

Neues Leben für eine altgediente Turbine

HAN HAMER |
SULZER TURBO SERVICES

Reparatur- und Wartungsarbeiten an rotierenden Maschinen unterschiedlichster Bauarten und Baujahre erfordern Fachkenntnisse, die sich nur in der Praxis erwerben lassen. Sulzer Elbar, ein Unternehmen der Sulzer Turbo Services, setzte in einem nordeuropäischen Kohlekraftwerk einen ungewöhnlichen Turbinensatz instand, darunter eine Radial-Dampfturbine. Da die Leistungsabgabe dieses seltenen Turbinentyps begrenzt ist, wird er in modernen Dampfkraftwerken nicht eingesetzt. Diese anspruchsvolle Aufgabe erforderte Reverse Engineering und die Fertigung zahlreicher Turbinenteile ohne die Original-Konstruktionszeichnungen.

▶ Die Ljungström-Dampfturbine wurde Anfang des 20. Jahrhunderts von den Gebrüdern Ljungström aus Schweden entwickelt. In dieser Turbine strömt der Dampf in radialer Richtung, anders als in den üblicheren Axialturbinen (Bild 1). Sie verfügt über 2 gegeneinander rotierende Rotorabschnitte und hat keine stationären Teile. Die Schaufeln sind so angeordnet, dass diejenigen des einen Läufers als Leitschaufeln für den anderen Läufer dienen. Da beide Wellen entgegengesetzt rotieren, treibt diese Turbomaschine normalerweise 2 Generatoren an oder ist mit einem nachfolgenden Getriebe gekoppelt.

Ende 2005 erhielt Sulzer Elbar den Auftrag zur Instandsetzung eines 400-MW-Dampfkraftwerks in Nordeuropa. Der Mittel- und Niederdruck-Abschnitt dieses Kraftwerks (300 MW) umfasst 2 Einheiten mit je 150 MW. Jede Einheit besteht aus einer Mittel- und Niederdruck-Ljungström-Turbine und 2 Niederdruck-Axialturbinen. Diese treiben zwei 75-MW-Generatoren an und teilen sich eine Erregermaschine (Bild 2).

Sulzer Elbar standen 4 Monate für Reverse Engineering und Fertigung zur Verfügung. In diesem Zeitraum wurden über 500 Teile hergestellt, darunter Verschleißteile und größere Turbinenbauteile

wie Labyrinthdichtungen, Schrauben, Bolzen und Segmente für die Axiallager. Ein eigens zusammengestelltes Engineering-Team meisterte diese Herausforderung. Die Experten im Sulzer-Elbar-Labor analysierten Werkstoffproben der Originalturbine. Das Team erstellte neue Zeichnungen und Fertigungsanweisungen und suchte qualifizierte Lieferanten. Alle Teile mussten vor Beginn der Arbeiten vor Ort fertig sein.

Gefährliches Chrom wurde ersetzt

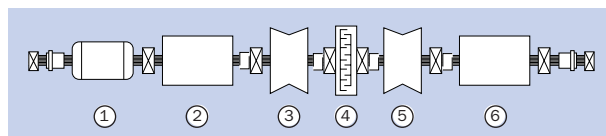
Die Überholung des Dampf- absperr- und Regelventils, einschließlich Nachbau der Ventilspindeln, war ein entscheidender Teil des Auftrags. Für die Fertigung dieser Bauteile wurden neue Techniken eingesetzt. Die Ventilspindeln wurden durch Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen (*high-velocity oxygen fuel*, HVOF) beschichtet, das die herkömmliche elektrolytische Verchromung ersetzt. Der HVOF-Prozess ermöglicht den Einsatz metallischer Pul-

ver mit verbesserten metallurgischen Qualitäten. Deshalb haben die neuen Ventilspindeln bessere Eigenschaften als die originalen. Die Dampfabsper- und Regelventile wurden demontiert, untersucht und in der Rotorwerkstatt von Sulzer Elbar repariert. Von allen 4 Absperrventilen zeigten die Pilotventile die größte Erosion. Das alte Material wurde entfernt, und die Sitze wurden mit einem verbesserten Material durch Auftragschweißen neu aufgebaut. Die Ventile wurden mit den neuen Spindeln und gehärteten Buchsen montiert.

Spezialwerkzeuge konstruiert

Wegen ihrer Eigenarten, ihres Alters und des fortschreitenden Verfalls war die Neuausrichtung der Einheiten eine schwierige Aufgabe. Für die Ausrichtung waren viele Spezialwerkzeuge erforderlich. Nach der Ausrichtung begann die Montage (Bild 3). Bei den Abstandsprüfungen während der Montage wurde eine größere Verformung der Dampfkammer fest-

1 Sulzer Elbar führte Reparaturen an einer Dampfturbineinheit durch, zu der eine seltene Radial-Dampfturbine zählt. Die Abbildung zeigt den Rotor dieser Ljungström-Turbine in seinem Gehäuse.



