



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 959 228 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.11.1999 Patentblatt 1999/47

(51) Int. Cl.⁶: **F01D 5/18**

(21) Anmeldenummer: **98810475.8**

(22) Anmeldetag: **20.05.1998**

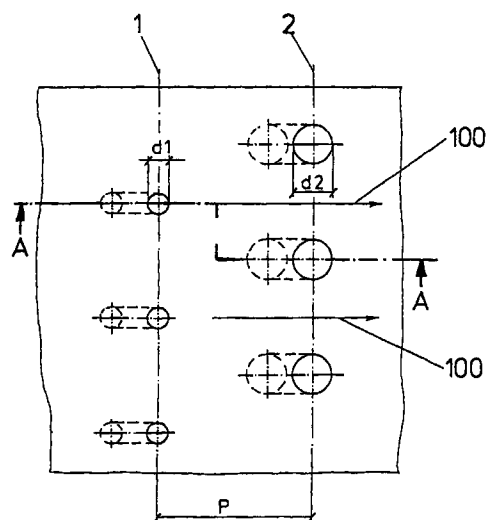
(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI
(71) Anmelder: **Asea Brown Boveri AG
5401 Baden (CH)**

(72) Erfinder: **Weigand, Bernhard, Dr.
79787 Lauchringen (DE)**
(74) Vertreter: **Liebe, Rainer et al
Asea Brown Boveri AG,
Immaterialgüterrecht(TEI),
Haselstrasse 16/699 I
5401 Baden (CH)**

(54) **Gestaffelte Anordnung von Filmkühlungsbohrungen**

(57) Bohrungsanordnung zum Ausbilden eines Kühlfilms an einer Wand (50), die von einem Heißgasstrom beaufschlagt wird. Es sind zwei benachbart zueinander angeordnete Reihen (1, 2) von Bohrungen (10, 20) vorgesehen, wobei die Durchmesser (d_1) der Bohrungen (10) kleiner sind als die Durchmesser (d_2) der Bohrungen (20). Die Anzahl der Bohrungen (10) ist gleich oder kleiner als die Anzahl der Bohrungen (20). Überraschenderweise gelingt mit einer derartigen Bohrungsanordnung die Ausbildung eines äußerst effektiven Kühlfilmes bei gleichzeitig geringen Kühlluftverbrauch.

FIG 1



EP 0 959 228 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine Bohrungsanordnung zum Ausbilden eines Kühlfilms an einer von einem Heißgasstrom beaufschlagten Wand eines Bauteils, insbesondere einer Turbinenschaufel oder Brennkammer einer Gasturbine, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Aus der Zeitschrift "Journal of Engineering for Power", April 1978, Vol. 100, Seiten 303 bis 307, ist ein Versuchsträger zur Simulation eines Kühlfilms bekannt, bei dem eine ebene Platte mit Bohrungen versehen ist, welche die Ausblasöffnungen von unter einem Winkel von 35° gegenüber der Plattenebene angestellte Röhren darstellen. Die Anordnung der Bohrungen erfolgt in Form zweier in bezug auf die Hauptströmungsrichtung gestaffelter, seitlich versetzter Reihen.

[0003] Die in diesem Artikel beschriebenen Versuchsreihen zeigen eine deutliche Steigerung des Kühleffekts gegenüber einer einzelnen Reihe von Bohrungen. Dieser Effekt wird darauf zurückgeführt, daß die aus der ersten Reihe austretenden Kühlluftstrahlen die aus der zweiten Reihe austretenden Kühlluftstrahlen auf die Oberfläche der zu kühlenden Wand hin ablenken und damit deren Kühlwirkung verbessert. Darüber hinaus legt sich weiter stromab der sich ausbildende Kühlfilm der ersten Reihe von Bohrungen über den Kühlfilm der Reihe der zweiten Bohrungen und schützt diesen zusätzlich gegen das Eindringen von Heißgas.

[0004] Die DE 35 08 976 A1 zeigt eine Turbinenschaufel, die aufgrund der hohen thermischen Belastung mit einer Vielzahl von Lochreihen zum Ausbilden von Kühlfilmen versehen ist. Im Staupunktbereich sowie benachbart hierzu auf der Saugseite sind jeweils drei benachbart zueinander angeordnete Reihen von Bohrungen vorgesehen, um die Kühlwirkung in diesen thermisch besonders belasteten Wandabschnitten der Turbinenschaufel weiter zu erhöhen. Dabei wird in Kauf genommen, daß sich der Kühlluftbedarf infolge der vielen Bohrungsreihen erhöht.

[0005] In eine ähnliche Richtung weist die aus der EP 0 501 813 B1 bekannte Turbinenschaufel, bei der zum Ausbilden eines Kühlfilms verschiedene Varianten von Bohrungsanordnungen in einer Doppelreihe vorgeschlagen werden. Eine der Varianten schlägt vor, jeweils zwei Bohrungen kleinen Durchmessers der ersten Reihe einer Bohrung größeren Durchmessers der zweiten Reihe zuzuordnen. Die Zuordnungen der Bohrungen der ersten Reihe zu den jeweiligen Bohrungen der zweiten Reihe ist dadurch gegeben, daß diese als Strömungsarme einer gemeinsamen Eintrittsöffnung ausgeführt sind.

[0006] Nachteilig bei dieser Lösung ist auch hier der

hohe Kühlluftverbrauch, der durch die hohe Anzahl von Austrittsöffnungen der ersten Reihe bedingt ist. Als weiterer Nachteil ist die geringe Flexibilität in der Wahl der Richtung der einzelnen Bohrungen zu sehen, da diese von einer einzigen, gemeinsamen Eintrittsbohrung ausgehen. Insbesondere besitzen die aus den Bohrungen der ersten Reihe austretenden Kühlluftstrahlen eine in unterschiedliche Richtungen weisende seitliche, d. h. senkrecht zur Hauptströmung verlaufende Richtungskomponente, die in vielen Fällen unerwünscht ist.

Darstellung der Erfindung

[0007] Die Erfindung versucht, die beschriebenen Nachteile zu vermeiden. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, eine Bohrungsanordnung der eingangs genannten Art anzugeben, die es gestattet, einen Kühlfilm hoher Effizienz bei reduziertem Kühlluftbedarf auszubilden.

[0008] Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß bei einer Bohrungsanordnung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 die Anzahl der Bohrungen der ersten Reihe im wesentlichen gleich oder kleiner ist als die Anzahl der Bohrungen der zweiten Reihe.

[0009] Entgegen der bisher üblichen Tendenz, die Effektivität des Kühlfilms durch Anbringung einer weiteren Reihe von Bohrungen oder durch Erhöhen der Anzahl der Austrittsöffnungen der ersten Reihe zu verbessern, wird hier ein umgekehrter Weg beschritten. So hat es sich überraschenderweise gezeigt, daß sich die Effektivität der Kühlleistung steigern läßt, wenn jeweils einer Bohrung der zweiten Reihe eine Bohrung kleineren Durchmessers der ersten Reihe zugeordnet wird. Somit ergibt sich eine im wesentlichen übereinstimmende Anzahl für die Bohrungen der ersten und der zweiten Reihe.

