

Schleifbrandprüfung an Zahnrädern als Service der Härterei

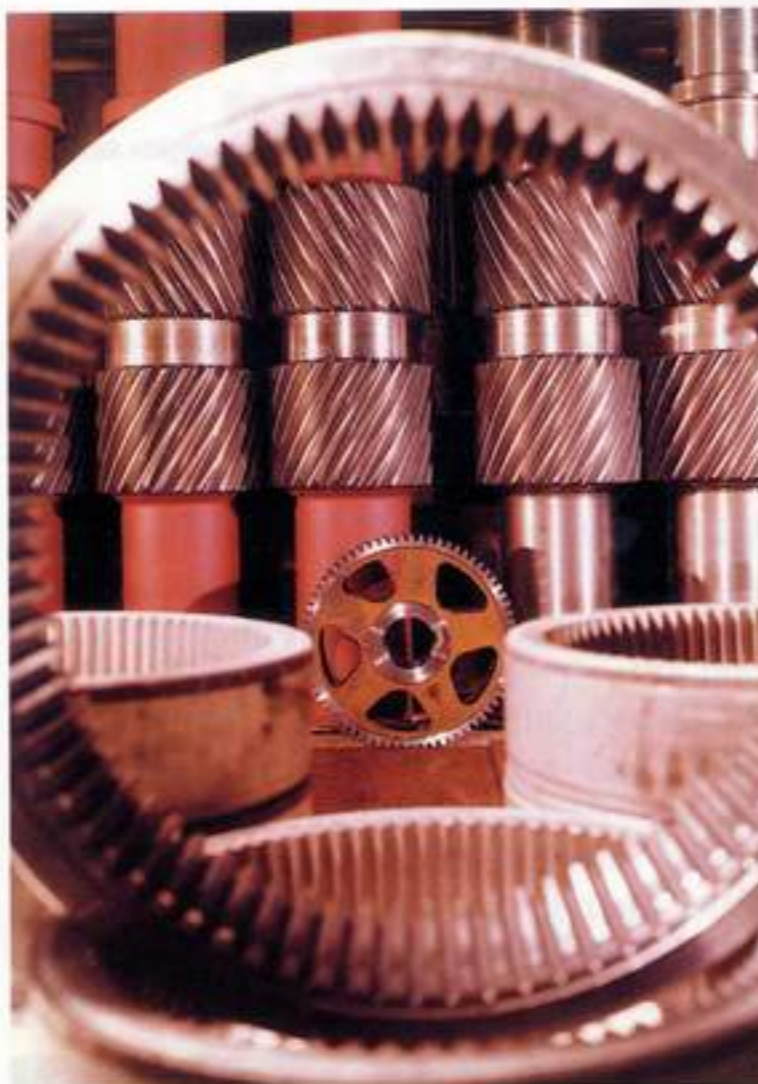
MICHAEL REICHENBACH

Wie andere Fertigungsschritte auch muss der Schleifprozess eines Zahnrads korrekt nachgeprüft werden. Denn wird unsachgemäß geschliffen, können zu hohe Temperaturen den sogenannten Schleifbrand erzeugen. Er reduziert die gewünschte Härte an der Zahnoberfläche; das Bauteil kann vorzeitig ausfallen. Da einem Getriebehersteller oft die entsprechenden Ressourcen für die Schleifbrandprüfung fehlen, bietet sich hier der Service von Härtereien an. Der folgende Beitrag beschreibt den Werdegang einer Härterei und wendet sich anschließend ausführlich der Schleifbrandprüfung durch die Nitalätzung zu.

Einleitung

Jüngste Schadensfälle in der Antriebstechnik belegen den Bedarf einer korrekten Überprüfung des Schleifprozesses an Verzahnungen oder von Wellenoberflächen. Denn beispielsweise nach dem Einsatzhärten (Bild 1) muss ein Zahnrad meist in einem weiteren Fertigungsschritt dem Schleifen unterzogen werden. Wird nun unsachgemäß geschliffen (zu hohe Anpressdrücke oder zu große Vorschübe), können zu hohe Temperaturen den sogenannten Schleifbrand in den Randzone der Verzahnung erzeugen. Der Schleifbrand reduziert die gewünschte Härte an der Zahnoberfläche, das Bauteil wird unbrauchbar oder fällt vor seiner errechneten Lebensdauer aus.

