

Stefan Bercher, Konstanz,
Klaus Friedrich Stärk,
Milan Kohl, Baden, Schweiz

Computergestütztes Ringkernverfahren

Durch computergesteuerte Abtragung mittels Elektroerosion können Eigenspannungen mit dem Ringkernverfahren schnell und zuverlässig bis zu einer Tiefe von 5 mm in allen elektrisch leitenden Werkstoffen ermittelt werden. Mit einem unter LabWindows® geschriebenen Programm ist es möglich, den Versuch einfach zu steuern und zu überwachen.

Determination of Residual Stresses by the Ring-Core Method. *This paper deals with the determination of residual stresses with the Ring-Core Method by computer aided removing of material by means of Electro-Discharge-Machining (EDM). The computer automation is possible with simple components and a personal computer. A program written in the programming language LabWindows® controls the EDM-process, measures the strains and evaluates the residual stresses. All parameters of the process and all results of the test are presented on-line on the PC.*

Stefan Bercher, Konstanz,
Klaus Friedrich Stärk,
Milan Kohl, Baden, Schweiz

Computergestütztes Ringkernverfahren

Durch computergesteuerte Abtragung mittels Elektroerosion können Eigenspannungen mit dem Ringkernverfahren schnell und zuverlässig bis zu einer Tiefe von 5 mm in allen elektrisch leitenden Werkstoffen ermittelt werden. Mit einem unter LabWindows® geschriebenen Programm ist es möglich, den Versuch einfach zu steuern und zu überwachen.

Determination of Residual Stresses by the Ring-Core-Method. This paper deals with the determination of residual stresses with the Ring-Core-Method by computer aided removing of material by means of Electro-Discharge-Machining (EDM). The computer automation is possible with simple components and a personal computer. A program written in the programming language LabWindows® controls the EDM-process, measures the strains and evaluates the residual stresses. All parameters of the process and all results of the test are presented on-line on the PC.

Eigenspannungen berücksichtigen

Um die mechanischen Eigenschaften von modernen Werkstoffen voll ausschöpfen zu können, ist es wichtig, schon bei der Konstruktion auch die Spannungen zu berücksichtigen, die in den Bauteilen ohne Belastung bereits vorhanden sind. Deshalb ist es notwendig, diese Eigenspannungen einfach und sicher bestimmen zu können. Bei ABB Kraftwerke AG, Baden (Schweiz), wurde hierfür das Ringkernverfahren [1 bis 3] durch Elektroerosion eingeführt und der Versuchsablauf mit Steuerung, Meßwerterfassung und Auswertung automatisiert.

Das Ringkernverfahren

Beim Ringkernverfahren wird auf das zu untersuchende Bauteil eine Dehnungsmeßstreifen(DMS)-Rosette aufgeklebt. Um die Rosette herum wird eine runde Nut erodiert (Bild 1). Hierdurch werden die Eigenspannungen im verbleibenden Ringkern frei. Die resultierenden Dehnungsänderungen können mit den drei DMS (Bild 2) nach Größe und Richtung bestimmt werden. Die Dehnungsmessungen werden dabei in Tiefschritten von 0,2 mm durchgeführt. Mit der Auswertesoftware wird ein Tiefenverlauf der Eigenspannung berechnet.

Das Einbringen der Ringnut erfolgt durch Elektroerosion mit einer Rohrelektrode. Somit können auch in schlecht zu bearbeitenden Werkstoffen, wie gehärteten Stählen oder Nickelbasis-Hochtemperaturlegierungen, die Eigenspannungen bestimmt werden. Einzige Voraussetzung ist die elektrische Leitfähigkeit des Bauteils. Ein weiterer Vorteil ist, daß durch Elektroerosion weitere Spannungen, die das Ergebnis verfälschen würden, praktisch nicht in das Werkstück eingebracht werden.

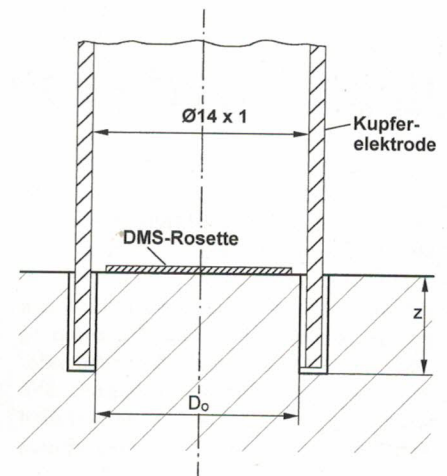


Bild 1. Prinzip des Ringkernverfahrens

Versuchsaufbau und -ausführung

Für die Versuchsdurchführung wurde ein Tischerodiergerät der Bauart Huber benutzt. Dieses besteht aus einer Generator- und Steuereinheit (Bild 3, Mitte, unten), einem Servomotor zum Verfahren der Kupferelektrode und einer Spüleinrichtung. Das Steuergerät wurde durch den Einbau von Relais auf externe PC-Ansteuerung

