

Hitzeschildanordnung für eine Heissgas führende Komponente, insbesondere für Strukturteile von Gasturbinen

pdf fulltext Die Erfindung betrifft eine Hitzeschildanordnung für eine Heißgas führende Komponente, insbesondere für Strukturteile von Gasturbinen wie beispielsweise einen Heißgasraum oder eine Brennkammer. Die Anordnung umfasst eine Mehrzahl von Hitzeschildelementen, die flächendeckend nebeneinander auf einer Tragstruktur angeordnet und mit dieser verankert sind. Aufgrund der in Heißgasräumen herrschenden hohen Temperaturen besteht die Notwendigkeit, eine Wandstruktur, die heißem Gas ausgesetzt ist, zu schützen. Hierzu ist es beispielsweise möglich, den Heißgasraum mit Hitzeschildelementen auszukleiden, deren dem Heißgas zugewandte Fläche rückseitig gekühlt wird. In der EP 0 224 817 B1 ist eine Hitzeschildanordnung, insbesondere für Strukturteile von Gasturbinenanlagen, beschrieben, welche aus einer Anzahl von dreiecksförmigen Hitzeschildelementen gebildet ist. Die Hitzeschildelemente sind nebeneinander jeweils unter Belassung eines Spalts auf einer Tragstruktur angeordnet und mit der Tragstruktur verschraubt. Nachteilig dabei ist, dass durch die vorher beschriebene Spalte Heißgas vom Brennraum hindurchtreten und mit der Tragstruktur in Berührung kommen kann, so dass das Material der Tragstruktur infolge der entstehenden massiven Hitzeeinwirkung während des Betriebs beschädigt werden kann. In der DE-U-29714742.0 ist eine Hitzeschildkomponente mit Kühlfluidrückführung und eine Hitzeschildanordnung für eine Heißgas führende Komponente dargestellt. Die Hitzeschildkomponente besteht aus einer hohlen Anordnung mit einer äußeren Schale und einem kleinen, hohlen Einsatz. Zwischen dem Einsatz und der äußeren Schale liegt ein Zwischenraum vor, der mit dem Kühlfluid durchströmbar ist. Der Einsatz besitzt auf der Bodenseite Durchlassöffnungen für das Kühlfluid. Eine geschlossene Kühlfluidführung wird dadurch erreicht, dass das Kühlfluid durch Kanäle in der Tragstruktur in den Einsatz strömt, von dort durch Durchlassöffnungen in die äußere Schale strömt - die Kühlung erfolgt dabei durch Prallkühlung und Konvektion - und von dort durch separate Auslasskanäle in der Tragstruktur zurückströmt. Der mehrschalige Aufbau des Hitzeschildelements gewährleistet die geschlossene Kühlfluidführung. Ein derartiger mehrschaliger Aufbau ist jedoch sehr aufwendig. Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Hitzeschildanordnung für eine Heißgas führende Struktur, insbesondere ein metallisches Bauteil einer Gasturbinenanlage oder Brennkammer, mit flächendeckend nebeneinander auf einer Tragstruktur verankerten Hitzeschildelementen anzugeben, welche insbesondere die beschriebenen Nachteile überwindet, flexibel einsetzbar, leicht herstellbar und konstruktiv einfach gestaltet ist. Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Hitzeschildanordnung für eine Heißgas führende Struktur, insbesondere ein metallisches Bauteil einer Gasturbinenanlage oder Brennkammer, mit flächendeckend nebeneinander auf einer Tragstruktur verankerten Hitzeschildelementen gelöst, wobei durch mindestens jeweils zwei benachbarte Hitzeschildelemente zwischen der Tragstruktur und jeweils der dem Heißgas abgewandten Fläche der Hitzeschildelemente ein Kühlluftkanal gebildet ist, in welchen Kühlluft eingespeist ist und durch welchen die benachbarten Hitzeschildelemente miteinander

