

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 698 725 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

**28.02.1996 Patentblatt 1996/09**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **F01D 5/18, F23R 3/00**

(21) Anmeldenummer: **95810500.9**

(22) Anmeldetag: **08.08.1995**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB IT**

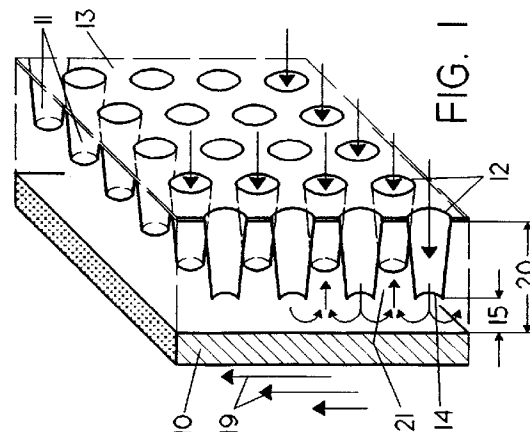
(71) Anmelder: **ABB Management AG**  
**CH-5401 Baden (CH)**

(30) Priorität: **26.08.1994 DE 4430302**

(72) Erfinder: **Wettstein, Hans, Dr.**  
**CH-5442 Fislisbach (CH)**

### (54) Prallgekühltes Wandteil

(57) Eine Prallkühlung für Wandteile (10) zeichnet sich durch eine Mehrzahl von Prallrohren (11) aus, die mit ihrem Einlauf (12) flächenförmig auf einem ebenen oder gekrümmten Träger (13) angeordnet sind und mit ihrer Mündung (14) gegen den zu kühlenden Wandteil (10) gerichtet sind, wobei der Träger mit Abstand (20) zum Wandteil angeordnet ist.



**EP 0 698 725 A2**

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf eine Prallkühlung für Wandteile, beispielsweise von umströmten heissen Turbomaschinen-Komponenten wie Gasturbinenschaufeln oder Brennkammerwandungen.

Unter den konvektiven Kühlungsverfahren können mit Prallkühlung die höchsten Wärmeübergangszahlen erreicht werden. Dabei werden im Fall von Gasturbinen in der Regel Kühlluftstrahlen über ein Lochblech erzeugt und gegen die zu kühlende Wand gerichtet. Als optimal gelten Anordnungen, bei welchen der Abstand von Lochblech zu Wand im Verhältnis 1 bis 2 zum Lochdurchmesser steht.

### Stand der Technik

Derartige Kühlungsverfahren sind bekannt, beispielsweise aus DE-C2-25 26 277. Bei der dort dargestellten Schaufel sind an der Schaufelspitze sowie an der daran anschliessenden Saugseite eigentliche Prallkammern vorgesehen. Im hohlen Schaufelinnern werden sie begrenzt durch - der Schaufelform entsprechende - Einsätze, die mit einer Vielzahl von Kühlluft-Durchtrittsöffnungen versehen sind. Ein grosses Problem stellt bei derartigen Anordnungen die Strömung quer zur Strahlrichtung dar, welche die Strahlen ablenkt und unwirksam machen kann, bevor diese auf die zu kühlende Wand auftreffen. Solche Querströmungen sind dann unvermeidlich, wenn nicht bloss eine Linie, d.h. nur eine Lochreihe, sondern eine Fläche zu kühlen ist. Zur Abhilfe wird bei der genannten Schaufel die Kühlluft nach dem Aufprall durch geeignet angeordnete Lochmuster in der zu kühlenden Wand in die heisse Strömung als Filmluft abgeleitet. Von Nachteil ist bei dieser Lösung, dass die Kühlluft einen höheren Druck aufweisen muss als die heisse Strömung, in welche sie durch die Kühlluft-Austrittsöffnungen abgeleitet wird. Dieser relative Überdruck kann oftmals nur durch ein Zusatzgebläse erzeugt werden. Darüberhinaus sind geschlossene oder hintereinandergeschaltete Kühlluft-Nutzungen nur bedingt möglich, weil die Filmluft als Kühlluft verloren geht.

