

Crash-Analyse für defekte Sensoren

von Dr. Gerhard Ringel*

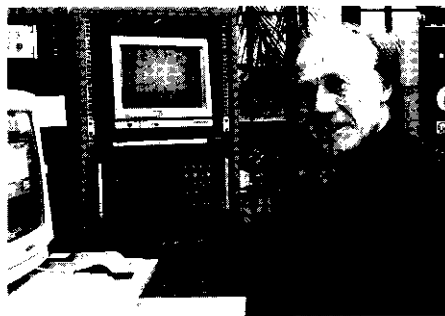
Trotz stetig wachsendem Aufwand zur Qualitätssicherung kommt es gelegentlich zu Ausfällen von Sensoren. Dann ist Ursachenforschung angesagt, denn es könnten sich tiefer liegende Gründe dahinter verbergen. Den Maschinenpark und das Know-how stellen Dienstleister zur Verfügung.

Automatisch gesteuerte Fertigungseinrichtungen verändern die Produktionsabläufe hin zu maximaler Wirtschaftlichkeit und Sicherheit. Parallel zu dieser Entwicklung sind in der Sensorik die Verfahren zur Messung nichtelektrischer Größen immer mehr verfeinert worden. Damit sind auch die Anforderungen und Erwartungen an Messwertfühler in Hinblick auf die Zuverlässigkeit und die Richtigkeit der von ihnen gelieferten Informationen über lange Zeiträume und auch unter ungewöhnlichen Umgebungsbedingungen gestiegen. Aber trotz ständig wachsender begleitender qualitätssteigernder Maßnahmen und der Anwendung neuer Werkstoffe und Technologien in der Sensorfertigung sind Mängelercheinungen beim praktischen Einsatz der Sensoren nicht vollständig vermeidbar.

Ausfälle sind aber nicht immer auf etwaige Qualitätsmängel zurückzuführen. Sie können auch durch unsachgemäßen Einbau und Betrieb von Messühlern, der nicht in Übereinstimmung mit Herstellerangaben erfolgte, verursacht werden, oder auch durch nicht vorhergesehene Prozesseinflüsse. Bei allen Schadensfällen ist daher eine schnelle und eindeutige Ursachenermittlung erwünscht. Sie lässt sich allerdings nur in wenigen Fällen mit einfachen Mitteln und Analyseverfahren erreichen. Die Anschaffung spezieller Analytikgeräte und die Vorhaltung des Know-hows in Form ausgewiesener Fachleute ist für mittelständische Unternehmen allerdings nicht sinnvoll.

Hier bietet sich als Ausweg und Problemlösung die Zusammenarbeit mit einem kompetenten und erfahrenen Analytikdienstleister an, der mit seiner Auftragsanalytik entscheidende Hinweise zur Aufklärung von Schadensfällen liefern kann. Darüber hinaus steht er bei Bedarf den Verantwortlichen für Qualitätssicherung, Forschung und Entwicklung beratend zur Seite.

*Analytik Dr. Peters, Technologiefabrik Remscheid, D-42859 Remscheid, Fax: +49-2267-880-218; Internet: www.dr.peters.de



Die Firma Analytik Dr. Peters ist spezialisiert auf die Anforderungen anspruchsvoller Auftragsanalytik, insbesondere auch in den Bereichen Sensorik und Mikrosystemtechnologie (MST). Ihr Gründer, Dipl.-Phys. Dr. Heinrich Peters, verfügt über eine mehr als 25-jährige Erfahrung in den Bereichen Oberflächen- und Materialanalytik sowie in der Dünnschichttechnologie. 1996 verlegte er seinen Firmensitz nach Remscheid unter das Dach der Technologiefabrik Remscheid. (Foto: Analytik Dr. Peters)

Am Anfang steht ein Fragenkatalog

Typische Fragen, die von Kunden vor Beginn der analytischen Arbeit oft gestellt werden, sind beispielsweise:

