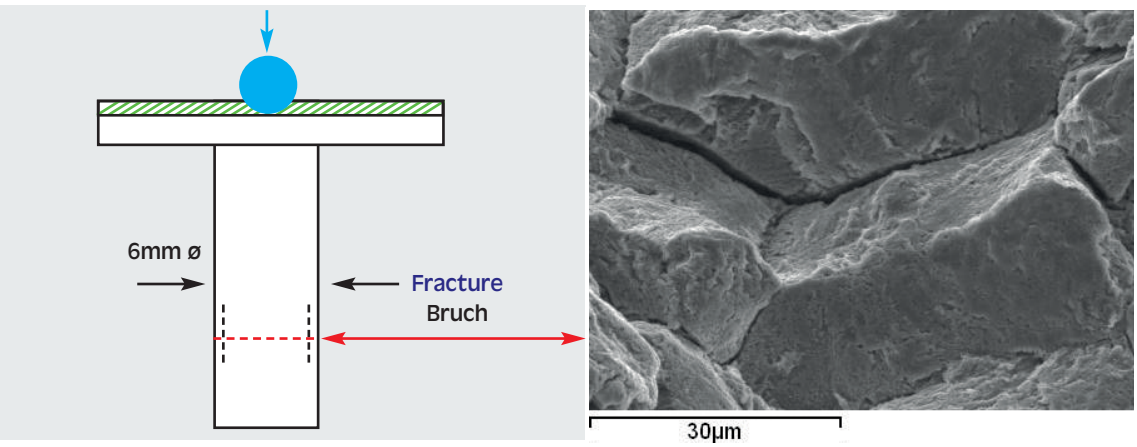
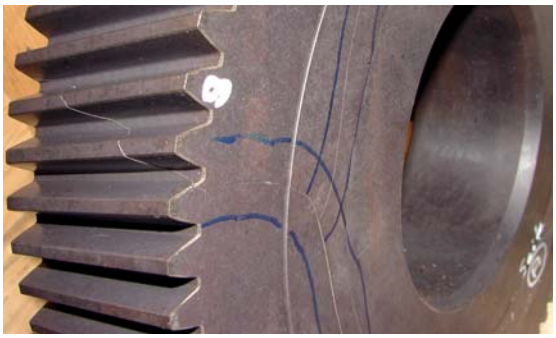


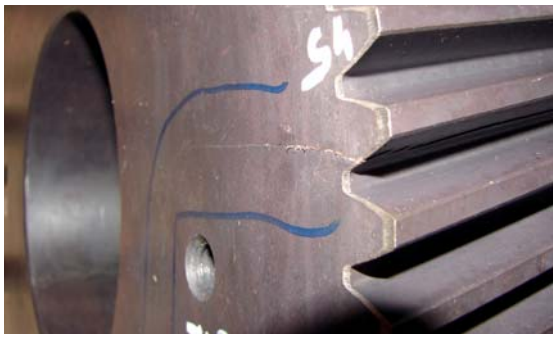
Bild 9: Interkristalliner Bruch nach Anlassen bei 130°C

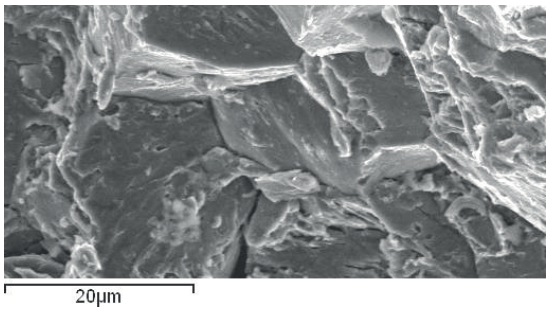
Figure 9: Intergranular fracture after low-temperature tempering at 130°C

Bild 10: Einer von 80 nach der Einsatzhärtung gerissenen Zähnen und interkristalliner Bruch

Figure 10: One of 80 cracked teeth after case hardening and intergranular fracture







Schadensfall 2

Während bei dem zuvor beschriebenen Schadensfall mit der Einsatzhärtung und der galvanischen Behandlung noch zwei mögliche Wasserstoffquellen zu bewerten waren, wurden die nachfolgend zu beschreibenden Bauteile nicht galvanisch behandelt. Ein PKW-Sicherheitsbauteil, das auch wie im zuvor beschriebenen Schadensfall aus dem Einsatzstahl C15 + Bor wurde carbonitriert und einsatzgehärtet. Da die Hauptfunktion dieses Bauteils einer Verschleißbeanspruchung ausgesetzt war, war eine hohe Oberflächenhärte gewünscht und vorgegeben. Die Anlassbehandlung wurde daher nur bei 130°C 90 min durchgeführt. Am 6 mm Ø - Schaft dieses Sicherheitsteils war ein gerolltes Gewinde zur Befestigung mit einer Mutter eingebracht worden. Dieses Bauteil wurde schon seit langer Zeit im PKW eingebaut und war zuvor mit der beschriebenen Wärmebehandlung umfangreich erprobt worden. Auffälligkeiten oder gar Rissbildungen traten nicht auf.

Aufgrund eines Lieferengpasses wurden einsatzgehärtete und angelassene Bauteile unmittelbar nach dem Wärmebehandlungsprozess zur Transferstraße gefahren und verbaut. Aus diesem Fertigungslos sind 20 Gewinde zeitverzögert abgerissen. Auch bei diesem Schadensfall belegte die Bruchfläche den Einfluss des Wasserstoffs, **Bild 9**. Aufgrund dieses Schadens wurden systematische Versuche mit verschiedenen Anlasstemperaturen durchgeführt und die Wasserstoffgehalte direkt nach der Wärmebehandlung und nach 30-tägiger Lagerung bei Raumtemperatur im Wasserstoffgehalt vermessen. Folgende Ergebnisse wurden dabei erzielt:

Einsatzhärten + 130°C 90 min
Messung an 5 Teilen direkt nach der Wärmebehandlung
➜ 3,0 bis 3,8 ppm

Einsatzhärten + 180°C 90 min
Messung an 5 Teilen direkt nach der Wärmebehandlung
➜ 1,3 bis 1,8 ppm

Einsatzhärten + 130°C 90 min
Messung an 5 Teilen 30 Tage nach der Wärmebehandlung
➜ 1,2 bis 1,9 ppm

Einsatzhärten + 180°C 90 min
Messung an 5 Teilen 30 Tage nach der Wärmebehandlung
➜ 1,1 bis 1,5 ppm

Case of damage 2

Whereas at the previously mentioned case of damage with the case hardening and the galvanic treatment two possible hydrogen sources were to be assessed the following descriptive components were not galvanic treated. A safety component of a car from the case hardening steel C15 + boron as already described in the previous case of damage was carbonitrided, and case hardened. Since the main function of this component was exposed to a wear stress, a high surface hardness was desired and predefined. Therefore the tempering treatment was carried out at only 130°C for 90 min. At the 6 mm Ø shaft of this safety component a rolled thread was manufactured for fixation purpose. This component was installed in cars for a long time already and extensive tested with the described heat treatment before. Conspicuities or even cracks did not occur.

Due to a delivery bottleneck, the case hardened and tempered components were carried to the transfer street and installed immediately after the heat treatment process. 20 threads of this batch cracked after assembling within a couple of days. Also at this failure, the fracture surface proved the influence of hydrogen, **Figure 9**. Due to this damage, systematic experiments with different tempering temperatures were carried out, and hydrogen contents were measured just after the heat treatment and after storage periods of 30 days. The following results were achieved:

Case Hardening + 130°C 90 min
Measurement at 5 pieces just after heat treatment
➜ 3.0 to 3.8 ppm

Case Hardening + 180°C 90 min
Measurement at 5 pieces just after heat treatment
➜ 1.3 to 1.8 ppm

Case Hardening + 130°C 90 min
Measurement at 5 pieces 30 days after heat treatment
➜ 1.2 to 1.9 ppm

Case Hardening + 180°C 90 min
Measurement at 5 pieces 30 days after heat treatment
➜ 1.1 to 1.5 ppm

The results proved very high hydrogen contents after case hardening and tempering at 130°C. Furthermore they also proved a rarely noted influence. A too short storage period or an immediate assembly enables no hydrogen effusion at ambient temperature anymore, which increases the risk of a hydrogen-induced brittle fracture. Indeed the storage times of the already installed components were not traceable anymore, but no further damages were known for this part. Probably unintentionally longer storage periods have prevented earlier hydrogen induced failures.

