

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

703 589 B1

(51) Int. Cl.: F01D 5/18 (2006.01)

## Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## (12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 01279/11

(73) Inhaber:  
General Electric Company, 1 River Road  
Schenectady, New York 12345 (US)

(22) Anmeldedatum: 02.08.2011

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.02.2012

(72) Erfinder:  
Bradley Taylor Boyer,  
Greenville, South Carolina 29615 (US)

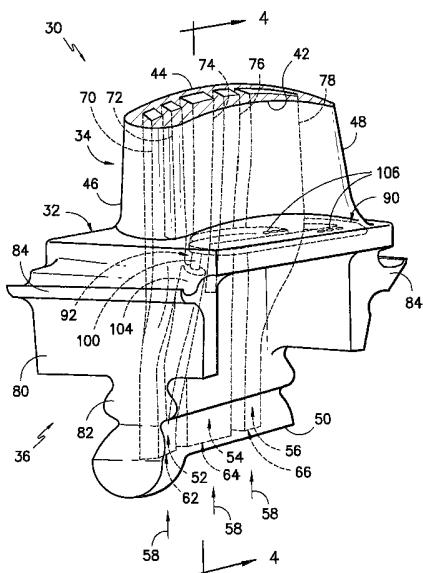
(30) Priorität: 09.08.2010 US 12/852,802

(24) Patent erteilt: 15.10.2015

(74) Vertreter:  
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4  
8008 Zürich (CH)

### (54) Schaufelanordnung mit einer Kühlvorrichtung und Verfahren zum Herstellen der Schaufelanordnung.

(57) Es werden eine Schaufelanordnung (30), die an einer Welle montierbar ist, und ein Verfahren zum Herstellen der Schaufelanordnung (30) offengelegt. Die Schaufelanordnung (30) enthält eine Plattform (32), ein Schaufelblatt (34) und einen unteren Körperabschnitt (36). Die Plattform (32) umfasst einen Plattformkühlkreis (90), der dafür konfiguriert ist, Kühlmedium (58) durchströmen zu lassen. Das Schaufelblatt (34) erstreckt sich mit Bezug auf die Welle von der Plattform (32) aus radial nach aussen. Der untere Körperabschnitt (36) erstreckt sich mit Bezug auf die Welle von der Plattform (32) aus radial nach innen. Der untere Körperabschnitt (36) umfasst einen Fuss (50) und einen sich von dem Fuss (50) aus erstreckenden Kühlkanal (52). Der Kühlkanal (52) ist dafür konfiguriert, Kühlmedium (58) durchströmen zu lassen. Die Plattform (32) und der untere Körperabschnitt (36) enthalten ferner einen Steg (92) zwischen dem Kühlkanal (52) und dem Plattformkühlkreis (90). Der Steg (92) weist ein Bohrloch (100) auf, das sich durch den Steg (92) hindurch zwischen dem Kühlkanal (52) und dem Plattformkühlkreis (90) erstreckt.



## **Beschreibung**

### **Gebiet der Erfindung**

[0001] Der hier beschriebene Erfindungsgegenstand betrifft allgemein Turbinenschaufeln und insbesondere Kühlvorrichtungen für Schaufelanordnungen.

### **Hintergrund der Erfindung**

[0002] Gasturbinensysteme werden z.B. in grossem Umfang auf dem Gebiet der Energieerzeugung eingesetzt. Ein herkömmliches Gasturbinensystem enthält einen Verdichter, einen Brenner und eine Turbine. Während des Betriebs des Gasturbinensystems sind verschiedene Komponenten in dem System Hochtemperaturströmen ausgesetzt, die einen Ausfall der Komponenten bewirken können. Da Ströme mit höheren Temperaturen im Wesentlichen zu verbessertem Verhalten, verbessertem Wirkungsgrad und verbesserter Leistungsabgabe des Gasturbinensystems führen, müssen die Komponenten, die Hochtemperaturströmen ausgesetzt sind, gekühlt werden, um einen Betrieb des Gasturbinensystems bei erhöhten Temperaturen zu ermöglichen.

[0003] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Strategien zur Kühlung verschiedener Gasturbinensystemkomponenten bekannt. Beispielsweise kann von dem Verdichter ein Kühlmedium abgezweigt und an die verschiedenen Komponenten geliefert werden. In dem Turbinenabschnitt des Systems kann das Kühlmedium zum Kühlen verschiedener Turbinenkomponenten verwendet werden.

[0004] Turbinenschaufeln sind ein Beispiel einer Heissgaspfadkomponente, die gekühlt werden muss. Beispielsweise erfordern verschiedene Teile der Schaufel wie z.B. das Schaufelblatt, die Plattform, der Schaft und der Schwabenschwanz eine Kühlung. Somit können verschiedene Kühlkreise in den verschiedenen Teilen der Schaufel definiert werden und man kann Kühlmedium durch die verschiedenen Kühlkreise strömen lassen, um die Schaufel zu kühlen.

[0005] Insbesondere sind verschiedene Strategien zum Kühlen der Plattform bekannt. Beispielsweise kann ein Kühlkreis in der Plattform vorgesehen sein, und diesem Kühlkreis kann Kühlmedium zum Kühlen der Plattform zugeführt werden. Jedoch kann man auf verschiedene Schwierigkeiten bei der Lieferung von Kühlmedium an den Plattformkühlkreis stossen. Beispielsweise erfordert eine Strategie zum Liefern von Kühlmedium an den Plattformkühlkreis, dass während des Giessvorgangs oder einer anderweitigen Formung der Schaufel die Kernstücke, die den Plattformkühlkreis und verschiedene weitere Kühlkreise ausbilden, miteinander in Verbindung gebracht werden. Gemäss dieser Strategie ist keine weitere Modifikation der Schaufel nach dem Giessvorgang erforderlich, und die anderen verschiedenen Kühlkreise können Kühlmedium an den Plattformkühlkreis liefern. Jedoch kann das Verbinden des Plattform-Kühlkreiskerns und weiterer Kühlkreiskerne miteinander verhindern, dass die den Kernen zugeordneten verschiedenen Wanddicken der Schaufel unabhängig während des Giessvorgangs ohne Überbelastung der Kerne gesteuert werden. Dieses kann beispielsweise thermisch induzierte Belastungen in Verbindung mit den Kernen erhöhen und kann die Kerne reissen lassen.