kommunizieren. Durch die erfindungsgemäße Anordnung ist es möglich, beispielsweise eine geschlossene Luftkühlung einer Brennkammer zu realisieren, indem Verdichterendluft in den gemäß der Erfindung gebildeten Kühlluftkanal eingespeist wird. Im Kühlluftkanal wird die Kühlluft gesammelt und nach erfolgter Kühlung dem mindestens einen Brenner zugeleitet, so dass sie dem Verbrennungsprozess zur Verfügung steht. Vorteilhaft sind die mindestens zwei benachbarte Hitzeschildelemente durch mindestens ein Dichtelement verbunden, so dass das Austreten von Kühlluft aus dem Kühlluftkanal in die Heißgas führende Struktur und/oder das Eintreten von Heißgas in den Kühlluftkanal verhindert ist. Infolge der während des Betriebs auftretenden Wärmebewegungen der Hitzeschildelemente sind diese üblicherweise unter Belassung von Spalten zwischen den einzelnen Hitzeschildelementen mit der Tragstruktur verankert, so dass sich die Hitzeschildelemente bei Hitzeeinwirkung ausdehnen können. Die Belassung von Spalten zwischen den Hitzeschildelementen führt jedoch dazu, dass zum einen die in den erfindungsgemäß durch mindestens zwei benachbarte Hitzeschildelemente gebildeten Kühlluftkanal strömende Kühlluft durch mindestens einen Spalt aus dem Kühlluftkanal aus- und in die Brennkammer eintreten kann, so dass dieser Anteil an Luft (Leckluftstrom) für die Verbrennung verloren ist. Des Weiteren kann in umgekehrter Richtung Heißgas aus der Brennkammer in den Kühlluftkanal einströmen, so dass zum einen dieser Heißgasstrom für eine spätere Umwandlung in mechanische und/oder elektrische Energie verloren ist und zum anderen das Kühlpotenzial der Kühlluft im Kühlluftkanal reduziert ist, weil diese durch die aus dem Heißgasraum in den Kühlluftkanal einströmenden Leckströme an Heißgas aufgeheizt wird. Deshalb ist es erfindungsgemäß vorgesehen, die mindestens zwei benachbarten Hitzeschildelemente mittels eines Dichtelements zu verbinden. Die Dichtung ist bevorzugt flexibel, so dass Wärmebewegungen der Hitzeschildelemente das Dichtelement nicht beschädigen. In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung sind die Hitzeschildelemente im Wesentlichen ausgebildet als Platten, insbesondere als metallische Platten, welche jeweils mindestens an zwei gegenüberliegenden Rändern jeweils einen Steg aufweisen. Derartige Stege verbessern zum einen die Stabilität der Hitzeschildelemente, indem sie wie Versteifungsrippen wirken und sie bieten zum anderen eine gute Anbringungsmöglichkeit für das Dichtelement. Weiterhin kann durch die Höhe des Stegs der Querschnitt des Kühlluftkanals eingestellt oder vorgegeben werden, indem die Stege der benachbarten Hitzeschildelemente eine Seitenwand des Kühlluftkanals bilden. Außerdem können die Versteifungseigenschaften der Stege durch die Wahl deren Geometrie, beispielsweise der Rippenhöhe, festgelegt werden. Auf diese Weise sind z.B. die auftretenden Wärmespannungen gut in den Griff zu bekommen. In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung grenzen die benachbarten Hitzeschildelemente mit jeweils einem Steg aneinander und das mindestens eine, insbesondere U-förmige Dichtelement ist in jeweils eine Nut des jeweiligen Steges der benachbarten Hitzeschildelemente einführbar. Bei dieser Ausgestaltung der Erfindung weisen die aneinandergrenzenden Stege der benachbarten Hitzeschildelemente beispielsweise zur Brennkammer oder bevorzugt zur Tragstruktur. Die Stege weisen jeweils eine Nut auf, insbesondere einen Schlitz in ihrer Fußfläche, so dass das Dichtelement, welches die benachbarten Hitzeschildelemente miteinander verbindet, in die Nuten der Stege der benachbarten Hitzeschildelemente eingeführt werden kann. Eine Nut ist ein besonders leicht herzustellendes Mittel, mit dessen Hilfe eine Verbindung herstellbar ist, im vorliegenden