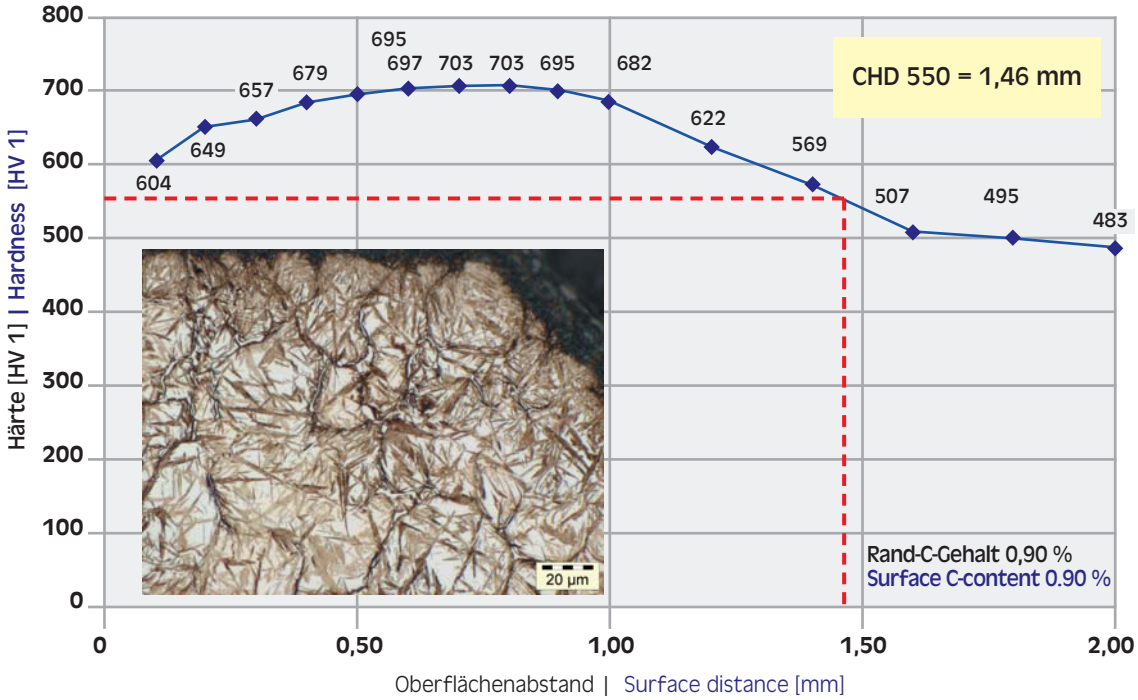


Bild 11: Mikrogefüge und Härteprofil des gerissenen Zahns aus Bild 10

Figure 11: Microstructure and hardness profile of cracked tooth in Fig. 10

Die Ergebnisse belegten einen sehr hohen Wasserstoffgehalt nach dem Einsatzhärten und Anlassen bei 130°C. Sie belegten aber auch eine bislang selten beachtete Einflussgröße. Eine zu kurze Lagerzeit bzw. der sofortige Einbau ermöglicht keine Effusion des Wasserstoffs bei Raumtemperatur mehr, was das Risiko eines wasserstoffinduzierten Sprödbruchs erhöht. Die Lagerzeiten bisher verbauter Bauteile waren zwar nicht mehr nachvollziehbar, jedoch waren keine Ausfälle an diesem Bauteil bekannt. Vermutlich unabsichtliche längere Lagerzeiten haben frühere Verspannausfälle verhindert.

Schadensfall 3

Wasserstoffinduzierte Sprödbrüche bedingen ein kritisches Wasserstoffpotential, eine bestimmte Zugfestigkeit bzw. reduzierte Dehnung und eine ausreichende Belastung. Bei den beiden zuvor beschriebenen Schadensfällen wirkte eine äußere Spannung. Eigenspannungen haben jedoch die gleiche Wirkung, wie der nachfolgende Schadensfall zeigt.

Zahnräder aus dem Werkstoff 18CrNiMo7-6 mit einem Teilkreisdurchmesser von 350 mm und einem Modul von 4,5 wurden auf eine Einsatzhärtungstiefe von CHD550 = 1,5 mm einsatzgehärtet. Zudem war eine Oberflächenhärte von 700 +40 HV gefordert. Das Verzahnungsunternehmen verfügte über keine eigene Wärmebehandlung, weshalb dieser Fertigungsschritt extern vergeben wurde. Nach dem Einsatzhärten von insgesamt 80 Zahnrädern wurden diese beim Verzahnungsunternehmen im Wareneingang über ein Wochenende abgestellt. Zu Beginn der neuen Arbeitswoche wurde an allen 80 Zahnrädern eine intensive Rissbildung festgestellt, **Bild 10**. Es gab keine bevorzugte Rissebene, die Risse verliefen in ganz unterschiedlichen Richtungen und Ebenen.

Die Bruchflächenuntersuchung im Rasterelektronenmikroskop belegte sehr schnell die Annahme, dass ein wasserstoffinduzierter Sprödbruch vorlag. Unklar war dennoch, warum es bei diesem ja alltäglich durchgeführten Wärmebehandlungsprozess diesmal zu der Rissbildung kam. Die metallographische Untersuchung und die Bestimmung des Härteprofils lieferten einen ersten Verdacht. Es lag eine intensive Überkohlung mit der Bildung von Knochen-

Case of damage 3

Hydrogen induced brittle fractures require a critical hydrogen potential, a particular tensile strength or respectively reduced elongation and a sufficient load. In both damage cases mentioned before external stresses occurred. Residual stresses though have the same effect as the following failure shows.

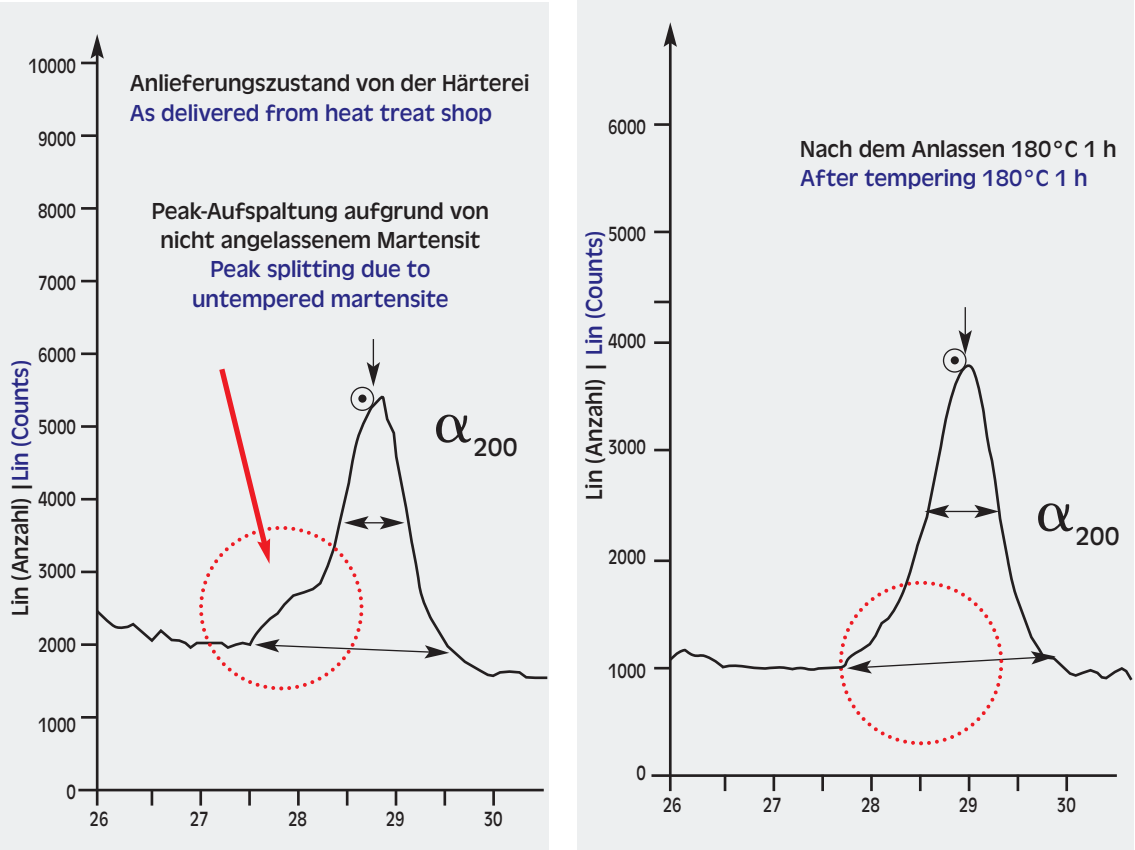
Gearwheels produced of the material 18CrNiMo7-6 with a pitch circle diameter of 350 mm and a module of 4.5 were case hardened to a case hardening depth of CHD550 = 1.5 mm. Also a surface hardness of 700 +40 HV was required. The gearwheel company did not have in-house heat treatment possibilities; therefore the case hardening was carried out externally. After case hardening of totally 80 gearwheels, these parts were stored over a weekend at the incoming store of the gearwheel company. At the beginning of the new week, intensive crack formations were detected on all 80 gearwheels, **Figure 10**. There was no favorable crack orientation. The cracks proceeded in entirely different directions and layers.

The investigation of the fracture surface within a scanning electron microscope proved rapidly the conclusion that a hydrogen induced brittle fracture occurred. However, it was uncertain why for this time a crack formation happened during such a daily executed heat treatment process. The metallographic investigation and the determination of the hardness profile gave the first suspicion. A too intense carburization with bone carbide development and very high amount of retained austenite was present, **Figure 11**. Due to this significant amount of retained austenite the required surface hardness of 700 +40 HV was not achieved. Therefore it was assumed that the tempering process was renounced completely or that an inadequate tempering treatment was carried out.

For the verification of this assumption the α_{200}-reflex was more precise evaluated, **Figure 12**. A shoulder formation occurred, which is typical for untempered martensite. After a tempering treatment at 180°C for 1 h at the same specimen, this shoulder formation was nonexistent anymore. The assumption of an inadequate

Bild 12: Röntgenographische Struktur im Anlieferzustand und nach Anlassen bei 180°C 1h

Figure 12: X-ray pattern in as delivered condition and after tempering at 180°C 1h



carbiden sowie einem sehr hohen Restaustenitgehalt vor, **Bild 11**. Aufgrund des hohen Restaustenitgehalts war die geforderte Oberflächenhärte von 700 +40 HV nicht erreicht worden. Es wurde deshalb vermutet, dass auf ein Anlassen ganz verzichtet wurde oder eine völlig unzureichende Anlassbehandlung durchgeführt wurde.

