

Rekuperative Brennstoffvorwärmung

Erhöhte Wirtschaftlichkeit von Gasturbinen

Frank Triesch

Mit Hilfe der rekuperativen Brennstoffvorwärmung lässt sich der Brennstoffverbrauch von Gasturbinen reduzieren. Die Folge ist ein besserer Wirkungsgrad der gesamten Anlage. Möglich wird dies mit Doppelrohr-Sicherheits-Wärmeübertragern.



Bei der externen Brennstoffvorwärmung wird das vorweggenommen, was eigentlich bei der Verbrennung geschieht: Ein Teil des Brennstoffes dient der eigenen Vorwärmung bis zur Verbrennungstemperatur. Diese Vorwärmung kann nach einem patentierten Verfahren ¹⁾ mit Doppelrohr-Sicherheits-Wärmeübertragern (DSWÜ) der Renzmann & Grünewald GmbH, Monzingen, teilweise vorweg genommen werden.

Durch die externe rekuperative Brennstoffvorwärmung mittels Abwärme aus dem eigenen Prozess wird der Brennstoffverbrauch einer Gasturbine (Bild 1)

reduziert. Bei nahezu gleich bleibender abgegebener Leistung der Gasturbine führt die Brennstoffvorwärmung somit zu einer Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades der Gasturbinenanlage.

Folgende Abwärmequellen stehen in einem kombinierten Gas- und Dampfturbinen (GuD)-Kraftwerk für die Brennstoffvorwärmung zur Verfügung, geordnet nach dem Temperaturniveau:

- Packageabluft,
- Generatorkühlung mittels Luft, Wasser oder Wasserstoff,
- Dichtöl (bei Wasserstoff-Kühlung des Generators),
- Schmieröl,

Doppelrohr-Sicherheits-Erdgasvorwärmer sowie der Leckageschalter im Detail.

- Transformatoröl,
- Kondensat,
- Abdampf/ Blow-out,
- Rotor-/Leitschaufelkühlluft,
- Abgas.

Selbst bei der Entnahme von Dampf oder Heißwasser aus einem GuD-Prozess führt die Brennstoffvorwärmung noch zu einer Wirkungsgradsteigerung. Das aus im Erdboden verlegten Pipelines strömende Erdgas hat ein nahezu

¹⁾ DE 197 05 216 A1 (Patentnummer).

Autor

Dr.-Ing. Frank Triesch, Jahrgang 1960, Studium des Erdöl- und Erdgastransportes und ihrer Speicherung an der Akademie für Erdöl und Erdgas „I.M. Gubkin“ in Moskau. Daran anschließend Pipelinebau „Jelez-Serpuchow“ in Russland sowie bei der Verbundnetz Gas AG tätig. Seit 1993 freiberuflicher Ingenieur, Ing.-Büro „Thermo Integral“ Leipzig.

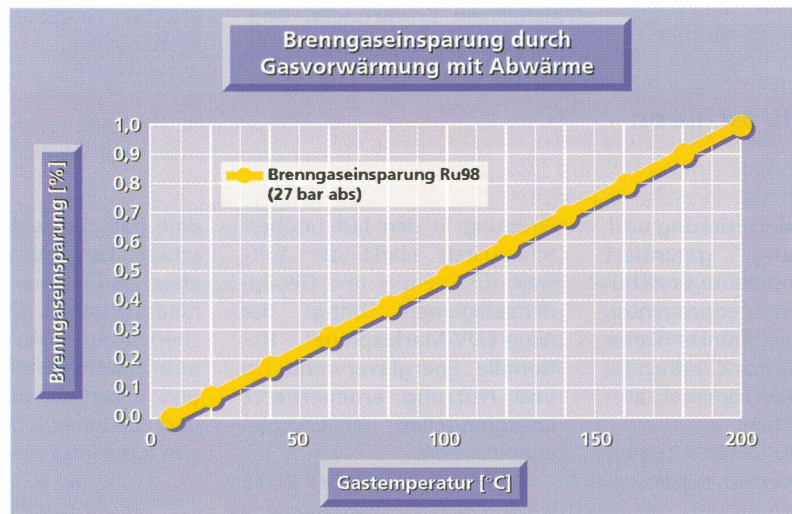


Bild 1

Brenngaseinsparung durch Gasvorwärmung mit Abwärme.