### Darstellung der Erfindung

Die Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Prallkühlung für Wandteile zu schaffen, bei welcher die Abströmung des Kühlmediums quer zur Strahlrichtung die Strahlwirkung nicht beeinträchtigt.

Erfindungsgemäss wird dies erreicht durch eine Mehrzahl von Prallrohren, die mit ihrem Einlauf flächenförmig auf einem ebenen oder gekrümmten Träger angeordnet sind und mit ihrer Mündung gegen den zu kühlenden Wandteil gerichtet sind, wobei der Träger mit Abstand zum Wandteil angeordnet ist.

Die nach dem Aufprall abgelenkten Prallstrahlen

können nunmehr ungehindert im freien Zwischenraum zwischen der Prallrohrmündung und dem - um die Länge der Prallrohre beabstandeten - Träger abströmen.

Zwar ist es bereits aus der US 2,973,937 bekannt, über Prallrohre, dort Düsen genannt, ein Kühlmittel gegen eine Wand aufprallen zu lassen. Jedoch handelt es sich dort um die bereits eingangs erwähnte einreihige Anordnung von Düsen, bei welcher das Ableiten der Kühlstrahlen nach dem Aufprall problemlos ist. Überdies handelt es sich beim zum kühlenden Element um die vertikale Wandung eines rotierenden Turbinenrades, bei welchem sich eine radial strömende Grenzschicht aufbaut, die den Wärmeübergang erschwert. Der Sinn der dort angewandten Prallkühlung ist unter anderem im Aufplatzen dieser Grenzschicht zu sehen.

Die Vorteile der vorliegenden Erfindung sind unter anderem darin zu sehen, dass nunmehr eine intensive Kühlung mit möglichst geringer Kühlmedium-Menge und kleinem Druckabfall erreicht wird. Dies wiederum schafft die Möglichkeit der Verwirklichung der klassischen Prall-Film-Anordnungen mit vergrössertem Filmbereich. Die Filmlochreihen können dann im Falle von umströmten Komponenten an den Stellen mit tieferem Aussen- druck angeordnet werden.

Es ist besonders zweckmässig, wenn im Falle von zu kühlenden Gasturbinenschaufeln der Träger mit den Prallrohren als Einsatz im hohlen Innern der Schaufel angeordnet ist, und wenn eine Mehrzahl von solchen Einsätzen vorgesehen sind. Dadurch können die Einsätze vom gleichen Kühlmedium in Serie durchströmt werden. Es können auch geschlossene Prallkühlssysteme verwirklicht werden mit erhöhter Prallstrahlgeschwindigkeit. Ferner besteht die Möglichkeit, die Abströmung des Kühlmediums an Stellen tiefen Druckes vorzunehmen, beispielsweise an der Hinterkante von Gasturbinenschaufeln.

Wenn das Kühlmedium im geschlossenen Kreis zirkuliert, können höhere Kühlungsdrücke realisiert werden, wodurch die Wärmeübergangszahl gesteigert werden kann. Dies ist unter anderem der Fall bei Verwendung von Dampf als Kühlmedium, was bei Kombianlagen ermöglicht wird. Von Vorteil ist hierbei, dass der höhere Druck des Kühlmediums dann energetisch günstig in der Speisepumpe erzeugt wird statt im Verdichter.

Schliesslich bietet die Erfindung - im Gegensatz zu den eingangs beschriebenen Kühlluftstrahlen, die über ein Lochblech erzeugt werden - den Vorteil der freien Gestaltung des Verhältnisses von Strahlabstand zum Strahldurchmesser. Dieses kann sich durchaus über einen Bereich von 0.1 bis 4 erstrecken.

### Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung sind mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung vereinfacht dargestellt.

Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines

prallgekühlten Elementes;

Fig. 2-5 ausschnittsweise vier verschiedene Varianten eines prallgekühlten Elementes;

Fig. 6 eine prallgekühlte Gasturbinenschaufel.

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. In den verschiedenen Figuren sind die funktionsgleichen Elemente mit denselben Bezugszeichen versehen. Die Strömungsrichtung des Kühlmediums ist mit Pfeilen bezeichnet.

