

Höhere Kraftwerksleistungen

Dank modernen Technologien ist Sulzer Turbo Services in der Lage, einzigartige Lösungen zur Unterstützung der Betriebsanforderungen von Kraftwerksbetreibern zu entwickeln. Dieser Ansatz ist auf Dampf- und Gasturbinen anwendbar und schafft klare Wettbewerbsvorteile. Der Artikel stellt drei abgeschlossene Projekte vor.

PROJEKT 1

Aufwertung einer Gasturbine

Bei Gasturbinen ist es üblich, Wirkungsgrad und Leistung eines Modells während der gesamten Lebensdauer zu verbessern. Die einfachste Art, beide Werte zu steigern, besteht darin, einfach die Verbrennungstemperatur der Gasturbine zu erhöhen. Ohne zusätzliche Änderungen an den Bauteilen wird dies jedoch die Kosten anheben. Die einfache Faustregel besagt, dass jede Erhöhung der Verbrennungstemperatur um 10°C die Lebensdauer der Teile um 50% verkürzt.

Um einer Verkürzung der Lebensdauer und einer Zunahme der Wartungskosten entgegenzuwirken, hat Sulzer Turbo Services neue und verbesserte Bauteile für eine 120-MW-Gasturbine erarbeitet, welche dem Betreiber zahlreiche Betriebsvorteile verschaffen.

Die vollständige Gasführung ist in der CAD-Ansicht dargestellt und besteht aus

vier Reihen von Leitschaufeln und Laufschaufeln. Die ursprüngliche Einheit hatte eine Nennleistung von 120 MW bei einem Einfachzyklus-Wirkungsgrad von 32,5% und einem auf 25 000 äquivalenten Betriebsstunden basierenden Wartungszyklus. Heute ist aufgrund der neuesten Beschauelfung und der Verbesserungen am Verbrennungssystem davon auszugehen, dass der Wirkungsgrad auf etwa 34,3% und die Leistung auf etwa 165 MW steigen wird, was zusätzliche Einnahmen in Höhe von 20 Millionen Dollar pro Jahr bringen wird (auf Basis von 6500 Stunden und einem Preis von 70 Dollar/MWh).

Sulzer-Ingenieure konstruierten die Teile neu, welche eine höhere Leistung bewirken oder verlängerte Wartungsintervalle erlauben würden. Der Betreiber kann die Teile bei 1060°C oder 1075°C einsetzen, wobei er je nach der gewählten Verbrennungstemperatur andere Wartungskosten und eine andere Abgabeleistung erzielen wird. Dadurch erhält der Betreiber die Möglichkeit, seine Kosten und Einnahmen entsprechend den Marktbedingungen zu optimieren. Die Leistungssteigerung erforderte drei wesentliche Änderungen gegenüber der vorherigen Konstruktion.

Verbesserte Kühlung, Beständigkeit und Beschichtungen

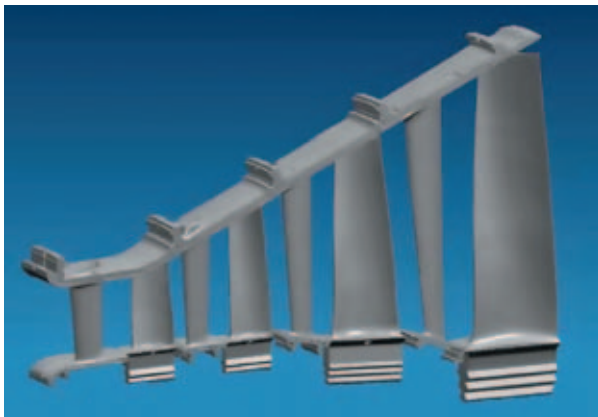
Die einfachste Art, während des Betriebs die Leistung einer Laufschaukel oder Leitschaukel zu verbessern, besteht darin, den Kühlluftstrom zu diesem Teil zu erhöhen. Jedoch kann dies zu einer

merklichen Verringerung der Leistung oder Zunahme der NO_x-Emissionen führen, da die Luft nicht mehr für die Verbrennung zur Verfügung steht. Die schwierigste Aufgabe ist daher, den vorhandenen Luftstrom durch neue Luftführungen in die gekühlten Schaufeln bestmöglich auszunutzen. Im Lauf der Zeit wurden neue Werkstoffe für den Einsatz in Industrie-Gasturbinen verfügbar und allgemein üblich. Auch neue Gusstechnologien kamen auf, die es jetzt ermöglichen, große Teile zu gießen, die früher geschmiedet worden wären. Dies ermöglicht, Werkstoffe mit besserer Kriech- und Oxidationsbeständigkeit zu verwenden. Bei Sulzer Turbo Services wurde herausgefunden, dass die wirkungsvollste Art und Weise, die Teile zu kühlen, im Anwenden eines vorbereitenden MCrAlY-Wärmedämmsperresystems besteht. Die Wärmedämmsperre ist eine Keramiksicht, die das Metall von der hohen Temperatur der Heißgasführung isoliert. Die Verwendung eines Wärmedämmsperresystems schafft zwei verschiedene Vorteile:

