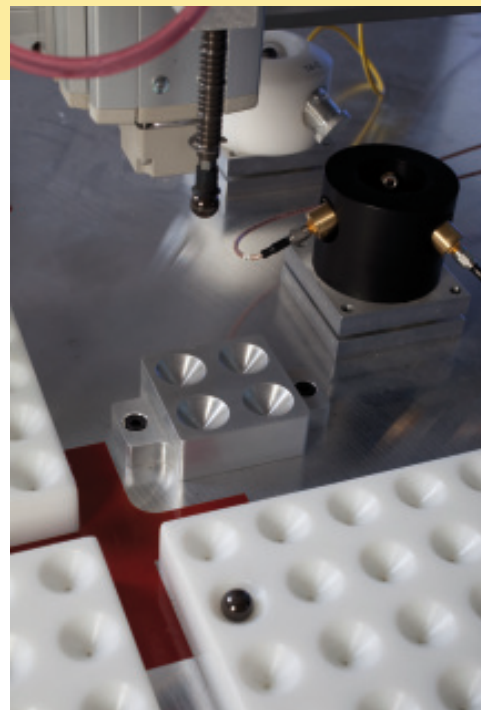




Bild 1

Der „Vibrant Automated Ceramic Ball Tester“ kommt zur „PCRT“ (Process Compensated Resonance Testing)-Prüfung von Siliziumnitridkugeln für Hochleistungsanwendungen in Turbinenkugellagern zum Einsatz.



PCRT-Test: „Fit“ für den Hochleistungseinsatz?

Zerstörungsfreies Prüfen in der Luftfahrt- und Turbinenindustrie

Hochbeanspruchte Bauteile benötigen anspruchsvolle Prüfverfahren. Delta Airlines zum Beispiel wendet zur Übertemperaturprüfung von Turbinenschaufeln die prozesskompensierte Resonanzprüfung (Process Compensated Resonance Testing) an. Und ein spezieller „PCRT“-Tester prüft Keramikugeln für Hochleistungseinsätze in Turbinenkugellagern – zwei von vielen Anwendungsbeispielen einer zerstörungsfreien Werkstoffprüfmethode mit Zukunft.

Flugzeuge des Typs „MD-80“ sind mit „JT8D“-Triebwerken ausgestattet, bei denen es unter Übertemperaturbedingungen zu mikrostrukturellen Materialveränderungen der Turbinenschaufeln kommen kann – mit möglichen negativen Auswirkungen auf die Funktionsfähigkeit der Antriebsmaschine. Der Instandhaltungs- und Wartungsdienstleister der nordamerikanischen Fluggesellschaft Delta Airlines, Delta TechOps, stellte Mängel dieser Art bei seiner kontinuierlichen Routine-Inspektionen rund dreimal im Jahr fest. Fünfmal jährlich mussten die Ingenieure im Schnitt die gesamte Antriebsmaschine unplanmäßig wegen Mängeln austauschen – bis 2009. Seitdem hat Delta sowohl die Anzahl der jährlichen T1-Mängel als auch der unplanmäßigen Maschinenwechsel auf null reduziert. Seit 2009 setzt der Maintenance-Experte die Prüfmethode PCRT ein.

Inspektionskosten an Triebwerken deutlich gesenkt

Die beeindruckenden Ergebnisse des Einsatzes dieser Testmethode sind höhere Prüfsicherheit und -qualität sowie verringerte Kosten für Prüfung, Inspektion und Instandsetzung um nahezu zwei Millionen US-Dollar jährlich. Vor

der Einführung der im „ASTM E2534-10“ standardisierten zerstörungsfreien NDT (Non Destructive Testing)-Methode PCRT war es gängige Praxis, Turbinenschaufeln, die Übertemperatur-Indikationen aufwiesen, destruktiv zu testen. Dabei wurde eine zufällig ausgewählte Schaufel von 64 in einem Triebwerk verbauten Schaufeln entnommen, geschnitten und metallurgisch im Labor untersucht. Dabei werden diese unbrauchbar für den Einsatz.

Bestand die Komponente den Test, wurde davon ausgegangen, dass alle anderen Schaufeln auch in Ordnung waren. Zeigte diese eine Stichproben-Schaukel jedoch Hitzedefekte, wurden auch alle weiteren 63 Schaufeln entfernt und ersetzt; ganz gleich, ob diese fehlerhaft waren oder nicht – ein teures Unterfangen, das jährlich mit rund 900 000 US-Dollar für neue Turbinenschaufeln zu Buche schlug.