Zur Überprüfung dieser Annahme wurde der α_{200}-Reflex näher ausgewertet, **Bild 12**. Es lag eine Schulterbildung vor, die typisch für tetragonal verzerrten Martensit ist. Nach einer nachträglichen Anlassbehandlung bei 180°C 1 h an der gleichen Messprobe war diese Schulterbildung nicht mehr vorhanden. Die Annahme einer unzureichenden oder fehlenden Anlassbehandlung und damit fehlenden Wasserstoffeffusion hatte sich damit bestätigt.

Bild 13: Radialer Riss in einem Zahn nach vierwöchigem Versand

Figure 13: Radial crack of a tooth after a four-week shipping

or missing tempering treatment and therefore a missing hydrogen effusion had been proved.

Case of damage 4

The first three damage cases were caused or favored by a faulty heat treatment. Within the next case of damage the manufacturing steps were carried out correct, and the heat treatment process showed no conspicuities at all. A big spur gear produced of the case hardening steel 18CrNiMo7-6 with a pitch circle diameter of 1100 mm and module 14 was mounted in a gearbox. A shaft was shrunk into the inner bore hole of the spur gear. The gearbox was tested at the gear manufacturer, and no damages were determined. After that check the gearbox was shipped to its destination on a ship within 30 days, together with various other gearboxes. Then during the assembly, it was noticed that the shrunk shaft got detached. The reason for this was a radial proceeding crack formation over the entire cross-section, **Figure 13**.

Due to a parallel proceeding saw cut the entire fracture surface was exposed. Within a distance of 100 mm to the tip of tooth conspicuity could be found. The crack had propagated radially, Figure 14. The investigation of this conspicuity resulted in a collection of manganese sulfides, **Figure 15** and **Figure 16**. The fractured structure around the crack start position was a feathered cleavage structure and outside of the incipient crack area a full dimpled fracture could be seen, **Figure 17**.

These macro-inclusions occurred although the batch analysis of this material showed a sulfur content of only 0.006 %. This example and even further ones, here not introduced damage cases, show that despite modern steel producing technologies macro-inclusions can never be entirely excluded.

Schadensfall 4

Die ersten drei Schadensfälle wurden durch eine fehlerhafte Behandlung verursacht bzw. begünstigt. Bei dem nächsten Schadensfall waren die Behandlungsschritte nachweislich korrekt ausgeführt worden und der Wärmebehandlungsprozess zeigte keinerlei Auffälligkeiten. Ein großes Stirnrad aus dem Einsatzstahl 18CrNiMo7-6 mit einem Teilkreisdurchmesser von 1100 mm und einem Modul von 14 war in einem Getriebe eingebaut. In die Innenbohrung war eine Welle eingeschrumpft. Das Getriebe lief testweise auf dem Prüfstand und es wurden keine Fehler festgestellt. Danach wurde das Getriebe zusammen mit zahlreichen weiteren Getrieben mit einem Schiff innerhalb von 30 Tagen an den Bestimmungsort gebracht. Bei der Montage fiel dann auf, dass die eingeschrumpfte Welle sich gelöst hatte. Die Ursache lag in einem radial über den gesamten Querschnitt verlaufende Rissbildung, **Bild 13**.

Durch einen parallel zur Bruchfläche verlaufenden Sägeschnitt wurde die gesamte Bruchfläche freigelegt. In einem Abstand von ca. 100 mm zum Zahnkopf war eine Auffälligkeit zu beobachten, von der aus sich der Riss strahlenförmig ausgebreitet hat, **Bild 14**. Die Untersuchung dieser Auffälligkeit ergab eine Ansammlung von Mangansulfiden, **Bild 15** und **Bild 16**. Die Bruchstruktur in dem Anrissbereich war fiedrig ausgebildet und außerhalb des Anrissbereichs war ein vollständiger Wabenbruch entstanden, **Bild 17**.

Da die Schmelzanalyse dieses Werkstoffs lediglich einen Schwefelgehalt von 0,006 % aufwies, war es zu diesen Makroeinschlüssen gekommen. Dieses Beispiel und auch weitere, hier nicht vorgestellte Schadensfälle, machten deutlich, dass trotz modernster Stahlerzeugungstechnologie Makroeinschlüsse nie völlig auszuschließen sind.

An großen Makroeinschlüssen kann sich der Wasserstoff ansammeln, rekombinieren und dann so große Innendrücke erzeugen, dass derart große Brüche entstehen können. Dieser Schadensmechanismus wurde auch in der Literatur beschrieben [11].

Schadensfall 5

In den meisten Fällen führt der wasserstoffinduzierte Riss zu einem sofortigen Versagen eines Bauteils bzw. zu einer sofort erkennbaren Schädigung, **Bild 18**. Es gab aber auch Schadensfälle, bei denen die Schädigung erst sehr viel später aufgefallen ist. An einer einsatzgehärteten Stirnradwelle des Werkstoffs 18CrNiMo7-6 war es nach kurzer Einsatzdauer zu einem Zahnabbruch gekommen. Die Bruchstruktur wies einen interkristallinen Anriss un-

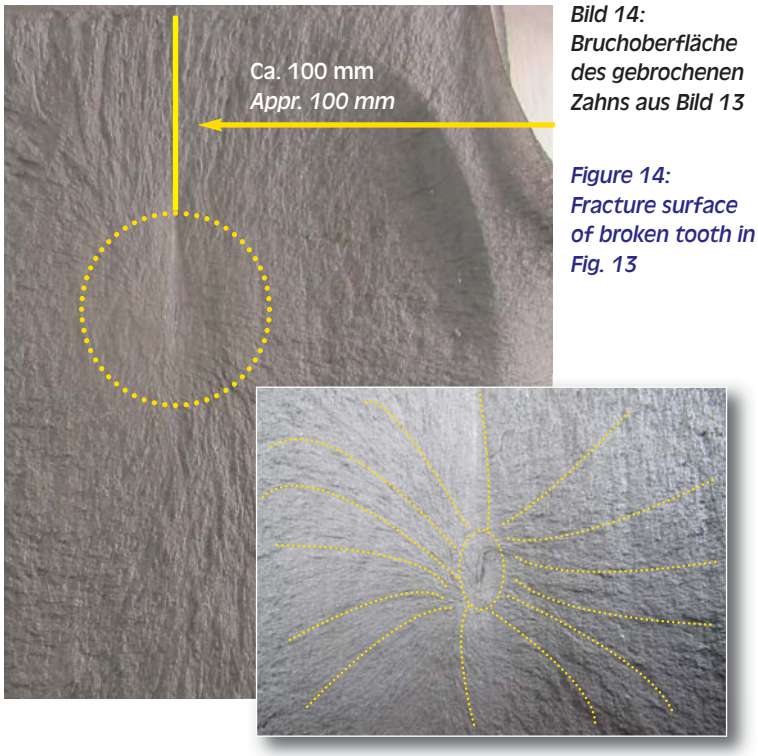


Bild 14: Bruchoberfläche des gebrochenen Zahns aus Bild 13

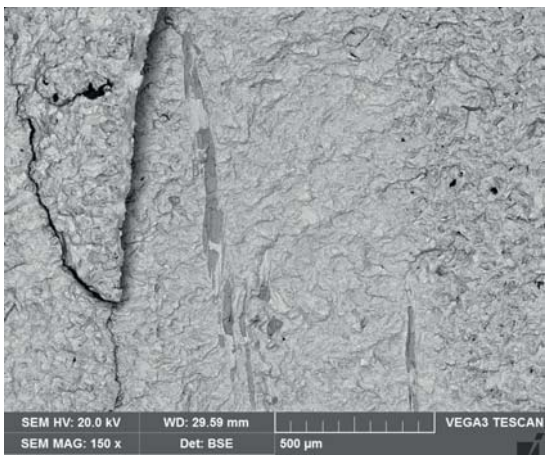
Figure 14: Fracture surface of broken tooth in Fig. 13

At bigger macro-inclusions, hydrogen can accumulate, re-combine and then produce such high inner pressures so that such great fractures may occur. This failure mechanism was also described in the literature [11].

Case of damage 5

In most cases, hydrogen induced cracks result into an immediate failure of the component or an immediately visible damage, **Figure 18**. However, there were also cases where the damage got visible much later. A tooth break off occurred at a case hardened pinion shaft of material 18CrNiMo7-6 just after a short time of operation. The fractured structure showed an intergranular crack underneath the case hardening layer; from here the fatigue fracture propagated. Both fracture modes were specifiable from each other, **Figure 19**.