### Weg zur Ausführung der Erfindung

In Fig. 1 ist das beispielsweise mittels Kühlluft zu kühlende Wandteil mit 10 bezeichnet. Es handelt sich hier um eine ebene Wand, welche auf der Aussenseite von einem durch die Pfeile 19 bezeichneten heißen Medium umströmt wird. Entsprechend ist auch der kühlluftseitige Träger 13 eben ausgebildet. Er ist im gezeigten Fall mit gleichbleibendem Abstand 20 mittels geeigneter, nicht dargestellter Mittel an der Wand befestigt.

Der Träger ist flächenförmig mit einer Vielzahl, hier äquidistanter und in Reihen angeordneter Prallrohre 11 versehen. Deren Einlauf 12 ist bündig mit der Trägeroberfläche. Die Prallrohre weisen einen konischen Innenkanal mit stetiger Verengung in Strömungsrichtung auf. Der engste Querschnitt der Prallrohre liegt damit an der Mündung 14. Mit ihrer Mündung 14 sind die Prallrohre senkrecht gegen das zu kühlende Wandteil gerichtet. Die Mündung befindet sich im Prallabstand 15 zur Wand. Im Beispielsfall beträgt das Verhältnis dieses Prallabstandes zum engsten Durchmesser der Prallrohre etwa 1. Es ist ersichtlich, dass die nach dem Aufprall abgelenkte Kühlluft in die freien Zwischenräume 21 zwischen den Prallrohren abströmen kann, ohne dabei benachbarte Prallstrahlen zu stören. Das lichtfreie Mass des Zwischenraumes ist bei senkrechter Ausrichtung der Prallrohre durch deren Länge gegeben.

Gemäss Fig. 2 verlaufen bei einer Ausführungsvariante mehrere benachbarte Prallrohre 11 schräg und sind auf einen begrenzten Flächenbereich des Wandteiles 10 gerichtet. Dadurch kann die Kühlwirkung auf besonders exponierte Zonen konzentriert werden.

In Fig. 3 ist die Prallfläche des zu kühlenden Wandteiles 10 als Relief ausgebildet, wobei die Strahlen auf die hervorstehenden Buckel auftreffen. Damit kann die inhomogene Wärmeübertragung in den Prallstrahlen ausgeglichen werden und es wird eine homogene Temperaturverteilung auf der heißen Seite des Wandteiles erzielt.

Fig. 4 zeigt ein kühlluftseitig verripptes Wandteil 10. Durch erhöhte Strahllänge und Strahldicke im Verhältnis zur Stärke der zu kühlenden Wand wird ein Ausgleich der Kühlwirkung an der verrippten Wand erzielt.

Fig. 5 zeigt ein Beispiel mit variabler, in einer be-

stimmten Richtung zunehmenden Prallrohrlänge. Bei gleichbleibendem Abstand 15 der jeweiligen Prallmündung 14 zum Wandteil 10 verläuft der Träger 13 schräg zum Wandteil. Bei Abströmung der Kühlluft in eine gezielte Richtung wird mit dieser Variante eine konstante Querströmgeschwindigkeit zwischen den Prallrohren angestrebt.

In Fig. 6 ist das zu kühlende Wandteil eine Gasturbinenschaufel 16. Die Träger mit den Prallrohren sind als mehr oder weniger rohrförmige Einsätze 17A, 17B und 17C konzipiert und im hohlen Innern der Schaufel angeordnet. Diese Einsätze mit den Prallrohren 11 können als Gussteil oder als Tiefziehteil ausgeführt sein. Sie können desgleichen als drucktragendes Gebilde konzipiert sein für Innendrucke, die bis zum doppelten des in der eigentlichen Prallzone herrschenden Druckes betragen können.

Im Fall einer Leitschaufel erfolgt die Einströmung des Kühlmittels in die Einsätze 17A-C in der Regel vom Schaufelfuss her gegen die Schaufelspitze hin. Die Prallrohre 11 sind über die Schaufelhöhe und den Schaufelumfang in erforderlichem Abstand zueinander gestaffelt und mit ihrer Mündung gegen die Innenwandung der hohlen Schaufel gerichtet. Die Einsätze 17A-C können einzeln oder in Serie vom Kühlmittel durchströmt werden.

