

Autorenfortdruck aus der Zeitschrift

HTM

Härterei-Technische
Mitteilungen

Zeitschrift für Wärmebehandlung und Werkstofftechnik

51. Jahrgang 1996

Carl Hanser Verlag, München

A. Horsch

Überwachung wärmebehandelter Massenteile durch zerstörungsfreie Prüfverfahren*

Eines der schwierigsten Probleme in der Fertigungskontrolle von Massenteilen ist die Überwachung des Wärmebehandlungsergebnisses. Hier haben Gefügeausbildung und richtige Härte bei der Überprüfung der Qualitätsmerkmale eine primäre Bedeutung für die Qualität und Sicherheit des Endproduktes. Diese Eigenschaften lassen sich mit zerstörungsfreien Methoden als Stichprobenprüfung nur mit hohem Personal- und Kostenaufwand überwachen. Eine Stichprobenprüfung ist nur bei statistisch verteilten Fehlern sinnvoll. Während des Wärmebehandlungsprozesses in Durchlauföfen oder Induktionshärteanlagen können mit einzelnen Teilen jedoch zufällige Dinge passieren, die sich den Gesetzen der statistischen Verteilung entziehen. Es muß also ein Verfahren eingesetzt werden, mit dem eine maximale Prüfsicherheit gemäß dem Stand der Technik gewährleistet wird. Das Verfahren muß einfach durchzuführen und schnell sein. Es muß die größtmögliche Prüfsicherheit auch bei unbekanntem Fehlern aufweisen und natürlich zerstörungsfrei sein. Die Wirbelstromprüfung bietet hier die Lösung.

One of the most difficult problems to be solved in the field of manufacturing control of mass products is to verify heat treatment. When quality control is done, correct structure and correct hardness are of utmost importance for quality and reliability of the final product. These properties can be monitored by non-destructive methods only in spot checks which are very labour and cost intensive. Spot checks are appropriate only if the defects follow the rules of statistical distribution. During heat treatment in continuous furnaces or induction-hardening systems, things like temporary malfunctioning of the furnace or parts of improper material in a batch may cause defects which do not follow the rules of statistical distribution. In order to eliminate this, a test method must be applied which offers maximum test reliability to the state of the art. The test method must be easy to operate, fast and non-destructive. Maximum test reliability even for unexpected defects must be guaranteed. Eddy current testing is the solution.

1 Einleitung

Zunehmende Qualitätsanforderungen verlangen nicht nur neue Produktionstechniken, sie verlangen auch die Anwendung neuer Systeme in der Qualitätssicherung. Besonderes Augenmerk gilt hier der Werkstoffprüfung. Es müssen

gezielte Maßnahmen eingeführt werden, um die „Total Quality Management“-Philosophie auch im Bereich der Werkstoffprüfung durchzusetzen. Kein Endabnehmer akzeptiert heute noch Fehlerquoten im ppm-Bereich. Um auf hohem Qualitätsniveau produzieren zu können, ist die Überwachung der Wärmebehandlungsergebnisse auf Fehlerfreiheit unerlässlich. Es müssen Verfahren eingeführt werden, die schnell, sicher und problemlos eine 100%-Gefüge-, Material- und Härtekontrolle durchführen können. Die eingesetzten Methoden müssen dem Stand der Technik und Entwicklung entsprechen, eine möglichst große Sicherheit bieten und kostengünstig einsetzbar sein. Die Wirbelstromprüfung mit Präventiver Mehrfrequenz-Prüfung PMFP ist heute in der Lage, die Wärmebehandlungsergebnisse kostengünstig, schnell und zuverlässig in der industriellen Serienprüfung zu überwachen. Die Einsatzmöglichkeiten moderner Wirbelstromprüfgeräte sind vielfältig und in ihren Anwendungen noch nicht ausgeschöpft.

2 Auswahl des Prüfverfahrens

Prüfverfahren dienen dem Nachweis der anforderungsgerechten Ausführung von Bauteilen. Der Wert von Prüfverfahren bemißt sich nach der Eignung ihrer Ergebnisse, möglichst zuverlässige Angaben über das zu erwartende Wärmebehandlungsergebnis zu machen. Das Prüfergebnis muß ohne lange Umwege sofort auswertbar sein. Die maximale Prüfsicherheit muß gewährleistet werden. Alle eingesetzten Verfahren müssen dem Stand der Technik entsprechen und wirtschaftlich vertretbar sein [1].

Die moderne Wirbelstrom-Mehrfrequenz-Prüfung mit PMFP hat in den letzten Jahren unter Beweis gestellt, daß sie als eines der zuverlässigsten Kontrollverfahren der 100%-Werkstoffprüfung gilt [2, 3].