- Verlängerung des Wartungsintervalls ohne Erhöhung der Leistung (z.B. bei konstanter Verbrennungstemperatur)
- Erhöhung von Leistung und Wirkungsgrad durch Erhöhen der Verbrennungstemperatur, aber mit dem ursprünglichen Wartungsintervall

In unserem Fall wurden vorbereitende MCrAlY-Wärmedämmsperresysteme auch für die Laufschaufeln verwendet, um die äußere Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit zu verbessern, was dazu beiträgt, dass die Teile nach den planmäßigen Inspektionen instand gesetzt werden können. Zusätzliche Innenbeschichtungen wurden aufgebracht, um die innere Oxidation des Grundwerkstoffs, welche zu innerer Rissbildung führen kann, zu verringern.

CAD-Ansicht der Heißgasführung.



PROJEKT 2 Dampfturbine mit höherem Wirkungsgrad

Während des Betriebs mit niedriger Last erlitt die Dampfturbine einer finnischen Papierfabrik einen Lagerschaden. Elektrische Kriechströme führten zu Schäden an der Weißmetallauskleidung des Lagers Infolgedessen ging der notwendige Abstand zwischen den rotierenden und den feststehenden Elementen verloren, was Laufradschaufelschäden und Verformungen oder Verbiegungen des Laufrads zur Folge hatte. Die Turbine war eine 59%-Reaktionsturbine für 50-Hz-Betrieb. Die Konstruktion umfasste 44 Stufen. Wegen des geringen Druckabfalls pro Stufe konstruierte der Hersteller viele identische Stufen, wie es in der Ver-

gangenheit gängige Praxis war. Dies begrenzte den Wirkungsgrad der Turbine. Die Gelegenheit, neben einer wirtschaftlichen Reparatur der Turbine zusätzlich eine Erhöhung des inneren Wirkungsgrads zu bewirken, wurde erkannt. Alle Laufradstufen, die schwer beschädigt waren, wurden ausgebaut. Insgesamt wurden ungefähr 6000 Schaufeln ausgebaut, wobei 3000 durch nachgebaute ersetzt wurden. Stufen, die nachgebaut werden mussten, wurden mit Schaufeln bestückt, die eine optimierte Geometrie haben.

Laufrad-Reparaturen

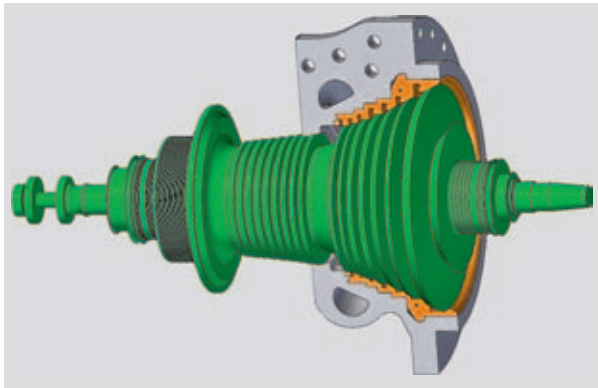
Die Behebung des Schadens am Laufrad und an den rotierenden Bauteilen erforderte eine Reihe von Maßnahmen ein-

schließlich spezieller Schweißverfahren und Wärmebehandlung. Diese Prozesse wurden zum Teil ausgewählt, um die Haltbarkeit im Betrieb durch Korrosions- und Erosionsbeständigkeit zu verbessern. Wo die vorhandene Konstruktion ein Verbesserungspotenzial aufwies, wurden die Maße analysiert und Verbesserungen vorgenommen, um Betriebsbelastungen zu verringern.

Nach dem Auswuchten bei hoher Drehzahl wurde das Laufrad eingebaut. Nach Inbetriebnahme erreichte die Turbine problemlos die volle Leistung. Dampfdaten zeigten, dass sich der innere Wirkungsgrad nach dem Richten und der Reparatur um 2% verbessert hatte, wodurch sich die Reparatur innerhalb von zwei Jahren amortisierte.

Das Know-how von Sulzer Turbo Services trägt dazu bei, Nutzungsdauer und Leistung von Dampf- und Gasturbinen- sowie von Kombikraftwerken zu vergrößern.





Ins Gehäuse eingebautes Laufrad.