[0006] Eine weitere Möglichkeit zur Lieferung von Kühlmedium an den Plattformkühlkreis erfordert, dass nach dem Gießen der Schaufel ein Bohrloch von der Aussenseite der Schaufel gebohrt wird. Das Bohrloch kann den Plattformkühlkreis mit einem anderen Kühlkreis dergestalt in Verbindung bringen, dass der andere Kühlkreis Kühlmedium an den Plattformkühlkreis liefern kann. Dieses Bohrloch muss dann von aussen verschlossen werden, um das Entweichen von Kühlmedium zu verhindern. Dieser Verschlussvorgang kann unerwünscht sein, da er eine Fehlerquelle für die Schaufel darstellt und relativ unzuverlässig sein kann.

[0007] Somit wäre eine verbesserte Vorrichtung zum Kühlen einer Schaufel erwünscht. Insbesondere besteht die Aufgabe, die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegt, darin, eine verbesserte Vorrichtung zum Liefern von Kühlmedium an einen Plattformkühlkreis in einer Schaufel sowie ein Verfahren zum Herstellen einer Schaufel mit einer verbesserten Vorrichtung zum Liefern von Kühlmedium an den Plattformkühlkreis anzugeben.

### **Kurzbeschreibung der Erfindung**

[0008] Die vorliegende Erfindung wird in der nachstehenden Beschreibung dargestellt.

[0009] Nachfolgend wird eine erfindungsgemäße Schaufelanordnung beschrieben. Die Schaufelanordnung enthält eine Plattform, ein Schaufelblatt und einen unteren Körperabschnitt. Die Plattform weist einen Plattformkühlkreis auf, der dafür eingerichtet ist, Kühlmedium durchströmen zu lassen. Das Schaufelblatt erstreckt sich von der Plattform radial nach aussen. Der untere Körperabschnitt erstreckt sich von der Plattform radial nach innen. Der untere Körperabschnitt definiert einen Fuss und einen sich von dem Fuss aus erstreckenden Kühlkanal. Der Kühlkanal ist dafür eingerichtet, Kühlmedium durchströmen zu lassen. Die Plattform und der untere Körperabschnitt enthalten ferner einen Steg zwischen dem Kühlkanal und dem Plattformkühlkreis. Der Steg definiert ein Bohrloch, das sich durch den Steg zwischen dem Kühlkanal und dem Plattformkühlkreis erstreckt.

[0010] Die vorliegende Erfindung bezieht sich weiterhin auf ein Verfahren zum Erzeugen einer Schaufelanordnung. Das Verfahren beinhaltet die Herstellung der Schaufelanordnung in einer Form. Die Form enthält einen Plattform-Kühlkreiskern und einen Körper-Kühlkreiskern. Die Schaufelanordnung enthält eine Plattform, ein Schaufelblatt und einen unteren Körperabschnitt. Die Plattform definiert einen Plattformkühlkreis, der durch den Plattform-Kühlkreiskern ausgebildet wird. Das

Schaufelblatt erstreckt sich von der Plattform radial nach aussen. Der untere Körperabschnitt erstreckt sich von der Plattform radial nach innen. Der untere Körperabschnitt definiert einen Fuss und einen sich von dem Fuss aus erstreckenden Kühlkanal. Der Kühlkanal wird von dem Körper-Kühlkreiskern gebildet und ist dafür konfiguriert, Kühlmedium durchströmen zu lassen. Die Plattform und der untere Körperabschnitt enthalten ferner einen Steg zwischen dem Kühlkanal und dem Plattformkühlkreis. Der Kühlkanal ist so geformt, dass eine direkte Sichtlinie von dem Fuss aus durch den Steg hindurch zu dem Plattformkühlkreis ausgebildet ist. Das Verfahren beinhaltet ferner nach dem Herstellen der Schaufelanordnung in der Form die Erzeugung eines Bohrloches in dem Steg zwischen dem Kühlkanal und dem Plattformkühlkreis entlang der Sichtlinie.

#### **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

[0011] Eine vollständige und grundlegende Offenlegung der vorliegenden Erfindung einschliesslich ihrer besten Ausführungsart, die sich an den Fachmann richtet, wird nachstehend in dem Rest der Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, in welchen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Gasturbinensystems ist;
- Fig. 2 eine Seitenschnittansicht des Turbinenabschnittes eines Gasturbinensystems gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Offenlegung ist;
- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform einer Schaufelanordnung der vorliegenden Offenlegung ist;
- Fig. 4 eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform einer Schaufelanordnung der vorliegenden Offenlegung entlang der Linie 4-4 von Fig. 3 ist;
- Fig. 5 eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform einer Schaufelanordnung der vorliegenden Offenlegung ist; und
- Fig. 6 eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform verschiedener Komponenten einer Form zum Giessen der Schaufelanordnung der vorliegenden Offenlegung ist.

#### **Detaillierte Beschreibung der Erfindung**

[0012] Es wird nun detaillierter Bezug auf Ausführungsformen der Erfindung genommen, wovon ein oder mehrere Beispiele in den Zeichnungen dargestellt sind. Jedes Beispiel wird im Rahmen einer Erläuterung der Erfindung und nicht einer Einschränkung der Erfindung bereitgestellt. Tatsächlich dürfte es für den Fachmann ersichtlich sein, dass verschiedene Modifikationen und Varianten in der vorliegenden Erfindung ohne Abweichung von dem Schutzmfang oder dem Erfindungsgedanken der Erfindung vorgenommen werden können.

[0013] Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines Gasturbinensystems 10. Das System 10 kann einen Verdichter 12, einen Brenner 14 und eine Turbine 16 enthalten. Der Verdichter 12 und die Turbine 16 können über eine Welle 18 gekoppelt sein. Die Welle 18 kann eine einzelne Welle sein oder aus einer Vielzahl von Wellensegmenten bestehen, die miteinander zum Ausbilden der Welle 18 gekoppelt sind.