Da einem Getriebehersteller oft nicht die entsprechenden Ressourcen zur Verfügung stehen, eine Schleifbrandprüfung in seinen eigenen Fertigungshallen vorzunehmen, bietet sich hier die ohnehin vorhandene Prüf- und Betriebsausstattung einer Härterei an. Außerdem sind die zur Schleifbrandprüfung notwendigen Chemikalien nicht ungefährlich; eine Härterei weiß damit umzugehen. Der folgende Beitrag beschreibt kurz den Werdegang der Härterei Reese



1: Zum Einsatzhärten vorbereitete Getriebeteile aus dem Stahl 17 CrNiMo 6

Bochum GmbH und wendet sich dann der Schleifbrandprüfung durch die sogenannte Nitalätzung nach einer US-amerikanischen AGMA-Norm zu.

Gründung im Jahr der Währungsreform

Die Gruppe Härterei Reese ist heute über 50 Jahre alt [1]. Kurz nach der Währungsreform eröffneten am 24. Juni 1948 der Ingenieur Willi Reese aus Wattenscheid und der Kaufmann Horst Möller aus Bochum als Gesellschafter zu gleichen Teilen die Firma

„Gesellschaft für Wärmebehandlungstechnik m. b. H.“ mit einem Stammkapital von 20000 DM. Am 1. September 1950 gingen Geschäftsanteile von 10000 DM – wie vorher vereinbart – an den Bruder von Willi Reese, Dr.-Ing. Helmut Reese, über, welcher dann am 4. November 1955 zum alleinigen Geschäftsführer bestellt wurde. Horst Möller schied am 1. Februar 1952 aus dem Unternehmen aus. Gegenstand des Unternehmens mit dem damaligen Sitz in Bochum-Gerthe war damals und ist noch heute das „Veredeln von Stahl, Eisen und anderen Metallen durch Wärmebehandlung“.

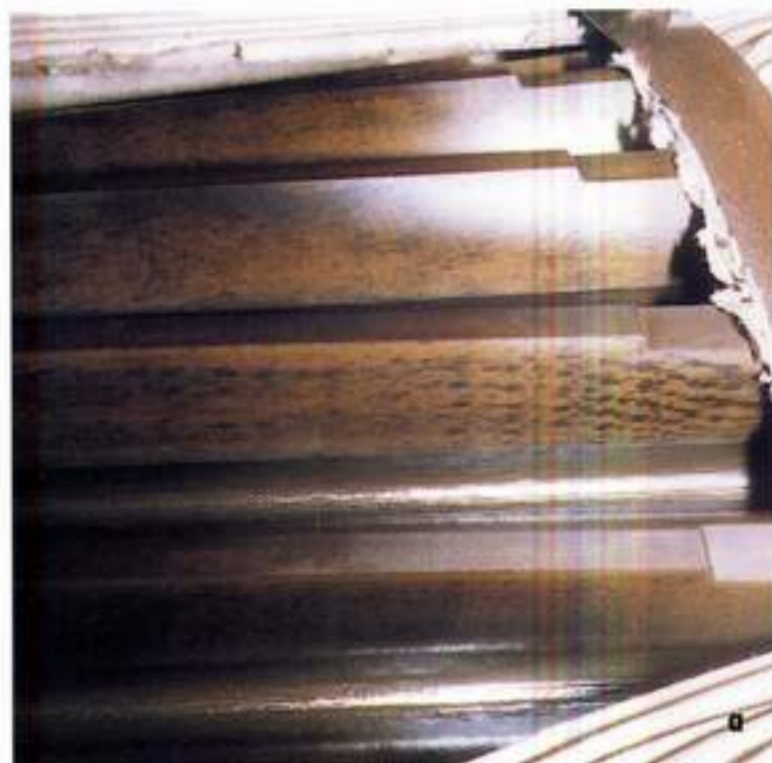
Der Name der Gesellschaft wird im Laufe der Zeit mehrmals geändert: Im Jahr 1951 lautet er „Härterei-Gesellschaft Bochum mbH“, zwischendurch „Härterei Bochum Dr.-Ing. Helmut Reese GmbH“ und heute „Härterei Reese Bochum GmbH“. Schon bald wurde das Gelände in Bochum-Gerthe zu klein, so dass man 1965 nach Castrop-Rauxel bzw. im Jahr 1968 nach Bochum-Riemke umzieht, wo man auch heute noch ansässig ist und genügend Betriebsflächen für Erweiterungen vorhält (Bild 2). Die Härterei Reese Bochum ist seit 1996 nach DIN EN ISO 9001 zertifiziert und darüber hinaus die erste deutsche Härterei, die ein zertifiziertes Umweltmanagementsystem nach DIN EN 14001 installiert hat und nach der EG-Öko-Audit-Verordnung validiert wurde.

