

Zerstörungsfreie Randhärteiefemessung nach Induktions- und Flammhärten

W. Morgner, F. Michel und K.O. Prietzel

In der Oberflächenschicht von Wellen, Lagern, Zahnrädern u.a. Maschinenteilen, insbesondere aber bei Großdrehlagern von Tagebaugeräten und Windkraftwerken können infolge Hertzscher Pressung hohe Spannungen an den mechanischen Berührungstellen und den darunter liegenden Volumenbereichen auftreten. Deshalb muß dafür gesorgt werden, daß diese Spannungen durch eine Festigkeit des Materials aufgefangen werden kann, die **höher** ist als die auftretenden Spannungen. Eine solche Schicht hoher Festigkeit erzeugt man durch Oberflächenhärten, dabei entsteht eine martensitische Randschicht, die in einem verhältnismäßig schmalen Bereich bis auf die Härte des ungehärteten Kerns abfällt.

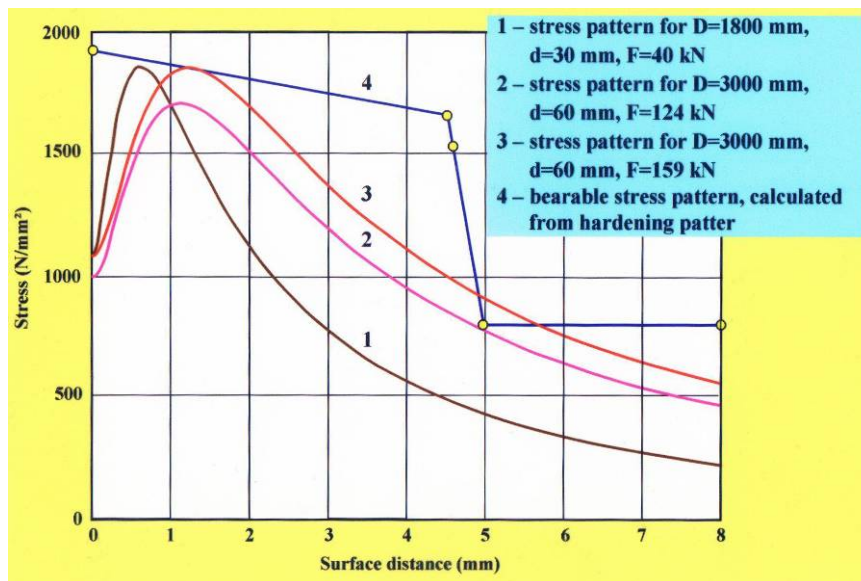


Bild 1: Realer ertragbarer Spannungsverlauf [1]

Bild 1 [1] zeigt den anhand der Kurven 1-3 aus der Hertzschen Pressung von Mitarbeitern der Fa. DRECON Eberswalde (heute Rote Erde Hamm) ermittelten Spannungsverlauf unter den Kugeln eines Großdrehlagers bei verschiedenen Belastungen, Lager- und Kugeldurchmessern. Die abgestufte Linie 4 zeigt den aus dem Härteverlauf errechneten Verlauf der vorhandenen Festigkeit nach einer induktiven Härtung. Daraus kann man ableiten, daß der Härte - bzw. Festigkeitsverlauf für das gehärtete Lager Nr. 1 sicher, für Nr. 2 gerade noch aber für Lager 3 ungenügend ist.

Hieraus resultiert die Notwendigkeit der Erzielung einer definierten Randhärteiefentiefe entsprechend den Belastungsbedingungen. Die Messung der tatsächlichen Randhärteiefentiefe erfolgt üblicherweise anhand des Härte- bzw. Festigkeitsverlaufs stichprobenweise über eine Härteprüfung am Querschliff von zerstörend entnommenen Proben. Das ist aufwendig und nur stichprobenweise realisierbar. Als Randhärteiefentiefe wird aus dem Härteverlauf nach DIN 50190 ingenieurmäßig diejenige Tiefe definiert, bei der eine bestimmte Grenzhärte unterschritten wird.

