

Reparatur fortschrittlicher Gasturbinen

Längere Lebensdauer senkt Betriebskosten

RENÉ VIJGEN |
SULZER TURBO SERVICES

Wegen steigender Treibstoffkosten und schärferer Umweltbestimmungen steigt die Anzahl installierter moderner Gasturbinen rasch an. Erhöhte Betriebstemperaturen und mechanische Beanspruchung erfordern fortschrittliche Technologien für die Herstellung von Bauteilen und deren Instandhaltung. Sulzer Elbar, eine Tochter von Sulzer Turbo Services, hat deshalb innovative Reparaturmethoden für moderne Gasturbinen entwickelt, welche die Betriebsdauer der Maschinen verlängern.

▶ Neue Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung ermöglichen die Herstellung von fortschrittlichen Gasturbinen mit hohem Wirkungsgrad (über 60% in Kombikraftwerken) und niedrigen Emissionswerten. Die Hauptgründe für diese Verbesserungen sind höhere Betriebstemperaturen sowie der Einsatz von fortschrittlichen Kühltechniken und neuen Legierungen, die höheren Tempe-

raturen standhalten. Die Bauteile dieser Gasturbinen sind großer mechanischer und thermischer Belastung ausgesetzt, darunter Kriechen, thermomechanische Ermüdung und Hochtemperaturkorrosion. Dies sind die Hauptmechanismen, die zu Schäden an Bauteilen im Hochtemperaturteil führen. Wenn Hochtemperaturkorrosion, starke Rissbildung aufgrund thermischer Belastungen oder andere

Mechanismen die Wandstärke der Bauteile reduzieren, kann es sein, dass sie sich mit konventionellen Reparaturverfahren nicht zuverlässig instand setzen lassen. Deshalb werden fortschrittliche Reparaturtechniken benötigt, welche die Betriebsdauer der Bauteile erhöhen. Um die Schadenswahrscheinlichkeit während des nächsten Betriebsintervalls zu vermindern, ist es wichtig, die Ursachen des Schadens und die dazugehörigen Schadensmechanismen zu bestimmen und zu analysieren.

Betriebsinterne Forschung

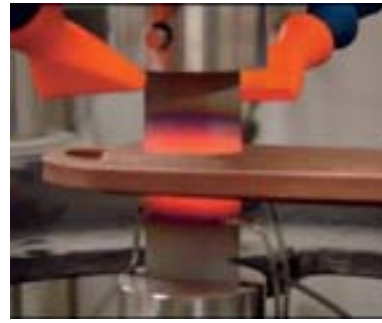
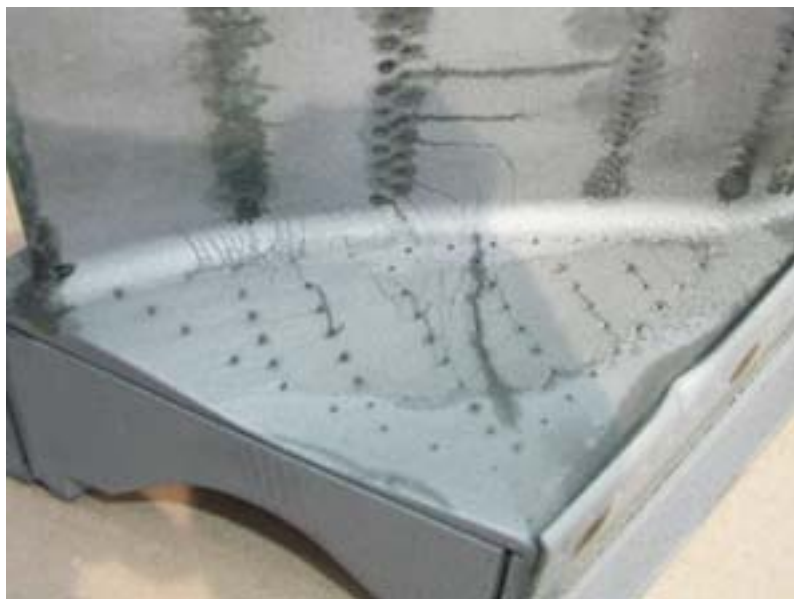
Fortschrittliche Reparaturverfahren erhöhen die Lebensdauer einer Turbine und senken so die Betriebskosten beträchtlich. Eine herkömmliche Reparatur besteht aus dem Entfernen und dem erneuten Auftrag der Beschichtung sowie der Rekonstruktion der Form durch Auftragsschweißen. Außerdem wird durch Wärmebehandlung die ursprüngliche Gefüge-

struktur des Materials wiederhergestellt. Fortschrittliche Reparaturverfahren umfassen darüber hinaus Änderungen von Materialien, Beschichtungen oder Design, wodurch sich das Risiko von Ausfall oder eines erneuten Schadensfalles reduzieren sollte. Gezielte Forschung und Versuche sind die Voraussetzungen dafür, dass solche neuartigen Reparaturverfahren entwickelt und eingesetzt werden können.

Fortschrittliche Schaufelreparatur

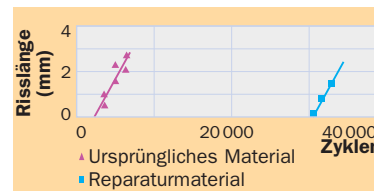
Bei vielen modernen Gasturbinen reduzieren hohe Betriebstemperaturen und Belastungen die Lebensdauer der heißen Bauteile. Gefährdete Komponenten wie die rotierenden und nicht rotierenden Bauteile der ersten Turbinenstufe zeigen häufig starken Verschleiß (Bild 1). Die umfassende Schadensbeurteilung, bestehend aus einer Serie von eingehenden metallurgischen Untersuchungen,

1 Ungleichmäßige Temperaturverteilung führte nach 16 000 Betriebsstunden zu ausgedehnten Rissen in dieser Turbinenschaufel der ersten Stufe. Sulzer Elbar hat fortschrittliche Verfahren entwickelt, mit denen beschädigte Teile moderner Gasturbinen repariert werden können.