Heute an vier Standorten in Deutschland präsent

Die enormen Steigerungen der Tragfähigkeit von Zahnrädern und damit des Leistungsdurchsatzes von Getrieben wurden erst nach Ende des Zweiten Weltkriegs möglich,

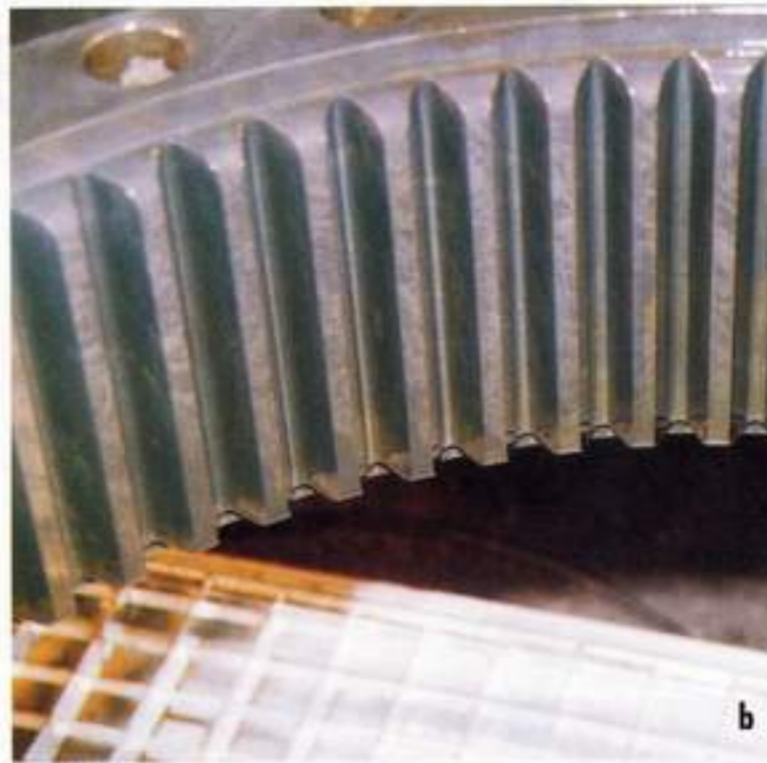


2: Heutiges Werksgelände der Härterei Reese in Bochum



3: Zahnräder nach der Schleifbrandprüfung

Schön zu erkennen ist das dunkelbraune Streifenmuster des Schleifbrands (a), während ein ungeschädigtes Zahnrad (b) hellgrau aussieht



als entsprechende Verfahren zur Wärmebehandlung [2] zur Verfügung standen. Somit konnte zum einen ein Getriebe kompakter aufgebaut werden, was Bauraum in der Konstruktion der gesamten Anlage einsparte. Zum anderen konnte in Leistungsbereichen von mehreren Hundert Megawatt vorgestoßen werden, wie sie z. B. im Turbotriebbaubau für die Energieerzeugung oder für Schiffsantriebe notwendig sind.