Ausführungsbeispiel zwischen den benachbarten Hitzeschildelementen. Das Dichtelement ist bevorzugt U-förmig, so dass es z.B. bei einwirkenden Wärmeausdehnungskräften auf die beiden Schenkel des U-förmigen Dichtelements flexibel ist und diese Wärmeausdehnungskräfte zulässt, ohne dass das Dichtelement zerstört wird. Um das bevorzugt U-förmige Dichtelement besonders leicht mit den benachbarten Hitzeschildelementen zu verbinden, sind Stege der Hitzeschildelemente besonders geeignet, welche entweder zur Brennkammer oder bevorzugt zur Tragstruktur weisen. So ist es besonders einfach möglich, ein insbesondere U-förmiges Dichtelement mit seinen beiden Schenkeln in jeweils eine Nut des jeweiligen Steges der benachbarten Hitzeschildelemente einzuführen, eine gute Dichtwirkung zu realisieren und eine gegenüber Wärmeausdehnungskräften zerstörungsunempfindliche Dichtung herstellen. Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind weitere mindestens zwei benachbarte Hitzeschildelemente, welche nicht durch einen Kühlluftkanal miteinander kommunizieren, durch mindestens ein weiteres Dichtelement verbunden. Bei dieser vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind beispielsweise mehrere separate Kühlluftkanäle durch Hitzeschildelemente gebildet, wobei Hitzeschildelemente aneinandergrenzen, also benachbart sind, welche zur Bildung jeweils eines separaten Kühlluftkanals beitragen, so dass diese weiteren, mindestens zwei benachbarten Hitzeschildelemente keinen (gemeinsamen) Kühlluftkanal bilden und somit nicht durch einen Kühlluftkanal miteinander kommunizieren. Ein Hitzeschildelement der weiteren mindestens zwei benachbarten Hitzeschildelemente kann dabei mit einem Hitzeschildelement der vorher beschriebenen jeweils zwei benachbarten Hitzeschildelemente identisch sein. Damit das in der Brennkammer gebildete Heißgas nicht zu einer Zerstörung der Tragstruktur führen kann, indem es durch einen Spalt zwischen den weiteren mindestens zwei benachbarten Hitzeschildelementen hindurchtritt und die Tragstruktur angreift, ist das weitere Dichtelement zum Schutz der Tragstruktur vorgesehen. Bevorzugt grenzen die weiteren mindestens zwei benachbarten Hitzeschildelemente mit jeweils einem Steg aneinander und die Stege liegen auf dem weiteren, bevorzugt eben ausgebildeten Dichtelement, auf, so dass ein Angriff des Heißgases auf die Tragstruktur verhindert ist. In diesem Ausführungsbeispiel weisen die Stege entweder zur Brennkammer oder bevorzugt zur Tragstruktur. Weiterhin bilden die aneinandergrenzenden Stege der weiteren mindestens zwei benachbarten Hitzeschildelemente jeweils eine Seitenwand eines Kühlluftkanals, wobei die genannten Seitenwände zu unterschiedlichen Kühlluftkanälen gehören. Damit eine Wärmeausdehnung der Hitzeschildelemente während des Betriebs möglich ist, sind die Hitzeschildelemente üblicherweise unter Belassung eines Spalts mit der Tragstruktur verankert. Durch diesen Spalt kann Heißgas aus dem Brennraum zwischen die Hitzeschildelemente treten und so die Tragstruktur angreifen. Es wurde bereits