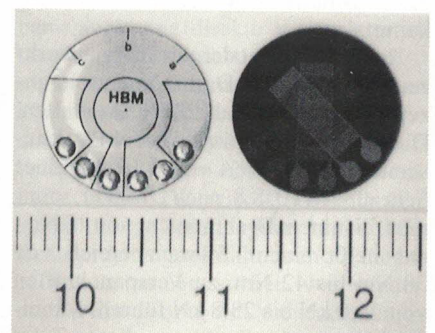


Bild 2. Vorder- und Rückseite einer Ringkernrosette (Hottinger Baldwin Meßtechnik)

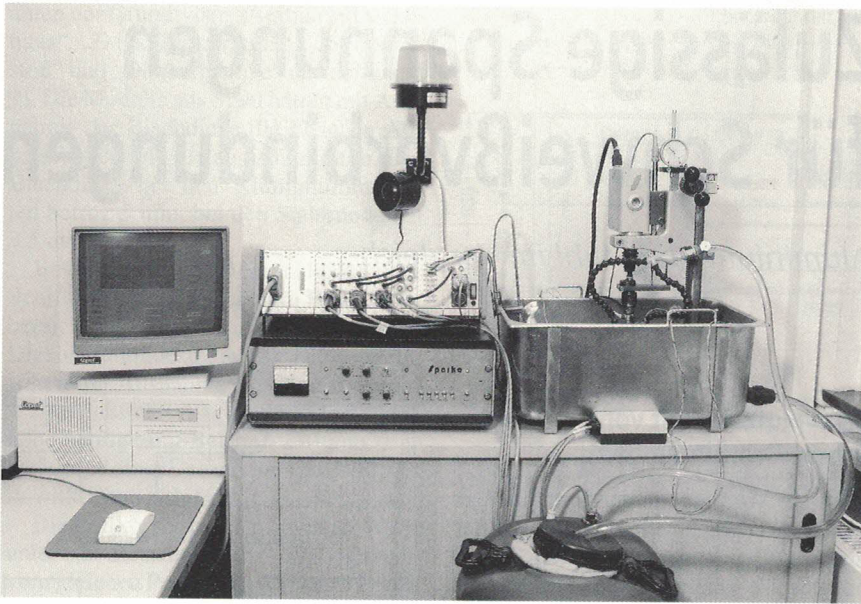


Bild 3. Versuchsaufbau für die Ringkernmethode

umgerüstet. Zur Positionsmessung der Elektrode wurde an den Servomotor ein induktiver Wegaufnehmer angebaut.

Zur Steuerung des Versuchs und Auswertung der Daten stand ein PC 386-SX zur Verfügung. Schnittstelle zwischen PC und Steuergerät ist ein Modulares Interface System (MIS) der Bauart etewe. Dieses beinhaltet folgende Module: Ein Modul mit 16 Relais zum Schalten der im Steuergerät eingebauten Relais, drei Gleichspannungsmeßverstärker zum Anschluß der drei Dehnungsmeßstreifen, ein Modul zum Anschluß eines induktiven Wegaufnehmers, ein 8-Kanal-AD-Wandler zur Messung der analogen Signale und ein Modul zum Anschluß von Thermoelementen zur Überwachung der Erodieröltemperatur.

Das Erodieren der Ringnut mit einer Tiefe von 5 mm und das schrittweise Messen der Dehnungen dauert je nach Werkstoff zwischen zwei und vier Stunden, bei Titanlegierungen mit über zehn Stunden deutlich länger. Aus diesem Grund wurde der Versuchsablauf automatisiert. Mit dem Programmiersystem LabWindows®

wurde ein Programm erstellt, das den Versuch steuert, die Einrichtung hinsichtlich Temperatur und Pegelstand überwacht, die Dehnungswerte aufnimmt und die Eigenspannungen berechnet. Mit dem System war es möglich, eine komfortable Benutzeroberfläche zu erstellen, die zum einen alle Meßwerte und Versuchsparameter grafisch anzeigt und zum anderen dem Benutzer eine einfache Maussteuerung erlaubt. Auf dem Bildschirm werden die drei gemessenen Dehnungen über der Tiefe dargestellt. Mit der Maus ist es möglich, sämtliche Versuchsparameter zu ändern sowie den Versuch jederzeit abzubrechen.

