

Zerstörungsfreie Bauteilprüfung in der Stahlverarbeitung:

Traumfehlerquote 0 ppm rückt näher

PCRT (Process Compensated Resonance Testing) analysiert und bewertet vollautomatisch Schadenstärke und Funktionsbeeinträchtigung von ausfallkritischen Bauteilen. Das Verfahren ist im ASTM-Standard E2534-10 zertifiziert. Vorteile für Produzenten in der stahlverarbeitenden Industrie: höhere Prüfsicherheit, niedrigere Prüfkosten, weniger Pseudoausschuss.

Christiane Engelhardt

Nun habe ich das beruhigende Gefühl, dass nur Qualitätsbauteile das Haus verlassen, die auch spurentief im Innern auf Defekte überprüft sind“ – mit dieser Aussage dürfte Aschwin Maas, Technologie-Manager beim Automobilzulieferer Cires im niederländischen Amelo, vielen Produzenten in der stahlverarbeitenden Industrie aus dem Herzen sprechen. Und gleichzeitig die Frage aufwerfen: „Wie schafft der das?“

Der Hersteller von Ventilkipphebeln hat gemeinsam mit dem Limburger Prüfstandspezialisten Hesselmann & Köhler das vom US-Hersteller Magnaflux entwickelte PCRT-Testsystem „Quasar“ in seinen Produktionsablauf integriert. Neben einem guten Gefühl bringt das Verfahren auch handfeste Kostenvorteile: Die Prüfkosten konnten auf ein Drittel der bislang angefallenen Kosten reduziert und der Pseudoausschuss erheblich gesenkt werden. Wie funktioniert ein solches Verfahren, das die

Traumfehlerquote 0 ppm in eine realistische Zielvorgabe verwandeln hilft?

Process Compensated Resonance Testing

Die PCRT-Prüfung erfasst den Körperschall des Prüflings, analysiert die Schwingungsresonanzen, vergleicht diese mit einer Datenbank von bekannten IO (In Ordnung)- und NIO (Nicht in Ordnung)-Prüflingen. In einem Durchlauf werden eine Vielzahl von Defekten analysiert; sowohl im Inneren als auch an der Oberfläche: Es wird kein Pseudoausschuss aufgrund von oberflächlichen Fehlerindikationen mehr generiert; das Risiko, ein fehlerhaftes Teil auszuliefern, reduziert sich signifikant. Die Prüfung ist zu 100 % computergestützt und läuft vollautomatisiert. Es fallen keine umweltschädlichen Flüssigkeiten an, der Energieverbrauch ist gering.

Das Verfahren wurde auf der Grundlage entwickelt, dass jeder industrielle Produktionsprozess einer Streuung, der sogenannten Prozessvariation, unterliegt. Die Prozessvariation kommt durch eine Reihe von Einflüssen zustande und kann einen wesentlichen Einfluss auf das Resonanzspektrum der Prüflinge haben. Die Unterscheidung der Resonanzen von IO- und NIO-Teilen trotz Prozessvariation erfolgt durch eine spezielle VIPR-Mustererkennungssoftware (Vibration Pattern Recognition).



Foto: Quasar Europe

Prüfsensoren in einem Quasar-Testsystem

Moderne und gut eingestellte Produktionsprozesse weisen für jedes Teil ein erkennbares Resonanzmuster auf. Teile, die von diesem Muster abweichen, geben Rückschlüsse auf Differenzen im Produktionsprozess oder einen Fehler im Bauteil.

Strukturelle Bauteilprüfung

Abweichungen in den Resonanzmustern weisen auf einen Defekt hin. Mögliche Defekte sind zum Beispiel Risse, Einschlüsse, Fehler in der Wärmebehandlung, Härtefehler, fehlende Eigenschaften wie Löcher, ungenügende Materialmengen sowie Material- und Bearbeitungsfehler. Ein Beispiel ist die Einhärtetiefe einer Stahlwelle. Hier sollte ein Prüfverfahren auch unsichtbare Defekte erkennen können, die für die Funktion des Bauteils relevant sind, sich aber nicht durch Riss, Einschluss oder ähnliche Störungen im Gefüge zeigen.

PCRT erkennt nicht sichtbare Defekte, weil es die physikalischen Eigenschaften des Prüflings misst und nicht nur visuelle Indikationen bewertet. Es findet eine strukturelle Bauteilprüfung statt. Die Ergebnisse sind wiederhol- und quantifizierbar. Zur Beurteilung der Wiederholgenauigkeit werden für jedes Teil Wiederholmessungen mit demselben Prüfling durchgeführt, die typischerweise eine Abweichung im Bereich von 0,002 bis 0,02 % ergeben. Die Prüfungsbewertung erfolgt ohne menschliche Qualitätseinschätzung, beziehungsweise -beeinflussung des Teils. Der Hersteller kann die Bewertungsgrenzen nachträglich selbst justieren um sicherzustellen, dass wirklich alle Defekte NIO-geprüft werden.

