

Repariert statt verschrottet

PETER ALEXANDER
SULZER TURBO-
MACHINERY SERVICES

In einem südostasiatischen Kraftwerk musste eine große industrielle Gasturbine wegen schwerer Beschädigungen an verschiedenen Turbinenteilen unplanmäßig außer Betrieb gesetzt werden. Zwei Gesellschaften von Sulzer Turbomachinery Services – Sulzer Hickham Indonesia und Sulzer Elbar – waren in der Lage, die notwendigen Ersatzteile anzufertigen und alle Reparaturarbeiten auszuführen, sodass die Anlage sehr rasch wieder in Betrieb genommen werden konnte.

► Eine südostasiatische Elektrizitätsgesellschaft betreibt in einem Kombikraftwerk eine große, mit Erdgas befeuerte Gasturbine, die bei einer Drehzahl von 3000 min^{-1} eine Leistung von 90 MW erzeugt. Der massive 55-t-Rotor hat einen Durchmesser von fast 4 m und eine Länge von nahezu 10 m (Bild 1). Im Januar 2002 ist diese Gasturbine ausgefallen. Etwa 18 Monate vor dem Ausfall war die Gasturbine generalüberholt und auf den neuesten technischen Stand gebracht worden. Die Anlagenbesitzer stellten nun fest, dass bei einer neu konstruierten Dichtung während des Betriebs ein Defekt aufgetreten war. Dadurch war sie in den Heißgasstrom

geraten und hatte Beschädigungen an den Lauf- und den Leitschaufeln verursacht. Aufgrund eines zweiten Fehlers wurden zudem fünf Schaufelreihen am Kompressor sowie die antriebsseitige Welle beschädigt.

Eine erste Begutachtung durch den Originalhersteller (OEM) ließ den Betreiber zur Erkenntnis kommen, dass eine Reparatur des Rotors wegen der starken Verformung der Welle und des notwendigen Austauschs von Lauf- und Kompressorschaukeln nicht sinnvoll wäre. Zu rechnen war zudem mit einer langen Reparaturdauer. Die Betreibergesellschaft hatte also die Wahl zwischen zwei Übeln: entweder für viel Geld einen Aus-

tauschrotor anschaffen oder den beschädigten Rotor reparieren lassen, was allerdings eine erhebliche Ausfallzeit nach sich gezogen hätte.

Geringere Kosten und kürzere Ausfallzeiten

Nun setzte sich die Betreiber-gesellschaft mit Sulzer Hickham Indonesia in Verbindung und fragte nach Alternativen. Im Rahmen einer von Sulzer Hickham vor Ort durchgeführten Untersuchung stellte sich heraus, dass die vorliegenden Beschädigungen durchaus reparabel waren.

Dem Betreiber wurden die Ergebnisse der Untersuchung und der Analyse zusammen mit einer tabellarischen Übersicht der möglichen Reparaturoptionen zur Beurteilung vorgelegt. Dabei wurde Wert darauf gelegt, möglichst wenige Teile zu ersetzen und die Reparatur so schnell wie möglich

durchzuführen. Da der Betreiber bislang größere Rotorreparaturen nur vom OEM hatte ausführen lassen, mussten die Gesellschaften von Sulzer Turbomachinery Services in einem strengen Verfahren nachweisen, dass sie mit der gebotenen Sorgfalt zu Werke gehen würden. Ihre Werkstätten und Partner auf drei Kontinenten mussten zweifelsfrei belegen, dass sie über die erforderliche fachliche Kompetenz verfügten und auch in der Lage seien, die Arbeiten so zu koordinieren, dass ein erfolgreicher Abschluss gewährleistet war.

Spezielle Reparaturtechniken

Im Mai 2002 erhielt Sulzer Hickham Indonesia den Reparaturauftrag. Der vorgesehene zeitliche Rahmen war extrem knapp bemessen: Insgesamt standen nur 14 Tage zur Verfügung. Nachdem auch noch der Zeitaufwand für Transport und Zollformalitäten

abgezogen werden musste, blieben für die eigentlichen Reparaturarbeiten nur noch 10 Tage. Sulzer Hickham Indonesia setzte einen eigenen Projektleiter ein, der alle Aktivitäten, die weltweit zur Erfüllung des Auftrags stattfanden, steuerte und koordinierte. Die Lauf- und die Leitschaufeln wurden direkt aus dem Elektrizitätswerk zu Sulzer Elbar in die Niederlande geflogen, wo sie eingehend untersucht und repariert wurden. Dank ausgereifter Analysemethoden und Reparaturtechniken (vgl. STR 4/2001, S.4) konnten mehr als 80% aller Teile, die ursprünglich als Schrott klassifiziert worden waren, wiederverwendet werden. Nach der Reparatur wurden alle Laufschaufelreihen beschichtet. Die verwendeten Materialien und Prozesse wurden speziell auf die Betriebsbedingungen jeder einzelnen Schaufelreihe in der Gasturbine abgestimmt.

- 1** Rotor einer großen Gasturbine, die von Sulzer Turbomachinery Services nach einem Ausfall repariert wurde. Die Gasturbine kommt in einem Kombikraftwerk zum Einsatz. Die Reparatur war schneller und kostengünstiger als ein Austausch.





