

# Innovative Cooling and Combustion Systems for Industrial Gas Turbines of Highest Efficiency

*Innovative Kühl- und Verbrennungssysteme für Industriegasturbinen mit höchstem Wirkungsgrad*

Author: Karsten Kusterer, B&B-AGEMA GmbH, Aachen, Germany

1. Co-Author: Ryoza Tanaka, Kawasaki Heavy Industries, Akashi, Japan
2. Co-Author: Dieter Bohn, RWTH Aachen University, Aachen, Germany

## **Abstract:**

Gas turbines are of significant importance in public and industrial power and heat generation. However, the situation can differ from country to country depending on special market demands, availability of natural gas and government policies. The latter one is of increasing importance for the European market, in particular in Germany. The increasing and mandatory power supply based on renewables, mainly coming from solar and wind power applications, leads to a difficult situation for gas turbine operators. Thus, the flexibility of the gas turbine operation regarding possible power gradients, range of operation and fuel composition is of growing importance whereas at the same time high efficiency and increased life time of thermally high loaded components remain in the focus.

In order to address the diversity of market demands, an industrial gas turbine system of highest efficiency in its class and enhanced operational flexibility has been developed. The key factor in the design process was the application of advanced cooling technologies based on modern computational simulation and analyses systems. As a result, the amount of required cooling air has been reduced and at the same time reduced thermal stresses contributed to an increased life time of the cooled parts. The complex cooling task is explained for the first vane nozzle of the gas turbine showing simulation results as well as results from the test engine. For higher effectiveness of the film-cooling an innovative film cooling technology has been developed, allowing even more increased thermal efficiency of the gas turbine and extended life times of the hot gas path components.

Enhanced fuel flexibility of the developed gas turbine system has been achieved by application of a supplemental burner concept to the gas turbine combustion system. As an example, it allows the combustion of fuel gas with Hydrogen content of up to 100 percent within the supplemental burners additionally to the natural gas combustion in the main burner at the required level of low Nitrogen oxide emissions. The combustion principle and operational test results are presented. Thus, the gas turbine is capable to be operated in combination with renewable energy systems, where electricity surplus is converted into Hydrogen for energy storage purpose. On a research level, the organizations of the authors also work on a new Dry-Low-NOx combustion technology for pure Hydrogen as well as for synthetic gases with high Hydrogen content.

## **Kurzfassung:**

Gasturbinen spielen in der öffentlichen und industriellen Strom- und Wärmeversorgung eine bedeutende Rolle. Je nach Land sind die Marktanforderungen allerdings unterschiedlich und hängen neben der Verfügbarkeit des Brennstoffes insbesondere auch von den politischen Rahmenbedingungen ab. So führen die gesetzlichen Vorgaben in Europa, insbesondere in Deutschland, zu einer zunehmend bevorzugten Einspeisung von Strom aus regenerativen Quellen. Dies erfordert auf der Betriebsseite der Gasturbine eine gesteigerte Einsatzflexibilität hinsichtlich des Betriebsbereiches, der Leistungsgradienten sowie der Brennstoffe. Die hohen technischen Anforderungen an den thermischen Wirkungsgrad sowie die verbesserte Lebensdauer der thermisch hoch belasteten Bauteile bleiben dabei ebenfalls im Fokus der Entwicklung.

Um den geänderten Marktanforderungen Rechnung zu tragen, ist ein Industriegasturbinensystem mit höchstem Wirkungsgrad seiner Klasse und gesteigerter Einsatzflexibilität entwickelt worden. Die Anwendung fortschrittlicher Kühltechnologie basierend auf modernsten Auslegungsverfahren war dabei von besonderer Bedeutung. So konnte der Kühlluft Einsatz reduziert werden, wobei gleichzeitig durch

ebenfalls reduzierte thermische Spannungen die Lebensdauer der gekühlten Bauteile erhöht werden konnte. Am Beispiel der ersten Turbinenleitschaufel werden die komplexe Kühlaufgabe sowie die Anwendung des rechen-technischen Verfahrens erläutert, wobei ein Vergleich mit Ergebnissen aus der Versuchsgasturbine erfolgt. Für die Homogenisierung der Filmkühlung ist eine innovative Technologie zur Kühlluftausblasung entwickelt worden, wodurch eine weitere Steigerung des thermischen Wirkungsgrades sowie der Lebensdauer erzielt wird.

Das Gasturbinensystem profitiert hinsichtlich der Flexibilität im Brennstoffeinsatz von der Anwendung eines gestuften Verbrennungssystems mit nachgeschalteten Zusatzbrennern. Brennstoffe mit einem Wasserstoffanteil bis zu 100 Prozent lassen sich somit zusätzlich zur Erdgasbefuerung des Hauptbrenners unter Einhaltung der Emissionsgrenzwerte verbrennen. Die Ergebnisse des Betriebs auf einem Brennkammerprüfstand werden präsentiert. Das Gasturbinensystem eignet sich daher für den Einsatz mit regenerativ erzeugtem Wasserstoff, der als Energiespeicher für überschüssigen Strom aus dem Betrieb regenerativer Anlagen dient. Zusätzlich wird an einer speziellen Verbrennungstechnologie (Dry-Low-NOx) zur Anwendung bei reiner Wasserstoffverbrennung oder wasserstoffreichen Synthesegasen geforscht.