Der Qualitätssicherung wird ein weiterer Anwendungsbereich eröffnet. Es ist heute möglich, mit präventiven Mehrfrequenz-Systemen auch nicht zu erwartende Fehler mit höchster Zuverlässigkeit zu erkennen. Rechnergestützte Mehrfrequenz-Wirbelstrom-Prüfstationen mit 8 bis 32 Prüffrequenzen haben das Leistungsvermögen der Wirbelstromprüfung enorm gesteigert. Ihre Einsatzmöglichkeiten reichen von der Gefüge-, Härtetiefen- und Härtekontrolle bis zur Materialverwechslungsprüfung. Sie entspricht dem Stand der Technik [4] und ist in verschiedenen Industrien als Prüfverfahren anerkannt.

2.1 Prüfumfang

Vom Prozeß abhängige Eigenschaften der produzierten Teile, wie z.B. Gefüge, Härte oder Härtetiefe, die über einen Wärmebehandlungsprozeß eingestellt werden, unterliegen einer

* Vorgetragen von A. Horsch auf dem 51. Härtereikolloquium, 4.-6. Oktober 1995 in Wiesbaden.

Streuung. Die Verteilung dieser Streuung wird im allgemeinen statistischen Regeln folgen und kann vorhergesagt oder angenommen werden. Zur Sicherstellung einer solchen Eigenschaft genügt es daher, eine bestimmte Anzahl von Stichproben zu untersuchen und aus deren Eigenschaften auf das Gesamtlos zu schließen. Kritisch wird der Fall, wenn innerhalb des Fertigungsprozesses zufällige Dinge passieren, die sich den Gesetzen der statistischen Verteilung entziehen. Eine sehr gute Übersicht über Mängel durch Fehler beim Wärmebehandeln (Mängel, wärmebehandlungsbedingte Ursache, maßgebliche Fehler beim Wärmebehandeln) wird in DIN 17 022 (z. B. Teil 1, 2 und 3) gegeben.

Ein Teil dieser Fehler kann heute mit den modernen Prozeßüberwachungssystemen, wie sie bei neuen Maschinen vorhanden sein sollten, bereits bei der Entstehung festgestellt werden. Die Fehler können jedoch als Einzelfehler oder in Kombination auftreten. Bei einer Kumulation mehrerer geringer Abweichungen können bereits n.i.O.(nicht-in-Ordnung-)Teile entstehen, wobei die Prozeßüberwachung nicht zwingend anspricht. Mit einfachen Methoden wie der Härteprüfung kann keine sichere Fehlerbestimmung durchgeführt werden. Versagen wird die Stichprobe, sobald der Fehler als kurzzeitiges Ereignis zwischen zwei Stichproben auftritt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß eine Stichprobe nur langsame Prozeßänderungen findet. Unerwartete und kurzzeitig auftretende Fehler können nur mit großer Unsicherheit ermittelt werden. Wenn also durch die Stichprobenprüfung nicht 100%ig sichergestellt werden kann, daß alle Fehlteile gefunden werden, muß man andere Verfahren heranziehen. Die 100%-Prüfung mit Wirbelstrom ist ein solches Verfahren.

2.2 Wirbelstromprüfung

Die Prüfanordnung sieht im wesentlichen so aus, daß eine Spule vorhanden ist, die wie ein Transformator wirkt und aus einer primären und einer sekundären Wicklung besteht. Die beiden Wicklungen sind so angeordnet, daß sie nur eine lose Kopplung aufweisen. In der noch leeren Spule wird bereits über das entstehende Magnetfeld aus der Primärwicklung in die Sekundärwicklung eine geringe Spannung induziert.

Nähert man nun einen Prüfling an das Spulensystem an, ändert sich der Koppelfaktor von der primären Wicklung zur sekundären Wicklung (Bild 1). Es kommt zu einem Anstieg der induzierten Spannung. Die Änderung wird in erster Linie durch die magnetische Leitfähigkeit (Permeabilität) und durch die elektrische Leitfähigkeit des Prüflings bestimmt. Diese beiden elektromagnetischen Eigenschaften korrelieren im starken Maße mit dem Gefügezustand. Eine mehrdimensionale Auswertung in Amplitude und Phase für jede Frequenz ermöglicht eine zuverlässige Prüfung.

Die für die Wirbelstromprüfung ferromagnetischer Werkstoffe maßgebliche Meßgröße ist die Permeabilität. Wenn man von Permeabilität spricht, so ist damit immer die relative Permeabilität gemeint. Sie ist eine dimensionslose Zahl, die angibt, um wievielfach ein bestimmter Werkstoff magnetische Feldlinien besser leitet als Luft. Bei magnetisierbarem Stahl beträgt der Wert einige 10 bis zu einigen 1000.