dargestellt, dass der Spalt zwischen zwei benachbarten Hitzeschildelementen, welche einen Kühlluftkanal bilden, bevorzugt mittels eines Dichtelements, insbesondere eines U-förmigen, abgedichtet ist, um die Tragstruktur zu schützen. Dasselbe Problem eines möglichen Angriffs von Heißgas auf die Tragstruktur besteht auch für die weiteren mindestens zwei benachbarten Hitzeschildelementen, welche keinen gemeinsamen Kühlluftkanal bilden. Letztgenannte Hitzeschildelemente grenzen bevorzugt mit Stegen aneinander, welche gleichzeitig - wie bereits erwähnt - jeweils eine Seitenwand eines Kühlluftkanals bilden und daher meist eine deutlich größere Steghöhe aufweisen als diejenigen Stege, mit welchen benachbarte

Hitzeschildelemente aneinandergrenzen, die einen (gemeinsamen) Kühlluftkanal bilden. Wenn nun die Stege der weiteren benachbarten Hitzeschildelemente direkt auf der Tragstruktur aufliegen würden, so könnte Heißgas aus der Brennkammer in den Spalt zwischen den weiteren benachbarten Hitzeschildelementen eintreten und die Tragstruktur angreifen. Deshalb ist es bei der vorliegenden Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass die Stege der weiteren mindestens zwei benachbarten Hitzeschildelemente nicht direkt auf der Tragstruktur, sondern auf den weiteren, bevorzugt eben ausgebildeten Dichtelement aufliegen, so dass ein Angriff des Heißgases auf die Tragstruktur verhindert ist. Das weitere Dichtelement kann zur Steigerung seiner Wärmewiderstandsfähigkeit mit einer Wärmedämmschicht überzogen sein. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass Heißgas aus der Brennkammer nicht direkt auf die Tragstruktur treffen kann, sondern von dem weiteren Dichtelement zurückgehalten wird. Das weitere Dichtelement seinerseits ist üblicherweise auswechselbar mit der Tragstruktur verbunden, so dass es im Reparaturfall entnehmbar ist, und es besteht bevorzugt aus einem Hochtemperaturwerkstoff. Besonders vorteilhaft ist auf den dem Heißgas zugewandten Flächen der Hitzeschildelemente eine Wärmedämmschicht aufgebracht. Diese Wärmedämmschicht schützt die Hitzeschildelemente vor einer Überbeanspruchung und/oder Zerstörung durch Hitzeeinwirkung durch das Heißgas. Des Weiteren unterstützt sie die Kühlung der Hitzeschildelemente, indem sie einen Teil der Hitze durch ihre dämmende Wirkung vom Hitzeschildelement fern hält. So ist beispielsweise der zur Kühlung der Hitzeschildelemente nötige Durchsatz an Kühlluft reduziert. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Hitzeschildelemente jeweils eine, bevorzugt zentral angeordnete, Verschraubungsvorrichtung aufweisen, mittels welcher die Hitzeschildelemente mit der Tragstruktur verankerbar sind. So sind die Hitzeschildelemente auf einfache Weise von der Tragstruktur lösbar oder mit dieser verbindbar, indem bevorzugt eine jeweils einzige Schraubverbindung gelöst bzw. hergestellt wird. Der Aufwand beim Herstellen bzw. beim Lösen einer erfindungsgemäßen Hitzeschildanordnung ist dadurch sehr niedrig. Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher dargestellt. Es zeigen: FIG 1 und 2 eine Tragstruktur mit einer erfindungsgemäßen Hitzeschildanordnung aus nebeneinander (FIG 1) und hintereinander (FIG 2) angeordneten Hitzeschildelementen, und FIG 3 und 4 je ein Ausführungsbeispiel für die Abdichtung zwischen benachbarten Hitzeschildelementen, welche über einen gemeinsamen Kühlluftkanal miteinander kommunizieren (FIG 3) bzw. für benachbarte Hitzeschildelemente, welche nicht über einen gemeinsamen Kühlluftkanal miteinander kommunizieren (FIG 4), für den Einsatz bei einer erfindungsgemäßen Hitzeschildanordnung. In den Figuren einander entsprechende Elemente sind mit den selben Bezugszeichen versehen. In FIG 1 ist eine erfindungsgemäße Hitzeschildanordnung 5 dargestellt, bei welcher auf einer Tragstruktur 10 flächendeckend nebeneinander Hitzeschildelemente 20 angeordnet sind; in FIG 2 ist ein Querschnitt durch ein Hitzeschildelement und die Tragstruktur, welcher die Hitzeschildelemente etwa hälftig teilt, gezeigt. Üblicherweise sind beispielsweise zur Auskleidung eines größeren Heißgasraumes, wie z.B. einer Brennkammer 15, mehrere Reihen von Hitzeschildelementen aneinandergrenzend auf der Tragstruktur 10 angeordnet (dies ist in FIG 2 angedeutet). Die Hitzeschildanordnung 5 kann beispielsweise die Brennkammer 15 einer Gasturbine auskleiden, um eine Beschädigung der Tragstruktur 10 während des Betriebs der Gasturbine zu verhindern. Um die thermischen Belastungen zu reduzieren, ist es vorgesehen, die

Hitzeschildelemente 20 jeweils auf deren der Brennkammer 15 abgewandten Fläche mittels Kühlluft zu kühlen. Mindestens zwei benachbarte Hitzeschildelemente 20a, 20b bilden zwischen der Tragstruktur 10 und jeweils der dem Heißgas abgewandten Fläche der Hitzeschildelemente 20a, 20b einen Kühlluftkanal 30. Auf diese Weise kommunizieren die beiden genannten benachbarten Hitzeschildelemente 20a, 20b z.B. über den Kühlluftstrom L, welcher direkt von einem der Nachbarn zum anderen in dem durch die Nachbarn gebildeten, gemeinsamen Kühlluftkanal 30 fließt. In der vorliegenden Figur 1 sind als Beispiel vier Hitzeschildelemente 20 dargestellt, welche einen gemeinsamen Kühlluftkanal 30 bilden; es kommt jedoch auch eine deutlich größere Anzahl an Hitzeschildelementen in Frage, welche auch in mehreren Reihen angeordnet sein können (in FIG 2 angedeutet). Die Kühlluft L, welche durch Öffnungen 25 in den Kühlluftkanal 30 eingespeist ist, kühlt die Hitzeschildelemente 20 rückseitig beispielsweise mittels Prallkühlung, wobei die Kühlluft L praktisch senkrecht auf die dem Heißgas abgewandte Fläche der Hitzeschildelemente 20 trifft und dadurch thermische Energie aufnehmen und abführen kann. Die Kühlung der Hitzeschildelemente kann weiterhin durch Konvektionskühlung erfolgen, wobei Kühlluft L dabei im Wesentlichen parallel zur Oberfläche der Hitzeschildelemente an deren Rückseite entlang streicht und dadurch ebenfalls thermische Energie aufnehmen und abführen kann. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel bewegt sich die Kühlluft L als Kühlluftstrom größtenteils von rechts nach links in dem von den Hitzeschildelementen 20 gemeinsam gebildeten Kühlluftkanal 30 und kann einem Brenner 70, welcher sich beispielsweise in der Brennkammer 15 befindet, zugeführt werden, um für die Verbrennung genutzt zu werden. Um ein Austreten der Kühlluft L aus dem Kühlluftkanal 30 direkt in die Brennkammer 15 und ein Eintreten von Heißgas aus der Brennkammer 15 in den Kühlluftkanal 30 zu verhindern, sind Dichtelemente 35 zwischen den Hitzeschildelementen 20 vorgesehen. FIG 2 zeigt dazu in Querschnittsdarstellung durch ein Hitzeschildelement eine mögliche Ausgestaltung des Dichtelements 35. Es kann beispielsweise in eine Nut 50 eines Stegs 40 eines Hitzeschildelements eingeführt sein, wobei die Verbindung