

Fertigung von Turbinengehäusen

GREGOR TIMMERMANS
SULZER TURBO-
MACHINERY SERVICES

In den vergangenen Jahren hat Sulzer Elbar, eine Gesellschaft der Division Sulzer Turbomachinery Services, Technologien für die Reparatur, die Anpassung und die Fertigung von Turbinengehäusen und Schaufelträgern entwickelt. Dabei bieten Schweißverfahren gegenüber Gießverfahren erhebliche Vorteile in punkto Zeit- und Kostenaufwand sowie bei der Werkstoffqualität.

▶ Bei industriellen Gasturbinen werden die Abgase eines Gasgenerators in einer Nutzturbine zur Energieerzeugung verwendet. Die Temperatur der Gase beträgt ca. 700 °C, die Drücke liegen gewöhnlich zwischen 4 und 6 bar. Die Hersteller der in der Regel von Flugzeugtriebwerken abgeleiteten Gasgeneratoren sind meistens nicht mit den Herstellern der Nutzturbine identisch. Dies führt öfter dazu, dass nicht genügend Luft zur Kühlung der Nutzturbine zur Verfügung steht. Turbinengehäuse werden norma-

lerweise aus niedrig legiertem Stahlguss gefertigt, der für den Einsatz im Temperaturbereich zwischen 400 und 500 °C ausgelegt ist. Mangelhafte Kühlung kann hier rasch zu vorzeitiger Verformung, Rissbildung und anderen Defekten führen.

Sulzer Elbar ist in der Lage, hochwertige Turbinengehäuse zu fertigen, welche Stahlgusskonstruktionen ersetzen. Insbesondere der Austausch minderwertiger Gusskomponenten durch äußerst kriechfeste ferritisch/martensitische Materialien oder Superalloy-

1 Risse in einem Turbinengehäuse, die im Laufe mehrerer Betriebsjahre entstanden sind. Das Gehäuse wurde durch ein neues ersetzt, das von Sulzer Elbar rekonstruiert und gefertigt wurde.



Werkstoffe bietet die Chance, die Lebensdauer von Turbinengehäusen zu verlängern.

Austausch von vier Turbinengehäusen

Ein Beispiel soll dies veranschaulichen: Ein Kunde von Sulzer Elbar verlegte sein von einem Prattand-Whitney-Gasgenerator angetriebenes Spitzenlastkraftwerk von Neuseeland nach Australien. Die Turbinen stammten von Curtiss and Wright.

Die Aufgabe von Sulzer Elbar bestand darin, den Rotor zu überarbeiten sowie das Design von vier Turbinengehäusen zu rekonstruieren und diese durch neue und strapazierfähigere Turbinengehäuse zu ersetzen. Der Zeitrahmen für das gesamte Projekt war äußerst eng – der Abschluss sollte noch während der Verlegung des Kraftwerks erfolgen. Darüber hinaus sollte Sulzer Elbar durch eine Reihe konstruktiver Verbesserungsmaßnahmen die Probleme lösen, die im Laufe der vielen Betriebsjahre an den Turbinen aufgetreten waren.

Schweißen statt Gießen

Die ursprünglichen Gehäuse aus Stahlguss zeigten zahlreiche Risse

2 Abschließende Qualitätskontrolle bei einem reparierten Turbinengehäuse.

und waren stark verformt (Bild 1). Da sie aufgrund ihres schlechten Zustands nicht weiterverwendet werden konnten, waren sie auszutauschen. Es wurde beschlossen, neue und robustere Gehäuse aus dem Werkstoff Inconel 625 zu fertigen.

Da das Projekt innerhalb relativ kurzer Zeit abzuwickeln war, schieden Gießverfahren von vornherein aus. Außerdem führt das Vergießen von Inconel 625 – wie bei vielen Werkstoffen – zu inhomogenen und nicht reproduzierbaren Eigenschaften. Die Gehäuse wurden daher aus einer Reihe von Schmiedeteilen zusammengeschweißt.

Rekonstruktion der Originalgehäuse

Es war nicht leicht, anhand der verformten Gehäuse die richtigen Abmessungen zu rekonstruieren. Die Leitschaufeln waren in Strömungsrichtung aufgrund von Kriechdeformation der Trägerzähne verbogen. Auslöser der Verformung war der Gasdruck gewesen, der auf diesen Schaufeln lastete. Ausgehend von der Messung der verformten Gehäuse, der internen Teile und der Rotoren sowie nach Analyse der vom Kunden bereitgestellten Toleranzangaben rekonstruierten die Ingenieure von Sulzer Elbar die ursprünglichen Abmessungen der Gehäuse.