[0010] Besonders wirkungsvoll im Hinblick auf die Effektivität der Kühlleistung hat es sich erwiesen, die Austrittsöffnungen der Bohrungen der zweiten Reihe in bezug auf die Richtung des Heißgasstroms seitlich versetzt zu den Austrittsöffnungen der Bohrungen der ersten Reihe anzuordnen. Als optimal wird es betrachtet, die Austrittsöffnungen der Bohrungen der zweiten Reihe stromabwärts in der Mitte zwischen den Austrittsöffnungen der Bohrungen der ersten Reihe vorzusehen.

[0011] Eine besonders effektive Überlagerung des von den Bohrungen der ersten Reihen ausgebildeten Teilfilms mit demjenigen der zweiten Reihe ergibt sich dann, wenn gemäß einer bevorzugten Variante die Bohrungen der ersten Reihe im wesentlichen achsparallel zu den Bohrungen der zweiten Reihe ausgerichtet ist.

[0012] Versuche haben ergeben, daß die Kühlwirkung dann optimal ist, wenn der Durchmesser der Bohrung der ersten Reihe größer oder gleich der Hälfte des Durchmessers der Bohrungen der zweiten Reihe ist. Speziell die letztgenannte Bedingung liefert einen optimalen Kompromiß zwischen einer hervorragenden Effektivität der Kühlleistung einerseits und einem minimalen Bedarf an Kühlluft andererseits.

[0013] Besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang auch der Wahl des Abstandes der beiden Reihen zu. Als optimal haben sich Werte für den Abstand erwiesen, die kleiner oder gleich dem fünffachen Wert des arithmetischen Mittels der Durchmesser der Bohrungen der ersten und der zweiten Reihe sind, also folgender Formel genügen:

$$p \leq 5 (d_1 + d_2) / 2,$$

mit p Abstand der beiden Reihen,

d_1 Durchmesser der Bohrungen der ersten Reihe
 d_2 Durchmesser der Bohrungen der zweiten Reihe.

[0014] Eine weitere Verbesserung der Kühleffektivität läßt sich dann erzielen, wenn zumindest die Bohrungen der zweiten Reihe im Bereich der Austrittsöffnungen einen Axialabschnitt mit trichterförmigem Querschnittsverlauf aufweisen. Die hierdurch erzielte Querschnittsvergrößerung in der Austrittsebene führt zu einer Verringerung der Austrittsgeschwindigkeit der Teilkühlströme. Dabei kann es von Vorteil sein, wenn die Rotationsachse des trichterförmigen Axialabschnitts nicht koaxial zur Rotationsachse der übrigen Bohrung verläuft, sondern etwas in Richtung der Hauptströmung geneigt ist. Dadurch wird der austretende Kühlluftstrahl wesentlich näher an die zu kühlende Oberfläche gebracht.

[0015] Obwohl dem Grunde nach die positiven Eigenschaften von sich trichterförmig erweiternden Austrittsöffnungen bekannt sind, wurden diese bislang nur selten eingesetzt. Der Grund liegt darin, daß die Austrittsöffnungen hochpräzise geformt sein müssen, da anderenfalls die austretenden Kühlluftströme keinen gut anliegenden Kühlfilm ausbilden. Dies bedingt einen teuren Herstellungsprozess (EDM-Prozess).

[0016] Dieses Problem tritt nun bei der Bohrungsanordnung gemäß der Erfindung nicht auf. Mittels Laser geformte trichterförmige Austrittsöffnungen haben hierbei dieselbe Kühleffizienz wie solche Austrittsöffnungen, die mit dem bisher angewandten Funkenerosionsprozess hochpräzise gefertigt worden waren, da der Strahl aus dem ersten Kühlloch den Kühlluftstrahl aus der trichterförmig geformten Bohrung an die Wand andrückt. Damit ist der Weg frei für die Anwendung des vergleichsweise kostengünstigen Laserverfahrens zum Ausformen von trichterförmigen Austrittsöffnungen.

[0017] Eine weitere Steigerung der Kühlleistung ist erreichbar, wenn in einer besonders bevorzugten Variante auch die Bohrungen der ersten Reihe im Bereich der Austrittsöffnungen einen Axialabschnitt mit trichterförmigem Querschnittsverlauf aufweisen. Zusätzlich muß in diesem Fall die Bedingung eingehalten werden, daß die Fläche jeder der Austrittsöffnungen der ersten Reihe kleiner ist als die Fläche jeder der Austrittsöffnungen der zweiten Reihe.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0018] In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand eines Bauteilabschnitts dargestellt, welcher insbesondere Bestandteil einer Turbinenschaufel oder Brennkammer einer Gasturbine sein kann.

[0019] Es zeigen:

- | | | |
|----|--------------------|--|
| 10 | Fig. 1 | Draufsicht auf einen Bauteilabschnitt mit zylindrischen Bohrungen; |
| 15 | Fig. 2 | Schnitt A-A gemäß Fig. 1; |
| 20 | Fig. 3 | Schnittdarstellung analog Fig. 2 einer Ausführungsvariante mit trichterförmigen Bohrungen; |
| 25 | Fig. 4 bis Fig. 11 | Weitere Ausführungsvarianten mit speziell gestalteten trichterförmigen Bohrungen, jeweils in Draufsicht sowie in Schnittdarstellung. |

[0020] Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt.

Weg zur Ausführung der Erfindung

[0021] Die in den Figuren 1 und 2 dargestellte Bohrungsanordnung weist eine erste Reihe 1 von Bohrungen 10 auf. Die Bohrungen 10 sind äquidistant zueinander angeordnet. Im Falle einer Turbinenschaufel können sich die Bohrungen 10 über die gesamte Schaufelhöhe erstrecken.

[0022] Benachbart und stromabwärts zur Reihe 1 ist eine zweite Reihe 2 von Bohrungen 20 vorgesehen.

[0023] Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Bohrungen 10, 20 rotationssymmetrisch in bezug auf Rotationsachsen 11, 21 ausgeführt und besitzen somit eine zylindrische Grundform. Die Bohrungen 10, 20 durchsetzen in axialer Richtung vollständig eine Wand 50 unter Bildung von Eintrittsöffnungen 13, 23 und Austrittsöffnungen 14, 24.