2 Prüfstand für die Bestimmung der thermisch induzierten Materialermüdung von Superlegierungen auf Nickelbasis.

hilft in solchen Fällen bei der Bestimmung der Schadensursache. Die Kombination von thermischer Belastung, der originalen spröden MCrAlY-Beschichtung und der ungenügenden Eigenschaften der Grundlegierung führen selbst bei einer beschränkten Anzahl von Starts und Stopps zu starker Rissbildung. Herkömmliche Repara-



3 Materialermüdung durch thermische Zyklen für Superlegierungen auf Nickelbasis: Risswachstum während des Experiments.

turmethode sind unzulänglich, weswegen nur ein Austausch der Bauteile in Frage kommt, mit entsprechenden finanziellen Folgen für Eigentümer oder Betreiber.

Sulzer Elbar hat wirksame Methoden entwickelt, welche die Reparatur schwerwiegender Bauteile dadurch gestatten, dass die thermischen Belastungen reduziert werden und höherwertige Materialien zum Einsatz kommen, welche thermomechanische Eigenschaften haben, die denen der ursprünglichen Materialien überlegen sind.

Vor der tatsächlichen Anwendung werden alle fortschrittlichen Reparaturmethoden umfangreichen Tests und Qualitätssicherungsverfahren unterzogen. In einigen Fällen wird sogar ein spezieller Prüf-

4 Durch Laserschweißen aufgebauete Schaufel-eintrittskante.



stand entwickelt, auf dem sich die Instandsetzungsmaßnahmen unter den Betriebsbedingungen bei Start und Stopp überprüfen lassen.

Verbesserte Dauerfestigkeit

Für die Auswahl von Superlegierungen auf Nickelbasis mit dem höchsten Widerstand gegen Plastermüdung (*low-cycle fatigue*, LCF) hat Sulzer Elbar einen Prüfstand entworfen (Bild 2). In diesem Test wird eine spitz zulaufende Probe wiederholt in schneller Folge erhitzt und abgekühlt. Die Temperaturgradienten führen zu thermischen Dehnungen. Nach einer bestimmten Anzahl von thermischen Zyklen beginnt die Rissbildung im Material. Für jedes Grundmaterial wird die Risslänge als eine Funktion der Zyklenanzahl aufgezeichnet. Der Wider-

5 Thermoschocktests zeigen die Unversehrtheit der Wärmedämmschicht.



stand gegen Materialermüdung ist für die gewählte Probe deutlich höher als jener des Grundmaterials der Schaufel (Bild 3).

Ersatz des Originalmaterials

In manchen Fällen ist das Schaufelmateriale so stark beschädigt, dass eine Reparatur technisch unmöglich ist, und es muss deshalb die gesamte Eintrittskante ersetzt werden (Bild 4). Hierfür wird Laser-Schmelzschweißen eingesetzt, ein Verfahren für dessen Einsatz Sulzer Elbar gut ausgerüstet ist und viel Erfahrung mitbringt. Diese Technologie ermöglicht rissfreie Fügungen höchster Qualität mit überlegenen mechanischen Eigenschaften bei minimaler Verformung.

Beschichtung verlängert Betriebsdauer

Eine maßgeschneiderte und verbesserte Beschichtung erhöht die Betriebsdauer der Turbine nach der Reparatur weiter. Diese Schicht, die auch eine Wärmedämmschicht an der Oberfläche einschließt, reduziert die thermischen Dehnungen in der gesamten Schaufel. Dadurch steigt die Beständigkeit gegenüber Materialermüdung durch Temperaturschwankungen. Spezielle Versuche im Labor von Sulzer Elbar stellen die Schichthaftung sicher (Bild 5).

Nach der Reparatur mit solchen fortschrittlichen Verfahren werden die Schaufeln in der Gasturbine montiert und in Betrieb gesetzt. Für ein bestimmtes Projekt wurden nach einem kompletten Betriebszyklus Materialanalysen durchgeführt, die eine deutliche Verbesserung des Werkstoffverhaltens nachwiesen (Bild 6).



6 Nach einem vollen Betriebszyklus zeigt die Mikrostruktur der Beschichtung keine Hinweise auf Schäden.

Reparaturen erhöhen den Wert

Sulzer Elbar bietet viele weitere moderne Verfahren an, die sich zur Instandsetzung von Komponenten fortschrittlicher Turbinen eignen. Die Firma zeigt so, dass Fachwissen in der Materialtechnik, höchste Fertigungsqualität und hoch entwickelte betriebliche Prozesse Voraussetzungen für die zuverlässige und kostengünstige Verlängerung der Lebenszyklen von Turbinenkomponenten sind. Reparaturen, die den Wert der Maschinen erhöhen, reduzieren die Betriebskosten von Gasturbinen, Dampfturbinen und Kompressoren. ◀

Kontakt

Sulzer Elbar
René Vijgen
Spikweien 36
5943 AD Lomm
Holland
Telefon +31 77 473 86 71
Fax +31 77 473 27 85
rene.vijgen@sulzer.com