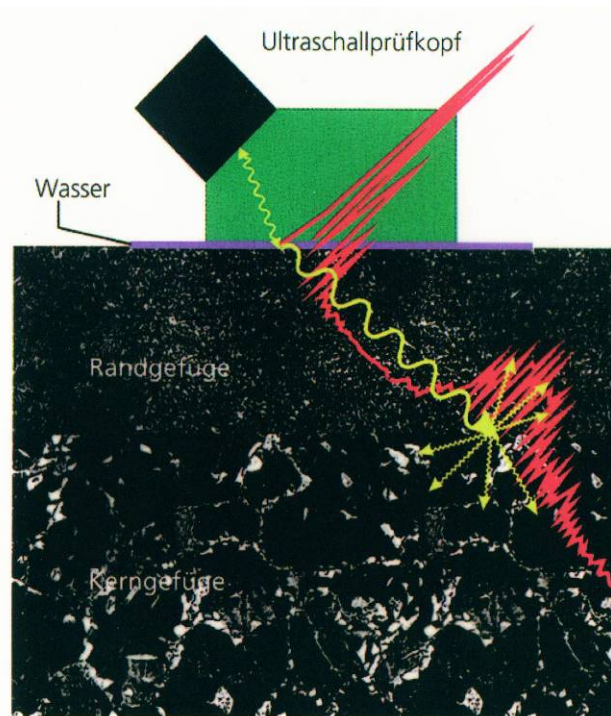


Bild 2: Prinzip des Ultraschallrückstreuerverfahrens [2]

Als geeignetes zerstörungsfreies Verfahren hatte sich die Messung des Rückstreupegels bei hohen Ultraschallfrequenzen von mindestens 10MHz, möglichst aber 20 MHz, erwiesen. Bild 2 (entnommen aus [2]) zeigt das Prinzip des Verfahrens. Während vor über 40 Jahren J. Koppelman [3] noch einen Speicheroszillographen für die Aufnahme des Rückstreupegels benutzte, werden in dem am IzfP in Saarbrücken entwickelten „ Härte“ [4] schnelle Rechner-schaltkreise zur Online-Ermittlung des mittleren Streupegels benutzt. Da der Rückstreuungseffekt bei Transversalwellen besonders hoch ist, werden bei Schrägeinschallung erzeugte Transversalwellen und deren mittlerer Rückstreupegelverlauf für die Auswertung herangezogen.

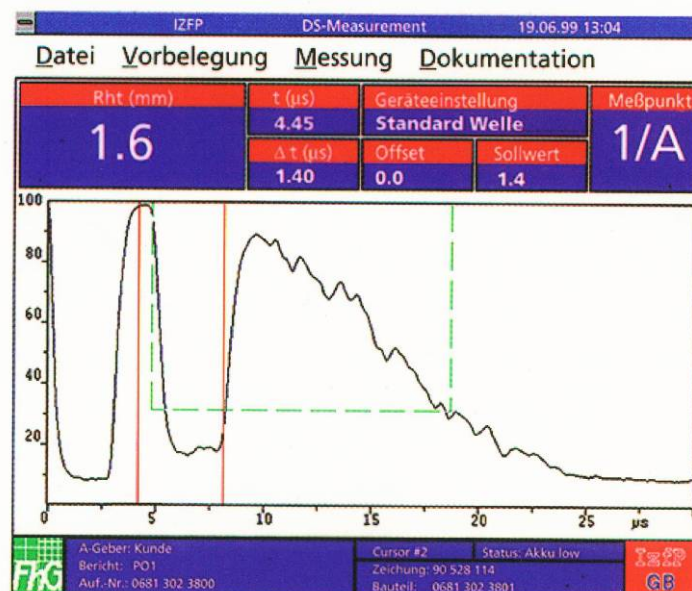


Bild 3: Relative mittlere Ultraschall-Rückstreuung an induktionsgehärtetem Teil

Bild 3 [2] zeigt die rechen-technisch ermittelte mittlere Rückstreu- kurve, wie sie auf dem Moni- tor des Gerätes abgebildet wird. Rein empirisch hat sich gezeigt, daß ein starker Anstieg des Gefügerauschens dort auftritt, wo der Übergang der gehärteten Schicht in das Grundge- füge vorliegt. Es ergibt sich ein Kurvenverlauf mit Maximum. Empirisch zeigte sich, daß die

Stelle, wo das Gefügerauschen 20% des Maximalwertes erreicht, mit der Randhärte­tiefe übereinstimmt. Daher wird bei diesem Wert des Grundrauschens eine Triggerschwelle gesetzt, um digital die Randhärte­tiefe anzuzeigen.

