

Nach katastrophalem Ausfall:

# Wiederinstandsetzung einer 50-MW-Dampfturbine

**JOHN EAST**  
**BOB EISENMANN**  
**SULZER TURBO-**  
**MACHINERY SERVICES**

Nach einem schwerwiegenden Ausfall einer Dampfturbine hat Sulzer Hickham (eine Tochterfirma von Sulzer Turbomachinery Services) eine kostengünstige Instandsetzung des Turbinenrotors und damit zusammenhängender Inneneinbauten durchgeführt. Verschiedene Bauteile wurden im Verlauf dieser Reparatur umkonstruiert und verbessert, zudem wurde Hilfe beim Wiederaufstart geleistet. Instandsetzung und Inbetriebnahme wurden in Rekordzeit bewerkstelligt – zur vollen Zufriedenheit des Kunden.

▶ Gegen Ende des Jahres 2000 erhielt Sulzer Hickham den Auftrag zur Reparatur einer 50-MW-Dampfturbine, Baujahr 1943 (Bild 1). Es handelte sich dabei um eine 20-stufige, doppelflutige Kondensationsturbine in Tandemaufstellung mit einem Frischdampfdruck von 60 bar bei 500 °C.

## Ein hoffnungsloser Fall?

Es war dies das dritte katastrophale Axiallager-Versagen seit der Erneuerung des Hochdruckrotors Mitte der 1980er-Jahre. Der neueste Ausfall hatte eine schwerwiegende Beschädigung des Rotors und der Leitstufen zur Folge. Der Originalhersteller (OEM) hatte eine Reparatur des Hochdruckrotors abgelehnt und empfohlen, diesen zu ersetzen. Tatsächlich zog die Geschäftsleitung des Turbinenbetreibers ernsthaft in Erwägung,

diesen Maschinenstrang außer Betrieb zu setzen. Die Gründe waren die Störanfälligkeit, die erheblichen OEM-Reparaturkosten sowie der hohe Wartungsaufwand für die Einheit. Eine Gesamtbeurteilung ließ jedoch erkennen, dass eine Wiederinstandsetzung der Maschine wirtschaftlich wäre, sofern Vorkehrungen getroffen werden könnten, Ausfälle in Zukunft zu vermeiden.

## Umfassende Reparatur

Die Maschine und deren Komponenten wurden durch Ingenieure von Sulzer Hickham begutachtet. Es wurde ein umfassender Reparaturplan ausgearbeitet, enthaltend eine Analyse der Grundursache des Ausfalls, eine Studie der Rotordynamik, Maßnahmen zur Verbesserung der Zuverlässigkeit sowie das «Hickham-At-Speed»-

Auswuchten in einer 3-Lager-Konfiguration bei voller Drehzahl mit  $3600 \text{ min}^{-1}$ . Zur Vermeidung weiterer katastrophaler Ausfälle wurde ein Maschinenschutzkonzept nach neuesten Erkenntnissen ausgearbeitet. Das Resultat dieser Studien waren die Konstruktion und Installation eines verbesserten Axiallagers und eines hochdruckseitigen Radiallagers, der Einbau eines verbesserten Schmieröl-Filtersystems, ein elektronische Drehzahlregler sowie ein komplettes Maschinenschutzsystem von Bently Nevada, Typ 3500, gemäß API 670 (einem Standard des American Petroleum Institute). Zudem wurden für den Betreiber neue Betriebsvorschriften ausgearbeitet. Die Reparatur der Ölpumpen, die Behebung von Lecks am Hauptabsperrventil sowie das Durchspülen und Reinigen des Ölsystems wurden von Sulzer Hickham vor Ort durchgeführt. Die Generatorlager wurden ersetzt, und es

wurden neue Wasserstoffdichtungen eingebaut. Zudem wurden die Ventile der Turbinenregulierung und die Nockenwelle mit neuen Lagern ausgestattet. Anschließend wurden die Ventile mit dem Haupt servo verbunden und bei vollem Hub überprüft.

Die aufwändigsten Turbinenreparaturen wurden im Sulzer-Hickham-Werk in La Porte, Texas (USA), durchgeführt. Dazu gehörte die Schweißreparatur vier kompletter Turbinenscheiben und des integralen Kamms des Axiallagers am Hochdruckrotor sowie der Ersatz von 18 Reihen Turbinenschaukeln samt Deckbändern. Zwei der großen gusseisernen Niederdruck-Leitstufen, die von Konkurrenzunternehmen während der Angebotsphase als nicht mehr brauchbar eingestuft worden waren, konnten mit Hilfe mechanischer Einsätze instand gestellt werden, die von Sulzer Hickham entwickelt worden waren. Bei zwei

Hochdruck-Leitstufen waren ebenfalls Einsätze notwendig, und bei allen übrigen Leitstufen waren größere Bearbeitungen oder Schweißreparaturen wegen Anstreichens des Rotors erforderlich.