The inspection of the heat treatment revealed that 5 days passed between the case hardening process and the tempering process. Only then a tempering treatment at 180°C for 8 h was carried out. Most likely it has to be considered that hydrogen accumulated into the tension area behind the case hardening layer and then an intergranular crack occurred already before tempering. Com-



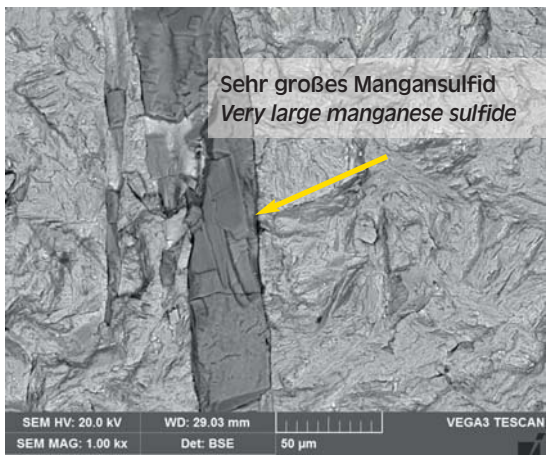
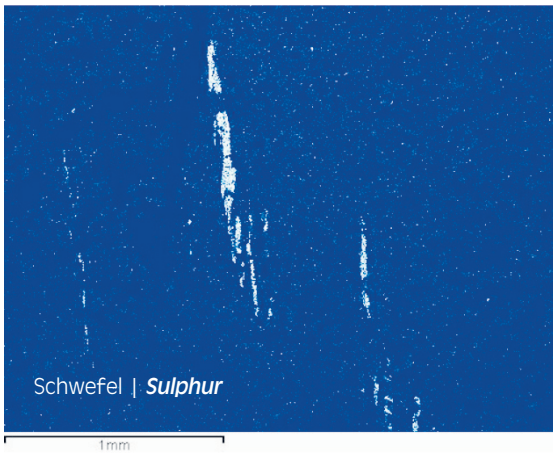


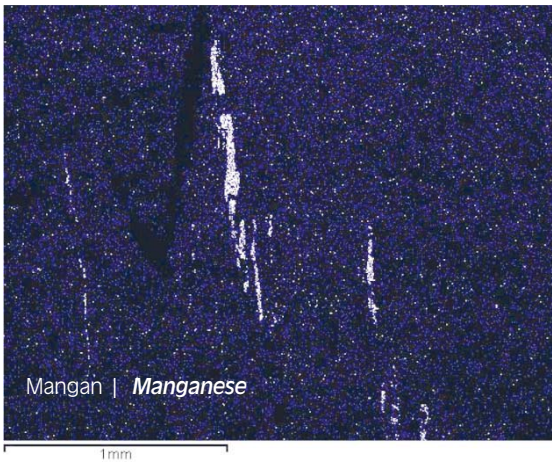
Bild 15: Konzentration großer Mangansulfide

Figure 15: Concentration of large manganese sulfides

Bild 16: EDX-Verteilung von Mangan und Schwefel

Figure 16: EDX-mapping of manganese und sulfur





terhalb der Einsatzhärtungsschicht auf, von dem sich ein Schwingriss ausgebreitet hatte. Beide Bruchstrukturen waren deutlich voneinander zu unterscheiden, **Bild 19**.

Die Überprüfung der Wärmebehandlung ergab, dass zwischen dem Einsatzhärten und Anlassen fünf Tage verstrichen waren. Erst danach erfolgte die Anlassbehandlung bei 180°C über 8 h. Es muss als sehr wahrscheinlich angesehen werden, dass sich im Zugspannungsgebiet hinter der Einsatzhärtungsschicht der Wasserstoff angesammelt hat und dann ein interkristalliner Anriss bereits vor dem Anlassen entstand. Die Druckspannungen der Einsatzhärtungsschicht haben die Ausbreitung dieses Risses bis an die Zahnflankenoberfläche gestoppt. Erst die Belastungsspannungen haben dann zu dem Schwingungsriss geführt und schließlich einen Zahnabbruch verursacht.

Ein direkter Wasserstoffnachweis war aufgrund der zwar verspäteten jedoch durchgeführten Anlassbehandlung und der Nutzungsdauer von einigen Monaten nicht mehr möglich. Die zu einem späteren Zeitpunkt an fertigbearbeiteten und auslieferbereiten Stirnradwellen belegten diese Annahme. Durch eine Ultraschallprüfung senkrecht zum Zahnkopf wurden Rissbildungen entdeckt, **Bild 20**. Nachdem dieser Riss im Labor gewaltsam geöffnet wurde, war auch hier ein interkristalliner Anriss unterhalb der Einsatzhärtungsschicht vorhanden, **Bild 21**. Der Laborgewaltbruch wies dagegen einen feinen Wabenbruch auf.

Schadensfall 6

Die schädigende Wasserstoffaufnahme ist nicht nur auf die Wärmebehandlungstemperaturen im Austenitgebiet begrenzt. Anlassvorgänge, die zum Schutz vor

pressive stresses in the case hardening layer stopped the crack propagation to the surface of the tooth flank. Then only load stresses led to a fatigue crack and finally caused a tooth break off.

Direct hydrogen verification was impossible due to a delayed tempering process and the operating life of several months. Pinion shafts finished and ready for delivery for a later period proved this assumption. Then such gears were checked after the complete heat treatment process with ultrasonic testing vertically to the tip of the tooth, **Figure 20**. After a forced fracture opened this crack in our lab, an intergranular crack existed underneath the case hardening layer, **Figure 21**, whereas the laboratory forced fracture showed a fine dimpled fracture.

Case of damage 6

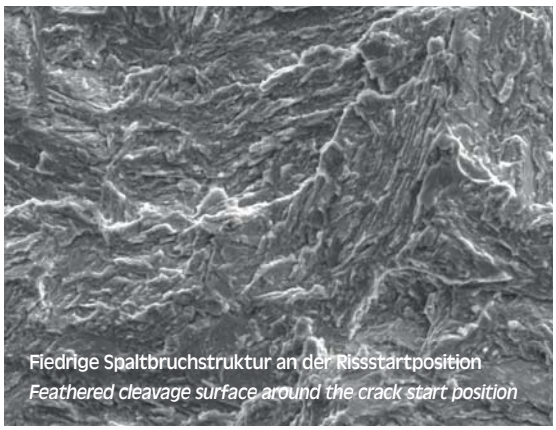
The damaging hydrogen absorption is not only limited to heat treatment temperatures within the austenite area. Tempering procedures processed in hydrogenous atmospheres for the protection of scale development could also lead to damaging hydrogen contents.

A cylinder screw of size M30-12.9 with a hexagon socket from the quenched and tempered steel 33MnCrB5-2 failed through a fracture. Since the screw did not cause any functionality loss of the crane, the broken screw was only discovered after a few weeks. After the assembly and before the initial operation all screw connections were checked, wherefore the delayed fracture occurrence could be accepted as secured. Also, the fracture structure indicated hydrogen induced brittle fracture explicitly.

For heat treatment, it was communicated that the tempering treatment took place in an endothermic at-

Bild 17: Unterschiedliche Bruchformen innerhalb und außerhalb des Fehlerursprungs

Figure 17: Different fracture modes inside and outside of the crack initiation position



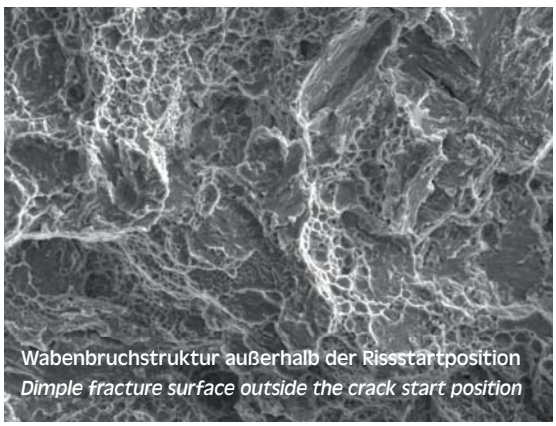


Bild 18: Fehlerhafte einsatzgehärtete Ritzelwelle

Figure 18: Failed case hardened pinion shaft

Zunderbildungen in wasserstoffhaltigen Atmosphären durchgeführt werden, können ebenfalls zu einem schädigenden Wasserstoffgehalt führen.

Eine Zylinderschraube mit Innensechskant der Größe M30-12.9 aus dem Vergütungsstahl 33MnCrB5-2 versagte durch einen Bruch. Da die Schraube keinen Funktionsverlust des Baukrans verursachte, wurde die gebrochene Schraube erst nach einigen Wochen entdeckt. Nach der Montage und vor der Inbetriebnahme wurden jedoch alle Schraubverbindungen überprüft, weshalb der verzögerte Brucheintritt als gesichert angenommen werden konnte. Die Bruchstrukturen wiesen auch eindeutig auf einen wasserstoffinduzierten Sprödbruch hin.

Zur Wärmebehandlung wurde mitgeteilt, dass die Anlassbehandlung unter Endogas erfolgte, um eine oxidarme Oberfläche zu behalten. Zur Überprüfung der Wechselwirkung zwischen dem Bauteil und dem Anlassen unter Endogas wurden Glühungen bei 550°C mit folgenden Ergebnissen durchgeführt:

Einsatzhärten ohne Anlassen
➜ 4,1 ppm

Einsatzhärten + 550°C 1 h unter Endogas
➜ 1,5 ppm

Einsatzhärten + 550°C 1 h unter Luft
➜ 0,6 ppm

Ungehärtet + Anlassen 550°C 1h unter Endogas
➜ 1,3 ppm

Diese Ergebnisse belegen, dass auch bei niedrigen Temperaturen mit Wasserstoffaufnahme gerechnet werden muss.

mosphere to avoid a poor oxidic surface. To verify the interaction between component and tempering in endothermic atmosphere, tempering processes were carried out at 550°C with the following results:

Case hardening without tempering
➜ 4.1 ppm

Case hardening + 550°C for
1 h in endothermic atmosphere
➜ 1.5 ppm

Case hardening + 550°C for 1 h in air:
➜ 0.6 ppm

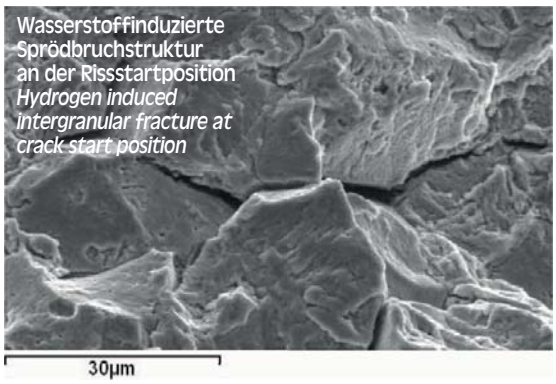
Not hardened + tempered 550°C for
1 h in endothermic atmosphere
➜ 1.3 ppm

These results indicated that even at lower temperatures hydrogen absorption must be expected.