[0024] Die Anzahl der Bohrungen 10 der ersten Reihe 1 ist im wesentlichen gleich der Anzahl der Bohrungen 20 der zweiten Reihe 2. Der Ausdruck "im wesentlichen gleich" bedeutet in diesem Zusammenhang, dass aufgrund der hier gezeigten gestaffelten Anordnung der Bohrungen 10 in Relation zu den Bohrungen 20 eine der beiden Reihen 1, 2 aus Symmetriegründen eine zusätzliche Bohrung aufweisen kann, im übrigen aber eine Zuordnung zwischen den Bohrungen 10 der ersten Reihe 1 und den Bohrungen 20 der zweiten Reihe 2 vorgegeben ist. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 ist die Zuordnung derart, dass die Austrittsöffnungen 24 der Bohrungen 20 in bezug auf die Richtung des Heiß-

gasstroms 100 in der Mitte zwischen den Austrittsöffnungen 14 der Bohrungen 10 angeordnet ist. Diese Art der Staffelung hat sich als besonders günstig im Hinblick auf die Effektivität des sich ausbildenden Kühlfilms erwiesen.

[0025] Der Durchmesser d1 der Bohrungen 10 ist kleiner als der Durchmesser d2 der Bohrungen 20. Im hier konkret dargestellten Fall ist der Durchmesser d1 jeweils halb so groß wie der Durchmesser d2. Diese Relation stellt sicher, dass sich der durch die Bohrungen 10 austretende Teilkühlfilm vollständig über den durch die Bohrungen 20 austretenden weiteren Teilkühlfilm legt und letzteren gegen die Wand 50 im Bereich der Oberfläche 53 drückt. Andererseits ist aufgrund des vergleichsweise geringen Durchmessers d1 der Luftverbrauch in Relation zu der erzielten Kühlwirkung äußerst gering.

[0026] Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang auch die Wahl des Abstandes p zwischen den beiden Reihen 1, 2. Er ist korreliert mit den Durchmessern d1, d2 der Bohrungen 10, 20 und sollte den fünffachen Wert des arithmetischen Mittels aus den Durchmessern d1, d2 nicht übersteigen. Anderenfalls besteht die Gefahr einer nicht mehr ausreichenden Wechselwirkung zwischen den aus den Bohrungen 10 und 20 austretenden Teilkühlfilmen.

[0027] In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Rotationsachsen 11, 21 achsparallel ausgerichtet und verlaufen etwas geneigt in Richtung der Heißgasströmung 100. Damit werden die austretenden Teilkühlluftströme etwas in Richtung auf die zu kühlende Oberfläche 53 ausgeblasen und in Folge der zusätzlichen Wirkung des Heißgasstroms 100 vollends umgelenkt.

[0028] Die in Fig. 3 dargestellte Ausführungsvariante ist in weitgehender Übereinstimmung mit der vorstehend beschriebenen.

[0029] Wiederum sind zwei Reihen 1', 2' von Bohrungen 10', 20' vorgesehen, die eine Wand 50' vollständig durchsetzen. Die Durchmesser d1' der Bohrungen 10' sind halb so groß wie die Durchmesser d2' der Bohrungen 20'.

[0030] Im Unterschied zum eingangs beschriebenen Ausführungsbeispiel besitzen sowohl die Bohrungen 10' als auch die Bohrungen 20' Axialabschnitte 16', 26', die sich trichterförmig zu Austrittsöffnungen 14', 24' hin erweitern. Die Fläche der Austrittsöffnung 14' ist kleiner als die Fläche der Austrittsöffnungen 24'. Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind die trichterförmigen Axialabschnitte 16', 26' nicht rotationssymmetrisch zu den Rotationsachsen 11', 21' der Bohrungen 10', 20', sondern verlaufen stärker geneigt zur Oberfläche 53' hin. Neben der durch die Trichterform bedingte Reduzierung der Ausblasgeschwindigkeit der Teilkühlluftströme erfolgt eine zusätzliche Umlenkung in Richtung der Oberfläche 53' hin.

[0031] Es ist auch denkbar, im Extremfall die Bohrungen 10', 20' in ihrer gesamten axialen Erstreckung trichterförmig auszubilden, wobei weiterhin die Bedingung erfüllt sein muss, dass der Durchmesser der Eintrittsöffnung 13' kleiner sein muss als der Durchmesser der Eintrittsöffnung 23'.

[0032] Die in den Figuren 4 bis 7 dargestellten Ausführungsvarianten weisen übereinstimmend zylindrische Bohrungen 10 der ersten Reihe 1 auf, wie sie im Zusammenhang mit den Figuren 1 und 2 beschrieben sind. Die Besonderheit liegt in der Gestaltung der Bohrungen 20' der zweiten Reihe 2', die trichterförmig gestaltet sind.

[0033] Die in den Figuren 4 und 5 gezeigte Ausführungsform besitzt Bohrungen 20', die in ihrer gesamten axialen Erstreckung trichterförmig ausgebildet sind. Die Eintrittsöffnungen 23' sind entsprechend den vorstehend beschriebenen Varianten kreisförmig bzw. im Falle der gezeigten, in Richtung der Hauptströmung 100 weisenden vorwärts geneigten Ausrichtung, ellipsenförmig. Die Austrittsöffnungen 24' besitzen in der Ansicht gemäß Fig. 4 eine trapezförmige Gestalt mit einer sich in Richtung des Heißgasstromes 100 vergrößernden Breite. Der Übergang von der Kreis- bzw. Ellipsenform der Eintrittsöffnung 23' zur Trapezform der Austrittsöffnung 24' vollzieht sich kontinuierlich über die gesamte axiale Erstreckung der Bohrung 20'. Auf diese Weise entsteht ein strömungstechnisch optimal gestalteter diffusorartiger Querschnittsverlauf.

[0034] Die Variante gemäß den Figuren 6 und 7 unterscheidet sich von der vorhergehenden durch den Querschnittsverlauf der Bohrung 20' in axialer Richtung. Ausgehend von der Eintrittsöffnung 23' ist die Bohrung zunächst zylindrisch gestaltet. Erst in der Nähe der Austrittsöffnung 24' schließt sich der trichterförmige Axialabschnitt 26' an, der den Übergang von der Kreis- bzw. Ellipsenform zur Trapezform vollzieht.

[0035] Die in den Figuren 8 bis 11 dargestellten Ausführungsbeispiele zeigen Variationen von Bohrungen 10' der ersten Reihe 1'. Die Bohrungen 20' der zweiten Reihe 2' sind in Übereinstimmung mit denjenigen der vorstehend beschriebenen Variante gemäß den Figuren 6 und 7.

[0036] Die Figuren 8 und 9 zeigen eine Modifikation, bei der die Austrittsöffnung 14' ebenfalls trapezförmig ausgebildet ist, wobei der trichterförmige Axialabschnitt 16' auf einen Bereich benachbart zur Austrittsöffnung 14' beschränkt ist.

[0037] Das Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 10 und 11 besitzt Bohrungen 10', deren Austrittsöffnungen quer zur Richtung des Heißgasstromes 100 verbreitert ausgeführt sind. Der Übergang von der Kreis- bzw. Ellipsenform der Eintrittsöffnung 13' zur Langlochform der Austrittsöffnung 14' erfolgt kontinuierlich längs der axialen Erstreckung der Bohrung 10'. Ebenso ist jedoch auch ein Übergang längs eines kürzeren Axialabschnitts im Bereich der Austrittsöffnungen 14' möglich.