Klare Trennung in IO- und NIO-Teile

Das zentrale Element einer PCRT-Prüfung ist das Sortiermodul, das eine Definition der Resonanzmuster der IO-Prüflinge enthält.

Zunächst werden die Resonanzmuster einer Referenzmenge aus IO- und NIO-Teilen gemessen. Diese Muster werden dann in die VIPR-Software eingespeist. VIPR analysiert die Resonanzmuster und generiert das Sortiermodul. Im späteren Produktionsprozess trifft dieses dann die Unterscheidung in IO- und NIO-Teile.

Vereinfachtes Beispiel: Die dem Prinzip nach einfachste Form eines Sortiermoduls basiert auf nur einer Frequenz. Wenn man ein Glas mit einer Gabel anschlägt, erklingt ein Ton. Dieser Ton verändert sich, wenn das Glas einen Riss hat. Theoretisch verschiebt ein Defekt die Resonanzstellen nach unten, die Frequenz wird also kleiner. Das einfache Sortiermodul schaut entsprechend in einem Frequenzfenster nach der erwarteten Resonanzstelle. Wenn keine Resonanzstelle gefunden wird, dann handelt es sich um ein NIO-Teil.

Klassischen Impulsverfahren weit überlegen

In der Praxis führt die in jedem Produktionsprozess vorhandene Prozessvariation jedoch zu einer Verschiebung der Resonanzstellen. Teilweise wirkt diese Verschiebung sogar stärker als durch echte Defekte verursachte Veränderungen. Ein einfaches Sortiermodul mit nur einer Resonanzstelle wäre mit der Analyse überfordert, weil es Prozessvariation und Defekt nicht mehr unterscheiden kann. Es kann kleine Defekte bei Vorhandensein der typischen Prozessvariation der IO-Teile nicht mehr zuverlässig erkennen, denn die Prozessvariation erzeugt genügend Rauschen und Verschieben der Resonanzstellen, sodass die echten Defekte ausgeblendet und unterdrückt werden.

Wenn ein Prüfsystem diese Prozessvariation nicht kompensieren kann, erkennt es nur sehr grobe und offensichtliche Defekte. Weiterhin besteht eine direkte Abhängigkeit zum Chargenproblem, sodass die herkömmlichen, einfachen Systeme in der Regel



Foto: Quasar Europe

Quasar Workstation (Prüfstand)

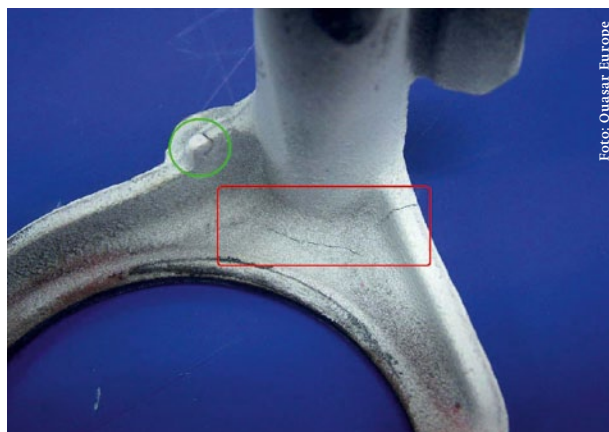


Foto: Quasar Europe

Die Fehlerstelle (rot) entspricht nicht der visuellen Bruchstelle (grün)



Foto: Quasar Europe

Quasar Teststation (Prüftisch)

bei jeder Charge neu justiert werden müssen. Diese Problematik ist ein wesentlicher Nachteil der Prüfsysteme nach der klassischen Impulsmethode (einfache Klangprüfung). Zudem können die von den meisten Industrieunternehmen eingesetzten herkömmlichen Prüfmethode nicht bewerten, ab wann ein messbarer Defekt funk-

tionsrelevant ist. Viele kritische, prozessrelevante Einflussfaktoren bleiben ungeprüft.

PCRT kompensiert Prozessvariationen, die die Ergebnisse innerhalb der Defektsuche verfälschen könnten. Es findet eine funktionsrelevante Prüfung statt, die Schädigungsstärke wird quantitativ beurteilt. Auf diese Weise können Hersteller

sicherheitsrelevanter, ausfallkritischer Bauteile der 0-ppm-Forderung ein wesentliches Stück näherkommen – und kostenintensiven Pseudoausschuss deutlich reduzieren.

tkoehler@huklm.de
Dipl.-Bw. Christiane Engelhardt,
Fachjournalistin, stories + texte,
Dillenburg.