4.2. Crack Formation during Heat Treatment

Case of damage 7

The delayed hydrogen induced crack formation is typical for higher strength material conditions. But damage cases with a crack or blistering formation during heat treatment also became evident. One example is documented in **Figure 22**. A small notch produced from the unalloyed case hardening steel C15 showed blistering formation at the surface after carbonitriding and case hardening.



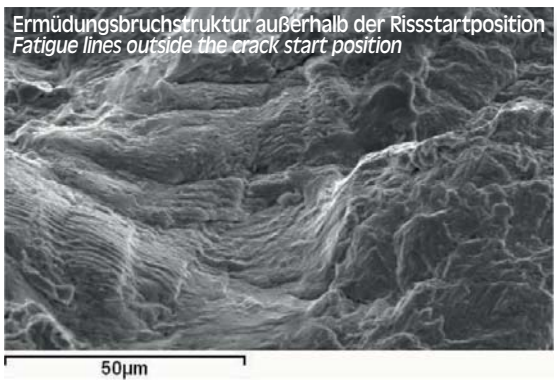


Bild 19: Unterschiedliche Fehlerformen eines Ermüdungsbruchs

Figure 19: Different fracture modes of a fatigue fracture

Bild 20: Fehlererkennung beim Ultraschalltest

Figure 20: Flaw detection at the ultrasonic test

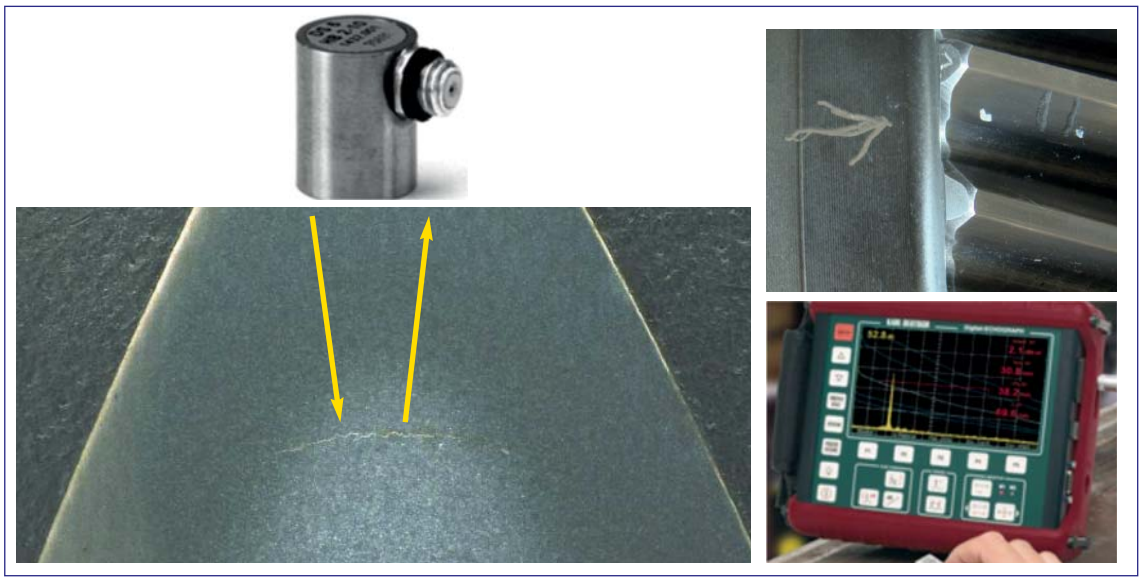
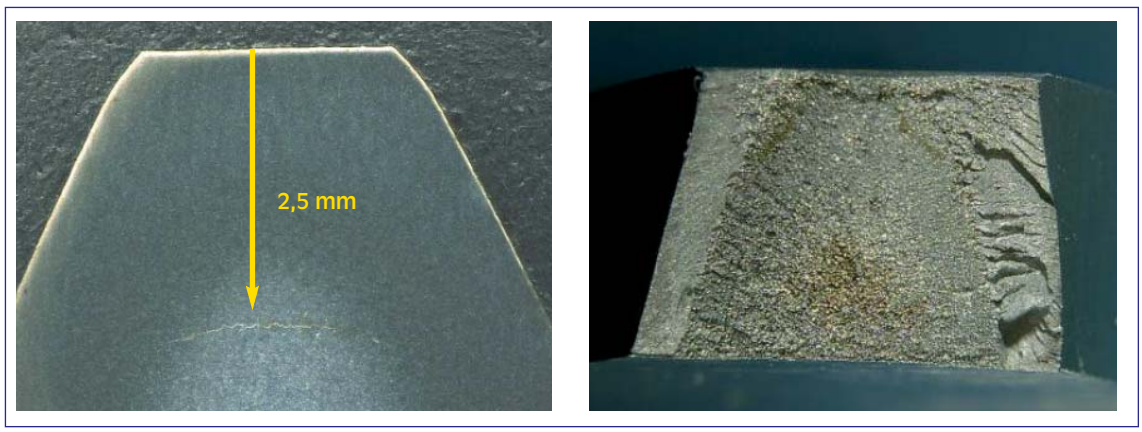


Bild 21: Rissbestimmung mit Ultraschalltests

Figure 21: Crack localization due to ultrasonic tests



4.2. Rissbildung während der Wärmebehandlung

Schadensfall 7

Die verzögerte wasserstoffinduzierte Rissbildung ist typisch für höherfeste Werkstoffzustände. Es wurden aber auch Schadensfälle bekannt, die während einer Wärmebehandlung zu Riss- bzw. Blasenbildungen geführt haben. Ein Beispiel ist in **Bild 22** dokumentiert. Eine kleine Raste, die aus dem unlegierten Einsatzstahl C15 hergestellt war, wies nach dem Carbonitrieren und Einsatzhärten Blasenbildungen an der Oberfläche auf.

Bild 22: Blasenüberzogene Oberfläche nach dem Carbonitrieren

Figure 22: Blown surface after carbonitriding

Bild 23: Durch Wasserstoff verursachte Blasenbildung während des Carbonitrierens

Figure 23: Hydrogen induced blistering during carbonitriding

Die metallographische Untersuchung zeigt zahlreiche Werkstofftrennungen mit bevorzugtem Ausgang an Mangansulfiden, **Bild 23**. Da die Ammoniakspaltung beim Carbonitrieren katalytisch an der Oberfläche erfolgt, führte ein überhöhtes Angebot an Ammoniak zu einem starken Wasserstoffeintrag. An den Mangansulfiden rekombinierte der atomare Wasserstoff zu molekularem Wasserstoff. Aufgrund der dadurch verursachten starken Volumenexpansion und der geringen Festigkeit bei der Temperatur von 900°C führte dies zur Blasenbildung. Bereits in [12] wurde dieser Schadensmechanismus beschrieben.

5. Schlussbetrachtungen

Die Aufnahme von Wasserstoff während einer wasserstoffhaltigen Schutzgasatmosphäre ist zahlreich belegt. Eine in Temperatur und Dauer ausreichend sowie unverzüglich durchgeführte Anlassbehandlung führt in den meisten Fällen zu einer vollständigen Effusion des Wasserstoffs. Diese als Normalfall zu betrachtende Behandlungsfolge wird tagtäglich und millionenfach an Stahlwerkstoffen erfolgreich durchgeführt. Zu Schäden kommt es dann, wenn entweder Fehler bei der Wärmebehandlung auftreten oder Fehler im Werkstoff die Wasserstoffansammlung ermöglichen bzw. die Effusion behindern.

In der Fachnorm zum Einsatzhärten DIN 17022-03 [13] wird die mögliche Wasserstoffaufnahme und deren Folgen nicht beschrieben. Im Rahmen einer Überarbeitung dieser Normen wäre ein Hinweis auf die zu erwartende Wasserstoffaufnahme und Maßnahmen zur Effusion wünschenswert, zumal in der aktuellen Norm bereits eine detaillierte Tabelle mit einer Übersicht über Mängel an einsatzgehärteten Werkstücken, ihrer wärmebehandlungsbedingten Ursachen und dafür maßgebliche Fehler beim Wärmebehandeln aufgeführt ist.

The metallographic investigation proved several material separations with preferred incipient starts at manganese sulfides, **Figure 23**. Because the ammonia cracking during carbonitriding happens catalytic at the surface, an excessive offer of ammonia leads to a stronger hydrogen absorption. At the manganese sulfides, the atomic hydrogen recombined to molecular hydrogen. Thus the caused substantial volume expansion and the low strength at a temperature of 900°C led to the blistering formation. This damage mechanism got already described in [12].

5. Conclusions

Hydrogen absorption during hydrogenous protective gas atmospheres is proven numerously. An immediate processed tempering treatment sufficient in duration and temperature leads in most cases to a full effusion of hydrogen. This treatment seen as an ordinary case is successfully processed daily and millions of times at steel materials. Damages only occur if either a failure happens during heat treatment or material failures enable a hydrogen accumulation respectively restrain the effusion.

Within standard acc. case hardening DIN 17022-03 [13] a possible hydrogen absorption and its consequences are not described. As a part of the revision of this specification, a hint regarding expected hydrogen absorption and measures for effusion would be desirable. Especially because the current standard already lists a detailed table with an overview of defects at case hardened workpieces, their heat treatment related cause and therefore responsible significant failures during heat treating.