[0038] Den Ausführungsbeispielen gemäß den Figuren 4 bis 11 ist gemeinsam, dass auch im Falle weniger

hochpräzise, beispielsweise mittels Laserstrahl, gefertigter Bohrungen, ein Kühlfilm ausgebildet wird, der hocheffizient und stabil über große Lauflängen ist. Somit können die Flächen der Austrittsöffnungen 14' der Bohrungen 10' sehr viel kleiner gewählt werden als die Flächen der Austrittsöffnungen 24' der Bohrungen 20'.

[0039] In einem konkreten Versuchsträger konnte die Effizienz der Filmkühlung anhand eines Turbinenprofils nachgewiesen werden. Der Durchmesser d1 betrug 0,35 mm, der Durchmesser d2 betrug 0,50 mm.

[0040] Die Bohrungsanordnung befand sich auf der Saugseite des Turbinenprofils bei $S/L = 0,37$ (mit S als aktueller Bogenlänge und L als gesamter Lauflänge bis zur Hinterkante). Es konnte nachgewiesen werden, dass der sich ausbildende Kühlfilm nicht nur in unmittelbarer Nähe der Bohrungsanordnung, sondern auch noch in der Nähe der Hinterkante wirksam war und gegenüber einem Vergleichsversuch mit einer herkömmlichen Doppelreihenanordnung mit Bohrungen übereinstimmenden Durchmessers erheblich bessere Kühleffektivität aufwies.

Bezugszeichenliste

[0041]

1	Reihe
1'	Reihe
2	Reihe
2'	Reihe
10	Bohrung
10'	Bohrung
11	Rotationsachse
13	Eintrittsöffnung
13'	Eintrittsöffnung
14	Austrittsöffnung
14'	Austrittsöffnung
16'	trichterförmiger Axialabschnitt
20	Bohrung
20'	Bohrung
21	Rotationsachse
23	Eintrittsöffnung
23'	Eintrittsöffnung
24	Austrittsöffnung
24'	Austrittsöffnung
26'	trichterförmiger Axialabschnitt
5	0 Wand
50'	Wand
5	3 Oberfläche
53'	Oberfläche
100	Heißgasstrom
d1	Durchmesser der Bohrungen der ersten Reihe
d1'	Durchmesser der Bohrungen der ersten Reihe
d2	Durchmesser der Bohrungen der zweiten Reihe
d2'	Durchmesser der Bohrungen der zweiten Reihe
p	Abstand der beiden Reihen

Patentansprüche

- Bohrungsanordnung zum Ausbilden eines Kühlfilms an einer von einem Heißgasstrom beaufschlagten Wand eines Bauteils, insbesondere einer Turbinenschaufel oder Brennkammer einer Gasturbine mit einer ersten Reihe von Bohrungen und einer benachbart und stromabwärts zur ersten Reihe angeordneten zweiten Reihe von Bohrungen, wobei der Durchmesser der Bohrungen der ersten Reihe kleiner ist als der Durchmesser der Bohrungen der zweiten Reihe, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Bohrungen (10, 10') der ersten Reihe (1, 1') im wesentlichen gleich oder kleiner ist als die Anzahl der Bohrungen (20, 20') der zweiten Reihe (2, 2').
- Bohrungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Austrittsöffnungen (24, 24') der Bohrungen (20, 20') der zweiten Reihe (2, 2') in bezug auf die Richtung des Heißgasstroms (100) seitlich versetzt zu bzw. mittig zwischen Austrittsöffnungen (14, 14') der Bohrungen (10, 10') der ersten Reihe (1, 1') angeordnet sind.
- Bohrungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrungen (20, 20') der zweiten Reihe (2, 2') achsparallel zu den Bohrungen (10, 10') der ersten Reihe (1, 1') ausgerichtet sind.
- Bohrungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser (d1, d1') der Bohrungen (10, 10') der ersten Reihe größer oder gleich der Hälfte des Durchmessers (d2, d2') der Bohrungen (20, 20') der zweiten Reihe (2, 2') ist.
- Bohrungsanordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (p) der beiden Reihen (1, 2, 1', 2') kleiner oder gleich dem fünffachen Wert des arithmetischen Mittels der Durchmesser (d1', d2') der Bohrungen (10, 20, 10', 20') der ersten und der zweiten Reihe (1, 2, 1', 2') ist.
- Bohrungsanordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrungen (20') der zweiten Reihe (2') im Bereich der Austrittsöffnungen (24') einen Axialabschnitt (26') mit trichterförmigem Querschnittsverlauf aufweisen.
- Bohrungsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrungen (10') der ersten Reihe (1') im Bereich der Austrittsöffnung (14') einen Axialabschnitt (16') mit trichterförmigem Querschnittsverlauf aufweisen, wobei die Fläche

jeder der Austrittsöffnungen (14') der ersten Reihe (1) kleiner ist, als die Fläche jeder der Austrittsöffnungen (26') der zweiten Reihe (2').

8. Bohrungsanordnung nach Anspruch 6 oder 7, 5
dadurch gekennzeichnet, dass die trichterförmigen
Axialabschnitte (16') mittels Laser geformt sind.
9. Bohrungsanordnung nach einem der Ansprüche 6 10
bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Austritts-
öffnungen (24') und/oder die Austrittsöffnungen
(14') in Draufsicht trapezförmig mit in Richtung des
Heißgasstromes (100) zunehmender Breite gestal-
tet sind. 15
10. Bohrungsanordnung nach einem der vorstehenden 15
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Aus-
trittsöffnungen (24') und/oder die Austrittsöffnungen
(14') in Draufsicht die Form von Langlöchern besit-
zen, die quer zur Richtung des Heißgasstromes 20
(100) ausgerichtet sind.