Aus 400 zerstörend ermittelten Härte­verläufen wurde statistisch nach DIN 1319-4 die Meßunsicherheit bei der Randhärte­tiefebestimmung ermittelt und mit der Meßunsicherheit bei der **zerstörungsfreien** Randhärte­tiefebestimmung mittels Ultraschall verglichen. Es zeigte sich, daß die Meßunsicherheit bei den Ultraschallmessungen $\pm 0,3$ mm betrug. Sie war damit nur um einen geringfügigen Betrag höher als bei den Messungen nach DIN 50190. Dort betrug sie $\pm 0,2$ mm.

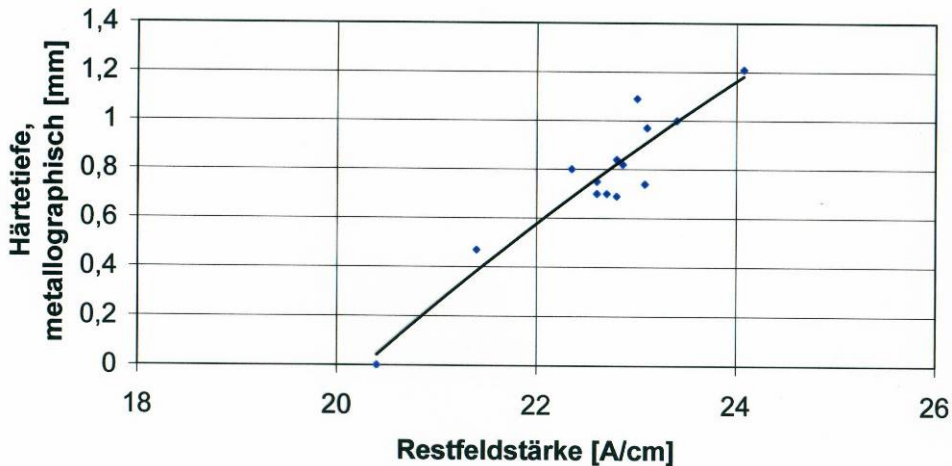


Bild 4: Zusammenhang zwischen Hältetiefe und Restfeldstärke

Bild 4 zeigt eine mittels linearer Regression berechnete Kalibrierkurve für die zerstörungsfreie Härteprüfung. Als Vergleichsmessung diente die o.g. Ermittlung der Hältetiefe nach DIN 50190.

Da die vorgegebene Toleranz für die Einhaltung einer bestimmten Hältetiefe z.B. bei 5 mm Hältetiefe (nach DIN 6773) $+3$ mm beträgt, ist mit der Ultraschallmethode die Prozeßfähigkeit in hohem Maße garantiert, weil die Meßunsicherheit um ein Mehrfaches kleiner ist als die geforderte technologische Toleranz.

Schwierigkeiten für die Bestimmung der Einhältetiefe mittels Ultraschall ergeben sich dann, wenn die Ankopplungsbedingungen nicht erfüllt sind. Im zweiten Teil der Arbeiten wurde deshalb untersucht, ob an solchen Teilen wie Verzahnungen für Gelenkwellen oder Lenkungen andere zerstörungsfreie Verfahren gefunden werden können. Es hat sich gezeigt, daß dies über die Restfeldstärkemessung nach vorheriger Magnetisierung erfolgen kann. Als physikalische Grundlage kann man sich vorstellen, daß ein **dicker normalgeglühter**, d. h., **weichmagnetischer**, Kern die Feldlinien mehr anzieht als ein **dünner, weichmagnetischer** Kern. Da Permeabilität und Restfeldstärke einander in den meisten Fällen umgekehrt proportional sind, bedeutet dies, daß die magnetische Restfeldstärke um so höher ausfällt, je größer die Randhärte­tiefe ist.