Der Zusammenhang zwischen Permeabilität und Feldstärke ist nicht linear. Bei sehr kleinen Feldstärken ist die Permeabilität niedrig (Anfangspermeabilität). Mit zunehmender Feldstärke steigt die Permeabilität auf den maximalen Wert an, um dann wieder auf kleinere Werte abzusinken. Die Ursache hierfür liegt in der Verschiebung der Blochwände sowie der Ausrichtung der „Weißschen Bezirke“. Jedes Gefüge und jeder Werkstoff haben eine eigene Per-

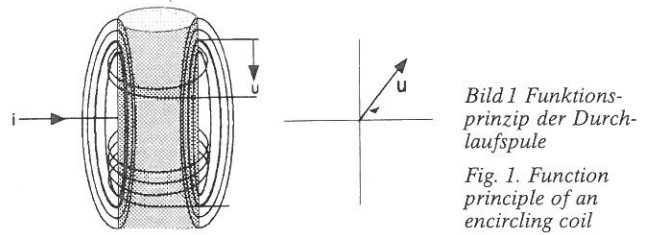


Bild 1 Funktionsprinzip der Durchlaufspule

Fig. 1. Function principle of an encircling coil

meabilität. Dies bedeutet, daß unterschiedliche Wärmebehandlungszustände bzw. Gefüge ein unterschiedliches Permeabilitätsverhalten aufweisen [9] (Bild 2).

Wenn z. B. eine erwartete Vermischung zwischen 100Cr6 und St 70 an einem einrequenten Wirbelstromprüfgerät optimal eingestellt wird, kann es passieren, daß eine Verwechslung zwischen C45 und 100Cr6 nicht gefunden werden kann. Dies liegt daran, daß in einem Bereich geprüft wird, in dem beide gleiche Permeabilität aufweisen. Würde jedoch mit vielen verschiedenen Frequenzen geprüft, könnte zuverlässig bei einer Feldstärke ein Unterschied festgestellt werden.

2.3 Präventive Mehrfrequenzprüfung – PMFP

Das altbekannte Verfahren der Wirbelstromprüfung ist das kostengünstigste und zuverlässigste zerstörungsfreie 100%-Prüfverfahren, wenn da nicht ein gewisses Unbehagen aufgrund schlechter Erfahrungen mit älteren Einfrequenzsystemen in der Vergangenheit wäre. Bei diesen älteren Einfrequenzsystemen können nur sehr eingeschränkte Prüfaussagen gewonnen werden.

2.3.1 Der alte Weg

Die übliche Vorgehensweise bei Einfrequenzsystemen ist, daß man mit einer Gruppe guter und einer Gruppe schlechter Teile, z. B. falscher Anlaßtemperatur, die optimalen Prüfbedingungen einstellt. Hierbei sind eine Vielzahl von Einflußgrößen nicht berücksichtigt. Wenn man die in Tabelle 1 aufgeführten Fehler betrachtet, ist eindeutig, daß man zur Einstellung des Wirbelstromprüfgerätes nicht alle Fehlerarten als Einstellmuster haben kann. Ein wesentlicher Grund ist, daß man nicht für jedes Bauteil einen kompletten Satz an Fehlern hat. Des weiteren ist ein künstlich erzeugter Fehler niemals so ausgebildet wie ein echter Fehler. Nicht zu ver-

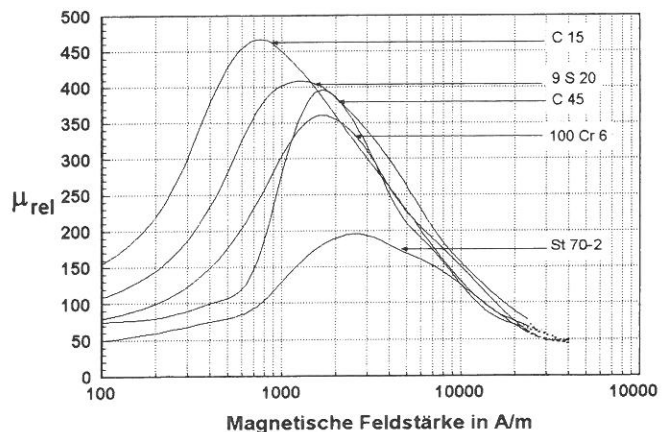
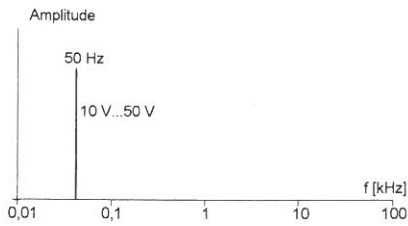
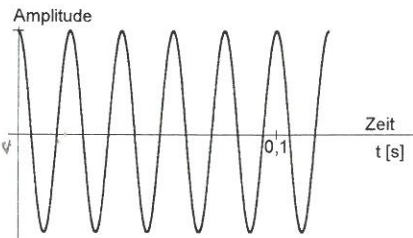