25

30

35

40

45

50

55

FIG 2

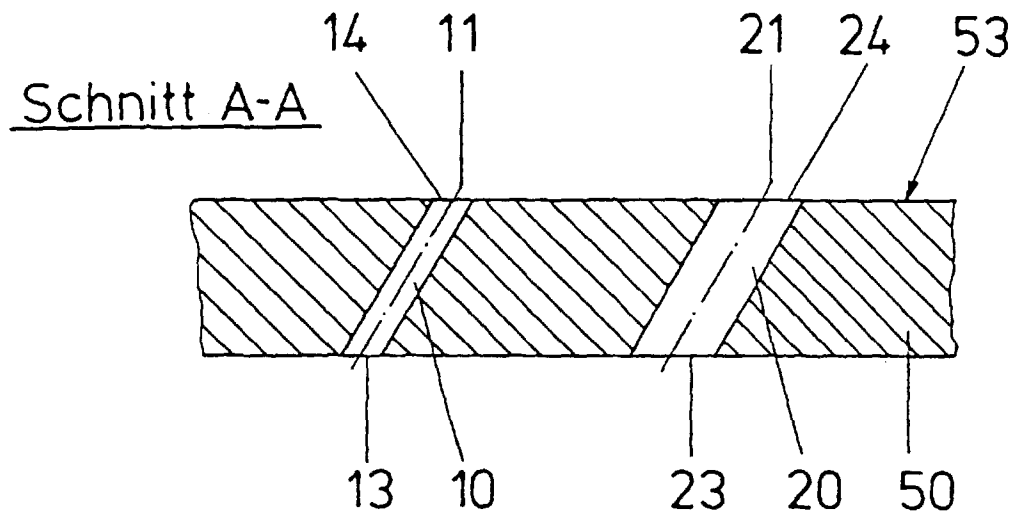


FIG 1

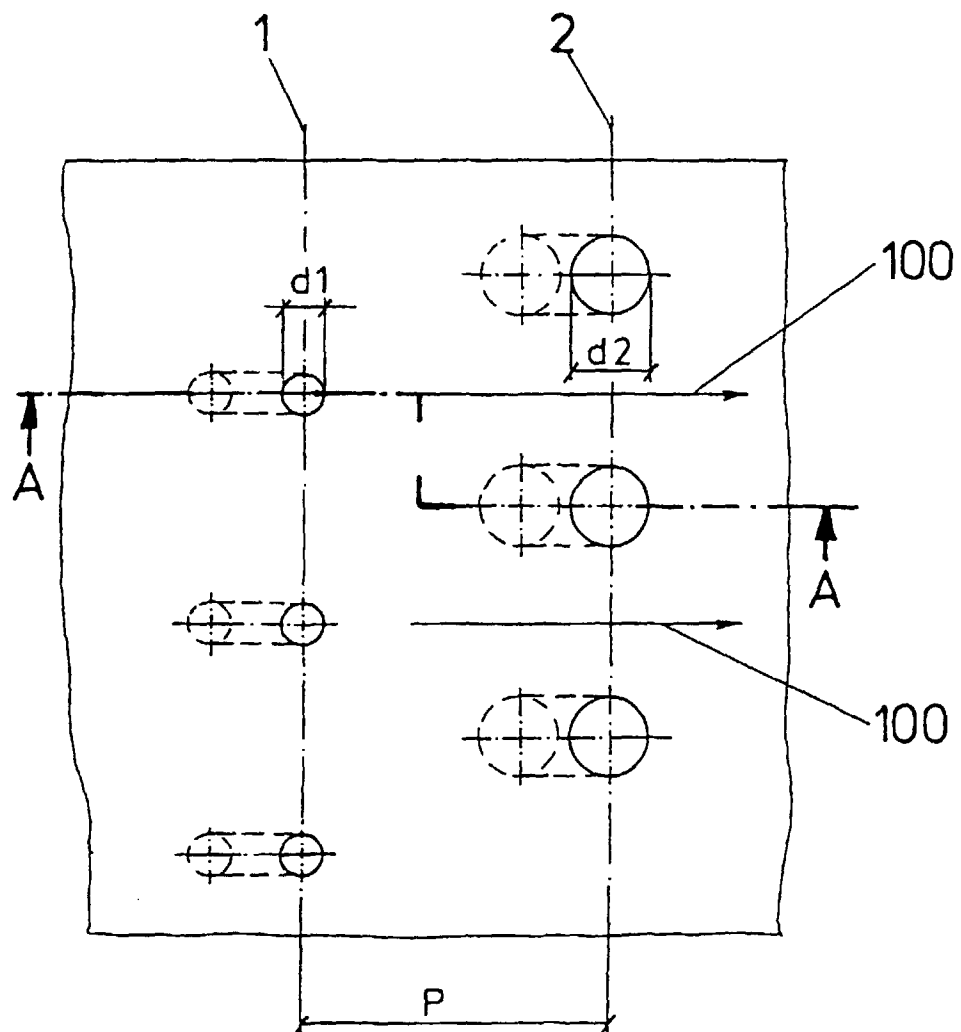


FIG 3

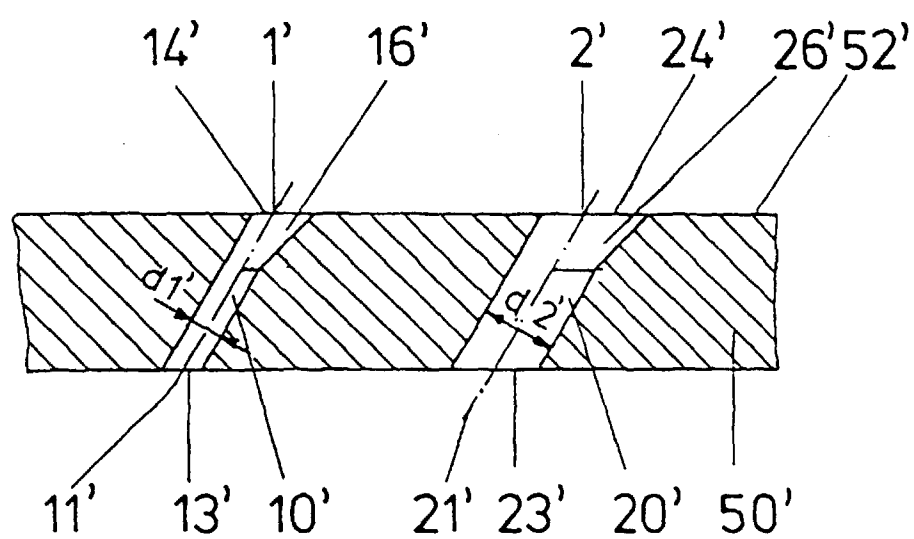


FIG 5

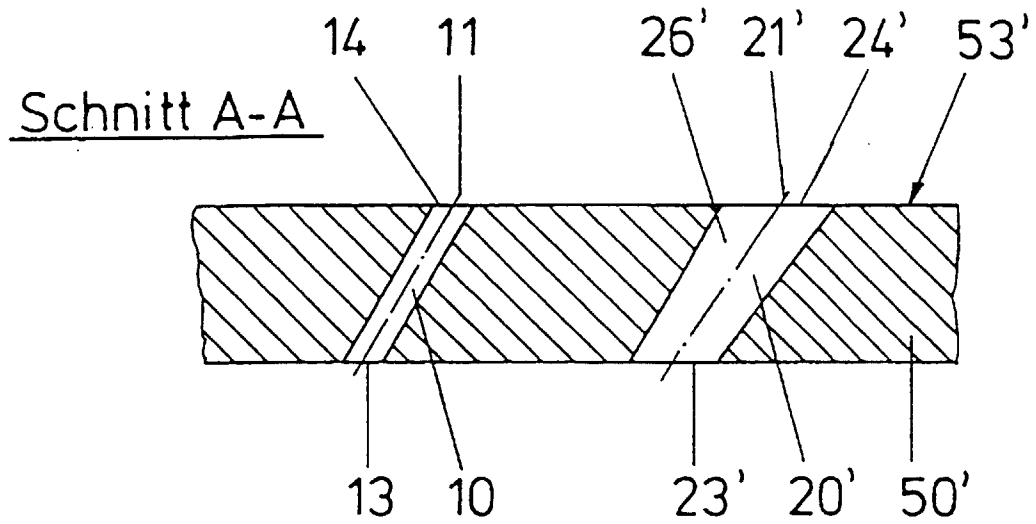


FIG 4

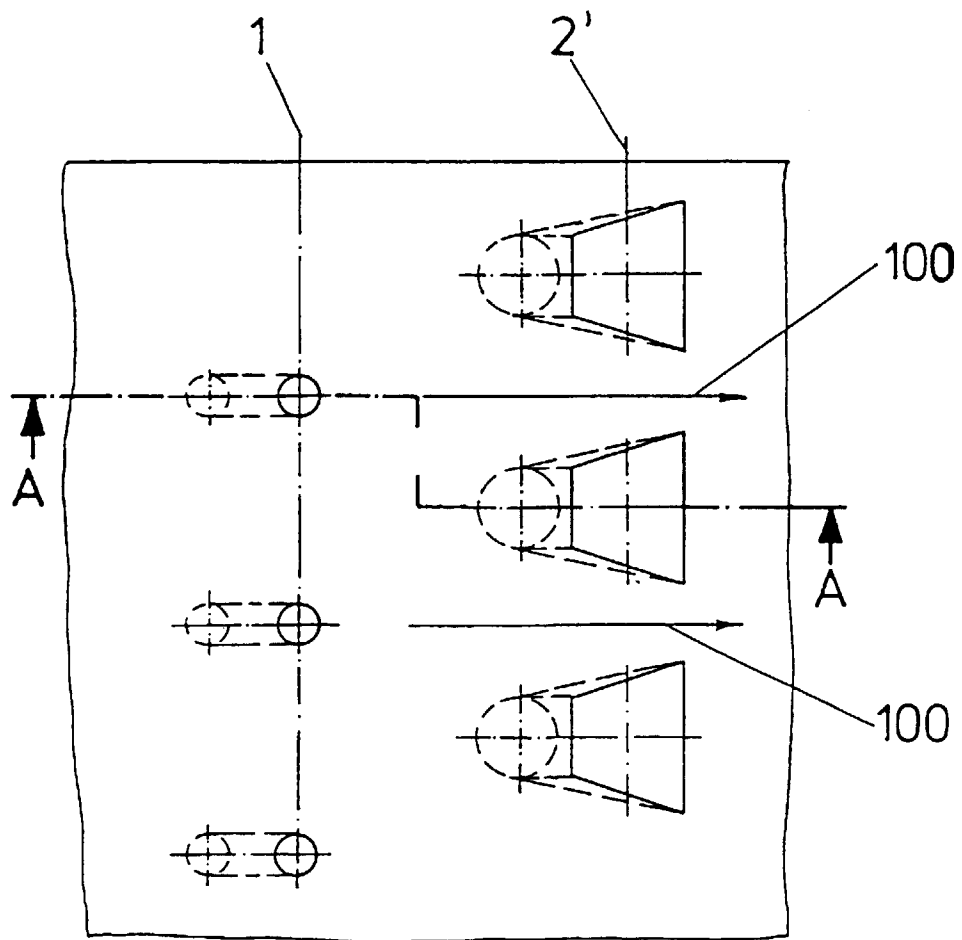


FIG 7

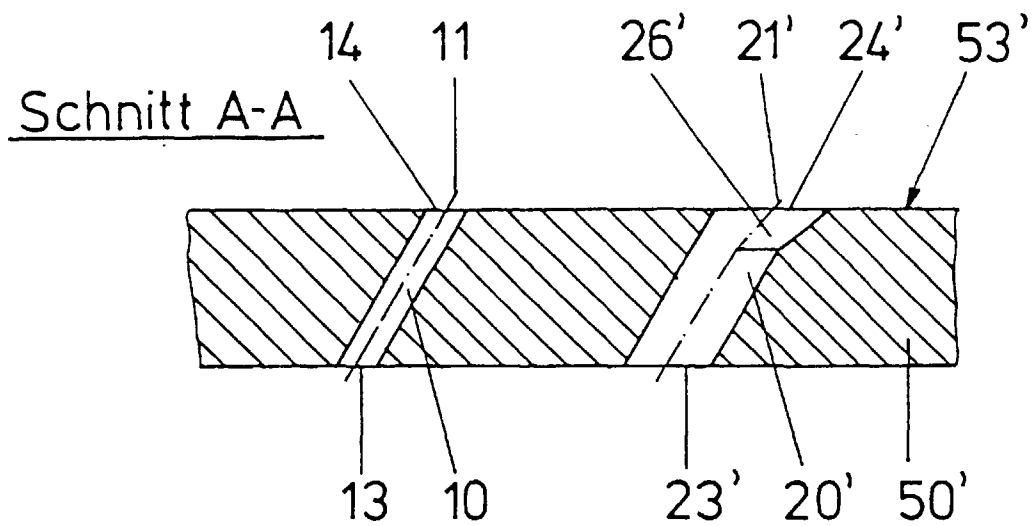


FIG 6

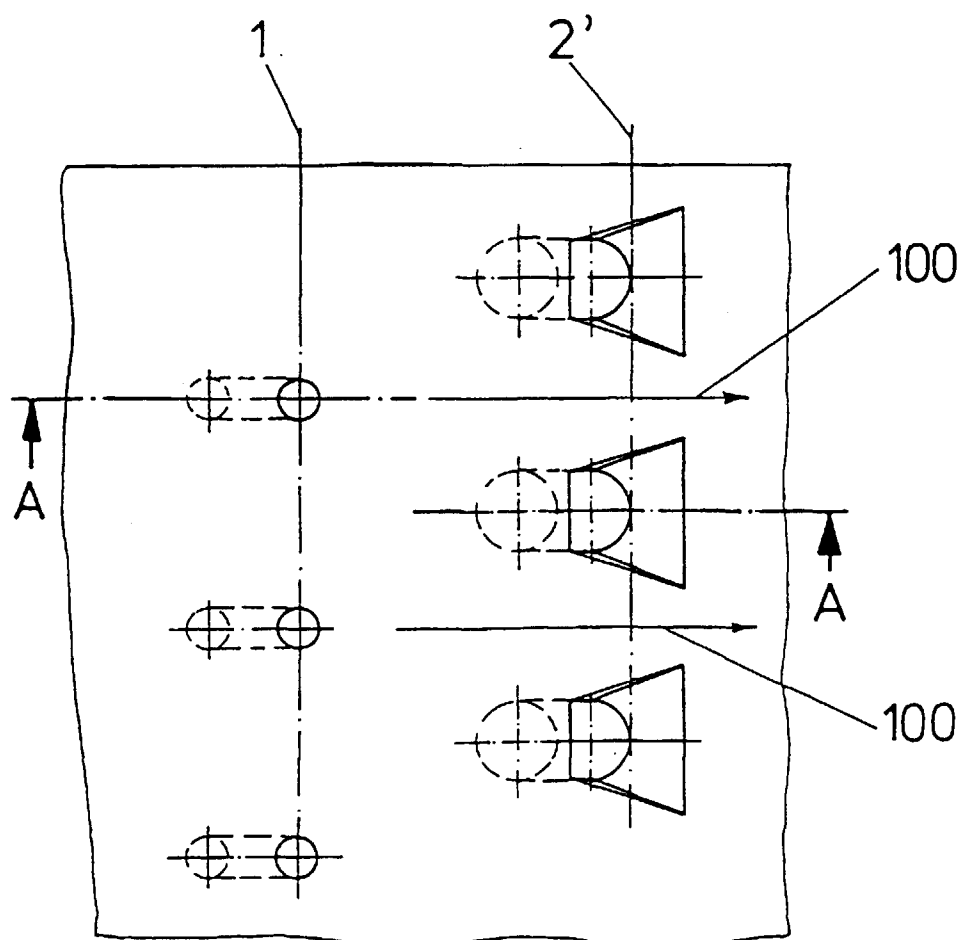


FIG 9

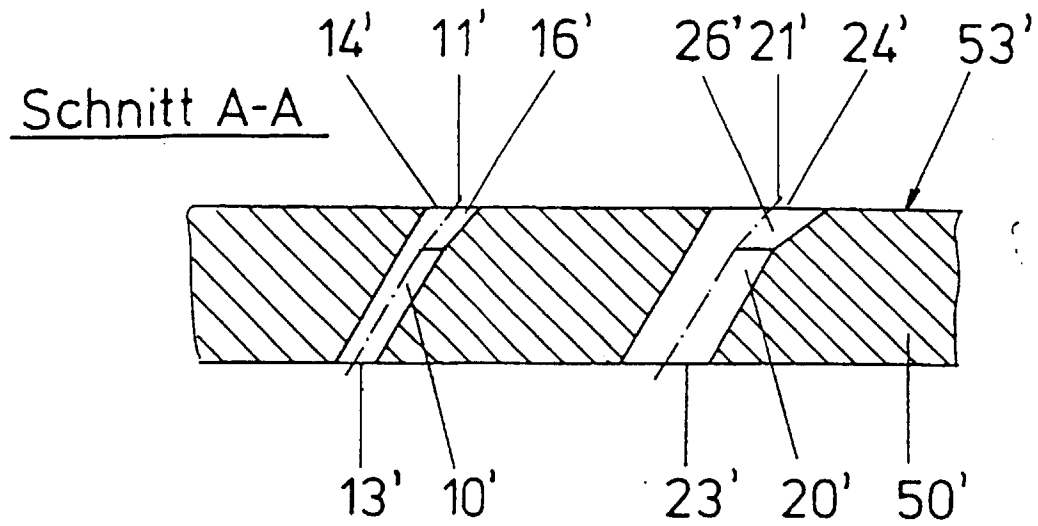


FIG 8

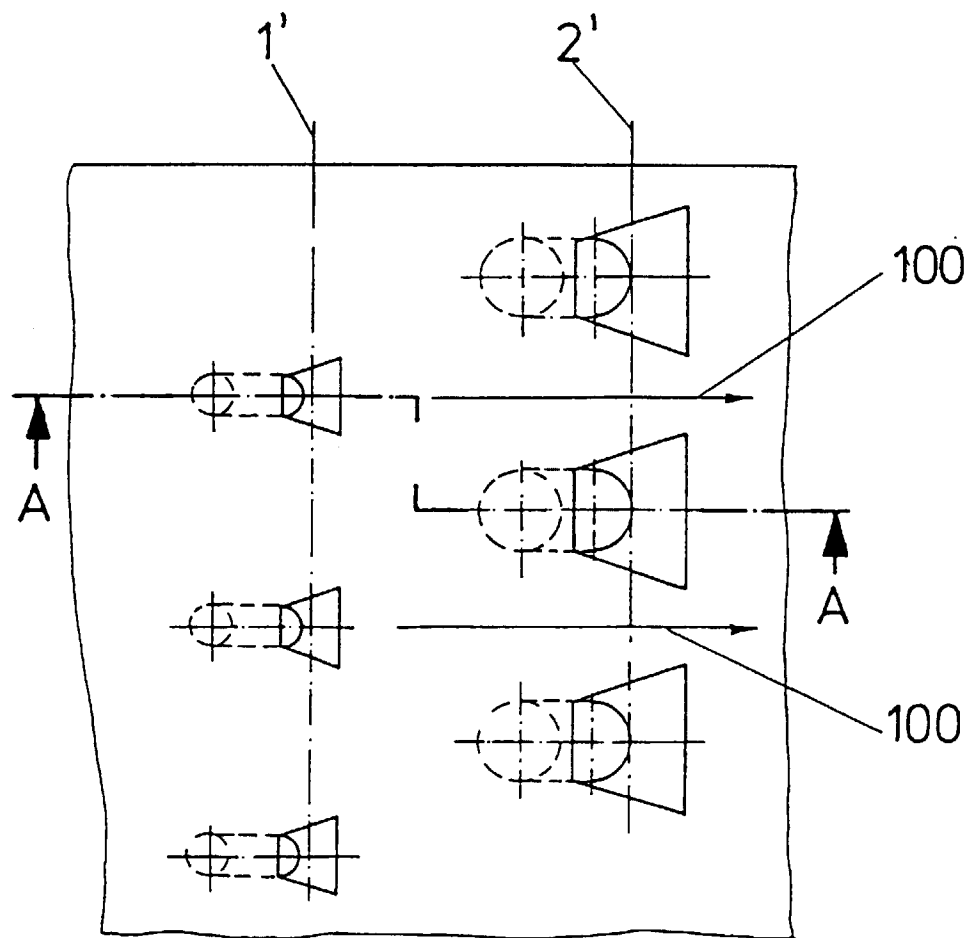


FIG 11

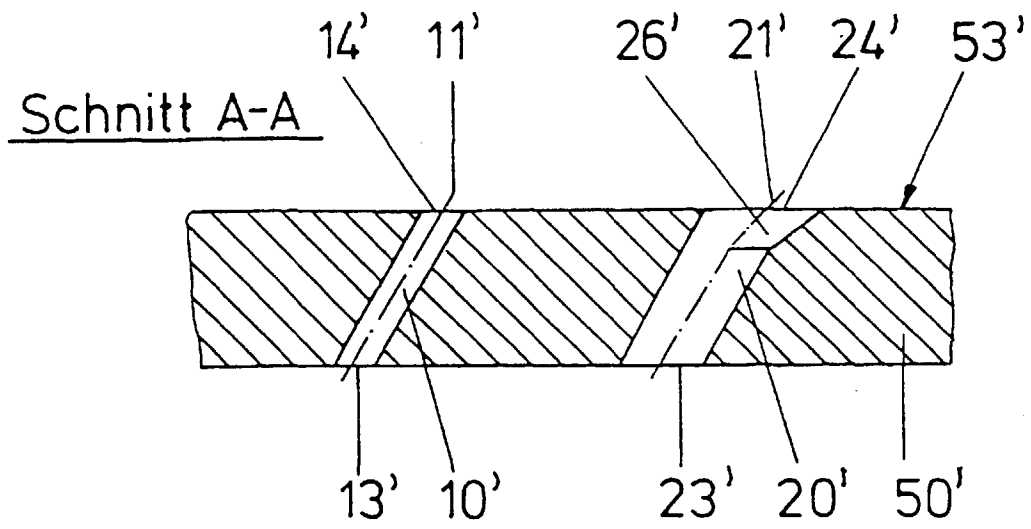
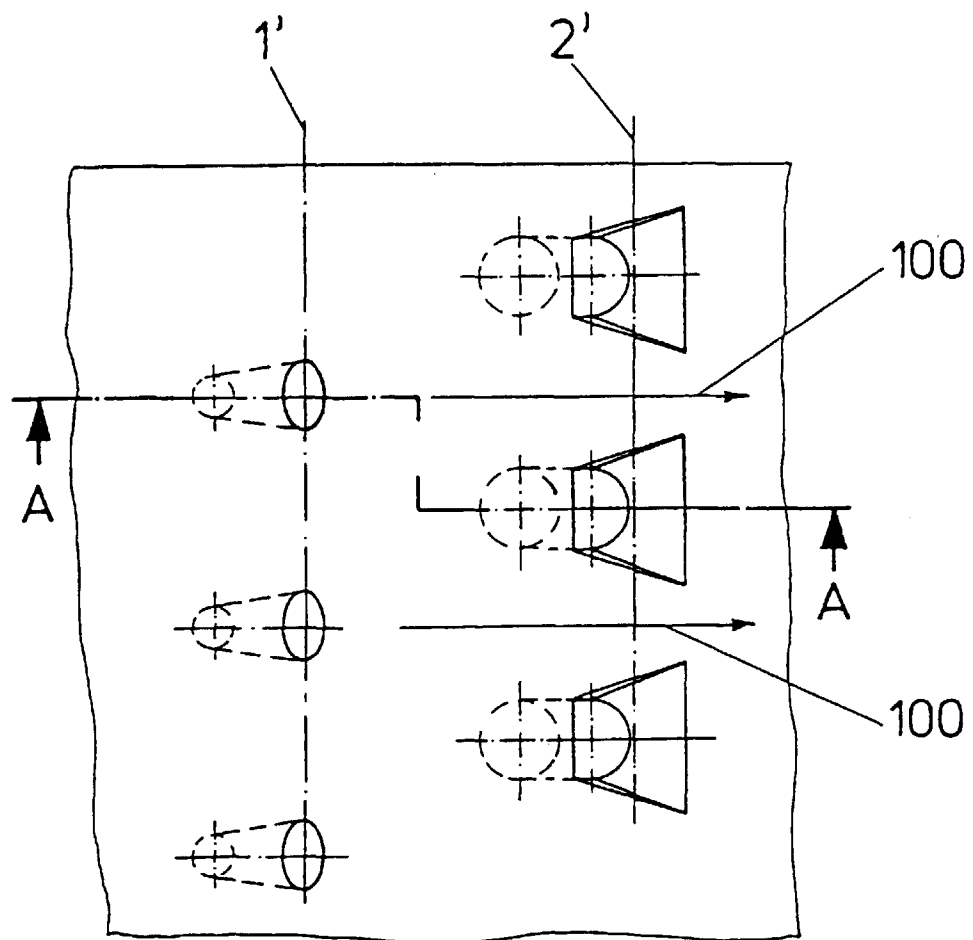


FIG 10





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 81 0475

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
