Holger Roth

2D- und 3D-Xray-Inspektion von Kabeln und Kabelverbindungen

In einem Mittelklassewagen erreichen die verlegten Kabel heute Gesamtlängen um die 1 000 m. Bei Automobilen führen Defekte des elektrischen Bordnetzes die Pannenstatistik an. Allein von daher liefert bei der Kabelbaum-Fabrikation im Automobilbereich etc. die Röntgenuntersuchung der Verbindungsstellen hilfreiche Informationen zur Prozesskontrolle und Fehleranalyse in der Qualitätssicherung.

In Steckverbindern können viele Fehler und Eigenschaften mit konventioneller Mikrofokus-Röntgentechnik nachgewiesen werden, z.B. Drahtverläufe im Hinblick auf mechanische Spannungen und Kurzschlüsse, Lunker in der Spritzmasse, Position der Kontakte im gesteckten Zustand sowie Löt- und Montagefehler bei der Konfektionierung (**Bild 1**).

Kabelinspektion

Die Kabel selbst werden – abgesehen von Fehleranalysen – für bestimmte anspruchsvolle Anwendungen, z.B. im Hochfrequenzbereich, durchgehend geröntgt. Die Kabel können dabei durch spezielle Spulen-Vorrichtungen in Mikrofokus-Röntgensystemen ohne weiteres Handling fortlaufend inspiziert werden. Konfektionierte Kabel werden auf großflächigen Probenauflagen fixiert und im Strahlengang manuell über Joysticks oder programmgesteuert bewegt. Fehler wie Quetschungen der Innenleiter oder ungenügende Dichte der Abschirmung bei Koaxialkabeln können so leicht nachgewiesen werden.

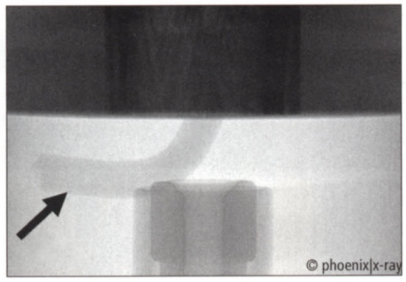

Bild 1: Mikrofokus-Röntgenbild eines HF-Koaxial-Steckverbinders. Bei der Montage hat der Mittelleiter das Aufnahmeloch im Mittelkontakt des Steckers verfehlt. Eine elektrische Unterbrechung war nicht nachzuweisen. Oben im Bild der Außenkontakt mit der Kabelabschirmung

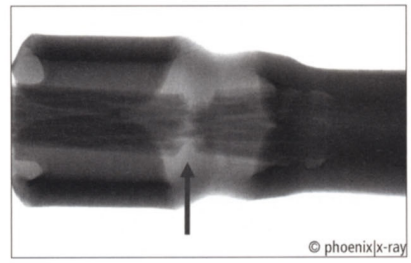

Bild 2: Mikrofokus-Röntgenbild eines Spannungsbruches eines Kabels in einem Spritzgussstecker, kurz vor einer Crimpverbindung

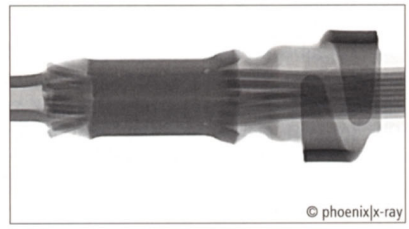

Bild 3: Mikrofokus-Röntgenbild der Crimpverbindung eines Kabels mit 19 Einzellitzen, Gesamtquerschnitt 0,75 mm². Die Einzellitzen sind durch Überlagerung nicht mehr zu unterscheiden. Der Kabelstrang läuft von rechts ein

Crimpverbindungen

Von besonderem Interesse sind Crimpverbindungen. In einem üblichen Kabelbaum befinden sich oft weit über tausend Crimps. Ist davon einer defekt, so ist dieser Fehler im eingebauten Kabelbaum schwer zu finden und nur mit erheblichem Aufwand zu beheben. Daher ist bei Crimpverbindungen auf kleinste Ausfallraten hinzuarbeiten.

Im konventionellen Mikrofokus-Durchstrahlungsröntgenbild sind Kenngrößen wie die Crimphöhe, die Einstecktiefe der Kabellitzen in die Verpressungszone und Fehler wie Spannungsbrüche (**Bild 2**) sehr gut bis in den Mikrometerbereich nachweisbar. Noch feinere Fehler im Submikrometerbereich sind mit Nanofocus-Röntgenröhren zugänglich, die eine Detailerkennbarkeit im Bereich weniger hundert Nanometer ermöglichen.

Für die Prozesskontrolle sind aber auch tiefergehende Qualitätsmerkmale wichtig. Insbesondere ist z.B. interessant, wie gut im Querschnitt des Crimps die Litzen verdichtet sind, oder ob etwa einzelne Litzen fehlen oder auf einer bestimmten Länge abgerissen sind. Zwar werden derartige Fehler z.B. durch 100%ige Crimpkraftanalyse (Crimp-Force-Analysis, CFA) und prozessbegleitende Überprüfung der Auszugskraft erkannt und aussortiert, eine Analyse der Fehler konnte jedoch bisher nur im Schliff erfolgen, da es im konventionellen Röntgenbild z.B. bei mehr als 10 Einzellitzen nicht mehr möglich ist, diese zu zählen oder die Dichte im Crimp zu beurteilen (**Bild 3**).