Bild 2. Permeabilitätskurven unterschiedlicher Werkstoffe in Abhängigkeit von der Feldstärke

Fig. 2. Permeability curves of different materials in dependence on field strength



Ansicht im Zeitbereich



Auswertung einfrequente Prüfung

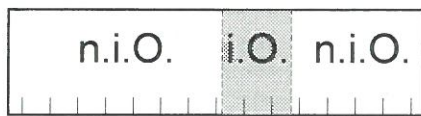


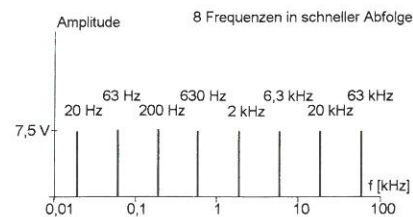
Bild 3. Schematische Darstellung einer Einfrequenzprüfung
Fig. 3. Scheme of monofrequent testing

V1.05	23.02.93	14:58	230	100.0%	Σ
eddyliner-P	SN:00103		230	100.0%	NG
Set01	vom 23.02.93		0	0.00%	OK
ferr. Verwechslung					
SORTIERPRÜFUNG EXTRN Pip					
Fkt	Frq	0	1	2	Dist
A	4.0	12.5 Hz			0.24
B	4.0	40.0 Hz			0.36
C	4.0	125 Hz			0.39
D	4.0	400 Hz			0.71
E	4.0	1.25kHz			1.89
F	4.0	4.00kHz			0.84
G	4.0	12.5kHz			1.36
H	4.0	40.0kHz			3.23

Bild 4. Schematische Darstellung einer Mehrfrequenzprüfung
Fig. 4. Scheme of multifrequent testing

gessen, daß man sehr große Schwierigkeiten hat, einen Härtefehler zu simulieren. Dies bedeutet, daß man nur den als Einstellmuster vorhandenen Fehler sicher finden kann. Alle unerwarteten Fehler können nicht sicher gefunden werden.

Ansicht im Frequenzbereich



Ansicht im Zeitbereich

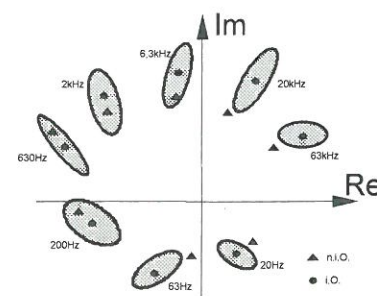
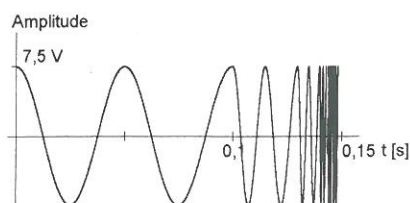


Bild 5. Darstellung einer Prüfung in der Impedanzebene
Fig. 5. Testing in the impedance plane

Die Prüfgeräte, die noch mit Einfrequenztechnik arbeiten, sind oft älteren Datums und verwenden zur Erregung der Wirbelströme meist 50 Hz. Einige von ihnen sind in ihrer Frequenz umschaltbar, benutzen doch jeweils immer nur eine einzelne Frequenz zum Prüfen. Die Auswertung kann bei diesen Geräten auf verschiedene Art und Weise erfolgen, doch ist es meist eine eindimensionale, d.h. in eine Richtung gehende Auswertung. Bei einzelnen Prüfgeräten ist auch eine mehrdimensionale Auswertung möglich. Die Prüfungsgeschwindigkeit ist meist nicht sehr hoch, da die verwendeten Auswertelektroniken noch recht langsam sind.

In Bild 3 ist eine einfrequente Prüfung dargestellt. Hier wird nur eindimensional die Amplitudenänderung ausgewertet. Hierbei muß die erhaltene Spannung einen bestimmten Wert erreichen, darf einen zweiten Wert aber nicht überschreiten. Diese eindimensionalen Auswertungen erlauben nur eine sehr grobe Informationsauswertung des erhaltenen Wirbelstromsignals.

2.3.2 Der neue Weg mit PMFP

Bei modernen Wirbelstromprüfgeräten, die mit der Präventiven Mehrfrequenz-Prüfung PMFP arbeiten, wird vollkommen anders vorgegangen (Bild 4). Ausgehend von dem Wissen, daß unterschiedliche Wärmebehandlungsfehler bei verschiedenen Frequenzen angezeigt werden [2, 8], wird nun eine Vielzahl von Prüffrequenzen eingesetzt (mind. 8 Frequenzen). Der Fehler kann mit Wirbelstrom zuverlässig erkannt werden. Wichtig ist neben der Vielzahl der Frequenzen auch der Abstand zwischen ihnen. Dieser sollte zwischen niedrigster und höchster Prüffrequenz mindestens 1:1000 betragen, um eine zuverlässige Prüfung zu gewährleisten [8].

