



FOTOS: OULASAR EUROPE

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

Automotive-Komponenten: ausfallkritische Teile funktionsorientiert prüfen!

VON THOMAS KÖHLER, LIMBURG

Rückrufaktionen von Pkw sind zurzeit an der Tagesordnung. Besonders spektakulär waren die Brände des Luxusportwagens Porsche 911 GT3 im Frühjahr des Jahres. Sie zwangen den Zuffenhausener Autobauer zum Rückruf aller Wagen dieser Bauklasse in die Werkstätten. Die Kosten und der Imageschaden dürften immens gewesen sein. Der Ruf nach einer funktionsorientierten Prüfung sicherheitsrelevanter und ausfallkritischer Bauteile wird mit jedem Vorfall dieser Art – mit Recht – lauter. Der Druck auf Gießereien, ihre Prüfprozesse bei der Herstellung von Komponenten für die Automobilindustrie genauer unter die Lupe zu nehmen und zu optimieren, steigt. Die prozesskompensierte Resonanzprüfung PCRT

(Process Compensated Resonance Testing) ist eine überlegenswerte Alternative zu klassischen Prüfverfahren (Bild 1).

Ein großer Teil ausfallkritischer Komponenten in der Automotiveindustrie wird während der Produktion nicht ausreichend auf seine Funktionalität unter extremen Bedingungen geprüft. Die klassischen, von den meisten Automobilzulieferern angewandten Rissprüfverfahren sind nicht in der Lage nach Kriterien wie Funktionsrelevanz und Schadenstärke zu testen. Vor dem Hintergrund steigender Anforderungen an diese Bauteile (kleiner, leichter, günstiger) und gleichzeitig höheren Belastungen (Temperaturentwicklung, Fahrgeschwindigkeit) wird aber gerade dieses Kriterium für die Gewährleistung der Fahrzeugsicherheit immer wichtiger.

Prüfsysteme upgraden

Die meisten gängigen Prüfverfahren zur Qualitätssicherung halten jedoch mit der Geschwindigkeit – in denen besonders auch ausfallkritische Teile immer komplexer und variantenreicher werden – nicht mit. Rückrufaktionen wegen Bauteildefekten wie dereinst bei Toyota und jüngst bei Porsche werden weiter zunehmen, solange Komponentenhersteller ihre internen Prüfsysteme nicht auf die heute technologisch möglichen Produkteigenschaften upgraden. Benchmark muss eine vollautomatisch in den Produktionsprozess integrierte, strukturelle Bauteilprüfung sein, die belastbare Aussagen über Schadenstärke und Funktionsbeeinträchtigung treffen kann. Automobilhersteller müssen sich fragen:

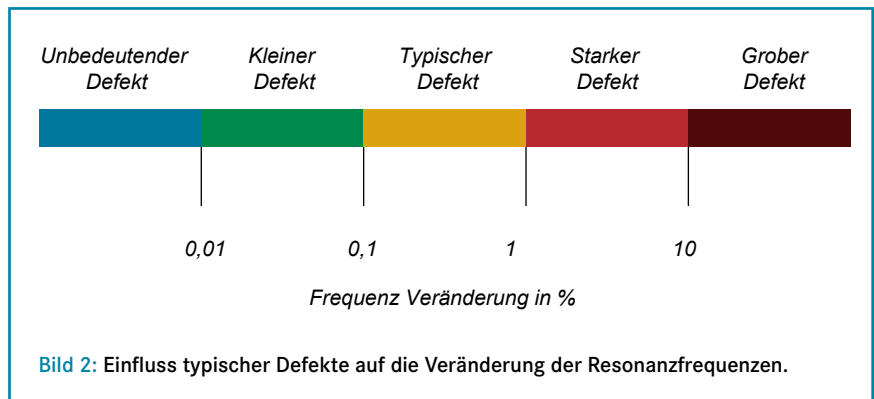


Bild 1: PCRT-Workstation (Prüfstand).

schneller, heißer, anfälliger – halten meine Bauteile das auch aus? Für die betroffenen Zulieferer gilt entsprechend: schneller, heißer, anfälliger – testet mein Prüfverfahren meine Produkte auch zuverlässig auf diese Anforderungen? Fest steht: Qualitätshersteller verkaufen nicht nur Autos, sondern auch das Vertrauen in deren Sicherheit und Zulieferer nicht nur Komponenten, sondern auch das Vertrauen in deren Funktion. Mit jedem Sicherheitsproblem und jeder Rückrufaktion rückt das Thema Prüfsicherheit und -qualität stärker und nachhaltiger in den Fokus der Automobilindustrie. Es ist höchste Zeit, der eigentlichen Ursache (mangelndes Prüfverfahren) für die augenscheinliche Ursache (verbautes Mangelteil) auf den Grund zu gehen.

Alternative: Process Compensated Resonance Testing

Was kann nun PCRT leisten, was andere Rissprüfverfahren nach der Resonanzmethode nicht können? Wichtigster Unterschied: es findet eine komplett in den Produktionsprozess integrierte strukturelle Bauteilprüfung statt, die die Teile auf Funktionsrelevanz testet und die Scha-



denstärke quantitativ bewertet (Bild 2). Die PCRT-Prüfung erfasst den Körperschall des Prüflings, analysiert die Schwingungsresonanzen, vergleicht diese mit einer Datenbank von bekannten IO- und NIO-Prüflingen (In Ordnung/Nicht in Ordnung). 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 hundert Prozent computergestützt und läuft vollautomatisiert. Es fallen keine umweltschädlichen Flüssigkeiten an und der Energieverbrauch ist gering.

Das Verfahren wurde auf der Grundlage entwickelt, dass jeder industrielle Produktionsprozess einer Streuung, der so genannten Prozessvariation, unterliegt. Die Prozessvariation kommt durch eine Reihe von Einflüssen zustande und kann einen wesentlichen Einfluss auf das Resonanzspektrum der Prüflinge haben. Eine präzise Auswertung der unterschiedlichen Resonanzspektren von IO- und NIO-Teilen trotz Prozessvariation erfolgt durch eine spezielle VIPR-Mustererkennungssoftware (Vibration Pattern Recognition). 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. Abweichungen in den Resonanzmustern weisen auf einen Defekt hin. Mögliche Defekte sind z. B. 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.

Physikalische Eigenschaften werden geprüft

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. Das zentrale Element einer PCRT-Prüfung ist das Sortiermodul, welches 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

Bild 3:
PCRT-Test-
station
(Prüftisch).



NIO-Teil.
**PCRT kompensiert Prozess-
variationen**

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 beim Vorhandensein der typischen Prozessvariation der IO-Teile nicht mehr zuverlässig erkennen, denn die Prozessvariation erzeugt genügend Rauschen und Verschiebung der Reso-

nanzstellen, 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 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 Prüfmethoden nicht bewerten, ab wann ein messbarer Defekt funktionsrelevant 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.

Thomas Köhler ist Geschäftsführer der Hesselmann & Köhler Prozessautomation GmbH.

*www.hk-automationsystems.de
www.quasareurope.de*