[0014] Die Turbine 16 kann mehrere Turbinenstufen enthalten. Beispielsweise kann in einer Ausführungsform die Turbine 16 drei Stufen, wie es in Fig. 2 dargestellt ist, enthalten. Beispielsweise kann eine erste Stufe der Turbine 16 mehrere in Umfangsrichtung in Abstand angeordnete Leitschaufeln 21 und Laufschaufeln 22 enthalten. Die Leitschaufeln 21 können in Umfangsrichtung um die Welle 18 herum angeordnet und befestigt sein. Die Laufschaufeln 22 können in Umfangsrichtung um die Welle 18 herum angeordnet und mit der Welle 18 gekoppelt sein. Eine zweite Stufe der Turbine 16 kann mehrere in Umfangsrichtung in Abstand angeordnete Leitschaufeln 23 und Laufschaufeln 24 enthalten. Die Leitschaufeln 23 können in Umfangsrichtung um die Welle 18 herum angeordnet und befestigt sein. Die Laufschaufeln 24 können in Umfangsrichtung um die Welle 18 herum angeordnet und mit der Welle 18 gekoppelt sein. Eine dritte Stufe der Turbine 16 kann mehrere in Umfangsrichtung in Abstand angeordnete Leitschaufeln 25 und Laufschaufeln 26 enthalten. Die Leitschaufeln 25 können in Umfangsrichtung um die Welle 18 herum angeordnet und befestigt sein. Die Laufschaufeln 26 können in Umfangsrichtung um die Welle 18 herum angeordnet und mit der Welle 18 gekoppelt sein. Die verschiedenen Stufen der Turbine 16 können in der Turbine 16 in dem Pfad des Heissgasstroms 28 angeordnet sein. Es dürfte sich verstehen, dass die Turbine 16 nicht auf drei Stufen beschränkt ist, sondern stattdessen jede beliebige Anzahl von Stufen innerhalb des Schutzmangs und Erfindungsgedankens der vorliegenden Offenlegung liegt.

[0015] Jede von den Laufschaufeln 22, 24, 26 kann eine Schaufelanordnung 30 gemäss Darstellung in den Fig. 3 und 5 aufweisen. Die Schaufelanordnung 30 weist eine Plattform 32, ein Schaufelblatt 34 und einen unteren Körperabschnitt 36 auf. Das Schaufelblatt 34 erstreckt sich radial von der Plattform 32 nach aussen und enthält im Wesentlichen eine Druckseite 42 und eine Saugseite 44, die sich zwischen einer Vorderkante 46 und einer Hinterkante 48 erstrecken.

**[0016]** Der untere Körperabschnitt 36 erstreckt sich von der Plattform 32 aus radial nach innen. Der untere Körperabschnitt 36 kann im Wesentlichen einen Fuss 50 der Schaufelanordnung 30 definieren. Der Fuss 50 kann im Wesentlichen der Basisabschnitt der Schaufelanordnung 30 sein. Ferner kann der untere Körperabschnitt 36 einen Kühlkanal oder mehrere sich dadurch hindurcherstreckende Kühlkanäle definieren. Beispielsweise kann, wie es in Fig. 3 dargestellt ist, der untere Körperabschnitt 36 einen Vorderkantenkühlkanal 52, einen mittigen Kühlkanal 54 und einen Hinterkantenkühlkanal 56 definieren. In exemplarischen Ausführungsformen können sich die Kühlkanäle 52, 54, 56 von dem Fuss 50 aus durch den unteren Körperabschnitt 36 hindurcherstrecken. Die Kühlkanäle 52, 54, 56 können dafür konfiguriert sein, Kühlmedium 58 durchströmen zu lassen. Beispielsweise können Öffnungen 62, 64 und 66 der Kühlkanäle 52, 54 bzw. 56 in dem unteren Körperabschnitt 36, wie z. B. in dem Fuss 50, definiert sein. Die Öffnungen 62, 64, 66 können vorgesehen sein, Kühlmedium 58 dergestalt aufzunehmen, dass das Kühlmedium 58 durch die Kühlkanäle 52, 54, 56 strömen kann.

**[0017]** Die Kühlkanäle 52, 54, 56 können ferner fluidführend mit den Schaufelblattkühlkreisen verbunden sein. Beispielsweise kann, wie es in Fig. 3 dargestellt ist, der Vorderkantenkühlkanal 52 fluidführend mit den Schaufelblattkühlkreisen 70 und 72 verbunden sein, der mittige Kühlkanal 54 fluidführend mit Schaufelblattkühlkreisen 74 und 76 verbunden sein, und der Hinterkantenkühlkanal 56 fluidführend mit dem Schaufelblattkühlkreis 78 verbunden sein. Die Schaufelblattkühlkreise können im Wesentlichen in dem Schaufelblatt 34 definiert sein und können das Kühlmedium 58 aus den Kühlkanälen 52, 54, 56 unter Kühlen des Schaufelblattes 34 durch das Schaufelblatt 34 strömen lassen.

**[0018]** Es dürfte sich verstehen, dass die Schaufelanordnung 30 nicht auf die vorstehend offengelegten Kühlkanäle 52, 54, 56 und Schaufelblattkühlkreise 70, 72, 74, 76, 78 beschränkt sind. Stattdessen kann jede beliebige Anzahl und Ausbildung von Kühlkanälen und Kühlkreisen in der Schaufelanordnung 30 definiert sein und als innerhalb des Schutzmfangs und Erfindungsgedankens der vorliegenden Offenlegung liegend betrachtet werden.

**[0019]** Der untere Körperabschnitt 36 kann in exemplarischen Ausführungsformen einen Schaft 80 und Schwanzschwanz 82 enthalten. Der Schaft 80 kann mehrere sich daraus erstreckende Engelflügel 84 enthalten. Der Schwanzschwanz 82 kann den Fuss 50 definieren und kann ferner dafür konfiguriert sein, die Schaufelanordnung 30 mit dem Schaft 18 zu koppeln. Beispielsweise kann der Schwanzschwanz 82 die Schaufelanordnung 30 an einer (nicht dargestellten) Rotorscheibe befestigen, die auf der Welle 18 angeordnet ist. Mehrere Schaufelanordnungen 30 können somit in Umfangsrichtung um die Welle 18 herum angeordnet und mit der Welle 18 unter Ausbildung einer (nicht dargestellten) Rotoranordnung gekoppelt sein. Es dürfte sich jedoch verstehen, dass der untere Körperabschnitt 36 nicht auf einen Schaft 80 und einen Schwanzschwanz 82 enthaltende Ausführungsformen beschränkt ist. Stattdessen dürfte sich jede beliebige Konfiguration des unteren Körperabschnittes 36 als innerhalb des Schutzmfangs und Erfindungsgedankens der vorliegenden Erfindung liegend betrachtet werden.