Die Einstellung des Prüfgerätes erfolgt nur noch mit i. O.-Teilen. Eine Gruppe von 10 bis 15 Teilen wird dem Prüfgerät angezeigt. Dann werden Toleranzfelder gebildet. Gegen diese Gutteile werden nun die Prüfteile in ihrem Wirbelstromsignal verglichen. Dies bedeutet, daß keine künstlichen Fehler zum Einstellen benötigt werden. Aufgrund der hohen Prüfungsgeschwindigkeit von 0,064 bis 0,2 s kann eine neue Prüfungsaufgabe in kürzester Zeit eingerichtet werden. Ein weiterer großer Vorteil ist die mehrdimensionale Auswertung der modernen Prüfsysteme (Bild 5). Es wird für jede Prüffrequenz ein eigenständiges Toleranzfeld gebildet. Nur wenn alle Toleranzfelder getroffen werden, kann man davon ausgehen, daß das Teil i. O. ist. Bereits ein einzelnes, nicht getroffenes Toleranzfeld klassifiziert das Teil als n.i.O. Jede Ände-



Bild 6. eddyliner®P Mehrfrequenz-Wirbelstromprüfgerät
Fig. 6 eddyliner®P multi-frequency eddy current test instrument

rung im tiefen, im mittleren oder oberen Frequenzbereich wird sofort signifikant angezeigt.

Durch die Verwendung neuester elektronischer Bauelemente ist es gelungen, die Prüfdauer derart zu reduzieren, daß es völlig gleichgültig geworden ist, ob man mit einer, zwei oder acht Frequenzen prüft. Man kann nun wirklich präventiv prüfen, d.h., einfach alle vorhandenen Informationen aus dem Werkstoff herauslesen. Prüfgeschwindigkeiten von 36000 Teilen/h sind sicher gelöst [7].

3 Anwendungsbeispiele

Das zum Einsatz kommende Prüfgerät muß einfach zu bedienen und schnell in den Fertigungsprozeß zu integrieren sein (Bild 6). Dieses Prüfgerät ist z.B. für die Werkerprüfung konzipiert. In kürzester Zeit kann eine vollkommen neue Prüfaufgabe eingestellt werden. Dieses Prüfgerät hat einen Frequenzbereich von 5 Hz bis 300 kHz und überstreicht damit alle denkbaren Anwendungsbereiche der Materialprüfung mit Wirbelstrom.

3.1 Prüfung von Kugeln, Nadeln und Rollen

Wälzkörper sind höchsten Belastungen ausgesetzt. In der Praxis werden folgende Fehler zuverlässig überwacht:

- Austenitisierungsfehler
- Abschreckfehler
- Anlaßfehler
- Randentkohlung/Weichfleckigkeit

3.1.1 Hochgeschwindigkeitsprüfung von Kugeln

Mit modernen Fertigungsmethoden ist man in der Lage, große Stückzahlen innerhalb kürzester Zeit zu fertigen. Der modernen Wirbelstromprüfung war es jedoch bis 1991 nicht möglich, so hohe Stückzahlen mit Mehrfrequenztechnik in solch kurzer Zeit zu prüfen. Erst die Entwicklung des eddyliner®P machte es möglich, diese sehr hohen Prüfgeschwindigkeiten zu erreichen. Bei der hier vorgestellten Anwendung kommt man bereits in Bedrängnis, die Mechanik so auszuführen, daß sie das Prüfergebn in eine Sortierung umsetzt. Bei Kugeln ist dieses Problem gelöst worden, d.h., die Anwendung der PMFP bei hoher Geschwindigkeit, die mechanische Zuführung, Vereinzelung und Sortierung der Kugeln wurde absolut

sicher ermöglicht (Bild 7). Die hier gestellte Aufgabe verlangte eine Prüfung von 36000 Teilen/h [7].

Die Vereinzelung der Teile und die Zuführung zur Prüfsonde erfolgen mittels einer schräggestellten Indexscheibe, in die Aufnahmetaschen für die einzelnen Kugeln eingearbeitet wurden. Für unterschiedliche Kugeldurchmesser muß lediglich die Indexscheibe ausgetauscht werden. Mit dieser Prüfanlage werden Kugeln auf Härte und Werkstoffverwechslung sortiert.