Aufwändige Produktion neuer Turbinengehäuse

Für die neuen Gehäuse wurde zunächst Stangenmaterial aus Inconel 625 entsprechend der geforderten Abmessungen geschmiedet. Um die konzentrische Anordnung der fünf verschiedenen Schmiedeteile sicherzustellen, wurden die



axialen Flächen mit Anschlägen versehen. Zudem wurde ein spezieller Handhabungsroboter entwickelt und gebaut, um das 2,5t schwere Gehäuse mit einem Durchmesser von 1,9m zu drehen. Die Verbindung der separaten Schmiedeteile erfolgte dann mit Inertgas-Lichtbogenschweißen. Nach der Bearbeitung der Gehäuseaußenflächen wurden das Gehäuse geteilt und die Flansche an der richtigen Stelle angeschweißt. Nach der Bearbeitung der Flansche wurden die beiden Hälften miteinander verbunden und die internen Trägerzähne gedreht. Zum Schluss erfolgte die Bearbeitung aller zusätzlichen Elemente wie der Bohrungen für die Flanschschrauben und die Leitschaufelstopper sowie der Hebeösen.

Da Inconel 625 nicht nur sehr schwer zu bearbeiten ist, sondern sich wegen der höheren Wärmeausdehnung austenitischer Werkstoffe auch leicht verformt, wurden feste Fertigungsphasen eingeführt: Bearbeitung der Gehäuse, zwischenzeitliche Wärmebehandlungen und Maßhaltigkeitskontrollen.

Nach Abschluss der Bearbeitung und der Installation der internen Teile erfolgte eine letzte Kontrolle, die sicherstellte, dass die geforderten Toleranzen eingehalten wurden (Bild 2). Dann waren die Gehäuse versandfertig (Bild 3).

Zusätzlich: Reparatur der Laufschaufeln

Sulzer Elbar fertigte nicht nur die vier Turbinengehäuse, sondern reparierte auch die Laufschaufeln, die Leitschaufeln und die Ansauggehäuse (Bild 4). Ursprünglich verfügten die Ansauggehäuse

über ein ausgeklügeltes Flanschdesign, womit trotz auftretender Temperaturunterschiede zwischen den Flanschen die konzentrische Form beibehalten werden konnte. Allerdings hatte sich diese Konstruktion nicht bewährt und sich im Laufe der Zeit so stark verformt, dass es zu Undichtigkeiten an den Flanschen kam. Daher wurde der Austrittsflansch des Ansauggehäuses durch einen Flansch ersetzt, der ein dem Ansaugflansch des Gehäuses vergleichbares Volumen aufwies. Damit konnten ähnliche Erwärmungs- und Abkühlungsgradienten erzielt werden. Ein Wärmeschild, der das Problem eigentlich nur verschärft hatte, wurde ganz entfernt – der neue Werkstoff machte ihn ohnehin überflüssig.

Die vier Rotoren, die zur Triebwerkseinheit gehörten, sowie zwei Ersatzrotoren wurden in der Rotorwerkstatt von Sulzer Elbar ausgebaut. Danach ließen sich die Schaufeln reparieren. Anschließend erfolgten die Kontrolle der Rotorscheiben und der Spannbolzen sowie alle übrigen Arbeiten.

In Zukunft: Schweißen mit Vorwärmung

Alle vier Turbinengehäuse wurden im Februar 2002 installiert und haben sich seither zur vollen



Zufriedenheit des Kunden bewährt. Sulzer Elbar hat mittlerweile die nächste Herausforderung angenommen: die Fertigung eines IHI-IM5000-Gehäuses aus dem Werkstoff X20CrMoV12.1. Dieser Werkstoff lässt sich nur mit Vorwärmung schweißen. Die endgültige Wärmebehandlung erfolgt nach Abschluss der Schweißarbeiten in einem Ofen, der vor Ort gebaut wird. ◀

KONTAKT

Elbar B.V.
Gregor Timmermans
Spikweien 36
NL-5943 AD Lomm
Niederlande
Telefon +31 (0)77-473 88 19
Telefax +31 (0)77-473 27 85
E-Mail gregor.timmermans@elbar.com



3 Versandfertigtes Turbinengehäuse vor dem Transport nach Australien.

4 Schweißung der neu konstruierten Flansche am Ausgang des Ansauggehäuses.