Weiterhin schützen wärmebehandelte Oberflächen die Zahnräder, Wellen oder Wälzlager vor erhöhtem Verschleiß, so dass Kosten für Reparatur oder gar Austausch in Milliardenhöhe erspart werden. Das Härten in seinen heute vorkommenden vielfältigen Facetten trägt zum Erhalt von Sachwerten in einem erheblichen Maß für die Volkswirtschaft bei.

Als Helmut Reese im Jahr 1948 die Firma gründete, konnte er diese Entwicklung sicher noch nicht absehen. Nur die wenigsten Maschinenelemente und Apparateile wurden gehärtet. Durch die Ausrichtung seines Studiums und seiner Promotion an der Technischen Hochschule Aachen auf das Thema Wärmebehandlung zeigte er einen erheblichen Weitblick, der sich in der erfolgreichen Gründung und Weiterentwicklung seiner Firma manifestierte.

Nach dem Tod von Dr.-Ing. Helmut Reese im Jahr 1986 führte zunächst sein Sohn Dipl.-Ing. Gerhard Reese als alleiniger Geschäftsführer die Härterei in Bochum weiter. Heute sind in der Unternehmensgruppe auch seine zwei Brüder aktiv. Zum einen ist dies seit dem Jahr 1988 sein jüngerer Bruder Dipl.-Ing. Joachim Reese. Er ist in der Härterei Reese Brackenheim zwischen Stuttgart und Heilbronn als Geschäftsführer tätig, wo man 1988 ein modernes, sich gut entwickelndes Dienstleistungsunternehmen für den Maschinenbau und die Automobilindustrie gegründet hatte.

Zum anderen wurde man zweimal in Ostdeutschland kurz nach der Wende aktiv. Im Jahr 1991 gründete Dipl.-Ing. Ulrich Reese (jüngster Bruder von Gerhard Reese) die Härterei Reese Chemnitz aus alten DDR-Beständen heraus. Neben dem Drei-Söhne-Gespann wurde 1992 Norbert Schremb Geschäftsführer der Härterei Reese Weimar, wo man eine traditionsreiche Werkhärterei in den Firmenverbund eingliedern konnte.

Insgesamt erwirtschaftete man 1998 an allen vier Standorten mit 130 Mitarbeitern einen Umsatz von rund 20 Mio. DM.

Entstehung des Schleifbrands

Schleifbrand [3] ist eine thermische Schädigung der geschliffenen Randzone eines Bauteils wie z. B. eines Zahnrads (Bilder 3a und 3b) oder einer Welle. In schweren Fällen ist Schleifbrand mit dem bloßen Auge durch eine schwärzlich-braune Verfärbung der Oberfläche zu erkennen. Bei den sonstigen Fällen ist jedoch eine metallographische Ätzung mit Chemikalien notwendig, um dieses Phänomen sichtbar zu machen. Der Schleifbrand kommt folgendermaßen



4: Bieten den neuen Service der Schleifbrandprüfung an: Klaus Hölken (Betriebsleitung), Dipl.-Ing. Jörg Döllekes (Leiter Qualitäts- und Umweltwesen), Dipl.-Ing. Gerhard Reese (Geschäftsführung)

Von links nach rechts; im Hintergrund die Prüfanlage

zustande. Beim Einsatzhärten wird das Bauteil auf eine Temperatur um 900 °C erwärmt und erfährt durch die CO₂-Atmosphäre eine Aufkohlung durch die Zufuhr von gasförmigem Kohlenstoff in der Randzone auf 0,6 bis 0,9 Prozent Kohlenstoff. Das Gefüge besteht hier aus Gamma-Mischkristallen (kubisch-flächenzentrierte Eisenkristalle des Austenits), die Kohlenstoff in einem hohen Maß aufnehmen können.

Wird das Bauteil nun schnell von dieser Temperatur abgekühlt (mit Wasser oder Öl abgeschreckt), so kann der Kohlenstoff nicht mehr aus den Gamma-Mischkristallen diffundieren, wie er es bei einem langsamen Abkühlen mit Umklappen in kubisch-raumzentrierte Alpha-Mischkristalle ma-

chen würde. Das Kristallgitter ist dadurch mit Kohlenstoff übersättigt.