Nach Erreichen der Endtiefe der Nut von 5 mm werden aus den gemessenen Dehnungen die Haupteigenspannungen $\sigma_{1,2}$ und deren Richtungswinkel berechnet. Die Ergebnisse werden in grafischer und tabellarischer Form ausgegeben.

Für die Berechnung der Eigenspannungen wurde ein von der Materialprüfungsanstalt (MPA) Stuttgart entwickelter Auswerteformalismus [4] in das Programm integriert. Aus den drei Rich-

tungsspannungen lassen sich dann die beiden Hauptspannungen und ihr Richtungswinkel berechnen.

Überprüfen des Verfahrens

Zur Überprüfung des neu eingeführten Ringkernverfahrens wurden verschiedene Versuche an Werkstücken mit bekannten Eigenspannungen ausgeführt. Außerdem wurden an einer Eisenbahnschiene die Eigenspannungen ermittelt.

Im Zuge eines Ringversuches [5] hatten verschiedene Institute an dieser Schiene zuvor Messungen mit der Ringkernmethode durchgeführt. Die erhaltenen Ergebnisse stimmen gut mit denen der anderen Institute überein und sind in Bild 4 zusammen mit denen des Ringversuches eingetragen.

Dank

Die Autoren danken den Herren Schwarz und Dr. Kockelmann von der Materialprüfungsanstalt Stuttgart für die freundliche Unterstützung.

Literatur

- 1 Böhm, W.; Stücker, E.; Wolf, H.: Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten des Ring-Kern-Verfahrens zum Ermitteln von Eigenspannungen, Teil 1 und 2. Hottinger Meßtechnische Briefe, MTB 16 (1980), S. 36 – 40 und S. 66 – 70
- 2 Deutsches Patentamt, Patentschrift 2016118.6-52: Verfahren zur Messung von Eigenspannungen in Bauteilen des Maschinen- oder Apparatebaus und Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens (1970).
- 3 Böhm, W.; Wolf, H.: Das Ring-Kern-Verfahren zur Messung von Eigenspannungen und seine Anwendung bei Turbinen- und Generatorwellen. Arch. Eisenhüttenwesen 42 (1971), S. 195 – 200
- 4 Schwarz, T.; Kockelmann, H.: Die Bohrlochmethode – ein für viele Anwendungsbereiche optimales Verfahren zur experimentellen Ermittlung von Eigenspannungen. Hottinger Meßtechnische Briefe, MTB 29 (1993), Heft 2
- 5 Hauk, V.; Kockelmann, H.: Eigenspannungszustand der Lauffläche einer Eisenbahnschiene. HTM 49 (1994) 5, S. 340 – 351

Die Autoren dieses Beitrags

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Bercher, geboren 1968, studierte an der Fachhochschule Konstanz Maschinenbau und ist jetzt in der Abteilung Materialtechnologie der ABB Kraftwerke AG, Baden, Schweiz tätig.

Dr.-Ing. Klaus Friedrich Stärk, geboren 1943, studierte an der Technischen Hochschule Darmstadt, war an der Staatlichen Materialprüfungsanstalt Stuttgart und als Assistent an der Universität Stuttgart tätig. Derzeit ist er Hauptgruppenleiter der Werkstoff- und Bauteilprüfung in der Abteilung Materialtechnologie der ABB Kraftwerke AG, Baden, Schweiz.

Dipl.-Ing. Milan Kohl, geboren 1936, studierte Maschinenbau an der Technischen Universität Prag, wo er auch als Assistent tätig war. Jetzt ist er Mitarbeiter der Abteilung Materialtechnologie der ABB Kraftwerke AG, Baden, Schweiz. (11456)

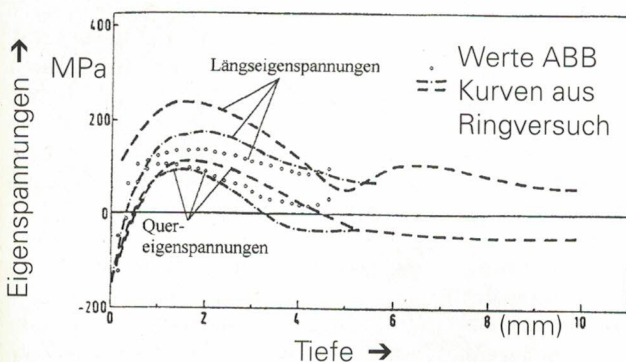


Bild 4. Längs- und Quereigenspannungen im Schienenkopf [5] nach dem Ringkernverfahren