Quellenangaben / References

[7] DIN EN ISO 15330: Verbindungselemente, Verspannungsversuch zur Entdeckung von Wasserstoffversprödung, Verfahren mit parallelen Auflageflächen / Fasteners, Preloading Test for the Detection of Hydrogen Embrittlement, Parallel Bearing Surface Method

[8] St. Beyer und H. Speckhardt: Wasserstoffversprödungsanfälligkeit bei einsatzgehärteten und angelassenen gewindefurchenden Schrauben – Möglichkeiten und Grenzen der Beeinflussbarkeit. Mat.-wiss. U. Werkstofftechn 26 (1995) S. 133-147.

[9] P. Sommer: Wasserstoffinduzierter Sprödbruch nach dem Einsatzhärten und Verzinken von selbstfurchenden Schrauben. Stahl 5 (2001) S. 50-53.

[10] K.H. Kloos, und St. Beyer: Wasserstoffversprödungsanfälligkeit hochfester Werkstoffzustände. Teil 2: Untersuchungen zur Wasserstoffversprödungsanfälligkeit einsatzgehärteter und einsatzvergüteter Blechschrauben Mat. Wiss. u. Werkstofftech. 23, (1992) S. 316-328.

[11] Andreas Neidel et.al.: Handbuch Metallschäden. REM-Atlas und Fallbeispiele zur Ursachenanalyse und Vermeidung. Hanser Verlag, München 2010, ISBN 978-3-446-42126-4.

[12] R. Jonck: Ursache, Ursache, Erläuterung von Ursachen, Auswirkungen und von Massnahmen zur Vermeidung von Wärmebehandlungs- und Fertigungsfehlern. Z. Wirtsch. Fertigung 80 (1985) S. 228-232.

[13] DIN 17022-03:1989: Verfahren der Wärmebehandlung – Einsatzhärten / Methods of Heat Treatment – Case Hardening. Beuth-Verlag, Berlin.

Messekalender 3/2017

20.-21. September 2017 - in Beijing / China

Valve World Expo

Internationale Fachmesse für Industriearmaturenbau

25.-30. September 2017 - in Plovdiv / Bulgarien

Machine Building

Internationale Messe für Maschinenbau

25.-29. September 2017 - in Düsseldorf

Schweissen & Schneiden

Weltmesse für Fügen, Trennen, Beschichten

27.-29. September 2017 - in Dresden

WW - Werkstoffwoche 2017

Werkstoffe für die Zukunft - Vorträge und Fachmesse

12.-14. Oktober 2017 - in Istanbul / Türkei

PaintExpo

Internationale Leitmesse für industrielle Lackiertechnik

13. Oktober 2017 - in Kenilworth, Warwick / UK

Industry Conference

Internationale Fachtagung für Wärmebehandlung und Oberflächentechnik

18.-20. Oktober 2017 - in München

Materialica

Internationale Fachmesse und Kongress für Werkstoffanwendungen, Oberflächen und Product Engineering

24.-26. Oktober 2017 - in Stuttgart

parts2clean

Internationale Fachmesse für Industrielle Teilereinigung und Teiletrocknung

24.-26. Oktober 2017 - in Columbus / USA

Heat Treat

Fachmesse für Wärmebehandlung

25.-27. Oktober 2017 - in Köln

HärtereiKongress

HärtereiKongress für Wärmebehandlung, Werkstofftechnik, Fertigungs- und Verfahrenstechnik

Industrieofen
& Härteriezubehör GmbH
Unna

Der Unternehmensverbund der Industrieofen- und Härtereizubehör GmbH Unna (IHU) befasst sich mit der Herstellung und dem Vertrieb von

- **Glüh- und Härteofenanlagen (speziell auch Gasaufkohlungs- und Gasnitrieranlagen) sowie deren**
- **Ersatzteile und Zubehör sämtlicher Ofenfabrikate.**

Alle Komponenten der Ofenanlagen können im eigenen Betrieb gefertigt werden. Ferner ermöglicht die technische Ausstattung die Anfertigung von

- **Salzbad- und Nitriertiegeln**
- **Härtekästen**
- **Muffeln**
- **Glühgeräten**
- **Chargiergestellen und Edelstahlrohren in einer Vielzahl von Werkstoffen.**

Ebenfalls führt der Unternehmensverbund Wartungen und Reparaturen an diesen Anlagen durch. Die Produktpalette beinhaltet ferner

- **Abschreckmittel**
- **Isoliermittel gegen Aufkohlung und Aufkohlungsflüssigkeiten.**

Ein weiterer Bereich der Fertigungsmöglichkeiten bezieht sich auf Stahlkonstruktionen und den Apparatebau. Durch die großen Erfahrungen, auf die das Unternehmen im Bereich des Industrieofenbaus zurückgreifen kann, gelingt es, auch ältere Konstruktionen durch Modifikationen zu verbessern. Hierdurch werden sowohl die Effizienz der Produkte als auch das Ergebnis der Wärmebehandlung gesteigert. Ferner tragen diese Maßnahmen zu einer erheblichen Energieeinsparung bei.

Die Firma IHU ist nach DIN EN ISO 9001:2008 zertifiziert.

Industrieofen
& Hartereizubehor
Unna

Viktoriastr. 12 - D - 59425 Unna
Tel.-Nr. +49/2303/25252-0 - Fax Nr. +49/2303/25252-20
www.ihu.de - E-Mail info@ihu.de

SPEZIAL-LOHNGLÜHEREI

für WEICHMAGNETISCHE WERKSTOFFE (REMANENZGLÜHUNG)

HOCHTEMPERATURGLÜHUNG
WEICHGLÜHEN VON WERKZEUGSTÄHLEN

BG-GLÜHEN VON EINSATZSTÄHLEN unter H_2 oder N_2

GRÜNEWALD INKROM WERK

GRÜNEWALD INKROM WERK

Mühlenweg 25 57271 Hilchenbach
Tel.: 02733/8940-0 FAX: 02733/8940-15
e-mail: info@gruenewald-industrieofenbau.de

Dr. Sommer
WERKSTOFFTECHNIK

InstitutsNews

Infotag am 19. September

Aktuelle Informationen über Werkstoffe und deren Wärmebehandlung. Kurz und bündig stellen wir in 30-minütigen Vorträgen neue Themen aus der Branche vor. Nach jedem Vortrag haben Sie die Gelegenheit zu einer 15-minütigen Diskussion. Hier schon einmal eine Vorschau auf die Themen:

- Neue Möglichkeiten in der Mess- und Regelungstechnik (Karl-Michael Winter, Process Electronic)
- Industrie 4.0. Worauf müssen sich die Wärmebehandler einstellen? (Jörn Rohde, Rohde Industrieofenbau)
- Dem Wasserstoff auf der Spur (Prof. Michael Pohl, RUB)
- CQI-9 – Status Quo und Zukunftsperspektiven (Markus Milde)
- Metallphysikalische Untersuchungsmethoden bei der Schadensfallanalyse (Philipp Sommer, Dr. Sommer Werkstofftechnik)
- Versicherungstechnische und rechtliche Aspekte bei Schadenfällen sowie Schadenprophylaxe in der Wärmebehandlungstechnik (RA Tim Lieber)
- Schäden an wärmebehandelten Bauteilen (Dr. Peter Sommer, Dr. Sommer Werkstofftechnik)

Bitte halten Sie sich den Dienstag, 19. September 2017, für diesen interessanten Anlass frei. Freuen Sie sich auf einen Tag, an dem wir Ihnen eine Vielzahl nützlicher Informationen für Ihr Fachgebiet vermitteln werden. Tagungsbeginn ist 9:00 Uhr, - die Veranstaltung wird gegen 16:30 Uhr enden. Anschließend laden wir zu einer Institutsbesichtigung in den neuen Räumen nach dem erfolgten Erweiterungsbau ein.

Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme und nehmen Ihre formlose Anmeldung ab sofort unter info@werkstofftechnik.com oder telefonisch unter +49 (0)2835 9606-0 entgegen. Nach Eingang der Anmeldung erhalten Sie darüber eine schriftliche Bestätigung.

Kosten: 250,- € je Teilnehmer zuzügl. gesetzl. MWSt..

Überwachungsaudit 9001 erfolgreich absolviert

Im letzten Quartal haben wir wieder einmal das Überwachungsaudit gemäß DIN EN ISO 9001 und AZAV erfolgreich abgeschlossen. Dabei lag die Durchführung erneut in den Händen von ZDH-ZERT. Wir freuen uns, dass keine Abweichungen festgestellt wurden. Gleichwohl haben wir aber wieder sinnvolle Empfehlungen zur weiteren Optimierung unseres QM-Systems erhalten.

Seit mehr als 20 Jahren räumen wir der Aufrechterhaltung und der permanenten Optimierung unseres QM-Systems in unserem Institut die höchste Priorität ein. Die Anpassung des QM-Systems und der Dokumentation an die neue Ausgabe der DIN EN ISO 9001:2015 wird Schwerpunkt unserer Arbeit in der zweiten Jahreshälfte sein.

Regelmäßige externe und interne Audits im Rahmen einer gültigen Zertifizierung sind für unsere Kunden ein wichtiges Qualitätsmerkmal für professionelle und kompetente Dienstleistungen. Darüber hinaus nutzen sie natürlich unserer eigenen Organisation.

Kopien unserer gültigen Zertifikate im PDF-Format stehen Ihnen auf unserer Internetseite zum Download zur Verfügung.

Institutsprüfungen zur Wärmebehandlungsfachkraft

Auch im vergangenen Quartal hat wieder ein Teilnehmer unserer Seminare die abschließende Institutsprüfung zur Wärmebehandlungs-Fachkraft (Basiswissen) erfolgreich abgeschlossen.