**[0020]** Die Plattform 32 der Schaufelanordnung 30 weist einen Plattformkühlkreis 90 auf. Der Plattformkühlkreis 90 erstreckt sich im Wesentlichen durch die Plattform 32 und ist dafür konfiguriert, Kühlmedium 58 zum Kühlen der Plattform 32 hindurchströmen zu lassen. Der Plattformkühlkreis 90 kann sich durch die Plattform 32 mit einer beliebigen geeigneten Konfiguration zum Kühlen der Plattform 32 erstrecken. Beispielsweise kann der Plattformkühlkreis 90 ein im Wesentlichen serpentinenförmiger Kühlkreis sein und/oder kann eine Vielfalt von Verzweigungen besitzen, die dafür konfiguriert sind, das Kühlmedium 58 an verschiedene Abschnitte der Plattform 32 zu liefern. Der Plattformkühlkreis 90 kann ferner verschiedene Abschnitte enthalten, die sich durch die Plattform 32 angrenzend an die Druckseite 42, die Saugseite 44, die Vorderkante 46 und/oder die Hinterkante 48 des Schaufelblattes 34 dergestalt erstrecken, dass diese Abschnitte der Plattform 32 angemessen nach Bedarf gekühlt werden.

**[0021]** Die Plattform 32 und der untere Körperabschnitt 36 enthalten ferner einen Steg 92. Der Steg 92 kann der Abschnitt der Schaufelanordnung 30 sein, der sich zwischen einem der Kühlkanäle 52, 54, 56 und dem Plattformkühlkreis 90 erstreckt, der die Kühlkanäle 52, 54, 56 und den Plattformkühlkreis 90 trennt. Somit dürfte es sich verstehen, dass der Plattformkühlkreis 90 unabhängig von dem durch die Kühlkanäle 52, 54, 56 und den Schaufelblattkühlkreisen 70, 72, 74, 76, 78 definierten Kühlkreis oder Kühlkreisen ist und in der Schaufelanordnung 30 unabhängig von den Kühlkanälen 52, 54, 56 und den Schaufelblattkühlkreisen 70, 72, 74, 76, 78 wie nachstehend diskutiert hergestellt und definiert werden kann.

**[0022]** Somit ist zum Liefern des Kühlmediums 58 an den Plattformkühlkreis 90 ein Bohrloch 100 oder mehrere Bohrlöcher 100 in dem Steg 92 vorgesehen. Die Bohrlöcher 100 können sich im Wesentlichen durch den Steg 92 zwischen beliebigen von den Kühlkanälen 52, 54, 56 und dem Plattformkühlkreis 90 erstrecken. Die Bohrlöcher 100 können ermöglichen, dass durch die Kühlkanäle 52, 54, 56 strömendes Kühlmedium 58 durch die Bohrlöcher 100 hindurch und in den Plattformkühlkreis 90 strömen. In exemplarischen Ausführungsformen können sich die Bohrlöcher 100 im Wesentlichen und/oder angenähert radial nach aussen von den Kühlkanälen durch den Steg 92 zu dem Plattformkühlkreis 90 erstrecken.

**[0023]** In exemplarischen Ausführungsformen, wie beispielsweise den in den Fig. 3 und 4 dargestellten, kann ein Bohrloch 100 oder mehrere Bohrlöcher 100 in dem Steg 92 zwischen dem Vorderkantenkühlkanal 52 und dem Plattformkühlkreis 90 definiert sein. Somit kann ein Teil des durch den Vorderkantenkühlkanal 52 strömenden Kühlmediums durch das Bohrloch 100 oder die Bohrlöcher 100 zu dem Plattformkühlkreis 90 strömen.

**[0024]** Ferner können in einigen exemplarischen Ausführungsformen einer oder mehrere von den Kühlkanälen 52, 54, 56 eine Sichtlinie 102 von dem Fuss 50 durch den Steg 92 zu dem Plattformkühlkreis 90 bereitstellen. Die Sichtlinie 102 kann beispielsweise einem eine Schaufelanordnung 30 herstellenden Arbeiter ermöglichen, durch den Fuss 50 zu

blicken und sobald ein Bohrloch 100 oder Bohrlöcher 100 in dem Steg 92 definiert wurden, wenigstens einen Abschnitt des Plattformkühlkreises 90 zu sehen. Wie nachstehend diskutiert, kann die Sichtlinie 102 einem Arbeiter ermöglichen, das Bohrloch 100 oder die Bohrlöcher 100 in dem Steg 92 korrekt auszuführen, indem das Bohrloch 100 oder die Bohrlöcher 100 entlang der Sichtlinie 102 positioniert werden.

**[0025]** Somit können das Bohrloch 100 oder die Bohrlöcher 100 in dem Steg 92 definiert werden und sich durch die Sichtlinie 102 zwischen dem Kühlkanal, wie z. B. einem der Kühlkanäle 52, 54, 56, und dem Plattformkühlkreis 90 erstrecken. Beispielsweise kann in exemplarischen Ausführungsformen, wie in den Fig. 3 und 4 dargestellt, eine Sichtlinie 102 durch den Vorderkantenkühlkanal 52 dergestalt vorgesehen sein, dass ein durch die in dem Fuss 50 definierte Öffnung 62 blickender Arbeiter in der Lage ist, den Plattformkühlkreis 90 zu sehen.

**[0026]** In weiteren exemplarischen Ausführungsformen kann der Kühlkanal, durch welchen sich die Sichtlinie 102 erstreckt, wie z. B. der Vorderkantenkühlkanal 52 und/oder die Kühlkanäle 54, 56, einen Vorsprung 104 enthalten. Der Vorsprung 104 kann ein besonderer oder zusätzlicher Abschnitt des Kühlkanals sein, der in dem unteren Körperabschnitt 36 definiert sein kann. Ferner kann sich der Vorsprung 104 aus dem Kühlkanal erstrecken und damit in Fluidverbindung stehen. Der Vorsprung 104 kann die Sichtlinie 102 von dem Fuss 50 durch den Steg 92 zu dem Plattformkühlkreis 90 bereitstellen. Beispielsweise können in vielen Ausführungsformen die Kühlkanäle 52, 54, 56 keine Sichtlinien 102 zu dem Plattformkühlkreis 90 bereitstellen. Der Vorsprung 104 kann zu einem oder mehreren von den Kühlkanälen 52, 54, 56 während der Herstellung der Schaufelanordnung 30 hinzugefügt werden, um die Sichtlinie 102 des Plattformkühlkreises 90 wie nachstehend diskutiert bereitzustellen.

