

Einsatz bipolarer Stromquellen für Risswachstumsmessungen

«Unganz» und doch brauchbar!

Die messtechnische Aufgabe des ABB-Labors für Werkstoff- und Bauteilprüfung bestand in der Entwicklung eines universell einsetzbaren, PC-gesteuerten Prüfsystems zur Ermittlung der Rissverlängerungen bei Ermüdungsbeanspruchung, zügiger Belastung, statischer langzeitiger Belastung bei hohen Temperaturen (Kriechrisswachstum) sowie auch unter dem Einfluss korrosiver Medien (Spannungsrissskorrosion) mit Auflösungen ca. 10 μm .

In der Werkstofftechnik besteht der Wunsch, das Verhalten von Werkstoffen bzw. Komponenten mit vorhandenen Anrissen zu beurteilen und ihre noch vorhandenen Gebrauchseigenschaften vorherzusagen. Die Wissenschaft, die sich seit über 50 Jahren mit diesen experimentellen und theoretischen Methoden beschäftigt, nennt man Riss- bzw. Bruchmechanik. Im wesentlichen geht es dabei um das Verhalten von Rissen bzw. rissähnlichen Fehlstellen («Ungänzen»), bei

statischer Belastung (Bruchzähigkeit, Kriechrisswachstum bzw. Spannungsrissskorrosion) oder zyklischer Beanspruchung (Ermüdungsrisssausbreitung). Für die experimentelle Ermittlung von Kennwerten ist die Kenntnis vom Verhalten des Risses bzw. der Risslängenänderung Grundvoraussetzung. Bei elektrisch leitfähigen Werkstoffen (vor allem den Metallen) ist ein häufig eingesetztes Verfahren zur kontinuierlichen Messung der Risslängenänderung bzw. des Rissverhaltens unter

Last, Temperatur und/oder Korrosion das sogenannte Potentialsondenverfahren, siehe Bild 3. Vom elektrischen Prinzip her ist es eine scheinbar einfache Widerstandsmessung an einer von Konstant- oder Wechselstrom durchflossenen Probe, die aber hohe Anforderungen an die Versuchstechnik stellt, da die Proben in der Regel nur Widerstände in der Größenordnung von 5 bis 100 $\mu\Omega$ haben und eine Auflösung der Risslängenänderung von ca. $\pm 10 \mu\text{m}$ verlangt wird.