René Egert

Das Zertifikat erhält ein Teilnehmer nach Erfüllung der folgenden Kriterien:

- Erfolgreiche Teilnahme am Einsteigerseminar mit Abschlussklausur
- Erfolgreicher Abschluss einer Hausarbeit
- Erfolgreiche Teilnahme am Aufbauseminar mit Abschlussklausur
- Bestätigung des Arbeitgebers über eine mindestens einjährige Berufspraxis im Unternehmen
- Erfolgreiche Bearbeitung einer Wärmebehandlungsaufgabe mit Prozess- und Ergebnisdokumentation
- Mündliche Abschlussprüfung

Wir gratulieren ganz herzlich zur erfolgreichen Abschlussprüfung.

Ausbildung zur Fachkraft Metallographie

AnwendungsAkademie
Dr.Sommer Werkstofftechnik

ZERTIFIKAT
Metallographische Fachkraft für Stahlwerkstoffe

Die Dr. Sommer Werkstofftechnik GmbH bescheinigt, dass

Herr Max Mustermann
Musterwerk GmbH
Werkstraße 16
D-47611 Issum

im Zeitraum vom 13.10.2014 bis zum 08.12.2015 alle Teile des Präsenzseminars absolviert hat.

1. Gefügeseminar
Grundlagenseminar – Teil 1
individuelle Probenpräparation in unserem Labor
2. Bearbeitung
- einer Hausaufgabe 1
3. Gefügeseminar
Fortgeschrittene – Teil 2
individuelle Gefügebewertung in unserem Labor
4. Bearbeitung
- einer Hausaufgabe 2
- einer Hausaufgabe 3
5. Thema der Abschlussaufgabe
Temperaturerhöhung beim Niederdruck-aufkohlen von 930°C auf 950°C
6. Mündliche Abschlussprüfung

Issum, 08. Dezember 2015

Dr.-Ing. Peter Sommer — DAkkS — Jens Sommer, B. Eng.

Ab Herbst 2017 bieten wir die Ausbildung zur metallographischen Fachkraft für Stahlwerkstoffe bereits zum sechsten Mal an. Die Ausbildung erfolgt in mehreren Abschnitten als Präsenzausbildung in unserem Institut, im Unternehmen des oder der Auszubildenden, durch rechnerbasiertes Training und durch Lehrbriefe. Sie schließt mit einer Institutsprüfung ab, die belegt, dass die Ausbildungsinhalte beherrscht werden und die praktischen Fähigkeiten unter Beweis gestellt wurden.

Folgende 10 Bausteine sind zu absolvieren:

Gefügeseminar Grundlagen
Teil 1 mit Prüfungsaufgaben am Folgetag

Hausaufgabe 1
mit Themen aus dem Grundlagenseminar

Erstellung und Ablieferung
von firmenspezifischen Gefügebewertungen - 1

Gefügeseminar Fortgeschrittene
Teil 2 mit Prüfungsaufgaben am Folgetag

Hausaufgabe 2
mit Themen aus dem Fortgeschrittenenseminar

Erstellung und Ablieferung
von firmenspezifischen Gefügebewertungen - 2

Trainingseinheiten mit dem Gefüge-Lernprogramm

Hausaufgabe 3
mit Bewertung von fehlerbehafteten Gefügen

Bearbeitung einer individuellen Prüfungsaufgabe
im Unternehmen mit schriftlicher Dokumentation

Überprüfung der Prüfungsaufgabe
mit mündlicher Abschlussprüfung in unserem Institut

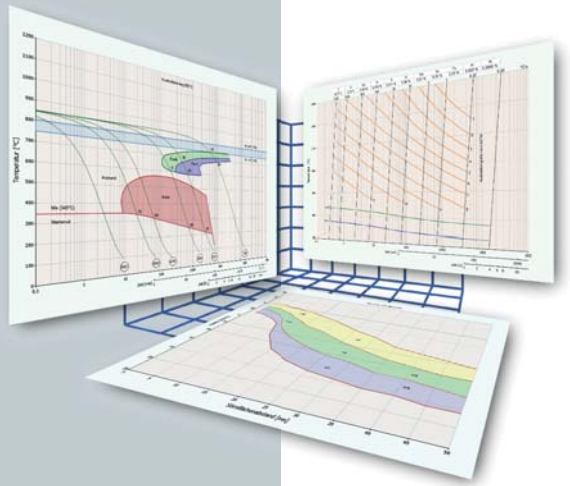
Nach Abschluss der Prüfung ist die metallographische Fachkraft in der Lage, ihre anfallenden metallographischen Arbeiten an Stahlwerkstoffen fundiert und beurteilungssicher durchzuführen.

Das Gefügeseminar Grundlagen, mit dem diese Ausbildung startet, findet am 09./10. Oktober 2017 statt, die Ausbildung wird dann Ende September 2018 abgeschlossen sein.

Weitere Informationen finden Sie unter:
http://werkstofftechnik.com/index.php?id=226

Dr. Sommer
WERKSTOFFTECHNIK
Anwendungsinstitut zur Einsatzoptimierung von Werkstoffen, Verfahren, Wärmebehandlung

StahlWissen® NaviMat



Die Datenbank zur Wärmebehandlung der Stähle

SoDat

Dr. Sommer Werkstofftechnik GmbH
Hellenthalstraße 2 · D-47661 Issum
Telefon: +49-(0) 2835-9606-0
Telefax: +49-(0) 2835-9606-60
E-mail: info@werkstofftechnik.com
URL: www.werkstofftechnik.com

Härterei
Dipl.-Ing. Peter Eicker KG

Plasmanitrieren – Ionitrieren® – Oxidieren

Unsere langjährige Erfahrung macht unser Unternehmen zum kompetenten Ansprechpartner rund um Ihre Nitrieraufgaben.
Bearbeitet werden Einzel- und Serienteile von kleinsten Abmessungen bis zu einer Länge von 3500 mm. Auch Großserien z.B. für die Automobilindustrie aus dem Bereich Getriebe-, Pumpen- oder Motorenteile (kalt geformt, mech. bearbeitet oder gesintert) sind für uns kein Problem.

Testen Sie uns, wir werden Sie nicht enttäuschen.

Härterei
Dipl.-Ing. Peter Eicker KG
Weißenpferd 14, 58553 Halver
Tel. 02353/3028 Fax 02353/4028
www.haerterei-eicker.de

2017

Kontaktbörse Werkstoff und Wärme

Auftragsmanagement mit dem Programm HärtereiKaufmann® bei der Härterei Kämper in Halver aktualisiert

Bei aller Standardisierung von Auftragsmanagementsystemen in Lohnhärtereien muss die individuelle Anpassung einer Softwarelösung speziell auf ein Unternehmen immer möglich sein. Dabei gilt es vor allen Dingen, die im Unternehmen vielleicht seit Jahrzehnten bewährten Arbeitsabläufe zu erhalten und nur dort zu verändern oder anzupassen, wo es sich aus den Beratungsgesprächen mit der Härterei heraus als sinnvoll oder sogar als notwendig erweist. Diese Zielsetzungen erfüllt das Auftragsmanagementsystem HärtereiKaufmann® seit mehr als 25 Jahren in vorbildlicher Weise.

Seit inzwischen ebenfalls mehr als 25 Jahren setzt die Härterei Kämper in Halver das Programm HärtereiKaufmann® für das Auftragsmanagement ein. Schon die erste Programmversion umfasste damals viele individuelle Erweiterungen und Ergänzungen, die auch in einer nachfolgenden Windows-Version größtenteils wieder implementiert wurden. Diese Windows-Version war bei Kämper in den letzten 15 Jahren im Einsatz.

Als schließlich die Entscheidung anstand, ein neues modernes Auftragsmanagementsystem zu installieren, das neben den derzeit bereits schon vorhandenen Möglichkeiten eine erweiterte Dokumentation und den detaillierteren Zugriff auf die aktuellen Aufträge bieten sollte, fiel die Wahl schnell wieder auf den HärtereiKaufmann®. Herr Christopher Kämper, heute der Geschäftsführer der gleichnamigen Härterei, setzte sich im Vorfeld mit uns in Verbindung und formulierte seine weitergehenden Anforderungen an das neue System.

Es galt, ein sehr individuelles, aber in die Jahre gekommenes EDV-System modern zu ersetzen. In zahlreichen Projektgesprächen vor Ort und per Telefon wurden die Anforderungen gemeinsam mit Herrn Kämper und seinen Mitarbeitern immer weiter spezifiziert, bis schließlich für beide Seiten ein verbindlicher Basiskatalog formuliert war und mit der Programmierung begonnen wurde.

Bedingt durch die weiterhin intensiven Kontakte wurden allerdings viele Details dieses Katalogs während der Programmierphase noch einige Male modifiziert. Da war natürlich bei allen Beteiligten eine Flexibilität gefordert. Nach Abschluss der Installation des HärtereiKaufmann® im Betrieb zeigte sich dann aber recht schnell, dass das Ziel, die betriebsspezifischen Arbeitsabläufe zu verfeinern und einen detaillierteren Auftragszugriff zu gewährleisten, erfüllt wurde.

Die termingerechte Einführung dieses Auftragsmanagementsystems HärtereiKaufmann® war sowohl für unsere Softwareprogrammierer als auch für die Mitarbeiter der Härterei Kämper eine anspruchsvolle Aufgabe. Alle Beteiligten haben dabei bewiesen, dass kompetente und verständnisvolle Arbeit auf beiden Seiten zu einem erfolgreichen Ergebnis führt. Heute ziehen alle Beteiligten ein positives Fazit. Der HärtereiKaufmann® hat sich als die kaufmännische Lösung mit individuellen Anpassungen bei der Härterei Kämper bewährt.

www.haerterei-kaemper.de

Jubiläum:

Die Systherms GmbH feiert 20-jähriges Bestehen

Seit mittlerweile 20 Jahren steht der Name Systherms für Vakuumöfen und Schutzgasöfen höchster Qualität. 1997 machten sich die Gründer Paul Heilmann und Günter Reuß selbstständig und hoben das Unternehmen aus der Taufe. Mit großem technischem Know-how und viel Innovationswillen etablierten Heilmann und Reuß ihr Unternehmen als feste Größe in der Wärmebehandlungsbranche. Systherms-Öfen stehen in vielen namhaften Unternehmen der Automobil- und Luftfahrtbranche, der Glasindustrie und vielen weiteren technischen Branchen.