Wegen des großen Temperaturgradienten klappen die Gamma-Mischkristalle nach dem Abschrecken erst später um. Da bei dieser niedrigeren Temperatur keine Kohlenstoffdiffusion mehr stattfinden kann, sind die Alpha-Mischkristalle stark mit Kohlenstoff übersättigt, und dementsprechend ist das Kristallgitter stark verspannt. Das Gefüge ist somit gehärtet. Es wird Martensit mit einem mehr oder weniger hohen Restgehalt an Austenit genannt. In diesem Zustand befindet sich ein Bauteil, wenn es anschließend unbeschädigt und korrekt geschliffen wurde.

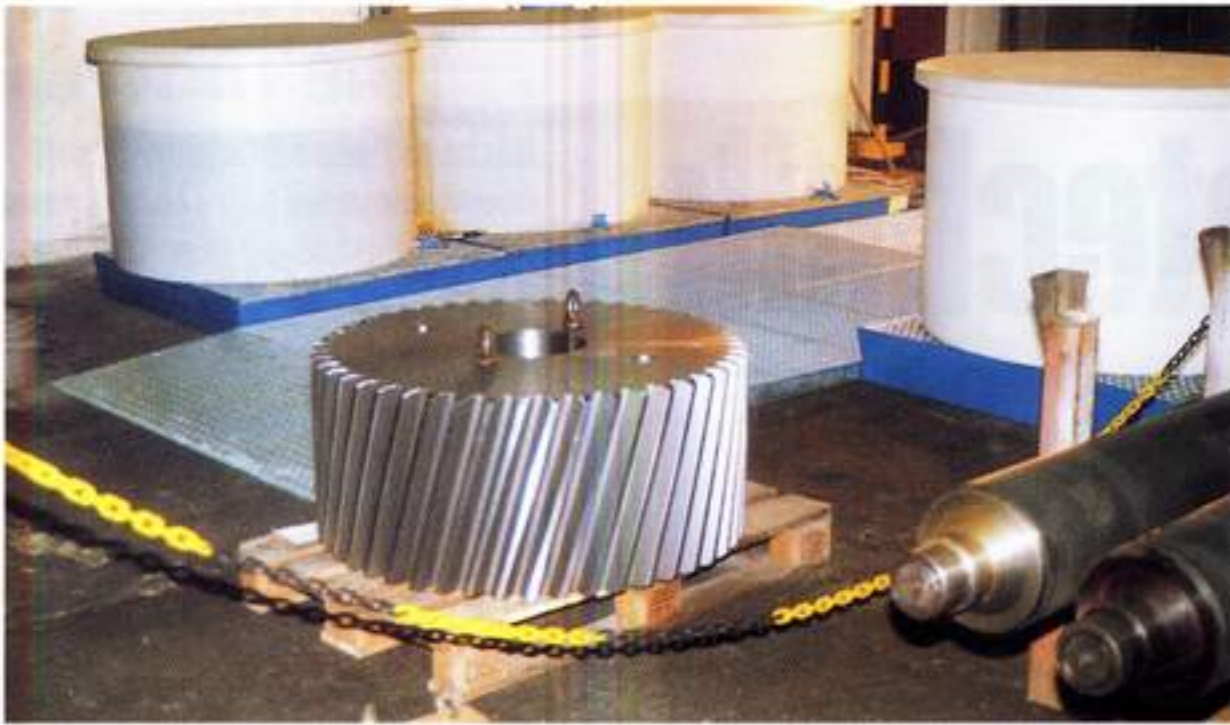
Wird das Gefüge wieder auf eine Temperatur von 300 °C erwärmt, zum Beispiel bei einem Schleifprozess mit sehr großem Zeitspannvolumen, so setzt eine Kohlenstoffdiffusion aus dem mit Kohlenstoff übersättigten Martensit ein. Das Gefüge strebt also dem Gleichgewichtszustand zu. Der diffundierende Kohlenstoff wiederum verbindet sich mit Eisen zu Zementit. Das Kristallgitter entspannt sich. So weist die Randzone des Bauteils eine geringere Härte auf als vorher. Dabei ist der Zementit gleichmäßig in feinkugelförmiger Form in dem Grundgefüge des Ferrits verteilt. Die zu hohe Schleiftemperatur bewirkt weiterhin eine Ausdehnung der Randzone. Druckspannungen werden abgebaut und hinterlassen nach dem Abkühlen Zugeigenspannungen.