„Alle Turbinenschaufeln auszubauen und mit brandneuen zu ersetzen war keine ideale Lösung, weder in finanzieller noch in logistischer Hinsicht“, sagt David Piotrowski, Chef-Ingenieur bei DeltaTechOps. Ganz abgesehen von den hohen Kosten waren die Verantwortlichen grundsätzlich mit den Prüfergebnissen der herkömmlichen Testmethoden sehr unzufrieden. Die von den Herstellern

empfohlenen Verfahren beispielsweise erkannten nur etwa die Hälfte jener Mängel, von denen bekannt ist, dass sie zu Maschinendefekten führen können. „Wir haben eine Riesenanzahl verschiedener Verfahren ausprobiert – aber in der Praxis traten immer wieder Turbinenmängel auf“, berichtet Delta TechOps-Antriebsexperte George Teeuwen.

Prüfung der strukturellen Eignung für Hochleistungseinsätze

Der Durchbruch gelang nach einer sechsmonatigen Probe-Inspektionsphase mit einem PCRT-System der Vibrant Corporation, die in Europa von Vibrant Deutschland mit Sitz im mittelhessischen Limburg vertreten wird. Vibrant entwickelt und implementiert NDT-Verfahren für die weltweite Luftfahrt- und Turbinenindustrie sowie MRO (Maintenance, Repair and Overhaul)-Firmen nach „AS9100 Rev.C“ und „ISO 9001:2000“. Die prozesskompensierte Resonanzprüfung des Anbieters kann die strukturelle Eignung eines sicherheitsrelevanten Bauteils für Hochleistungseinsätze unter extremen Bedingungen bewerten. PCRT prüft auf alle Defekte, die bekanntermaßen die Lebensdauer einer Maschine beeinträchtigen können, zum Beispiel Übertemperaturmängel, Wanddicke-Unregelmäßigkeiten, geometrische Abweichungen, interkristalline Einflüsse, Porositäten oder Rissbildung.

Heute ist PCRT als Standard-Prüfmethode fest in die Delta TechOps-Inspektionsprozesse integriert und wurde mit dem „Better Way“-Award der Federal Aviation Administration (FAA) und der Air Transport Association (ATA) ausgezeichnet. Mittlerweile werden auch



Bild 2
PCRT-Testsystem zur Übertemperaturprüfung von Turbinenschaufeln.

die Turbinenschaufeln der „CFM56-7B“-Flotte damit geprüft. Die Anwendung für weitere Maschinen und Komponenten ist in Planung.

Vorteile zweier Verfahren vereint

Was kann nun die Prüfmethode PCRT, was andere Testverfahren nicht können? Beispielsweise vereint sie die Vorteile der Resonanz-Ultraspektroskopie („Ruspec“: Wie elastisch ist ein Körper?) mit dem patentierten Verfahren „Vibration Pattern Recognition“ (VIPR: Welche Defekte führen zu funktionalen Beeinträchtigungen?). Damit ist es möglich, Funktionsbeeinträchtigungen sowie den Schadensumfang eines Bauteils zu testen und quantitativ zu bewerten. PCRT-Prüfsysteme messen Veränderungen in den Resonanzmustern der Prüflinge und kompensieren die in jedem industriellen Produktionsprozess vorkommenden Prozessvariationen, die einen großen Einfluss auf das Resonanzspektrum haben und die Ergebnisse verfälschen können. Prüfverfahren, die Prozessvariationen nicht kompensieren können, erkennen in aller Regel nur sehr grobe und offensichtliche Defekte. Sie sind deshalb für die Prüfung besonders beanspruchter, sicherheitsrelevanter Teile oft nur bedingt geeignet.