2 Schematischer Überblick der Dampfturbinen-Generator-Einheit mit der Ljungström-Turbine in der Mitte.

- ① Erreger
- ② Generator
- ③ ND-Turbine
- ④ MD-Turbine
- ⑤ ND-Turbine
- ⑥ Generator

gestellt. Die Engineering-Abteilung der Neuteilfertigungsgruppe von Sulzer Elbar und die Bearbeitungsabteilung arbeiteten rund um die Uhr an allen 4 Dampfkammern. Sie wurden repariert und so wiederhergestellt, dass die Betriebstoleranzen eingehalten werden.



3 Montage der Radialturbine vor der Installation.

Neues Verfahren liefert hohe Qualität

Die Instandsetzung der 4 doppel-flutigen Niederdruck-Rotoren erfolgte in der Sulzer-Elbar-Werkstatt in Lomm (NL). Diese Aufgabe umfasste den Austausch der Erosionsschutzschilde bei 8 Schaufel-sätzen der 6. Stufe. Außerdem musste zu großes Spiel im Schwalbenschwanz derselben Stufe reduziert werden. All diese Arbeiten mussten innerhalb von 4 Wochen abgeschlossen sein. Die Turbinenschaufel-Werkstatt ersetzte die Erosionsschutzschilde. Die Bearbeitung von 828 Turbinenschaufeln im vorgegebenen Zeitraum



4 Ausbau des Generator-Rotors.

war ein extrem schwieriges Ziel, das dank eines neuen Reparaturverfahrens mit einem automatischen Laserschweißgerät erreicht wurde. Dieses Verfahren bietet große Vorteile durch höchste Qualität und Konsistenz bei kritischen Reparaturen.

Das Spiel im Schwalbenschwanz wurde durch 2 Maßnahmen reduziert. Zwischen der Wurzel der Schaufel und der Rotorscheibe wurde ein Stift eingesetzt und ein neuer Befestigungsdraht durch die Turbinenschaufeln gelötet. Diese Aufgabe erforderte größte Vorsicht. Die korrekte Temperatur musste eingehalten werden, da Überhitzung zu Materialschäden führen könnte. Der Befestigungsdraht ersetzt die obere Haube der Schaufeln, die vor mehreren Jahren nach einem Ausfall entfernt worden war. Diese Maßnahmen begrenzen die Bewegung der

Schaufeln im Schwalbenschwanz, wenn die Einheit auf der Drehvorrichtung läuft. Damit wird der Verschleiß in der Wurzel gestoppt.

Zusätzlich durchgeführte Arbeiten

Auf Kundenwunsch fertigte Sulzer Elbar in nur 5 Wochen neue Erosionsschutzschilde für die Vorwärmer im Kondensator.

Die Generatoren sind wasserstoffgekühlt. Zuerst wurden sie von Sulzer Elbar vor Ort inspiziert (Bild 4). Nach der Lagerinspektion mussten die H₂-Dichtungen nachgebaut und ausgetauscht werden. Danach wurden umfangreiche elektrische Prüfungen des Stators durchgeführt. Die Keile und, nach dem Entfernen der Rotoren, das Lagerschild wurden untersucht. Während des Betriebs waren beträchtliche Mengen Wasserstoff aus den Generatoren ausgetreten, die daher viele Jahre lang unter ihrer Auslegungsleistung gearbeitet hatten. Ein wichtiges Ziel dieser Stillsetzung war die Reduzierung der Leckrate auf die ursprünglichen Werte. Eine schwierige Aufgabe war der Austausch des O-Rings und des Druckrings des vertikalen Flansches zwischen Turbinengehäuse und Stator des Generators, der zum Austausch des O-Rings aus seinem Fundament gehoben werden musste.

Leckage reduziert

Eine weitere Herausforderung war der Austausch der kompletten Wasserstoff-Radialdichtringe der Generatoren. Dichtungen und Abdeckungen wurden nachgebaut. Das Team von Sulzer Elbar konnte die Leckrate bei beiden Einheiten auf den ursprünglich vorgesehenen Wert reduzieren. Der Kunde kann den Generator nun mit normalem Druck betreiben, was in den letzten 10 Jahren nicht möglich gewesen war. Nach der Endmontage wurde die Einheit ausgewuchtet, um alle Schwingungen in den Grenzwerten zu halten (Bild 5).

Reparaturspezialisten

Bei der Reparatur nicht standardmäßiger Turbomaschinen können die Spezialisten von Sulzer Elbar aus ihrer Erfahrung aus vielen Projekten schöpfen. Sie zeigen technische Fachkenntnis und Fähigkeiten im Projektmanagement. Sie schlossen ein sehr schwieriges Projekt erfolgreich ab – trotz des hohen Zeitdrucks und Problemen, die erst vor Ort festgestellt wurden und eine Erweiterung des vereinbarten Arbeitsumfangs erforderten. Die Fähigkeit von Sulzer Elbar, neue Teile für alte Maschinen herzustellen, macht Reparaturen von Maschinen möglich, die zuvor hätten verschrottet werden müssen. ◀

5 Blick auf beide Einheiten nach der mechanischen Fertigstellung.



Kontakt

Sulzer Elbar
 Han Hamer
 Spikweien 36
 5943 AD Lomm
 Niederlande
 Telefon +31 77 473 8576
 Fax +31 77 473 8559
 han.hamer@sulzer.com