2 Der Gasturbinenrotor wird auf einer großen Drehbank bearbeitet.

Nachdem der Gasturbinenrotor ins Werk von Sulzer Hickham Indonesia (Bild 2) speditiert worden war, erfolgten umfassende Untersuchungen, die das Ausmaß der Beschädigungen noch eingehender dokumentieren sollten. Es bestätigte sich, dass die Welle verbogen war. Deshalb wurde ein iterativer Reparaturprozess entwickelt, bei dem thermische und mechanische Verfahren zum Spannungsausgleich und zum Ausrichten der Welle zum Einsatz kamen. Besonderer Wert wurde darauf gelegt, die Verformung der Welle zu korrigieren, ohne ihre Abmessungen zu ändern – andernfalls hätten andere Komponenten modifiziert werden müssen, womit eine nicht-standardmäßige Konfiguration geschaffen worden wäre. Der Prozess endete äußerst zufrieden stellend: Die Toleranzen an der Welle lagen in denselben Grenzen wie bei einem neuen Rotor.

Da der Rotor aus miteinander verschweißten Abschnitten bestand, machte man sich nach dem Ausfall große Sorgen um die Integrität der Schweißnähte. Diese wurden daher mit ausgereiften Ultraschallverfahren überprüft. Als feststand, dass alle Schweißnähte einwandfrei waren, war der Rotor einsatzbereit.

Teilefertigung

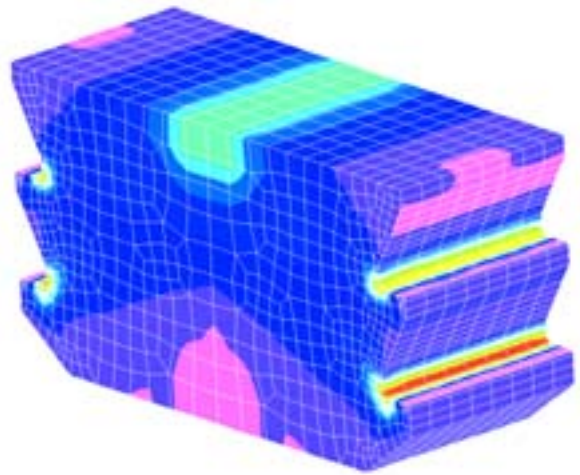
Im Rahmen des Reparaturauftrags war vereinbart worden, dass Sulzer Hickham Indonesia und Sulzer Elbar Kompressorschaukeln teilweise sowie Laufschaufeln und Leitschaufel-Verankerungen vollständig neu herstellen sollten. Die Kompressorschaukeln mussten vom Original abgeleitet werden (reverse engineering). Dabei kam auch die Finite-Elemente-Methode (Bild 3) zur Optimierung der Abmessungen und der Toleranzen im besonders belasteten Schaufelfuß zum Einsatz. Zudem wurden fünf Kompressorschaukelreihen mit einer erosionsbeständigen Aluminiumschutzschicht versehen, um die Reibung zu vermindern und langfristigen Schutz gegen Korrosion und Erosion zu bieten.

Die Leitschaufel-Verankerung setzte sich aus fast 6000 Einzelteilen zusammen, die innerhalb extrem enger Toleranzen zu fertigen waren. Sulzer Hickham Indonesia und Sulzer Elbar mussten für das «reverse engineering», die Analyse, die Herstellung spezieller Werkzeuge und die Qualitätskontrollen einen außerordentlichen Einsatz erbringen. Nur so konnten ausreichend maßhaltige Teile im entsprechenden Zeitrahmen geliefert werden.

Erfolgreiche Inbetriebnahme

Um die Fertigstellung und die Installation aller neuen und reparierten Teile aufeinander abzustimmen und Verzögerungen zu minimieren, wurde ein mehrphasiger Lieferablauf erarbeitet. Am Schluss wurde der Rotor bei niedriger Drehzahl im Werk ausgwuchtet.

Während des Wiedereinbaus arbeiteten Mitarbeiter von Sulzer



3 Die Finite-Element-Analyse eines Kompressor-Schaufelfußes ermöglichte eine Verbesserung seiner Dimensionen.

Hickham und Sulzer Elbar mit dem Werkspersonal vor Ort zusammen, um gegebenenfalls Fragen zu beantworten, Anweisungen zu geben und Probleme zu lösen.

Im September 2002 wurde die Anlage wieder in Betrieb genommen. Beim ersten lastfreien Testlauf mit voller Drehzahl lag das Vibrationsniveau bei nicht einmal 20% des maximal zulässigen Werts. Vollauf befriedigt schlossen die Betreiber daraufhin die Anlage ans Netz an, wo sie gegenwärtig eine wichtige Aufgabe bei der Deckung des Strombedarfs des Landes erfüllt. ◀



KONTAKT

PT Hickham Indonesia
 Peter J. Alexander
 Kawasan Industri Kota Bukit Indah
 Blok A II, 1C-1D
 Purwakarta 41181
 Indonesien
 Telefon +62 264 351 920
 Telefax +62 264 351 143
 peter.alexander@sulzer.com