- Was ist die Ursache für die offensichtliche, aber nicht gewollte Verfärbung der Oberfläche (Metall, Keramik o.ä.)?
- Warum haftet die Schicht (Metall, Kunststoff o.ä.) auf dem Substrat an manchen Stellen vorschriftsmäßig, an anderen Punkten aber nicht?
- Welche chemische Zusammensetzung haben die sichtbaren punktuellen Kontaminationen auf der gereinigten Oberfläche? Woher stammen sie?
- Welche Beläge (organische oder anorganische Rückstände) beeinträchtigen die Funktion von elektrischen Kontakten?
- Welche chemischen Verbindungen sind verantwortlich für andersfarbige, struk-

turierte plastische Einschlüsse in einer Kabelisolierung?

Die analytischen Antworten auf diese und viele andere Fragen zu Beginn einer Untersuchung sind die Voraussetzung für eine eindeutige Ursachenfindung. Mit diesen Informationen kann dann gezielt in den Fertigungsprozess oder in die Anwendung korrigierend eingegriffen werden. Die analytische Dienstleistung kann deshalb als externer Beitrag zur Qualitätssicherung und -verbesserung gesehen werden. Einige Beispiele aus der Praxis sollen dies verdeutlichen.

Crash 1: Beschleunigungssensor

Bei dem zu untersuchenden Sensortyp wird die seismische Masse durch Trägheitskräfte verschoben, die Änderung der Lage wird kapazitiv oder resistiv erfasst. Im untersuchten Anwendungsfall bestand die seismische Masse aus Nickelstrukturen, die auf Leiterbahnen aufgebracht waren. Diese wiederum waren auf einem Keramiksubstrat aus Al_2O_3 aufgesputtert. Offensichtlich war die Haftung der Nickelstrukturen auf der Leiterbahn mangelhaft. Die Frage des Herstellers an den Dienstleister lautete also: Was ist die Ursache für die mangelhafte Haftung?

Die Analyse wurde mit dem Lasermassenspektrometer** durchgeführt: Gemessen wurde an den Ankerpunkten und an der Ober- und Unterseite der seismischen Masse. Dabei wurde pro Laserpuls die Oberfläche lateral $3 \mu m$ und in der Tiefe 3 - 5 nm abgetragen und analysiert. Mit einem nachfolgenden Puls an denselben Stellen wurden mit höherer Laserenergie weitere 20 - 100 nm in der Tiefe verdampft und danach abermals analysiert.

Im Ergebnis konnten auf der Oberseite der Nickelstruktur Spuren von Natrium, Aluminium und Kalium, neben Blei (<100 ppm) auch sehr geringe Mengen an Kohlenwasserstoffen nachgewiesen werden. Die Zusammensetzung der Unterseite war nahezu identisch, zusätzlich ließen sich

und haben dadurch auch eine dekorative Funktion.

Der Schadensfall: Farbliche Unterschiede der Gehäuse und Fleckenbildung führen zu teilweise erheblichen Produktionsausfällen.

Der Auftraggeber konnte dem Analytik-Dienstleister zusätzlich einige wichtige Informationen geben:

- ◆ Eine Hörerkammer besteht aus einem Grundkörper aus Bronze, der aus optischen Gründen sandgestrahlt und anschließend mehrfach beschichtet wird. Dabei wird eine galvanische Schicht als Diffusionsperre eingesetzt.
- ◆ Farbliche Unterschiede, die bisher nur sporadisch vorkamen, traten immer häufiger und massiver auf.
- ◆ Es kam auch zur Bildung von zunächst winzigen Flecken, die bei Kontakt mit Hautschweiß jedoch rasch anwuchsen und daher besonders kritisch waren.
- ◆ Die ersten Probleme traten auf, als ein Lieferant seine FCKW-Vorreinigung auf wässrige Basis umstellte. Dieser behauptete jedoch, dass außer bei der Kammerbeschichtung sonst keine Probleme auftraten.