Dies ist in vereinfachter Weise der Vorgang, wie er sich beim Entstehen von Schleifbrand im Gefüge abspielt. Generell verringert Schleifbrand die Zahnflanken-tragfähigkeit um rund 20 Prozent. Schleifbrandgeschädigte Räder fallen häufig durch eine großflächige Grübchenbildung aus, die mit relativ großen Materialabplatzungen verbunden ist. Entlang der Schleifbrandzone entstehen Risse, die schon bei geringen Lasten zu Zahnbrüchen und damit zu Getriebeausfällen und Anlagenstillständen führen. Wie die Schleifbrandprüfung diese Schäden erkennen kann, und wie die Prüfung im Einzelnen abläuft, wird in den folgenden Abschnitten erläutert.

Prüfung des Schleifbrands durch Nitalätzung

Die Schleifbrandprüfung an Oberflächen durch eine Nitalätzung ist bereits seit 1963 in der heutigen US-amerikanischen Norm ANSI/AGMA 2007-B92 (AGMA = American Gear Manufacturers Association) festgelegt worden [4]. Vorher lief die Norm unter der Nummer AGMA 230.01. Im Jahr 1989 wurde mit einer Überarbeitung der Norm begonnen. Hier in Deutschland wird die AGMA-Norm erst seit kurzem beachtet und vermehrt angewendet. Eine weitere Richtlinie zur Schleifbrandprüfung durch die Nitalätzung gibt es in der Militär-Norm MIL-Std-867A.

Die Härterei Reese Bochum hat in den letzten 10 Jahren immer wieder Schadensfälle bearbeitet und Schadensgutachten erstellt, wobei oft Schleifbrand als Schadensursache festgestellt wurde. So liegen auf diesem Gebiet bereits langjährige Erfahrun-



5: Prüfanlage mit Salpeter- und Salzsäure sowie Natronlaugebehältern mit Zahnrad- und Wellenprüflingen für die Nitalätzung



6: Säubern des Prüflings mit Druckluft

gen vor. Seit September 1999 bietet die Härterei Reese nun die Schleifbrandprüfung selbst erfolgreich am Markt an (Bild 4), die sich stark an die 1992 erneuerte ANSI/AGMA-Norm anlehnt. Dafür wurde eigens eine Prüfanlage (Bild 5) in Betrieb genommen, die in den nächsten Monaten noch ausgebaut und verbessert werden soll. Da der Prüfvorgang mit dem Handling von Chemikalien verbunden ist, welche die Korrosion der geschliffenen Bauteile forcieren, wollen viele Getriebehersteller die Schleifbrandprüfung nicht in ihren eigenen Räumen durchführen. Die Chemikalienschwaden könnten empfindliche Werkzeug-, Verzahnungs- und Prüfmaschinen gefährden, das heißt z. B. Maschinenbetten korrodieren lassen. Daher bietet die Härterei Reese als Zusatzservice zu ihrem umfangreichen Wärmebehandlungsprogramm die Schleifbrandprüfung an. Im geübten Umgang mit den aggressiven Chemikalien (Salpeter- und Salzsäure sowie Natronlauge) in den vorhandenen großen Mengen kann man ein Höchstmaß an technischen und organisatorischen Maßnahmen wie Absaugvorrichtungen und Auffangräume garantieren, um so die geforderten Vorschriften zur Umwelt- und Arbeitssicherheit zu erfüllen. Darüber hinaus ergeben sich durch die strengen Vorgaben der AGMA-Norm und der Kunden umfangreiche Untersuchungen der Bäder, um die Prozesse und die Prüfergebnisse abzusichern. Hierzu zählt eine ständige Kontrolle von pH-Wert, Säuren- und Laugenkonzentration und Eisengehalt.