Computer-Tomographie

Hier schafft die Mikrofokus-Computer-Tomographie Abhilfe, die von Phoenix Xray u.a. in Form von kompakten, bedienungsfreundlichen Laborsystemen angeboten wird. In dreidimensionalen Visuali- ▷

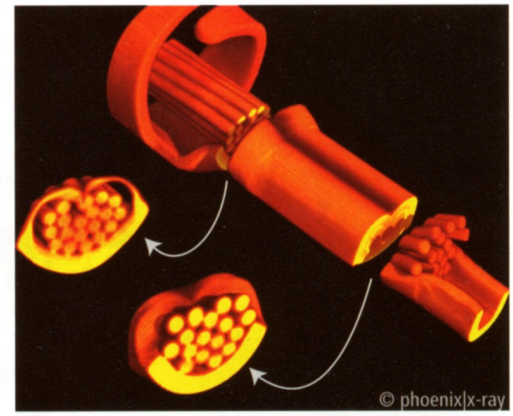

Bild 4: Visualisierung eines tomographischen Volumendatensatzes: Dargestellt ist der Crimp aus Bild 3 in einer Außenansicht. In die Darstellung können beliebige Schnitte zur Darstellung des Crimpinneren gelegt werden. Hier ist als Beispiel je eine Scheibe aus dem Kabeleinlauf (hinten) und Kabelauslauf (vorn) dargestellt, in denen die Litzen leicht gezählt werden können: 19 Litzen laufen in die Verpressungszone ein aber nur 17 laufen aus. (Zwei Litzen wurden zur Simulation eines typischen Fehlers auf der halben Länge abgetrennt.) Die Bilddaten wurden mit Hilfe des Mikrofokus-Tomographiesystems Vtomex und der Rekonstruktionssoftware Sixtos gewonnen. Der Durchmesser des Crimps an den Schnittstellen ist etwa 2 mm

AWM
ALL WIRE MATERIAL
BY WEIDNER

Bild 5: Das Mikrofokus-Tomographiesytem erreicht eine Volumenauflösung von 4 µm und liefert rekonstruierte Volumendaten innerhalb von 15 Minuten, so dass diese unmittelbar nach Ende der Aufnahmezeit zur Verfügung stehen

sierungen der Crimpverbindungen können Einschlüsse, mangelnde Verdichtung (Hohlräume), die Form der Crimpbögen und fehlende Litzen nachgewiesen werden (**Bild 4**), was in konventionellen Durchstrahlungsbildern nicht möglich und mit mechanischen Schliffen ungleich aufwendiger ist.
Zur dreidimensionalen Röntgenanalyse von Crimpverbindungen wurden umfangreiche Untersuchungen in enger Zusammenarbeit mit der Komax AG, Dierikon, Schweiz, Hersteller von Crimpautomaten, durchgeführt.
Bei der Fehleranalyse von Steckverbindern tritt immer wieder die Frage nach der Kontaktierung zwischen den Pins und den Kontaktfedern auf. Bei zweipoligen Steckverbindungen ist diese Information im zweidimensionalen Röntgenbild noch gut zugänglich.
Bei mehrpoligen Steckern jedoch werden die Überlappungen der verschiedenen Kontakte so stark, dass keine Beurteilung mehr durchgeführt werden kann.
In der dreidimensionalen Visualisierung dagegen können beliebige Schnitte durch die Kontakte gelegt werden, so dass die räumliche Konfiguration der Kontakte überlagerungsfrei inspiziert und insbesondere sogar die Auflage der Kontakte quer zur Steckrichtung beurteilt werden kann, was bisher auch nur mit Schliffen möglich war.

Schlussbemerkung

Die Laborsysteme für Mikrofokus-Computertomographie werden von Phoenix Xray in verschiedenen Ausführungen, angepasst an Probengröße und benötigte Auflösung, hergestellt. Ferner können auch bestehende Installation für CT-Betrieb erweitert werden. In beiden Fällen kann das System auch ohne Umrüstung durch einfache Softwareumschaltung uneingeschränkt im konventionellen 2D-Modus genutzt werden. Für geringeren Inspektionsbedarf wird die Mikrofokus-Computertomographie auch als Dienstleistung an mehreren Standorten angeboten.

Fax +49/7 11/88 79 61 29
www.phoenix-xray.com
productronic **411**

***Holger Roth**, Phoenix Xray Systems + Services GmbH, Stuttgart*

Überreicht durch:

phoenix|x-ray
Systems + Services

phoenix|x-ray Systems + Services

AWM
ALL WIRE MATERIAL BY WEIDNER

AWM Weidner
Kettemerstr. 25
70794 Filderstadt
Tel.: 0049 711 7009503
Fax: 0049 711 7009504
info@awm-weidner.de
www.awm-weidner.de