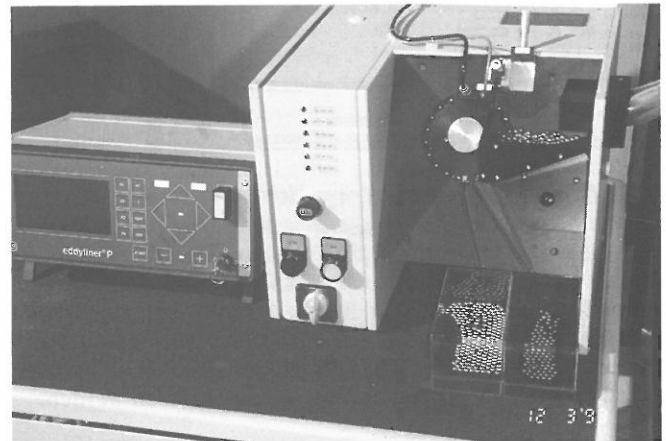


Bild 7. Sortieranlage für Kugeln
Fig. 7. Sorting system for balls

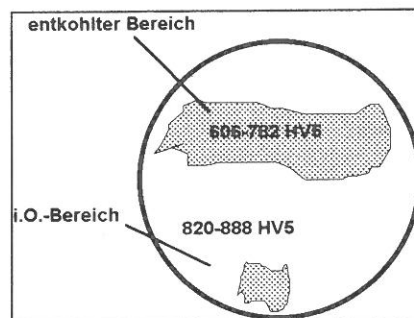


Bild 8. Partiiell entkohlte Kugel
Fig. 8. Partially decarburized ball

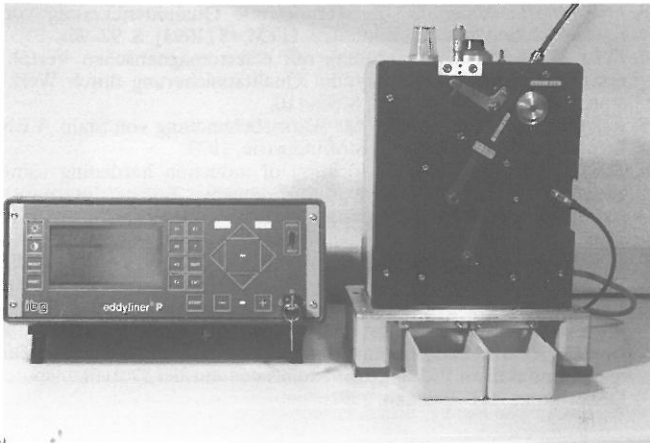


Bild 9. Sortieranlage für Nadeln
Fig. 9. Sorting system for needles

3.1.2 Randentkohlung an Kugeln

Ein nicht unbedeutender Fehler ist eine Randentkohlung und Carbidgehalt in der Oberfläche fertiger Kugeln. Ursache ist hier oft eine nicht einwandfreie Glühung des Drahtes, wobei dieser Fehler, teilweise bedingt durch das Formen der Kugeln und einen gleichmäßigen Abtrag beim Schleifen, oft nur partiell auftritt (Bild 8). Um eine zuverlässige Prüfung zu erzielen, muß die Prüfung auf diesen Fehler mit Durchlaufspulen durchgeführt werden. Bei dem hier gezeigten Beispiel betrug der Unterschied in der Oberflächenhärte ca. 100 bis 200 HV 5. Wird die entkohlte Fläche zu klein, ist bei der Prüfung Vorsicht geboten.

3.1.3 Prüfung von Nadeln und Rollen.

Bei Nadeln und Rollen gilt das gleiche wie bei Kugeln (Bilder 9 und 10). Die Prüfgeschwindigkeit beträgt je nach Teilegröße 1 bis 3 Teile/s.

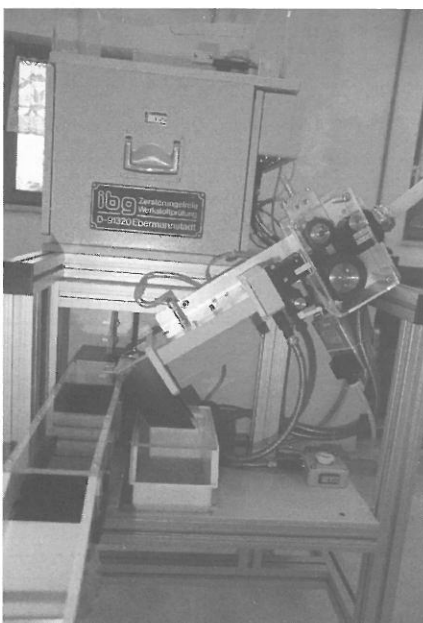


Bild 10. Sortieranlage für Rollen
Fig. 10. Sorting system for rollers

3.2 Prüfung an Ringen

Ringe für Lager weisen grundsätzlich die gleichen Fehlermöglichkeiten wie Wälzkörper auf. Zusätzlich ist aber je nach Größe des Ringes auch noch damit zu rechnen, daß einzelne Bereiche nicht einwandfrei gehärtet sind. (Bild 11). Standardmäßig werden heute Lagerringe von 5 mm bis 300 mm Durchmesser 100 % überprüft. Die Prüfgeschwindigkeit hängt von der Ringgröße ab. Zur Prüfung werden im allgemeinen Rechteckspulen verwendet, durch die die Ringe geschoben werden (Bild 12). Bei großen Ringen kann selbstverständlich an mehreren Stellen mit Mehrkanal-Geräten geprüft werden.