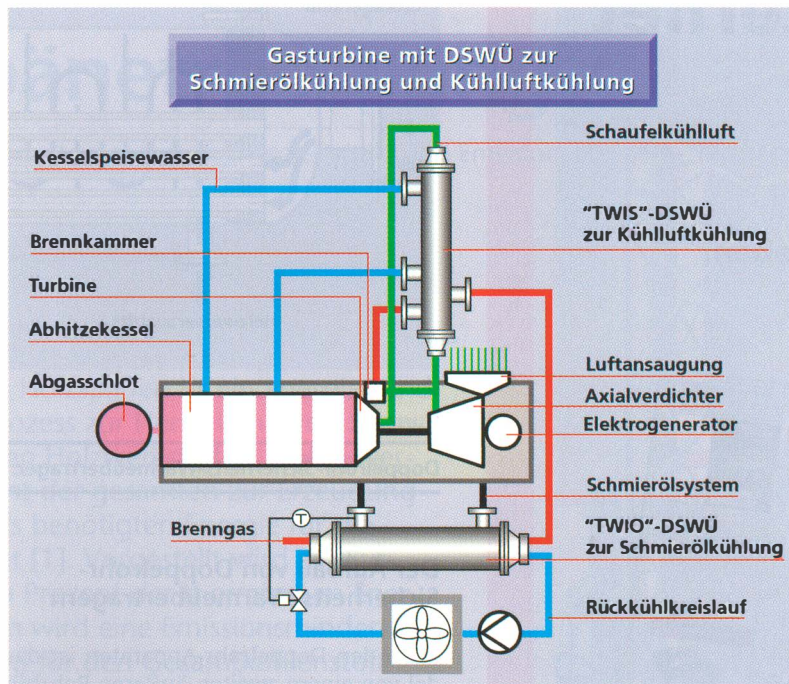


Bild 2

Gasturbine mit Doppelrohr-Sicherheits-Wärmeübertrager (DSWÜ) zur Schmieröl- und Kühlluftkühlung.

Tabelle

Mögliche Wirkungsgradsteigerung durch Brennstoffvorwärmung mit Hilfe eines Doppelrohr-Sicherheits-Wärmeübertragers.

Typ	Elektrische Leistung [MW]	DSWÜ	Gasaufheizung [°C]	Jährliche Betriebsdauer [h/a]	Reduzierung Gasverbrauch [m ³ /a] ¹⁾	Steigerung Wirkungsgrad [%]
GuD	89	Schmieröl/Brenngas	von 5 auf 70	8 000	414 000	0,18
GT	105	Abgas/Brenngas	von 5 auf 200	8 000	2 359 000	0,54

¹⁾ auf Normzustand bezogen

gleichmäßiges, stets niedriges Temperaturniveau. Bei der Druckreduzierung durch Drosselung oder Entspannung reduziert sich die Gastemperatur weiter. Mit einem DSWÜ kann der Brennstoff zur Nutzung von Niedertemperatur-Wärmequellen und zu deren gezielter Kühlung herangezogen werden.

Bei effizienter Gestaltung der Gasvorwärmung durch die Parallel- und/oder Reihenschaltung mehrerer DSWÜ können die Erdgaskälte genutzt und gleichzeitig hohe Brenngastemperaturen erzielt werden. Bild 2 zeigt als Beispiel das Prinzipschema einer Gasturbine mit Abhitzekegel. Durch Anwendung von zwei DSWÜ kann die Schmieröl- und Kühlluftkühlung zum großen Teil durch das Brenngas erfolgen. Bei dem Schmierölkühler handelt es sich um einen „TwiO“-DSWÜ (Two in one), bei dem Kühlluftkühler um einen „Twis“-Apparat (Two in series). Das Brenngas kühlt das Schmieröl unabhängig von der Außentemperatur auf die erforderliche Temperatur ab und erreicht nach dem Kühlluftkühler selbst Temperaturen von 200 °C und mehr. Die restliche Wärme des Schmieröls wird in verringerter Menge an den Nebenkühlkreislauf abgeführt, die der Kühlluft zur Speisewasservorwärmung nutzt.

Die Praxis hat gezeigt, dass insbesondere bei sogenannten Aeroderivaten und bei Industriegasturbinen mit hoher spezifischer Leistung die Wärmebilanz bei der Schmierölkühlung mittels Brenngas vollständig aufgeht. Hier ist es nicht erforderlich, das Schmieröl mit einem Nebenkühlkreislauf zu kühlen.

Häufig werden GuD-Kraftwerke wahlweise mit zwei Brennstoffen betrieben. Neben dem gasförmigen kann auch flüssiger Brennstoff eingesetzt werden. So können hohe Bezugspreise für Gas umgangen und die Verfügbarkeit der GuD-Anlage unabhängig vom Gasnetz gesichert werden. Um in allen Betriebsfällen eine zuverlässige Schmierölkühlung aufrecht zu erhalten, werden sowohl der gasförmige als auch der flüssige Brennstoff für die Kühlung mit einer kompakten „TwiO“-Konstruktion herangezogen. Dabei kann dem flüssigen Brennstoff bei gleicher Temperaturpreizung meist eine höhere Wärmemenge zugeführt werden als dem gasförmigen.

Vorteile für Gasturbinen

DSWÜ zur Brennstoffvorwärmung an Gasturbinen reduzieren den Brennstoffverbrauch und verbessern den Wirkungsgrad der Anlage. Je nach Anwen-

dungsfall kann die Einsparung einige Millionen Kubikmeter Brenngas im Jahr und die Wirkungsgradsteigerung mehr als 0,5 % betragen (Tabelle).