**[0027]** In einigen exemplarischen Ausführungsformen kann, wie es in Fig. 3 dargestellt ist, die Plattform 32 ferner einen Auslasskanal 106 oder mehrere Auslasskanäle 106 definieren. Die Auslasskanäle 106 können sich beispielsweise von dem Plattformkühlkreis 90 durch die Plattform 32 hindurch zur Aussenseite der Plattform 32 erstrecken. Die Auslasskanäle 106 können somit konfiguriert sein, dass sie Kühlmedium 58 aus dem Plattformkühlkreis 90 angrenzend an die Plattform 32 ausgeben. Beispielsweise kann wenigstens ein Teil des durch den Plattformkühlkreis 90 strömenden Kühlmediums 58 in die und durch die Auslasskanäle 106 strömen und somit aus dem Plattformkühlkreis 90 ausgegeben werden.

**[0028]** In einigen exemplarischen Ausführungsformen können, wie es in Fig. 5 dargestellt ist, Bohrlöcher 100 in dem sich zwischen mehr als einem von den Kühlkanälen und dem Plattformkühlkreis 90 erstreckenden Steg 92 definiert sein. Beispielsweise veranschaulicht Fig. 5 eine Schaufelanordnung 30 gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Offenlegung, in welcher der untere Körperabschnitt 36 einen Vorderkantenkühlkanal 152, einen mittigen Kühlkanal 154 und einen Hinterkantenkühlkanal 156 sowie Öffnungen 162, 164, 166 definiert. Die Kühlkanäle 152, 154, 156 können ferner fluidführend mit den Schaufelblattkühlkreisen 170, 172, 174, 176, 178 verbunden sein. Wie es in Fig. 5 dargestellt ist, erstrecken sich ein Bohrloch 100 oder mehrere Bohrlöcher 100 durch den Steg 92 sowohl von dem Vorderkantenkühlkanal 152 als auch dem Hinterkantenkühlkanal 156 aus zu dem Plattformkühlkreis 90.

**[0029]** In einigen Ausführungsformen können alle von den Bohrlöchern 100, die sich von den Kühlkanälen zu dem Plattformkühlkreis 90 erstrecken, so konfiguriert sein, dass sie Kühlmedium 58 zu dem Plattformkühlkreis 90 strömen lassen. In alternativen Ausführungsformen können jedoch einige von den Bohrlöchern 100 dafür konfiguriert sein, Kühlmedium 58 aus dem Plattformkühlkreis 90 zu einem oder mehreren Kühlkanälen strömen zu lassen, und somit das Kühlmedium 58 aus dem Plattformkühlkreis 90 ausgeben. Beispielsweise kann, wie es in Fig. 5 dargestellt ist, ein sich von dem Vorderkantenkühlkanal 152 zu dem Plattformkühlkreis 90 erstreckendes Bohrloch 100 Kühlmedium 58 aus dem Vorderkantenkühlkanal 152 zu dem Plattformkühlkreis 90 strömen lassen, während von dem Hinterkantenkühlkanal 156 zu dem Plattformkühlkreis 90 erstreckende Bohrlöcher 100 Kühlmedium 58 aus dem Plattformkühlkreis 90 zu dem Hinterkantenkühlkanal 156 strömen lassen können. Somit kann in dieser Ausführungsform wenigstens ein Teil des der Schaufelanordnung 30 zugeführten Kühlmediums 58 aus dem Vorderkantenkühlkanal 152 durch den Plattformkühlkreis 90 strömen, den Plattformkühlkreis 90 kühlen und dann von dem Plattformkühlkreis 90 durch die Bohrlöcher 100 in den Hinterkantenkühlkanal 156 ausgegeben werden.

**[0030]** Die vorliegende Offenlegung ist ferner auf ein Verfahren zum Herstellen einer Schaufelanordnung 30 gerichtet. Beispielsweise stellt Fig. 6 verschiedene Komponenten einer Ausführungsform einer Form 200 zum Erzeugen einer Schaufelanordnung 30 dar. Die Form 200 kann beispielsweise eine Schale enthalten. Die Schale kann eine untere Schale 202 und eine obere Schale 204 gemäß Darstellung enthalten, oder kann eine einteilige Schale sein, oder kann jede beliebige Vielfalt und Konfiguration von Schalenteilen enthalten. Die Schale 202, 204 kann beispielsweise dafür konfiguriert sein, ein Substrat einer Schaufelanordnung 30 aufzunehmen, um die Schaufelanordnung 30 in der Schale 202, 204 auszubilden. In exemplarischen Ausführungsformen kann die Schaufelanordnung 30 gegossen werden. Alternativ kann jedoch die Schaufelanordnung 30 mittels jedes geeigneten Fertigungsverfahrens erzeugt werden.

**[0031]** Die Form 200 kann ferner einen Körper-Kühlkreiskern 206 enthalten. Der Körper-Kühlkreiskern 206 kann im Wesentlichen Kernstücke enthalten, die die verschiedenen Kühlkanäle und Kühlkreise in dem unteren Körperabschnitt 36 und in dem Schaufelblatt 34 der Schaufelanordnung 30, wie z. B. Kühlkanäle 52, 54, 56 oder 152, 154, 156 und Schaufelblattkühlkreise 70 bis 78 oder 170 bis 178 definieren. Der Körper-Kühlkreiskern 206 kann ein einteiliger Kern sein, der alle von den verschiedenen Kühlkanälen und Kühlkreisen definiert, oder kann verschiedene Kernteile enthalten, die dafür konfiguriert sind, jede Vielfalt von verschiedenen Kühlkanälen und Kühlkreisen zu definieren.

**[0032]** Die Form 200 kann ferner einen Plattform-Kühlkreiskern 208 enthalten. Der Plattform-Kühlkreiskern 208 kann im Wesentlichen ein Kernstück sein, das den Plattformkühlkreis 90 in der Plattform 32 der Schaufelanordnung 30 definiert. Der Plattform-Kühlkreiskern 208 kann ein einteiliger Kern sein, der alle von den verschiedenen Abschnitten des Plattformkühlkreises 90 definiert, oder kann verschiedene Kernteile enthalten, die dafür konfiguriert sind, die verschiedenen Abschnitte zu definieren.