### Schwingungen reduziert

Beim eingängigen Studium der Konstruktion und der historischen Hintergründe durch Sulzer Hickham stellte sich heraus, dass der OEM Mitte der 80er-Jahre nach dem Ersatz des Hochdruckrotors beinahe vier Jahre benötigt hatte, um die Maschine wieder zum Laufen zu bringen. Die Gründe dafür wurden erst bei den Neustartversuchen Anfang Juli 2001 in vollem Umfang erkannt. Bei diesem Wiederanfahren waren Mitarbeiter des technischen Dienstes von Sulzer Hickham zugegen, um Lagerschwingungen, Axialposition, Relativdehnung, Gehäuseausdehnung sowie Lagertemperaturen zu überwachen und aufzuzeichnen. Aus diesen Daten konnte geschlossen werden, dass der Hochdruckrotor sehr temperaturempfindlich war. Schwankungen der Frischdampf Temperatur wirkten sich oft in einer übermäßigen Verbiegung der Hochdruckwelle aus. Veränderungen von Parametern wie z.B. der Turbinendehnrage, der Anhebung der vorderen Abstützung, des Kondensatorvakuums oder der Generatorbelastung beeinflussten das Schwingungsverhalten wesentlich.

### Spezielle Dämpfungslager

Bei normaler Betriebsdrehzahl befand sich die Maschine sehr nahe bei einer kritischen Drehzahl. Noch komplizierter wurde die Angelegenheit, weil der Kondensator starr mit der Turbine verbunden

1 Nach drei folgereichen Ausfällen wegen Lagerschäden wurde diese 50-MW-Dampfturbine durch Sulzer Hickham repariert.



und unterhalb des zweiten Radial-lagers angeordnet war, das sich innerhalb des Niederdruckgehäuses befand und von Abdampf umhüllt war. Dies führte während des Aufstartens infolge von Temperatur-Transienten zu einer variierenden Anhebung des zweiten Lagers und damit verbunden zu einer variierenden Lagerbelastung. Das Hochdruckgehäuse wird von einer flexiblen, 100 cm hohen Auflage getragen; diese ist der Strahlungswärme des Hochdruckgehäuses ausgesetzt, sodass es auch zu Höhenverschiebungen beim ersten Lager kommt. Die Höhenverschiebungen beim ersten und beim zweiten Lager verstärkten die Schwingungsempfindlichkeit des Hochdruckrotors drastisch. Infolge des Zusammenwirkens dieser Faktoren waren ursprüngliche Versuche zur Kompensation der Wellenverbiegung mit Ausgleichsgewichten erfolglos.

Um die Linearität der Schwingungsempfindlichkeit des Rotors mit der Drehzahl zu verbessern und somit das Auswuchten vor Ort zu ermöglichen, wurde von Bearings Plus, Inc. kurzfristig ein

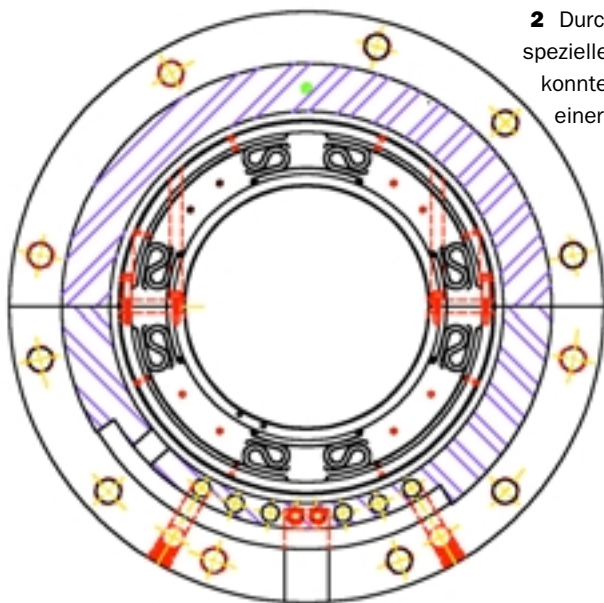


neues Dämpfungslager (Squeeze Film Damper Bearing) für das Hochdruck-Lagergehäuse konstruiert und geliefert. Bild 2 zeigt die Konfiguration dieser patentierten SFD-Lagereinheit. Im Betrieb sind die Abrollbereiche mit Lageröl gefüllt, was für das hochdruckseitige Lager eine zusätzliche Flexibilität und Dämpfung ergibt.

### Volle Zufriedenheit des Kunden

Das neue Lager funktionierte wie erwartet, sodass es möglich war, das Problem der Wellenverbiegung mit Ausgleichsgewichten unter Kontrolle zu bringen. Die

Maschine wurde Mitte August 2001 auf Volllastbetrieb gebracht und ist seither zufrieden stellend gelaufen (Bild 3). Während dieses Zeitraums waren einige unbedeutende Ausfälle zu verzeichnen, in jedem Fall konnte die Maschine aber wieder erfolgreich neu hochgefahren werden. Das Betriebspersonal, wovon einige Mitarbeiter über eine Erfahrung von mehr als 20 Jahren mit dieser Maschine verfügen, sagte aus, dass die Turbine noch nie zuvor so ruhig gelaufen sei. Die Kombination der neuesten Technik und der Erfahrung der Mitarbeiter von Sulzer Hickham hatte es möglich gemacht, die Startphase der Maschine auf einen Bruchteil jener Zeit zu reduzieren, welche Mitte der 1980er-Jahre notwendig war, und über lange Zeit eine zuverlässige Stromversorgung des Werks zu gewährleisten. ◀



**2** Durch den Einsatz eines speziellen Dämpfungslagers konnten die Auswirkungen einer kritischen Drehzahl gemindert werden.

**3** Seit August 2001 läuft die instand gestellte Turbine völlig zufrieden stellend.



### CONTACT

Hickham Industries Inc.  
John East  
11518 Old La Porte Rd  
La Porte, TX 77571  
USA  
Telefon +1 (1)713-567 27 72  
Telefax +1 (1)713-567 28 30  
E-Mail john.east@hickham.com