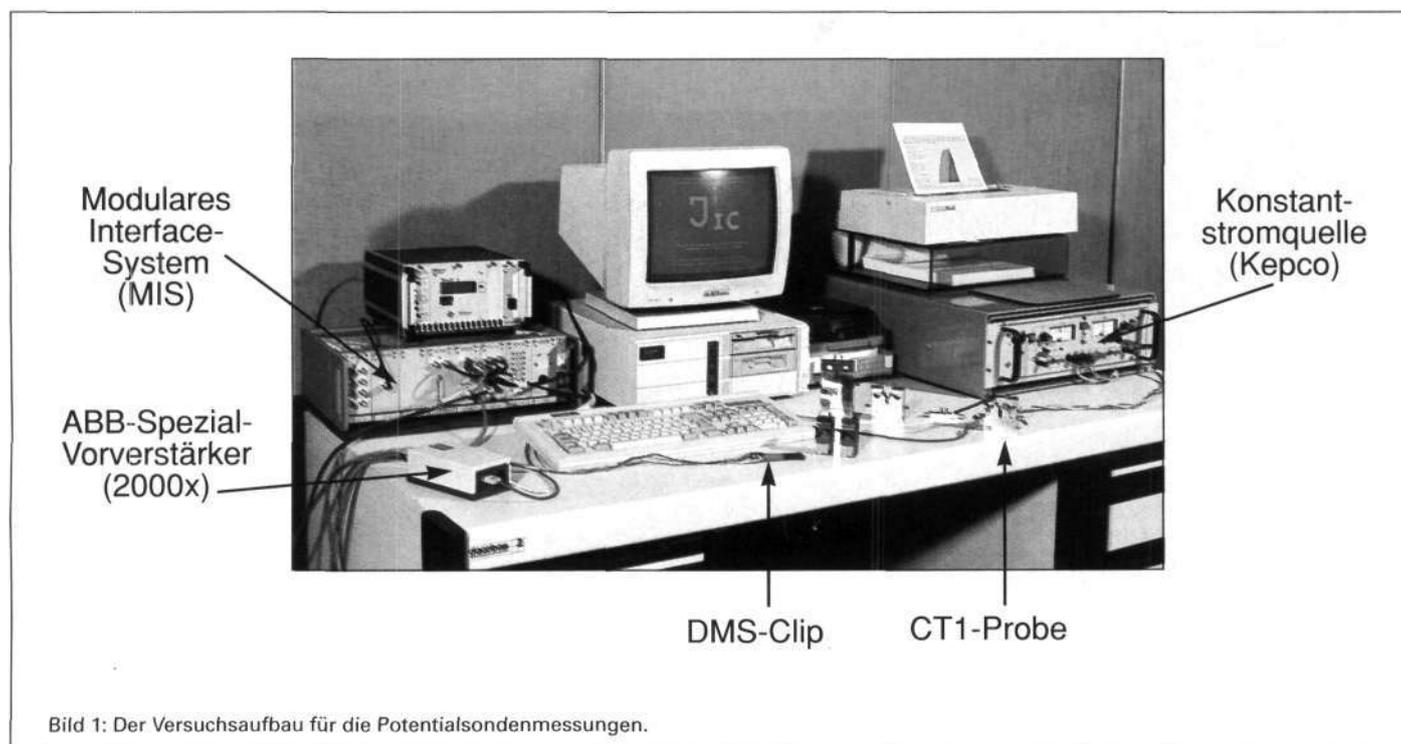


Bild 1: Der Versuchsaufbau für die Potentialsondenmessungen.

Duplex-Potentialsonde
DC/AC-Sonde

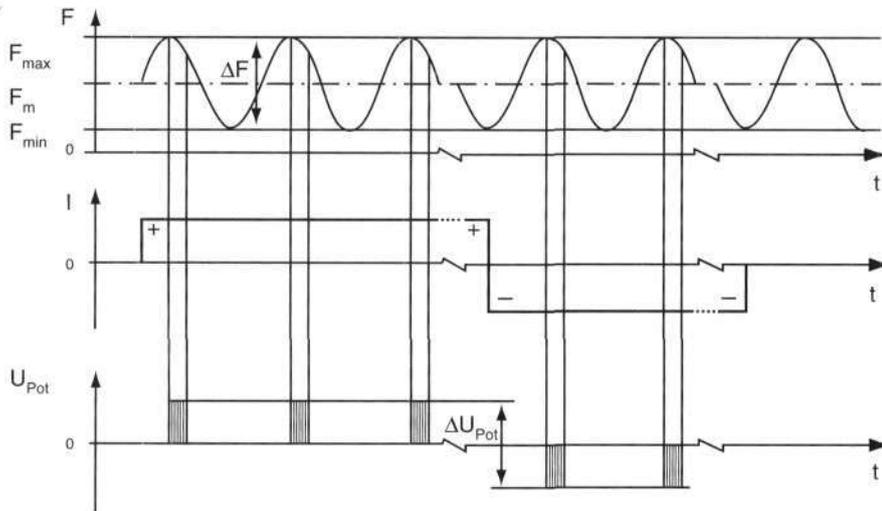


Bild 2: Das Messprinzip der DC/AC-Potentialsonde

- schem. Proben- und Zuleitungszustand
- beliebige Wahl der stromlosen Pausenzeiten nach jedem Messzyklus
- rechnergesteuerte Anpassung an Prüffrequenzen von 0 bis 400 Hz
- automatische Reduktion des Stromes bei wachsender Potentialdifferenz zur Vermeidung der Übersteuerung des hochgenauen und rauscharmen Vorverstärkers (eine Entwicklung aus dem Hause ABB).