Das gas- oder dampfförmige Kühlmedium kann in den mehreren Einsätzen im geschlossenem Kreis zirkuliert werden, d.h. es wird nach vollzogener Kühltätigkeit wieder über den Schaufelfuss abgezogen. Das von den gekühlten Wandteilen abströmende Kühlmedium kann jedoch auch der Schaufel in den Strömungskanal austreten. Dies geschieht vorzugsweise an jener Stelle der Schaufel, an welcher der tiefste Aussendruck vorherrscht. In der Regel wird man das Kühlmittel somit an der Hinterkante 18 der Schaufel austreten lassen.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die gezeigten und beschriebenen Beispiele beschränkt. Es versteht sich, dass je nach Erfordernissen die Prallrohranordnung, die Anzahl und Teilung der Prallrohre, sowie deren Länge und Form, verjüngt oder zylindrisch, fallweise optimiert werden können. Auch in der Wahl des Kühlmittels, dessen Druckes und dessen Weiterverwendung nach der Kühltätigkeit setzt die Erfindung keine Schranken.

### Bezugszeichenliste

|    |           |
|----|-----------|
| 10 | Wandteil  |
| 11 | Prallrohr |
| 12 | Einlauf   |
| 13 | Träger    |
| 14 | Mündung   |

|         |                     |
|---------|---------------------|
| 15      | Prallabstand        |
| 16      | Gasturbinenschaufel |
| 17A,B,C | Einsatz             |
| 18      | Hinterkante         |
| 19      | heisses Medium      |
| 20      | Trägerabstand       |
| 21      | Zwischenraum        |

### Patentansprüche

1. Prallkühlung für Wandteile (10), gekennzeichnet durch eine Mehrzahl von Prallrohren (11), die mit ihrem Einlauf (12) flächenförmig auf einem ebenen oder gekrümmten Träger (13) angeordnet sind und mit ihrer Mündung (14) gegen den zu kühlenden Wandteil (10) gerichtet sind, wobei der Träger mit Abstand (20) zum Wandteil angeordnet ist.

2. Prallkühlung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Prallrohre (11) einen konischen Innenkanal aufweisen mit einem engsten Querschnitt, der zumindest annähernd in der Nähe der Mündung (14) liegt.

3. Prallkühlung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis Prallabstand (15) zum engsten Querschnitt des Prallrohres (11) zwischen 0,1 und 4 beträgt.

4. Prallkühlung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere benachbarte Prallrohre (11) schräg verlaufen und auf einen begrenzten Flächenbereich des Wandteiles (10) gerichtet sind. (Fig. 2)

5. Prallkühlung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zu kühlende Prallfläche des Wandteiles (10) als Relief ausgebildet ist. (Fig. 3 und 4)

6. Prallkühlung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei gleichbleibendem Abstand (15) der Prallmündung (14) zum Wandteil (10) der Träger (13) schräg zum Wandteil verläuft. (Fig. 5)

7. Prallkühlung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (13) mit den Prallrohren (11) als Gussteil ausgeführt ist.

8. Prallkühlung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger mit den Prallrohren als Tiefziehteil ausgeführt ist.

9. Prallkühlung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der zu kühlende Wandteil eine Gasturbinenschaufel (16) ist, dass der Träger mit den Prallrohren als Einsatz (17) im hohlen Innern der Schaufel angeordnet ist. (Fig. 6)

10. Prallkühlung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mehrzahl von Einsätzen (17) im hohlen Innern der Schaufel (16) angeordnet ist.

11. Prallkühlung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die mehreren Einsätze vom Kühlmedium in Serie durchströmt werden.

12. Prallkühlung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das gas- oder dampfförmige Kühlmedium in den mehreren Einsätze im geschlossenen Kreis zirkuliert.

13. Prallkühlung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das von den gekühlten Wandteilen abströmende Kühlmedium aus der Hinterkante (18) der Schaufel abgeführt wird.