Die zu prüfenden Bauteile wie Zahnräder, Wellen und Zahnstangen werden mit demselben LKW befördert, der die zu härtenden Bauteile vom Kunden anliefert. Es entstehen somit keine zusätzlichen Speditionskosten.

Prozessbeschreibung der Nitalätzung

Das zu prüfende Bauteil wird in einem speziellen Prozess, der Nitalätzung, geätzt und geblichen, nachdem es zuvor gereinigt worden war. Das Wort „Nital“ kommt aus dem Englischen als „nitric acid“ und bedeutet so viel wie Salpetersäure. Nach der Nitalätzung erfolgt eine optische Beurteilung. Während des Prozesses werden die entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen, Unfallverhütungsvorschriften und Umweltschutzrichtlinien von der Härterei Reese eingehalten. Der Prozess zur Schleifbrand-

prüfung mit Nitalätzung besteht aus den folgenden Schritten:

- gründliche Reinigung und Entfettung mit Lösungsmitteln, denn Fett- und Kühlemulsionsreste können den Farbkontrast beeinflussen und Schleifbrand vortäuschen;
- Nitalätzung (Oxidation) in 3- bis 5-prozentiger Salpetersäure (HNO_3), so dass sämtliche metallisch reinen, fettfreien Flächen des Bauteils eine schwarz-braune Farbe bekommen;
- Spülen im Bad mit deionisiertem Wasser zum Stoppen der Ätzung;
- Tauchen in heißes Wasser (65°C), Herausnehmen und Abblasen mit Luftstrahl (Bild 6) zum Ablösen der Salpetersäure;
- Bleichen in 4- bis 6-prozentiger Salzsäure (HCl), so dass sich schleifbrandfreie Zonen am Bauteil hellgrau verfärben;
- Spülen im Bad mit deionisiertem Wasser zum Stoppen des Bleichens;
- Tauchen in Natronlauge mit definiertem pH-Wert zur Neutralisation;
- Tauchen in heißes Wasser (65°C) zum vollständigen Ablösen der Säuren, Herausnehmen und Abblasen mit Luftstrahl;
- Beurteilung der Verfärbung durch optische Kontrolle unter vorgegebener Beleuchtungsstärke (Scheinwerferlicht) nach gewissen Klassen (siehe spätere Erläuterungen).

Nach der Beurteilung muss das Bauteil sofort mit Öl oder einem Schutzmittel besprüht werden, um die „offenen“ Flächen vor Korrosion zu schützen. Die Ätzung – richtig durchgeführt – hat in der Regel keinen negativen Einfluss auf die Lebensdauer oder die Festigkeit des Bauteils, kann also unter die zerstörungsfreien Prüfverfahren eingruppiert werden.

Beurteilung und Klassifizierung der Flächen

Nach der Nitalätzung muss eine Beurteilung und Klassifizierung der geätzten Flächen vorgenommen werden. Flächen, die keinen Schleifbrand aufweisen, verfärben sich von schwarz-braun in hellgrau. Dagegen bleiben Flächen mit Schleifbrand durch den Bleichvorgang dunkelgrau bis braunschwarz. Typisch sind Streifenmuster im Raster der Vorschubgeschwindigkeit (siehe Bild 3a). Die AGMA-Norm gibt zur Beurteilung und Vergleichbarkeit der Flächen verschiedene Klassen vor, die den Grad der Verfärbung flächenmäßig in Pro-

zent und den Grad des Härteabfalls beurteilen. Als Ergebnis dieser Schleifbrandprüfung mit Nitalätzung erhält der Kunde von der Härterei Reese ein Zertifikat.

Durch die Gefügeänderung, die der Schleifbrand hervorgerufen hatte, und durch den Härteabfall kann eine tiefreichende Oxidation durch die Salpeter- und Salzsäure stattfinden, die als Verfärbung sichtbar bleibt. Ursprünglich gab es fünf Klassen, die heute jedoch auf vier verkleinert wurden, um den Schleifbrand zu beurteilen:

- Klasse A: keine Verfärbung, gesamte Fläche mit gleichmäßig hellgrauer Farbe;
- Klasse B: leichte Verfärbung, kleine Fläche mit schwacher dunkelgrauer Farbe;
- Klasse D: schwere Verfärbung, große Fläche mit dunkelbrauner bis tiefschwarzer Farbe;
- Klasse E: große Überhitzung, große Fläche mit weißer Farbe (Weißfleckigkeit).