D,X	EP 0 501 813 A (GEN ELECTRIC) 2. September 1992	1	F01D5/18
Y	* Spalte 6, Zeile 57 - Spalte 7, Zeile 7; Abbildungen 7,8 *	1-10	
D,Y	--- DATABASE INSPEC INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS, STEVENAGE, GB Inspec No. 1291262, JABBARI M Y; GOLDSTEIN R J : "Adiabatic wall temperature and heat transfer downstream of injection through two rows of holes" XP002081988 * Zusammenfassung * & JABBARI M Y; GOLDSTEIN R J : TRANSACTIONS OF THE ASME. JOURNAL OF ENGINEERING FOR POWER, APRIL 1978, USA, Bd. 100, Nr. 2, Seiten 303-307, ISSN 0022-0825 * Abbildung 1 * * das ganze Dokument *	1-5	
X	US 5 096 379 A (STROUD DAVID ET AL) 17. März 1992 * das ganze Dokument *	1,2	
X	US 4 676 719 A (AUXIER THOMAS A ET AL) 30. Juni 1987	1,6-10	F01D
Y	* Abbildungen *	1,6-10	
A	US 5 374 162 A (GREEN DENNIS J) 20. Dezember 1994 * Abbildungen *	1-10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 23. Oktober 1998	Prüfer Raspo, F
KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03/02 (P44C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 98 81 0475

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Daten des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-10-1998

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0501813 A	02-09-1992	DE 69210862 D	27-06-1996
		DE 69210862 T	23-01-1997
		JP 1987676 C	08-11-1995
		JP 5071302 A	23-03-1993
		JP 7006364 B	30-01-1995
		US 5326224 A	05-07-1994
US 5096379 A	17-03-1992	GB 2227965 A	15-08-1990
		DE 3933448 A	03-05-1990
		DE 68926014 D	25-04-1996
		DE 68926014 T	22-08-1996
		EP 0365195 A	25-04-1990
		FR 2637524 A	13-04-1990
		JP 2192890 A	30-07-1990
		US 5043553 A	27-08-1991
		US 4992025 A	12-02-1991
US 4676719 A	30-06-1987	AU 591952 B	21-12-1989
		AU 6674386 A	25-06-1987
		CA 1274181 A	18-09-1990
		CN 1006167 B	20-12-1989
		DE 3683745 A	12-03-1992
		EP 0227580 A	01-07-1987
		JP 2081314 C	09-08-1996
		JP 7103804 B	08-11-1995
		JP 62168903 A	25-07-1987
US 5374162 A	20-12-1994	EP 0731873 A	18-09-1996
		JP 9505865 T	10-06-1997
		WO 9515430 A	08-06-1995

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82