zu einem benachbarten Hitzeschildelement, mit welchem ein gemeinsamer Kühlluftkanal gebildet ist, auf analoge Weise geschieht, indem bevorzugt der andere Schenkel des vorteilhaft U-förmigen Dichtelements 35 in die Nut 50 eines Stegs 40 eines benachbarten Hitzeschildelements eingeführt wird. In FIG 2 ist außerdem eine Verschraubungsvorrichtung 60, beispielsweise eine Versenkung zur Aufnahme einer Schraube, dargestellt. Vorteilhaft wird zur Verankerung der Hitzeschildelemente 20 mit der Tragstruktur 10 ein Befestigungselement, beispielsweise eine Schraube, in die Verschraubungsvorrichtung 60 eingeführt und auf Seiten der Tragstruktur 10 beispielsweise mittels einer Mutter befestigt. In FIG 3 und FIG 4 sind jeweils ein Ausführungsbeispiel für die Dichtung zwischen benachbarten Hitzeschildelementen 20a, 20b bzw. 20c, 20d dargestellt. Dabei zeigt FIG 3 die Dichtung zwischen benachbarten Hitzeschildelementen 20a, 20b, welche erfindungsgemäß einen Kühlluftkanal 30 bilden, über welchen die genannten Hitzeschildelemente z.B. durch Kühlluft L miteinander kommunizieren. Die Hitzeschildelemente 20a, 20b weisen jeweils mindestens an zwei ihrer gegenüberliegenden Ränder jeweils einen Steg 40a auf, in welchen jeweils eine Nut 50 eingebracht ist. In diese Nuten 50 ist jeweils ein Schenkel des im Querschnitt im Wesentlichen U-förmigen Dichtelements 35 eingeführt, so dass das Eintreten von Heißgas aus der Brennkammer 15 in den Spalt zwischen den Hitzeschildelementen 20a, 20b verhindert ist. Ein Ausführungsbeispiel für eine genauere figürliche Ausgestaltung des

Dichtelements 35 kann der FIG 2 entnommen werden. In FIG 4 sind weitere zwei benachbarte Hitzeschildelemente 20c, 20d dargestellt, welche keinen Kühlluftkanal bilden, über welchen sie miteinander kommunizieren. Das Hitzeschildelement 20c bildet beispielsweise mindestens zusammen mit einem anderen, nicht dargestellten, Hitzeschildelement einen gemeinsamen Kühlluftkanal 30 und das Hitzeschildelement 20b bildet mit mindestens einem weiteren anderen, nicht dargestellten Hitzeschildelement einen gemeinsamen Kühlluftkanal 30'. Derartige, in der FIG 4 dargestellte aneinandergrenzende Hitzeschildelemente, welche keinen gemeinsamen Kühlluftkanal bilden, ergeben sich beispielsweise, wenn die in der FIG 1 dargestellte Reihe von Hitzeschildelementen vervielfacht und "hintereinander" wie in FIG 2 angedeutet auf einer Tragstruktur angeordnet wird. In der FIG 4 ist zum Schutz der Tragstruktur 10 vor aus der Brennkammer 15 austretendem Heißgas in den Spalt zwischen den Hitzeschildelementen 20c, 20d ein Dichtelement 45 vorgesehen, welches bevorzugt als Platte ausgebildet ist, die mit der Tragstruktur 10 verbunden wird. Die Hitzeschildelemente 20c, 20d weisen mindestens jeweils an zwei gegenüberliegenden Seiten ihrer dem Heißgas zugewandten Fläche Stege 40b auf, welche besonders vorteilhaft eine Steghöhe aufweisen, die die Steghöhe der in FIG 3 dargestellten Stege 40a übersteigt. Die Stege 40b bilden dabei Seitenwände der Kühlluftkanäle 30, 30'. Die Dichtung wird dadurch hergestellt, dass die Stege 40b auf dem Dichtelement 40 aufliegen, so dass ein Angriff des Heißgases aus der Brennkammer 15 auf die Tragstruktur 10 verhindert ist. Bevorzugt erstreckt sich das Dichtelement 45 über die gesamte Länge des Steges 40b. Das Dichtelement 45, sowie die Hitzeschildelemente 20 können weiterhin mit einer Wärmedämmschicht 55 überzogen sein.

简体中文网页