**[0033]** Es dürfte sich verstehen, dass der Plattform-Kühlkreiskern 208 der vorliegenden Offenlegung von dem Körper-Kühlkreiskern 206 unabhängig ist. Somit kann, wenn die Schaufelanordnung 30 hergestellt wird, die Verwendung unabhängiger Kerne 206 und 208 ermöglichen, dass die den Kernen 206 und 208 zugeordneten verschiedenen Wanddicken der Schaufelanordnung 30 ohne Überbelastung der Kerne 206, 208 unabhängig gesteuert werden können. Dieses kann beispielsweise alle thermisch induzierten Belastungen im Körper-Kühlkreiskern bei den Kernen 206, 208 reduzieren.

**[0034]** Somit kann die Herstellung einer Schaufelanordnung 30 gemäss der vorliegenden Offenlegung beispielsweise die Herstellung der Schaufelanordnung 30 in der Form 200 beinhalten. In exemplarischen Ausführungsformen kann, wie erwähnt, die Schaufelanordnung 30 durch Giessen geformt werden.

**[0035]** Wie vorstehend diskutiert, kann die in der Form 200 hergestellte Schaufelanordnung 300 einen Steg 92 enthalten, der die Kühlkanäle, wie z. B. die Kühlkanäle 52, 54, 56 oder Kühlkanäle 152, 154, 156 und den Plattformkühlkreis 90, trennt. Somit kann die Herstellung einer Schaufelanordnung 30 gemäss der vorliegenden Offenlegung ferner beispielsweise die Erzeugung eines Bohrloches 100 oder von Bohrlöchern 100 in dem Steg 92 beinhalten. Die Bohrlöcher 100 können sich durch den Steg 92 zwischen jedem der Kühlkanäle nach Bedarf und, wie vorstehend diskutiert, dem Plattformkühlkreis 90 erstrecken. Ferner können sich in einigen exemplarischen Ausführungsformen, wie vorstehend und nachstehend diskutiert, die Bohrlöcher 100 entlang der Sichtlinien 102 erstrecken.

**[0036]** Im Allgemeinen können die Bohrlöcher 100 nach der Herstellung der Schaufelanordnung 30 hergestellt werden, wie z. B. nachdem sich die Schaufelanordnung 30 in der Form 200 verfestigen konnte, und/oder nachdem die Schaufelanordnung 30 aus der Form 200 entfernt wurde. Die Bohrlöcher 100 können beispielsweise mittels Durchbohren des Stegs 92 unter Verwendung eines Bohrs, einer elektrischen Erosionselektrode («EDM») oder irgendeiner anderen geeigneten Bohrvorrichtung hergestellt werden. Es dürfte sich verstehen, dass die vorliegende Offenlegung nicht auf Bohren beschränkt ist. Ferner dürfte es sich verstehen, dass beliebige Verfahren und Vorrichtungen zum Erzeugen eines Bohrloches 100 in einem Steg 92 innerhalb des Schutzumfangs und Erfindungsgedankens der vorliegenden Offenlegung liegen.

**[0037]** In exemplarischen Ausführungsformen kann das vorliegende Verfahren zum Herstellen einer Schaufelanordnung 30 eine Modifizierung und Anpassung der Abmessungen und Formen der Bohrlöcher 100 nach der Erzeugung der Schaufelanordnung 30 zulassen. Beispielsweise können nach der Herstellung der Schaufelanordnung 30 Bohrlöcher 100 erzeugt werden. Die Schaufelanordnung 30 kann dann getestet werden, um beispielsweise das Kühlverhalten der verschiedenen Kühlkanäle und des Plattformkühlkreises 90 zu bewerten. Wenn beispielsweise das Kühlverhalten des Plattformkühlkreises 90 unzureichend ist, können einfach die Bohrlöcher 100 angepasst werden. Beispielsweise können die Bohrlöcher 100 vergrössert oder anderweitig modifiziert werden, um das Kühlverhalten zu steigern oder anderweitig anzupassen, oder es können zusätzliche Bohrlöcher 100 erzeugt werden. Diese Anpassungen können beispielsweise ein einfaches Aufbohren der Bohrlöcher 100, um diese grösser zu machen, eine anderweitige Modifizierung der Form und/oder Abmessung der Bohrlöcher 100 oder die Hinzufügung von zusätzlichen Bohrlöchern 100 erfordern, statt eine neue Formung oder anderweitige Modifizierung der Schaufelanordnung 30 zu erfordern.

**[0038]** In einigen Ausführungsformen können der Kühlkanal oder die Kanäle, aus welchen sich Bohrlöcher 100 oder Bohrlöcher 100 erstrecken, eine Sichtlinie 102 von dem Fuss 50 der Schaufelanordnung 30 durch den Steg 92 hindurch zu dem Plattformkühlkreis 90 bereitstellen. Beispielsweise kann in einer in den Fig. 3 und 4 dargestellten exemplarischen Ausführungsform ein Vorderkantenkühlkanal 52 eine Sichtlinie 102 bereitstellen. In einer weiteren exemplarischen Ausführungsform, wie sie in Fig. 5 dargestellt ist, kann sowohl ein Vorderkantenkühlkanal 152 als auch ein Hinterkantenkühlkanal 156 Sichtlinien 102 enthalten.

**[0039]** Ferner kann in einigen Ausführungsformen der Körper-Kühlkreiskern 206 einen Vorsprungkern 210 oder Vorsprungkerne 210 enthalten. Die Vorsprungkerne 210 können die Vorsprünge 104 definieren, die in verschiedenen Kühlkanälen wie vorstehend diskutiert enthalten sind. Somit können, wenn die Schaufelanordnung 30 in der Form 200 hergestellt wird, die Vorsprünge 104 durch Einschluss der Vorsprungkerne 210 in der Form 200 hergestellt werden. Wie vorstehend diskutiert, können die durch die Vorsprungkerne 210 gebildeten Vorsprünge 104 Sichtlinien 102 von dem Fuss 50 der Schaufelanordnung 30 durch den Steg 92 hindurch zu dem Plattformkühlkreis 90 bereitstellen.

**[0040]** Somit können die Schaufelanordnung 30 und das Verfahren zur Herstellung der Schaufelanordnung 30 der vorliegenden Offenlegung ein Herstellen des Bohrlochs 100 oder der Bohrlöcher 100 ermöglichen, ohne irgendeine äussere Modifikation der Schaufelanordnung 30 zu erfordern. Beispielsweise kann, wie vorstehend diskutiert, ein eine Schaufelanordnung 30 herstellender Arbeiter die Bohrlöcher 100 durch den Steg 92 von einem oder mehreren verschiedenen Kühlkanälen aus zu dem Plattformkühlkanal 20 erzeugen. Ferner können in exemplarischen Ausführungsformen verschiedene Sichtlinien 102 und Vorsprünge 104 vorgesehen werden, um den Arbeiter bei der Herstellung der Bohrlöcher 100 zu unterstützen. Bevorzugt werden somit keine Stopf- oder Hartlötoperationen benötigt, wenn die Bohrlöcher 100 hergestellt werden.