Als Abhilfemaßnahme bei Schleifbrand stehen nur begrenzt Verfahren zur Verfügung. Am besten ist immer noch eine neue Fertigung des Bauteils. Durch Aufkohlen und erneutes Härten können sehr bedingt Schleifbrandfehler kompensiert werden. Auch ein Nachschleifen ist möglich, wobei aber ein Verlust an Härtetiefe auftreten kann, der wiederum eine Nitalätzung erforderlich macht.

Literaturhinweise:

- [1] Reichenbach, M.: 50 Jahre härten für die Antriebstechnik. Firmenportrait der Härterei Reese Bochum GmbH. *antriebstechnik* 37 (1998), Nr. 6, S. 12–14
- [2] N. N.: Erhöhung der Tragfähigkeit, Reduzierung des Verschleißes. Firmenportrait der Härterei Bochum. *antriebstechnik* 24 (1985), Nr. 9, S. 8–9
- [3] Bausch, T.: Nitalätzung zum Nachweis von Schleifbrand. *antriebstechnik* 21 (1982), Nr. 3, S. 89–91
- [4] ANSI/AGMA 2007-B92: Oberflächen-Schleifbrandprüfung durch Nitalätzung nach dem Schleifen. American Gear Manufacturers Association, Alexandria, Virginia (USA), Juli 1992

Informationen rund um die Härtetechnik

Im „World Wide Web“
präsentieren sich die
Härtereien Reese von
ihrer informativen Seite:



Internet: Wissenswertes rund um die Härtetechnik

Unter den Internet-Adressen

<http://www.haerterei.com>,
<http://www.hardening.com> und
<http://www.trempe.com>

finden Sie eine Vorstellung der vier Standorte
mit ihrem Dienstleistungsprogramm und
den Kontaktadressen.

Darüber hinaus können Sie über ein
Register mit zahlreichen Schlagwörtern
ausführliche und bebilderte Informationen
zu Begriffen und Verfahren der
Härtetechnik abrufen.



Das Programm:



Härtereie Reese Bochum GmbH
Oberscheidstraße 25 · 44807 Bochum
Tel. (0234) 90 36-50 · Fax (0234) 90 36-96
E-Mail: info@haerterei.com

EINSATZHÄRTEN

RANDSCHICHTHÄRTEN

HÄRTEN UND VERGÜTEN

NITRIEREN

BORIEREN

VAKUUMHÄRTEN

GLÜHEN

RICHTEN

REINIGUNGSSTRAHLEN

WARMAUFCHRUMPFEN

SCHLEIFBRANDPRÜFUNG

QUALITÄTSSICHERUNG

BERATUNG UND SERVICE



Härtereie Reese Bochum GmbH
Oberscheidstraße 25 · 44807 Bochum
Informations-Service:
Tel. (02 34) 90 36-50 · Fax (02 34) 90 36-96
E-Mail: info@haerterei.com



Härtereie Reese Brackenheim GmbH & Co. KG
Gaswerkstraße 17 · 74336 Brackenheim
Informations-Service:
Tel. (0 71 35) 97 40 3-0 · Fax (0 71 35) 96 02 66
haerterei.reese.brackenheim@t-online.de



Härtereie Reese Chemnitz GmbH & Co. KG
Otto-Schmerbach-Str. 19 · 09117 Chemnitz
Informations-Service:
Tel. (0 37 1) 8 15 83-0 · Fax (0 37 1) 8 15 83-49
haerterei.reese.chemnitz@t-online.de



Härtereie Reese Weimar GmbH & Co. KG
Kromsdorfer Straße · 99427 Weimar
Informations-Service:
Tel. (0 36 43) 48 09-0 · Fax (0 36 43) 48 09-87
ReeseWei@aol.com