Der schwierige Weg zur Ursachenfindung

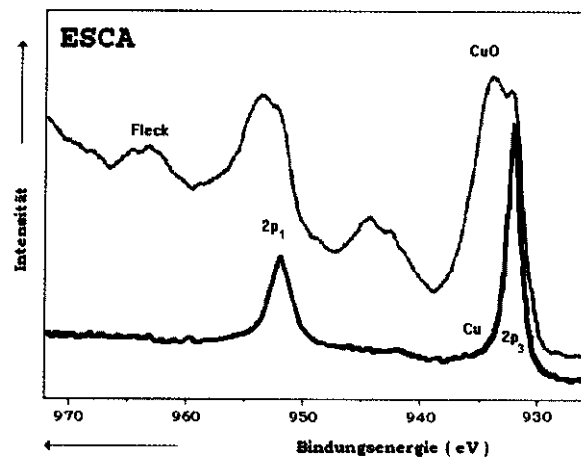
Nachdem das Problem somit klar umrissen war, einigte man sich zunächst auf eine vergleichende Untersuchung der Oberfläche hinsichtlich Topographie, elementarer und chemischer Zusammensetzung. Dazu wurden die Verfahren Rasterelektronenmikroskopie (REM) und die Elektronen-Spektroskopie für Chemische Analyse (ESCA) eingesetzt.

Diese Verfahren liefern jedoch stets eine Fülle von Informationen. Um den problemrelevanten Anteil davon zu ermitteln, wurden gezielt die Unterschiede zwischen einwandfreien und mangelhaften Proben analysiert.

Oberflächentopographie

Die rasterelektronenmikroskopische Vergrößerung der schadhaften

Elementare und chemische Zusammensetzung: ESCA-Spektrum



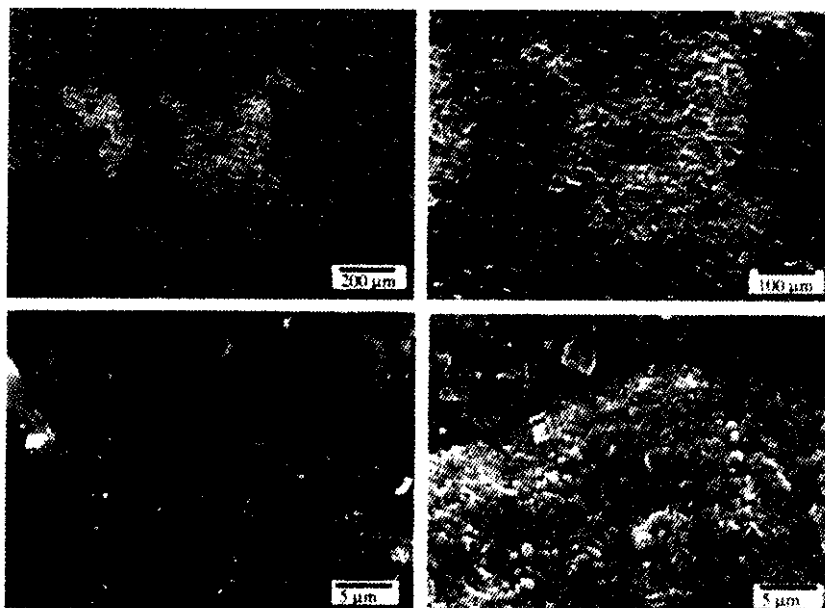
Hörkammer (Bild unten) zeigt bei kleiner Vergrößerung Flecken neben fleckenfreien Bereichen auf der Oberfläche (Aufnahmen im Bild oben), ein teilweises Abplatzen der obersten Schicht im fleckenfreien Bereich (im Bild links unten) sowie das teilweise Auftreten von Spalten. Die insgesamt hügelige Oberflächentopographie ist dabei typisch für eine Diffusionssperre.