**[0041]** Es werden eine Schaufelanordnung 30, die an einer Welle montierbar ist, und ein Verfahren zum Herstellen der Schaufelanordnung 30 offengelegt. Die Schaufelanordnung 30 enthält eine Plattform 32, ein Schaufelblatt 34 und einen unteren Körperabschnitt 36. Die Plattform 32 umfasst einen Plattformkühlkreis 90, der dafür konfiguriert ist, Kühlmedium 58 durchströmen zu lassen. Das Schaufelblatt 34 erstreckt sich mit Bezug auf die Welle von der Plattform 32 aus radial nach aussen. Der untere Körperabschnitt 36 erstreckt sich mit Bezug auf die Welle von der Plattform 32 aus radial nach innen. Der untere Körperabschnitt 36 umfasst einen Fuss 50 und einen sich von dem Fuss 50 aus erstreckenden Kühlkanal 52. Der Kühlkanal 52 ist dafür konfiguriert, Kühlmedium 58 durchströmen zu lassen. Die Plattform 32 und der untere Körperabschnitt 36 enthalten ferner einen Steg 92 zwischen dem Kühlkanal 52 und dem Plattformkühlkreis 90. Der Steg 92 weist ein Bohrloch 100 auf, das sich durch den Steg 92 hindurch zwischen dem Kühlkanal 52 und dem Plattformkühlkreis 90 erstreckt.

**Bezugszeichenliste**

**[0042]**

- 10 Gasturbinensystem
- 12 Verdichter
- 14 Brenner
- 16 Turbine
- 18 Welle
- 20 Rotoranordnung
- 21 Leitschaufeln der ersten Stufe
- 22 Laufschaufeln der ersten Stufe
- 23 Leitschaufeln der zweiten Stufe
- 24 Laufschaufeln der zweiten Stufe
- 25 Leitschaufeln der dritten Stufe
- 26 Laufschaufeln der dritten Stufe
- 28 Heissgasstrom
- 30 Schaufelanordnung
- 32 Plattform
- 34 Schaufelblatt
- 36 unterer Körperabschnitt
- 42 Druckseite
- 44 Saugseite
- 46 Vorderkante
- 48 Hinterkante
- 50 Fuss
- 52 Vorderkantenkühlkanal
- 54 mittiger Kühlkanal
- 56 Hinterkantenkühlkanal
- 58 Kühlmedium
- 62 Öffnung
- 64 Öffnung

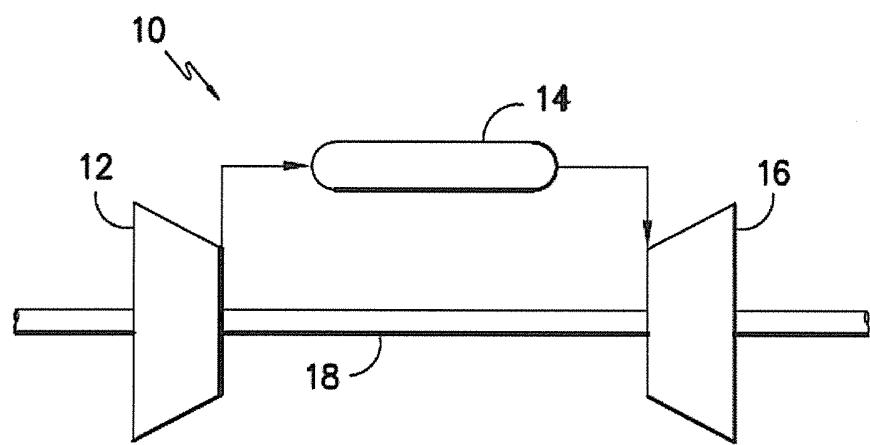
66	Öffnung
70	Schaufelblattkühlkreis
72	Schaufelblattkühlkreis
74	Schaufelblattkühlkreis
76	Schaufelblattkühlkreis
78	Schaufelblattkühlkreis
80	Schaft
82	Schwalbenschwanz
84	Engelflügel
90	Plattformkühlkreis
92	Steg
100	Bohrloch
102	Sichtlinie
104	Vorsprung
106	Auslasskanal
152	Vorderkantenkühlkanal
154	mittiger Kühlkanal
156	Hinterkantenkühlkanal
162	Öffnung
164	Öffnung
166	Öffnung
170	Schaufelblattkühlkreis
172	Schaufelblattkühlkreis
174	Schaufelblattkühlkreis
176	Schaufelblattkühlkreis
178	Schaufelblattkühlkreis
200	Form
202	untere Schale
204	obere Schale
206	Körper-Kühlkreiskern
208	Plattform-Kühlkreiskern
210	Vorsprungkern

#### **Patentansprüche**

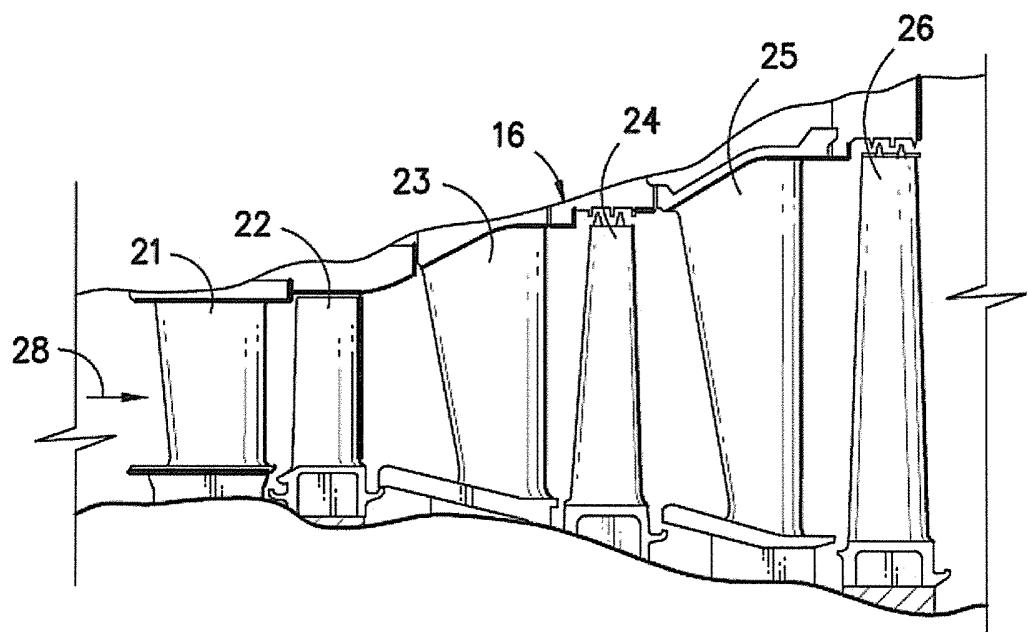
1. Schaufelanordnung (30), die an einer Welle (18) montierbar ist und aufweist:  
eine Plattform (32), wobei die Plattform einen Plattformkühlkreis (90) definiert, der dafür konfiguriert ist, Kühlmedium durchströmen zu lassen;  
ein Schaufelblatt (34), das sich mit Bezug auf die Welle (18) von der Plattform (32) radial nach aussen erstreckt; und