4 Schlußfolgerung

In jedem Unternehmen besteht heute die Forderung, sämtliche Bauteile als in Ordnung auszuliefern. Eine 100 %-Prüfung ist in der Praxis immer häufiger gefordert. Die Wirbelstromprüfung mit dem Präventiven Mehrfrequenz-Verfahren

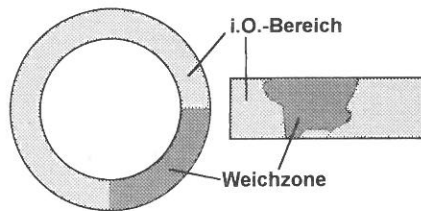


Bild 11. Schematische Fehlerdarstellung: partielle Weichzonen an Ringen

Fig. 11. Schematic display of defects: partial soft areas on rings

ermöglicht eine einfache, zuverlässige und kostengünstige Prüfung. Durch die unproblematische Bedienung und Integrationsmöglichkeit in den Fertigungsprozeß kann eine dem Stand der Technik entsprechende Prüfung sichergestellt werden. Werden die Randbedingungen und die Grenzen der

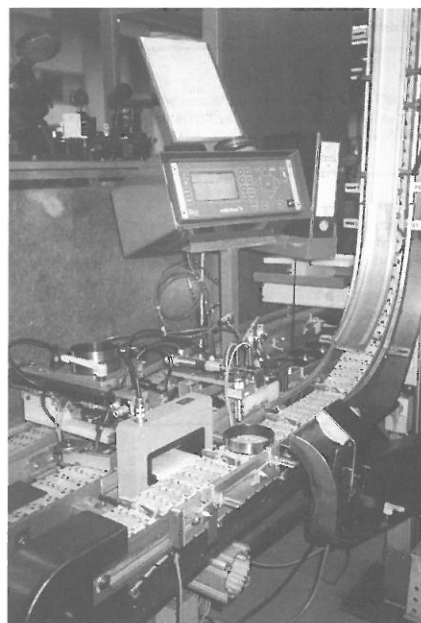


Bild 12. Prüfanlage für Ringe
Fig. 12. Test system for rings

Wirbelstromprüfung beachtet [2], ist eine zuverlässige Prüfung gewährleistet. Aus den dargelegten Ergebnissen wird deutlich, daß eine einfrequente Prüfung als unsicher gelten muß. Nur eine mehrfrequente Prüfung, die die beschriebenen Randbedingungen einhält, stellt eine sichere Methode im Bereich der Wirbelstromprüfung dar.

Es müssen auch die Grenzen der Wirbelstromprüfung aufgezeigt werden. Es handelt sich bei allen Wirbelstromprüfungen um eine Kontrolle mit Ja/Nein-Aussage. Die Wirbelstromprüfung erkennt die Abweichung von Teilen, kann aber keine absolute Aussage machen, worauf diese Abweichung zurückzuführen ist. Bei n. i. O.-Befund ist eine Gegenprüfung mit klassischen Verfahren wie Gefügeuntersuchung oder Härteprüfung erforderlich.

Literatur

1. Bauer, C. O.: Die Bedeutung von Werkstoffprüfungen in der Produkthaftung. Tagungsband Werkstoffprüfung 1994, Bad Nauheim, DGM, S. 247-263.
2. Horsch, A., Bardelmeier, U.: Einsatz eines Wirbelstromprüfgerätes mit Mehrfrequenztechnik in einer Lohnhärtere. HTM 49 (1994), S. 237-244.

3. Frühauf, B., Maier, G.: Zerstörungsfreie Qualitätssicherung von randschichtbehandelten Bauteilen. HTM 48 (1993), S. 92-96.
4. Reitz H.: Komponentenprüfung mit elektromagnetischen Verfahren, Tagungsband 4. Kolloquium Qualitätssicherung durch Werkstoffprüfung, Zwickau 1995, S. 99-110.
5. Eckstein, H. J.: Technologie der Wärmebehandlung von Stahl. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1977.
6. Horsch, A.: Automatic verification of induction hardening using eddy current and Preventive Multi-Frequency Testing. International Induction Heating Seminar, Nashville, Book 1, Speaker 8, 1995.
7. Baumgartner, H.: High-Speed Test with -PMFT-, Firmenschrift ibg Prüfcomputer GmbH.
8. Baumgartner, H.: Prüfsicherheit mit PMFP, Tagungsband 2. Workshop Wirbelstromprüfung, 1993.
9. Natzke, R.: Theoretische und Experimentelle Untersuchungen zur magnetinduktiven Prüfung von Kleinteilen mit der Durchlaufspule. Dissertation, TH Zwickau, 1991.