Die Fleckbereiche (Aufnahmen im Bild rechts) weisen ebenfalls Spalten auf und besitzen an der Oberfläche eine deutlich veränderte Morphologie in Form kleiner kugelförmiger Agglomerate.

Als nächster Analyseschritt folgt nun die getrennte Untersuchung des Flecks sowie des übrigen Bereichs auf die elementare und chemische Zusammensetzung einer schadhaften im Vergleich zu einer einwandfreien Probe.

Elementare und chemische Zusammensetzung

Die elektronenspektroskopische Untersuchung der schadhaften Hörkammer zeigt die Anwesenheit von Kupfer, das trotz Sperrschicht aus dem Bronzematerial des Grundkörpers an



Die Oberfläche der Hörkammer-Geräte unter dem Rasterelektronenmikroskop (REM)

In der Durchführung der Analyse mit dem Lasermassenspektrometer** wurden Übersichtsspektren von der Oberfläche ausgehend bis zu einer Tiefe von mehreren Mikrometern in die Oberfläche unter Variation der Laserenergie dichte angefertigt. Die Ergebnisse (Bild 3) zeigen auf den spröden Stellen erwartungsgemäß Eisen, Chrom und Nickel, außerdem Molybdän mit weniger als 5 % und Silizium und Kupfer als Spuren. Alkali-, Erdalkali- und Kohlenwasserstoffkontaminationen konnten nicht nachgewiesen werden. An bestimm-

ten Stellen wurde Wasserstoff H₂, an anderen Stellen Schwefel (S) gefunden. Dort, wo Wasserstoff gefunden wird, ist das Schwefelsignal deutlich kleiner, und umgekehrt. Der Gehalt an H₂ schwankt ortsabhängig sehr stark zwischen 0,1 und einigen Vol-%. In der Vergleichsmessung des guten Musters wurde kein H₂ und auch kein S gefunden. Somit ist nachgewiesen, dass die Ursache der Versprödung mit dem alternierenden Vorkommen von H₂ und S zusammenhängen muss. Zusammenfassend kann festgestellt

werden, dass sich der Analytikdienstleister für das mittelständische Unternehmen als wertvolle Ergänzung eigener Ressourcen einer vertrauensvollen Zusammenarbeit erweisen kann. Das Unternehmen erhält Zugriff auf ihm sonst nicht zugängliche analytische Geräte und Verfahren und kann in vollem Umfang das Know-how, die Kompetenz und die Erfahrung des Expertenteams z.B. von Dr. Peters für sich nutzen.

**Zu den verfügbaren Analysegeräten bei Analytik Dr. Peters gehören:

Ein Laser-Mikrosonden-Massenanalysator (LAMMA) für schnelle, semiquantitative Punktanalysen (spot analysis), 1 - 10 µm Durchmesser, alle Festkörper, auch Tiefenprofile, Nachweis positiver und negativer Ionen.

Ein Elektronenspektroskop für chemische Analyse (ESCA-XPS und AES) für zerstörungsfreie, quantitative Elementanalyse der obersten 10-50 Atomlagen von Festkörpern, auch Tiefenprofilen.

Ein Raster-Elektronenmikroskop mit energiedispersiver Röntgenanregung (REM mit EDX) für vergrößernde Abbildungen der Oberfläche, Topographie und Elementverteilung.

Je nach Notwendigkeit ist die Anwendung weiterer Verfahren, z. B. SIMS, SNMS, SAM u.a. jederzeit möglich.

>> Info-Nr.: C02177

>> Fax-Service: +49-6402-9693

Bild 3: Um die Ursache von Versprödungen an Stahlrohren zu klären, wurden Materialproben an der Oberfläche (unten) und nahe unter der Oberfläche (oben) analysiert. Die Intensitäten von Schwefel S und Wasserstoff H lieferten eindeutige Hinweise auf die Ursachen im Fertigungsprozess.