Mit dem PC messen (Bild 1)

Die Wahl fiel bereits in der Entwicklungsphase vor circa zehn Jahren, auf

- Steuerung durch einen handelsüblichen PC (286er oder besser)
- Software QuickBasic 4.5
- modulares Interface-System MIS
- bipolare Stromquelle BOP 20-20M von Kepco (± 20 V, ± 20 A, Source und Sink), siehe Bild 4
- ABB-Spezialvorverstärker (Operationsverstärker 2000fach)

Die Lösung

Um die Vorteile sowohl der Wechselstrom- als auch der Gleichstrommethode nutzen zu können, wurden in der ABB-Entwicklung beide Verfahren in der sogenannten Duplex-Sonde kombiniert. Es wird mit gepulstem, in der Stromrichtung umkehrbarem Gleichstrom gearbeitet (Bild 2). Die Vorteile sind:

- Elimination von Thermospannungen, Reduktion der Strombelastung von Probe und Zuleitungen, Vermeidung des Skin-Effektes durch niedrige Stromwechselfrequenz
- Peak-Messung zum Zeitpunkt der maximalen Rissöffnung bei zyklischer Belastung
- Differenzmessung zwischen zwei Potentialen bei beiden Stromrichtungen, das heisst, bei gleichem elektrisch-magnetisch-thermi-

Anwendungen

Mit dem PC wird via D/A-Wandler die bipolare Stromquelle angesteuert. Das BOP kann auf einfachste Weise von Spannungs- auf Stromsteuerung umgestellt werden. Die Verstärkung der analogen Signale erfolgt mit diesem Verstärker linear im Bereich von 20 kHz bis herunter auf sehr langsame Signale (mHz respektive DC). Die abkommenden Sondenspannungen werden mit dem ABB-Spezialvorverstärker in ein verarbeitbares Signal verstärkt, umgerechnet und graphisch dargestellt. Die ermittelten Werkstoffkennwerte werden in eine Werkstoffdatenbank aufgenommen und stehen als Designdaten der Entwicklung direkt zur Auslegung von Komponenten und zur Nachrechnung von Schadensfällen zur Verfügung. Die Abteilung Materialtechnologie mit dem Labor für Werkstoff- und Bauteilprüfung arbeitet ausser für den Kraftwerksbereich auch für die Turboladerentwicklung in Baden, für andere ABB-Bereiche und auch für externe Kunden. Zur Zeit sind drei Anlagen mit je einem BOP 20-20M im Einsatz. -OF-

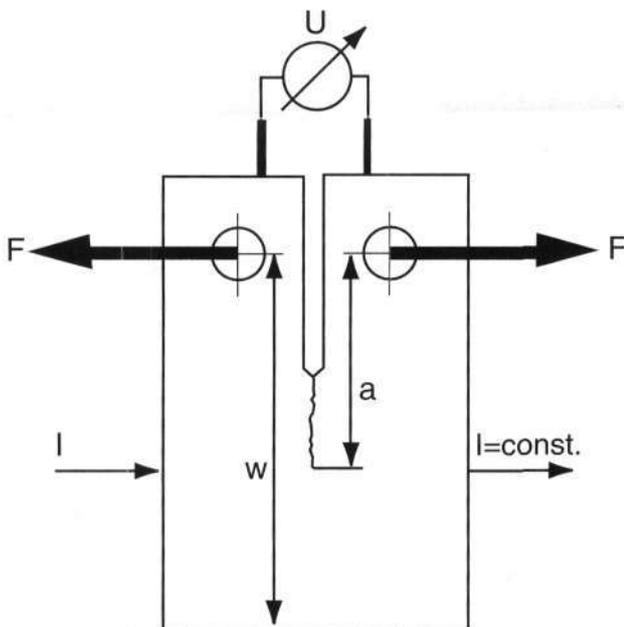


Bild 3: Die Messvorrichtungen an der Probe

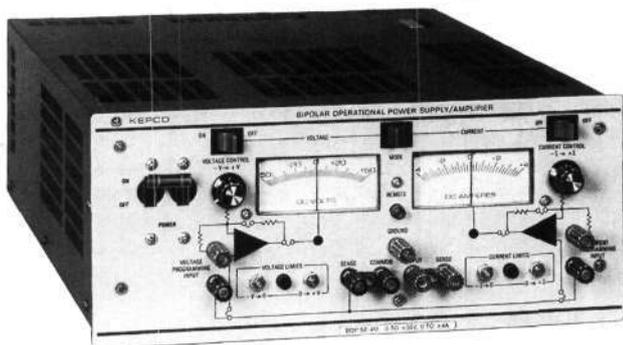


Bild 4: Die bipolare Stromquelle BOP 20-20M von Kepco