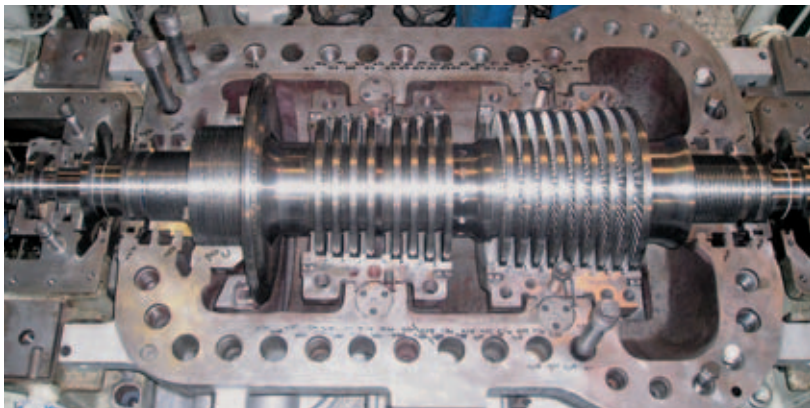
Der sich im Montageprozess befindliche Turbinenrotor.

PROJEKT 3

Dampfturbine mit höherer Leistung

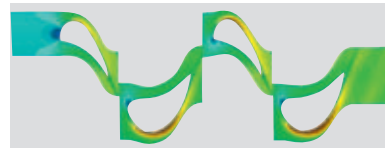
Das Verbessern einer Dampfturbine kann manchmal mehr erfordern als nur den Austausch von Turbinenschaufeln und Zwischenböden. Dies war der Fall, als der Betreiber einer Prozessanlage sich wegen der eventuellen Verbesserung einer Abwärmerückgewinnungs-Dampfturbine in einem Chemiewerk in Deutschland an Sulzer Turbo Services Rotterdam wandte. Der Betreiber hatte den Betriebsprozess der Anlage verändert, wodurch ihm nun 25% mehr Dampf zur Verfügung standen. Die derzeitige Dampfturbine war auf 7 MW ausgelegt und nicht in der Lage, den zusätzlichen Dampf aufzunehmen. Eine einfache Lösung, die Dampfturbine durch eine neue zu ersetzen, wurde vom Betreiber als eine sehr teure Option angesehen, und, schlimmer noch, die Liefer- und Einbauzeit für eine Ersatzturbine belief sich auf über 24 Monate. Eine andere Lösung wäre gewesen, den Dampf ungenutzt abzulassen und sowohl Energie als auch Geld zu verschwenden.

Wieder ins Gehäuse eingebautes Dampfturbinen-Laufrad.



Machbarkeitsstudie

Die erste Phase des Projekts bestand darin, eine Machbarkeitsstudie durchzuführen, welche, falls erfolgreich, zu einer neuen Konstruktion der Laufrad/Gehäuse-Konfiguration führen und ferner sicherstellen würde, dass der Generator und die anderen Hilfsaggregate die zusätzliche Leistung bewältigen würden. Mittels eines Strömungssimulationsprogramms (CFD-Computational Fluid Dynamics) wurden die Strömungskanalbedingungen mit den ursprünglichen Auslegungsparametern und dann mit dem zusätzlichen Dampfdurchfluss berechnet. Die Neukonstruktion der Dampfführung wurde mittels CFD bestätigt, woraufhin die Konstruktionsphase in dem Wissen abgeschlossen werden konnte, dass die vom Kunden geforderten Randbedingungen eingehalten werden würden. Aufgrund des Berichts entschied sich der Betreiber dafür, die Verbesserung durchzuführen.



Machzahl-Plots aus der CFD-Analyse des Dampfstroms.

Konstruktionsarbeit und Reparatur

Die Dampfführung war konstruiert, jedoch musste noch geklärt werden, wie die neue Konstruktion mit dem Gehäuse zusammenwirken würde. Wiederum wurde ein Computerprogramm verwendet, um die Konstruktionen einschließlich der Veränderungen am Gehäuse zu vollenden, unter Hervorhebung der Montage der alten und der neuen Bauteile. Dann wurde ein neues Laufrad geschmiedet, bearbeitet und ausgewuchtet. Die Veränderungen am Gehäuse wurden vorgenommen und ein Einsatzring in das ursprüngliche Gehäuse gerollt, wodurch es möglich war, das ursprüngliche, aber veränderte Gehäuse wiederzuverwenden. Nach Anbringen aller Schaufeln wurde das Laufrad in das Gehäuse eingebaut und alle Toleranzen kontrolliert. Mit geschlossenem Gehäuse wurde das Aggregat zum Chemiewerk zurücktransportiert, eingebaut und wieder in Betrieb genommen. Die Einheit arbeitete innerhalb des akzeptablen Bereichs und bewältigte den zusätzlichen Dampf problemlos, womit das Chemiewerk wirtschaftlicher als vorher betrieben werden kann.

Shaun West
 Sulzer Turbo Services
 Zürcherstrasse 12
 8400 Winterthur
 Schweiz
 Telefon +41 52 262 34 44
 shaun.west@sulzer.com