Der Autor dieses Beitrags

Arnold Horsch, geb. 1959, war von 1992-1996 als Vertriebsbeauftragter bei ibg Prüfcomputer GmbH beschäftigt. (11434)

Manuskript eingegangen: März 1996.

HTM Härtere-Technische Mitteilungen

Zeitschrift für Wärmebehandlung und Werkstofftechnik

Vereinigt mit Härtere-Technik und Wärmebehandlung

Organshaft

Die Zeitschrift ist zugleich Organ der AWT - Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e.V.; Vorsitzender: Dr. mont. Frank Hengerer, SKF-Zentrale Werkstofftechnik, Postfach 1440, 97421 Schweinfurt, Telefon 09721-56-3808. AWT-Geschäftsstelle D. V. Krämer, 65183 Wiesbaden, An den Quellen 1, Telefon 0611-374469.

Herausgeber

Im Auftrag der AWT - Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e.V. herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Johann Grosch, Institut für Werkstofftechnik, Technische Universität Berlin, Straße des 17. Juni 135, D-10623 Berlin, und Dipl.-Ing. Rudi Jonck, Sonnenbühl 20, D-70597 Stuttgart. Unter Mitwirkung von Prof. Dr.-Ing. H. Berns, Bochum, Dr. mont. B. Edenhofer, Kleve, Prof. Dr.-Ing. P. Mayr, Bremen, Prof. Dr. rer. nat. O. Vöhringer, Karlsruhe, und Dr.-Ing. J. Wünnig, Leonberg.

Redaktion

Prof. Dr. Peter Mayr (verantwortlich) und Helga Bothe, Stiftung Institut für Werkstofftechnik, vormals Stiftung Institut für Härtere-Technik, Badgasteiner Straße 3, D-28359 Bremen, Telefon 0421/2185336, Telefax 2185333.

Verlag

Carl Hanser GmbH & Co., Kolbergerstraße 22, D-81679 München, oder Postfach 860420, 81631 München, Telefon 089/99830-0, Telefax 089/984809. <http://www.hanser.de>

Geschäftsführung

Joachim Spencker (Publisher/Verleger), Wolfgang Beisler, Jürgen Horbach und Michael Krüger

Anzeigenleitung

Günther Steidl (verantwortlich), Kolbergerstraße 22, 81679 München. Telefon 089/99830-204. Anzeigenleitung HTM: Hermann J. Kleiner, Telefon 089/99830-221

Herstellung/leitung

Christine Teutsch, Telefon 089/99830-117

Abonnement

HTM erscheint zweimonatlich. Jahresbezugspreis Inland 434,40 DM inklusive 7% MwSt. (420,00 DM zuzüglich 14,40 DM Versandkosten). Jahresvorzugspreis für persönliche Mitglieder der AWT 351,30 DM inklusive 7% MwSt. (336,90 DM zuzüglich 14,40 DM Versandkosten). Jahresbezugspreis Ausland einschließlich Versandkosten 438,90 DM (3258,00 sFr.; 412,80 sFr.). Jahresvorzugspreis Ausland für persönliche Mitglieder der AWT einschließlich Versandkosten 355,80 DM (2670,- sFr.; 337,80 sFr.). Kündigung des Abonnements nur schriftlich bis spätestens 6 Wochen vor Ablauf des Bezugszeitraums.

Druck

Satz, Druck und Binarbeiten: Sellier Druck GmbH, Angerstraße 54, D-85354 Freising. Printed in Germany.

Urheber- und Verlagsrecht

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Annahme des Manuskripts gehen das Recht der Veröffentlichung sowie die Rechte zur Übersetzung, zur Vergabe von Nachdruckrechten, zur elektronischen Speicherung in Datenbanken, zur Herstellung von Sonderdrucken, Fotokopien und Mikrokopien an den Verlag über. Jede Verwertung außerhalb der durch das Urheberrechtsgesetz festgelegten Grenzen ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig.

© Copyright by Carl Hanser Verlag, München 1996

Special Regulations for Photocopies in the USA

© Authorization to photocopy items for internal or personal use, or the internal or personal use of specific clients, is granted by Carl Hanser Verlag for libraries and other users registered with the Copyright Clearance Center (CCC) Transactional Reporting Service, provided that the base fee of \$ 0.00 per copy, plus 0.25 per page is paid directly to CCC, 21 Congress St., Salem, MA 01970, stating ISSN 0341-101X/96 \$ 0.00 + 0.25

Gebrauchsnamen

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen und dgl. in dieser Zeitschrift berechtigt nicht zu der Annahme, daß solche Namen ohne weiteres von jedermann benutzt werden dürfen; oft handelt es sich um gesetzlich geschützte eingetragene Warenzeichen, auch wenn sie nicht als solche gekennzeichnet sind.



Carl Hanser Verlag