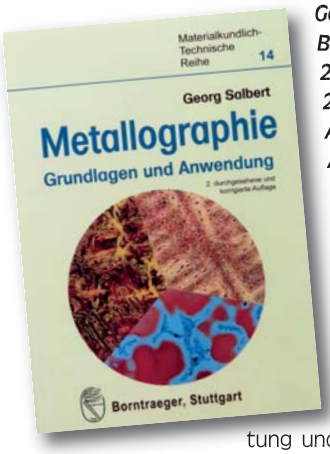
Mit derzeit 20 Mitarbeitern fertigt die Systherms GmbH die individuell für die jeweiligen Kundenanforderungen entwickelten Öfen ausschließlich in Deutschland und stellt damit höchste Qualität sicher. Umfassender Service und ein Kundendienst runden das Angebot des Unternehmens ab.

www.systherms.de

Buchbesprechungen

Metallographie

Grundlagen und Anwendung



Georg Salbert
Borntraeger Verlag, Stuttgart, 2015
2. durchgesehene und korrigierte Auflage, 155 Seiten, A5, Broschiert
Preis: 29,90 €
ISBN 978-3443230180

Dieses Buch präsentiert in moderner und kompakter Weise das notwendige Wissen über die Präparation von Metallproben für Gefügeuntersuchungen bei Werkstoffherstellung, -verarbeitung und –prüfung. Eingehend werden die verschiedenen makroskopischen und mikroskopischen Untersuchungsverfahren für Eisenwerkstoffe und Nichteisenmetalle erläutert. Charakteristische Gefügebilder ergänzen diesen Teil des Buches, wobei die Zusammenhänge zwischen diesen Gefügebildern und den Materialzusammensetzungen einerseits sowie den technologischen Behandlungen der Materialien andererseits ausführlich erklärt werden

Für eine große Zahl von Werkstoffen werden die Gebrauchseigenschaften wie beispielsweise die Zugfestigkeit angegeben, die sich aus dem Gefügeaufbau ergeben und die Anwendungsbereiche der Werkstoffe letztendlich bestimmen.

Werkstoffprüfer, Metallographen und Studierende der Werkstoffwissenschaften werden von diesem Buch genauso angesprochen wie diejenigen Menschen, die sich in ihrer beruflichen Praxis auf den Feldern des Maschinenbaus oder der Mechatronik bewegen. Darüber hinaus eignet es sich ausgezeichnet als schnelles kompaktes Nachschlagewerk für alle praktizierenden Werkstofffachleute. Über die Anschaffung sollte man bei diesem Preis-/Leistungsverhältnis nicht lange nachdenken.

Russische Stahlsorten

Vergleich russischer Stahlsorten mit Stählen nach EN und DIN

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.)
Beuth Verlag, Berlin – Wien - Zürich, 2016
1. Auflage, 216 Seiten, Pocket, broschiert
Preis: 34,00 €
ISBN 978-3410260455

Dieses zweisprachige Beuth-Pocket (deutsch/englisch) erklärt das System der russischen Standards sowie die Klassifikation und die Bezeichnungssystematik der russischen Stähle. Durch die internationalen Verflechtungen und auch Verlagerungen von Industriezweigen nach Russland wird der Vergleich der russischen Stahlsorten mit den europäischen Stahlsorten immer wichtiger.

Der Band teilt sich in insgesamt 7 Abschnitte. Im ersten Abschnitt wird die Systematik der russischen Stahlbezeichnungen in knapper, aber gut verständlicher Weise erläutert. Der zweite Abschnitt bietet eine Übersicht aller relevanten russischen Normen nach Erzeugnisform. Im dritten bis siebten Teil werden dann die die russischen Stähle den deutschen und europäischen Stählen in Tabellen gegenübergestellt, die u.a. nach RU-Bezeichnung, DIN-Bezeichnung, EN-Bezeichnung und Werkstoffnummern sortiert sind.

Für diese Gegenüberstellung wurden die Angaben aus deutschen und europäischen Stahlnormen gegen russische Stahlnormen ausgewertet. Der tabellarische Aufbau der Vergleichstabellen ermöglicht die rasche und problemlose Umschlüsselung in beide Richtungen.

Für Menschen, die in irgendeiner Form mit dem immer globaler agierenden Stahlmarkt und dabei natürlich mit russischen Stählen zu tun haben, ist dieser Band sicherlich unentbehrlich. Bei dem günstigen Preis sollte man über die Anschaffung nicht lange nachdenken.

Maß- und Formänderungen infolge Wärmebehandlung von Stählen

Ursachen von der Konstruktion bis zum Endprodukt Grundlagen - Praxisbeispiele

Karl Heeß und 35 Mitautoren
expert Verlag, Renningen, 2016
5. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, 146 Seiten, A5, broschiert
Preis: 59,00 €
ISBN 978-3816933571

Die Autoren dieses Buches, das mittlerweile in der 5. Vollständig überarbeiteten Auflage erschienen ist, sind ausgewiesene Fachleute aus Industrie und Forschungsinstituten, die sich im Fachausschuss 15 »Maß- und Formänderung infolge von Wärmebehandlung« der Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e.V. (AWT) zusammengeschlossen haben.

Der Verzug von Bauteilen aus metallischen Werkstoffen nach einer Wärmebehandlung ist ein ständiges Problemfeld, das sich bei entsprechender Beherrschung aber nocht so kostenintensiv auswirken muss, wie es mancher vielleicht im ersten Moment denkt. In den Abschnitten Grundlagen, Berechnung von Maß- und Formänderungen, Literatur zum Grundlagen- und Berechnungsteil sowie einer abschließenden Beispielsammlung wurde dieses Buch gegliedert. Im ersten Abschnitt werden die grundsätzlichen Mechanismen der Maß- und Formänderung bei ausgewählten Wärmebehandlungsverfahren besprochen. Der zweite Abschnitt beleuchtet dann den derzeitigen Stand der rechnerischen Simulation der Verzugsentstehung. Abschließend werden in übersichtlich ausgearbeiteter Form zahlreiche Literaturquellen zur Vertiefung ins Thema und Verzugsbeispiele aus der Praxis vorgestellt.

Dieses Buch ist für alle Fach- und Führungskräfte aus Wärmebehandlung, Arbeitsvorbereitung, Konstruktion, Fertigung und Qualitätssicherung, die in der täglichen Arbeit mit der Wärmebehandlung von Stählen und den daraus resultierenden Ergebnissen zu tun haben, ein wertvolles Hilfsmittel für die Praxis.

Dr. Sommer Werkstofftechnik GmbH · Hellenthalstr. 2 · 47661 Issum
Pressesendung · DPAG Entgelt bezahlt

RONGHAN

HOCHWERTIGE CHARGIERGESTELLE AUS CHINA

Wir, **die Shanghai Ronghan Business Consulting,** sind ein internationales Handelsunternehmen mit Sitz in Shanghai /China. Unser Hauptgeschäft sind hochwertige Chargiergestelle (Körbe, Grundroste und spezielle Sonderformen), Ersatzteile sowie relevantes Zubehör für Deutschland und Europa. Die Produkte werden nach europäischem Standard hergestellt. Unsere Kunden in Deutschland und Europa profitieren von hoher Qualität, günstigem Preis und schneller Lieferung.

Ihr Kontakt zu uns:
+49-173-2687933

Shanghai Ronghan Business Consulting Co., Ltd.
Room 302, Unit 40, Lane 158, Baocheng Road,
Xinzhuang Town, Minhang District, Shanghai (Zip code: 20 11 99), PRC.

Ihr Kontakt zu uns:
info.shrh@foxmail.com

STIEFELMAYER
lasertechnik

LASERHÄRTEN
Partiell
Funktionsgerecht
Verzugsarm
Präzise

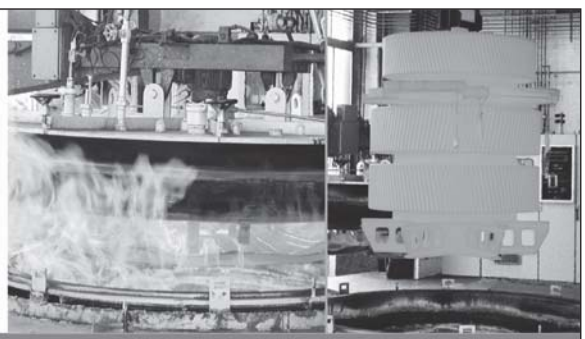
Stiefelmayer-Lasertechnik GmbH & Co. KG
Rechbergstraße 42
73770 Denkendorf
Germany

Telefon: 0049 (0)711 93440 -600
vertrieb@stiefelmayer-lasertechnik.de
http://www.stiefelmayer-lasertechnik.de

VULKAN
Industrial Equipment and Services

Ausrüstung für Wärmebehandlungsverfahren
Equipment for heat treatment processes

Apparate- und Behälterbau
Stainless steel apparatuses, tasks and containers



VULKAN Edelstahlkomponenten GmbH | Hüttenstraße 35 b | D-52355 Düren
T +49 (0) 24 21 12 92 5-10 | info@vulkan-edelstahl.de | www.vulkan-edelstahl.de