Je höher der Ausgangswirkungsgrad, desto größer ist der erzielbare Wirkungsgradzuwachs. Die nachträgliche Installation des DSWÜ-Brennstoffvorwärmers amortisiert sich allein durch die Brennstoffeinsparung je nach Brennstoffpreis in weniger als drei bis maximal 4,5 Betriebsstundenjahren. Die bessere Kühlung von Generatoren oder Transformatoren, der Entfall oder die Reduzierung des herkömmlichen Kühlsystems und die Kombination mit der üblicherweise einer Gasturbine separat vorgeschalteten Gasdruckregelanlage ²⁾ können außerdem zu einer höheren abgegebenen Leistung und zu einer bedeutenden Investitionskostenreduzierung bei Neuanlagen führen.

²⁾ Triesch, F.: Zwei Varianten der Absicherung von Erdgas-Vorwärmanlagen nach DVGW-Merkblatt G 499, gwf Gas – Erdgas, 135 (1994), 11, 636–640.

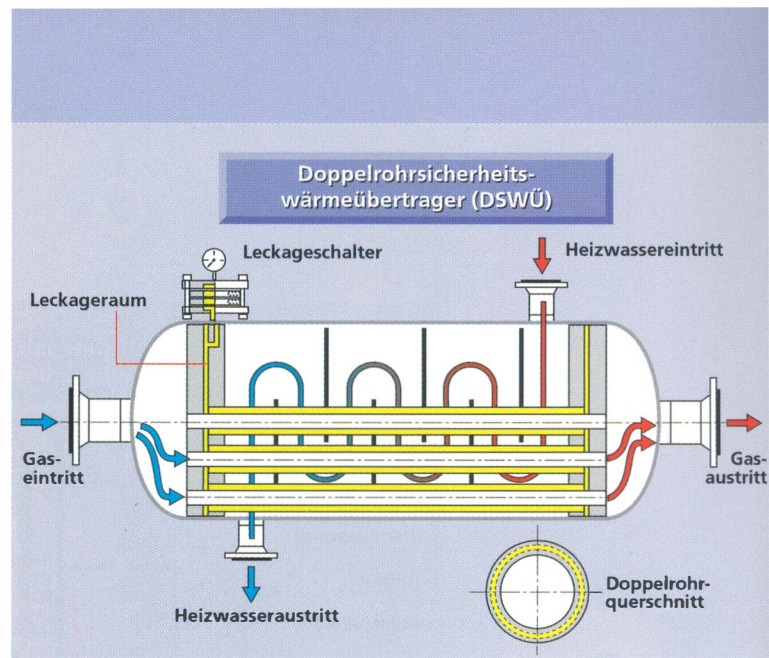


Bild 3

Doppelrohr-Sicherheits-Wärmeübertrager.

Der Aufbau von Doppelrohr-Sicherheits-Wärmeübertragern

Bei den Doppelrohr-Apparaten ist das eigentliche Rohrbündel von einem zweiten äußeren Rohrbündel umgeben (Bild 3). Auch das äußere Rohrbündel besitzt Kammern, die zwischen den Böden des inneren und äußeren Bündels gebildet werden. Diese Kammern sammeln hermetisch die Rohrzwischenräume und bilden den sogenannten Leckageraum. Der Leckageraum bleibt nach der Druck- und Dichtheitsprüfung mit Stickstoff bei atmosphärischem Druck befüllt und wird durch den patentierten ein- oder zweistufigen Leckageschalter³⁾ dicht verschlossen.

Um den thermischen Widerstand des mit Stickstoff befüllten Doppelrohr-Ringraumes zu verringern, wird jedes Innenrohr nach seiner Montage einzeln hydraulisch aufgeweitet und liegt danach dicht an der Innenwand des jeweiligen Außenrohres an. Spezielle kapillarähnliche Kanäle an dieser Innenwand (Bild 3) gewährleisten jedoch, dass bei einer eventuellen Leckage das eintretende Medium bis in die Sammelkammern gelangt und zu einem Druckanstieg im Leckageraum führt, so dass der Leckageschalter ausgelöst wird. Die spezielle Konstruktion der DSWÜ schließt sicher aus, dass sich bei einer Leckage die beteiligten Wärmeträgermedien mischen. Sie bleiben durch eine zweite ebenso druckfeste Rohrwand weiter hermetisch voneinander getrennt.

Doppelrohre für DSWÜ können in verschiedenen Formen, Durchmessern und Materialqualitäten ausgeführt werden, sogar in unterschiedlichen Materialkombinationen für das Innen- und Außenrohr. DSWÜ sind deshalb universell einsetzbar. Neben herkömmlichen Rohrbündelapparaten sind folgende Bauformen realisierbar:

- hochberippte DSWÜ-Register für den Einbau in die Kühlkanäle des Package oder des Generators,
- DSWÜ-Kondensatoren für den Abdampf aus der Dampfturbine oder des Blow-out – gegebenenfalls unter Vakuum,
- DSWÜ mit niedrigberippten Rohrbündeln für die Schmieröl-, Dichtöl- oder Transformatorölkühlung,
- im Mantelraum gasdruckfeste DSWÜ-Rohrbündel für die Kühlung der Gasturbinenschaufelkühlluft,
- DSWÜ mit Glattrohr-Registern für den Einbau in den Hochtemperatur-Abgastrakt.

³⁾ DE P 43 31 314 (Patentnummer).