Die aus vielen magnetisch ermittelten Randhärte­tiefewerten berechnete Messunsicherheit betrug $\pm 0,15$ mm.

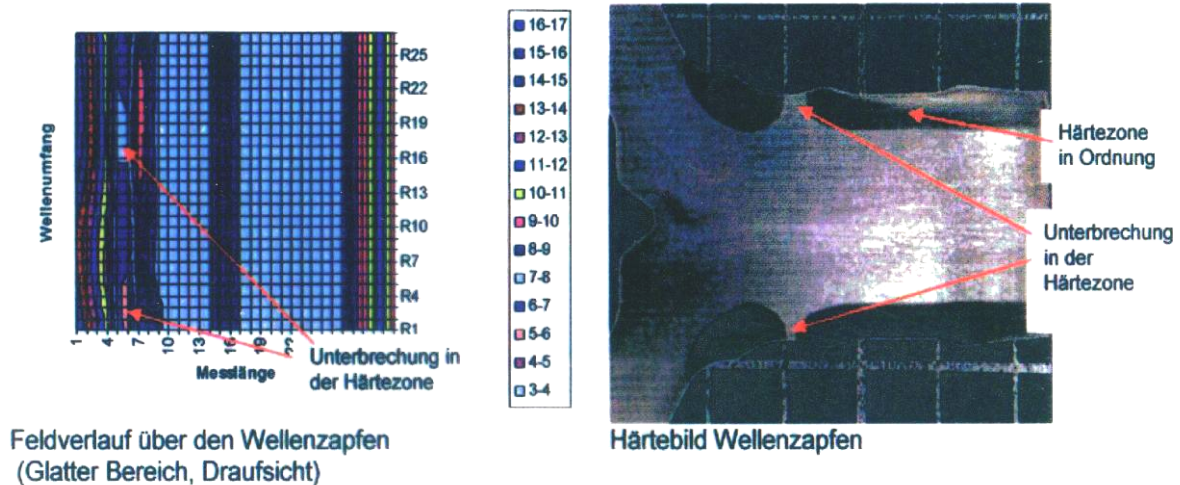


Bild 5: Restfeldverlauf und Härtebild eines Wellenzapfens mit unterbrochener Härtezone

Es konnte mit dem magnetischen Verfahren nicht nur die Härtetiefe gemessen werden, sondern es konnten damit auch Fehler bei der Härtung aufgedeckt werden, wie Bild 5 zeigt. An den Stellen, wo das Teil nicht gehärtet war, also weiche Flecken aufwies, trat ein deutlicher Abfall der magnetischen Restfeldstärke auf.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei den an den Untersuchungen beteiligten Betrieben IFA Maschinenbau Haldensleben, WBM Magdeburg und BMB Schönebeck. Das Projekt wurde in dankenswerter Weise durch Mittel des Landes und der EU gefördert. Vom Fraunhoferinstitut für Zerstörungsfreie Prüfung in Saarbrücken wurde kostenlos Gerätetechnik für die Ultraschallmessungen zur Verfügung gestellt. Die magnetischen Meßgeräte wurden aus Mitteln der am Projekt beteiligten Firmen im Eigenbau hergestellt. Der Verlauf der Randhärte wurde im BMB Schönebeck und im IFA Maschinenbau Haldensleben ermittelt.

Literatur

- [1] Habertzettl, W.; Leonhardt, Th.; Matthias, K.: Aktuelle Angaben bei der Dimensionierung von Großwälzlagern. Sammelband Dresdner Fördertechnik-Tagung 7.-8-10.1999, S.81-96
- [2] N.N.: Zerstörungsfreie Ermittlung der Einhärtetiefe nach Randschichthärten. Firmenprospekt für das Gerät „Härti“ P3123 der Fa. QNET Saarbrücken
- [3] Koppelman, J.: Materialprüfung 9 (1067) s.401-405 und 14 (1972) s.156-160
- [4] Neumann, R.; Willems, H.: Automatisierte Messung der Einhärtungstiefe an induktionsgehärteten Komponenten mittels Ultraschall. DACH-Tagung der DGZFP, Luzern 1991, Tagungsband 2. 637-644