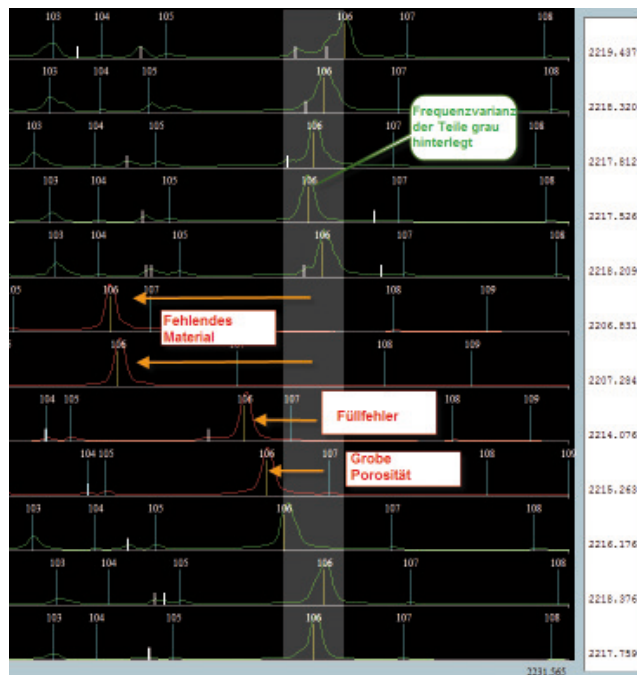


Bild 3
Das Resonanzspektrum von mit PCRT geprüften Keramikugeln zeigt Veränderungen an – wie Materialmangel, Druckdefekt oder grobe Porosität.
Bild (3): Vibrant GmbH Deutschland

Keramikugeltester: Fehler exakt, schnell und kostenoptimal erkannt

Zu solchen intensiv belasteten Komponenten zählen etwa auch Siliziumnitridkugeln (Keramik), die sich wegen ihrer allgemein sehr hohen Verschleiß- und Abriebfestigkeit besonders für den Hochleistungseinsatz in Turbinenkugellagern eignen. Defekte Kugeln können rasch zu Ausfällen des Gesamtsystems führen und entsprechend hohe Kosten

verursachen. In Zusammenarbeit mit den internationalen Unternehmen Honeywell, Rolls-Royce, GE Aviation, Winston Precision Ball und Barden Precision Bearing entwickelte Vibrant einen speziellen PCRT-Keramikugeltester, **Bild 1**, und führte umfangreiche Testreihen durch. Als Ergebnis sorgt PCRT nun für eine schnelle, exakte, zuverlässige und kostenoptimale Fehlerdetektion.

Das Prinzip ist das gleiche: Auch beim Werkstoff Keramik zeigt sich eine Veränderung der Resonanzmuster, sobald eine grundsätzliche Materialdifferenz oder innere, strukturschädigende Defekte vorliegen. Dazu gehören beispielsweise Einschluss, grobe Porositäten oder mangelhaftes Rohmaterial. Sie machen sich meist in einem Unterschied in der Dichte und/oder Elastizität bemerkbar. Verursacht werden sie zum Beispiel durch eine Änderung der Rohstoffzusammensetzung oder variierende Rohstoffeinbringungen in unterschiedlichen Chargen oder auch durch Herstellungsfehler. PCRT kann als Prüfsystem in der Produktion zahlreicher Keramikugel-Varianten angewendet werden. Die Prüfzeit für eine Anzahl von 64 1“-Kugeln (25,4 mm) beträgt lediglich 30 min. Die für die Fehlerdetektion von porösen Werkstoffen weit verbreitete fluoreszierende Eindringprüfung (Fluorescent Penetrant Inspection – FPI) benötigte in einem Vergleichstest für die selbe Kugelanzahl 6 h bis 7 h.

PCRT gewinnt branchenübergreifend an Bedeutung

In Europa werden PCRT-Prüfsysteme exklusiv von Vibrant Deutschland auf Prozesse in der europäischen Luftfahrt- und Turbinenindustrie abgestimmt, implementiert und gewartet, **Bild 2** und **Bild 3**. In der Automotive-Industrie ist das Verfahren unter dem Produktnamen „Quasar“ etabliert: Die wichtigsten „Tier 1“- oder Komponentenlieferanten in der Automobilindustrie sind Quasar-Anwender. Auch im Bereich der Medizintechnik gewinnt PCRT als Alternative zu den herkömmlichen, in ihren Einsatz- und Aussagemöglichkeiten eingeschränkten Rissprüfmethoden zunehmend an Bedeutung.

Thomas Köhler

Dipl.-Ing. Thomas Köhler ist Geschäftsführer der Vibrant GmbH Deutschland in Limburg.

Experten für das zerstörungsfreie Prüfverfahren

Das Unternehmen Hesselmann & Köhler Prozessautomation in Limburg (www.hk-automationsystems.de) ist der europäische Exklusivpartner für die Entwicklung und Implementierung des in den Los Alamos Laboratories, USA, entwickelten PCRT (Process Compensated Resonance Testing)-Prüfverfahrens für ausfallkritische Bauteile (www.quasareurope.de). Die Vibrant GmbH Deutschland ist für die Implementierung spezifischer PCRT-Lösungen in der europäischen Luftfahrt- und Turbinenindustrie (www.vibrantndt.de) zuständig.