einen unteren Körperabschnitt (36), der sich mit Bezug auf die Welle (18) von der Plattform (32) aus radial nach innen erstreckt, wobei der untere Körperabschnitt (36) einen Fuss (50) und einen sich von dem Fuss (50) aus erstreckenden Kühlkanal (52) aufweist, wobei der Kühlkanal (52) dafür konfiguriert ist, Kühlmedium (58) durchströmen zu lassen, wobei die Plattform (32) und der untere Körperabschnitt (36) ferner zwischen dem Kühlkanal (52) und dem Plattformkühlkreis (90) einen Steg (92) enthalten und der Kühlkanal (52) so geformt ist, dass eine direkte Sichtlinie (102) von dem Fuss (50) aus durch den Steg (92) hindurch zu dem Plattformkühlkreis (90) ausgebildet ist, wobei der Steg (92) ein Bohrloch (100) aufweist, das sich entlang der Sichtlinie (102) zwischen dem Kühlkanal (52) und dem Plattformkühlkreis (90) erstreckt.

2. Schaufelanordnung (30) nach Anspruch 1, wobei der Kühlkanal (52) einen Vorsprung (104) enthält und der Vorsprung (104) so angeordnet ist, dass die Sichtlinie (102) von dem Fuss (50) aus durch den Steg (92) hindurch zu dem Plattformkühlkreis (90) ausgebildet ist.
3. Schaufelanordnung (30) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei die Plattform (32) und der untere Körperabschnitt (36) mehrere Kühlkanäle (52, 54, 56) enthalten.
4. Schaufelanordnung (30) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Steg (92) mehrere Bohrlöcher (100) definiert.
5. Schaufelanordnung (30) nach den Ansprüchen 3 und 4, wobei wenigstens eines von den mehreren Bohrlöchern (100) dafür konfiguriert ist, Kühlmedium (58) aus wenigstens einem von den mehreren Kühlkanälen (52, 54, 56) zu dem Plattformkühlkreis (90) strömen zu lassen, und wobei wenigstens eines von den mehreren Bohrlöchern (100) dafür konfiguriert ist, Kühlmedium (58) aus dem Plattformkühlkreis (90) zu wenigstens einem von den mehreren Kühlkanälen (52, 54, 56) strömen zu lassen.
6. Schaufelanordnung (30) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Plattform (32) ferner einen Auslasskanal (106) aufweist, wobei der Auslasskanal (106) dafür konfiguriert ist, Kühlmedium (58) aus dem Plattformkühlkreis (90) angrenzend an die Plattform (32) auszugeben.
7. Schaufelanordnung (30) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der untere Körperabschnitt (36) einen Schaft (80) und einen Schwabenschwanz (82) enthält, wobei der Schwabenschwanz (82) den Fuss (50) aufweist.
8. Verfahren zum Herstellen einer Schaufelanordnung (30), die an einer Welle (18) montierbar ist, mit den Schritten:  
Herstellen der Schaufelanordnung (30) in einer Form (200), wobei die Form (200) einen Plattform-Kühlkreiskern (208) und einen Körper-Kühlkreiskern (206) enthält und wobei die Schaufelanordnung (30) aufweist:  
eine Plattform (32), wobei die Plattform einen Plattformkühlkreis (90) aufweist, der durch den Plattform-Kühlkreiskern (208) gebildet wird;  
ein Schaufelblatt (34), das sich mit Bezug auf die Welle (18) von der Plattform (32) radial nach aussen erstreckt; und  
einen unteren Körperabschnitt (36), der sich mit Bezug auf die Welle (18) von der Plattform (32) aus radial nach innen erstreckt, wobei der untere Körperabschnitt (36) einen Fuss (50) und einen sich von dem Fuss (50) aus erstreckenden Kühlkanal (52) aufweist, wobei der Kühlkanal (52) durch einen Körper-Kühlkreiskern (206) gebildet wird und dafür konfiguriert ist, Kühlmedium (58) durchströmen zu lassen, wobei die Plattform (32) und der untere Körperabschnitt (36) ferner zwischen dem Kühlkanal (52) und dem Plattformkühlkreis (90) einen Steg (92) enthalten und der Kühlkanal (52) so geformt ist, dass eine direkte Sichtlinie (102) von dem Fuss (50) aus durch den Steg (92) hindurch zu dem Plattformkühlkreis (90) ausgebildet ist; und  
nach dem Herstellen der Schaufelanordnung (30) in der Form (200), Herstellen eines Bohrlochs (100) in dem Steg (92) zwischen dem Kühlkanal (52) und dem Plattformkühlkreis (90) entlang der Sichtlinie (102).
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Herstellung des Bohrloches (100) von dem Kühlkanal (52) aus erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, wobei der Körper-Kühlkreiskern (206) einen Vorsprungskern (210) enthält, und wobei der Kühlkanal (52) einen durch den Vorsprungskern (210) ausgebildeten Vorsprung (104) enthält und der Vorsprung (104) so angeordnet ist, dass die Sichtlinie (102) von dem Fuss (50) aus durch den Steg (92) hindurch zu dem Plattformkühlkreis (90) ausgebildet ist.



*FIG. -1-*



*FIG. -2-*

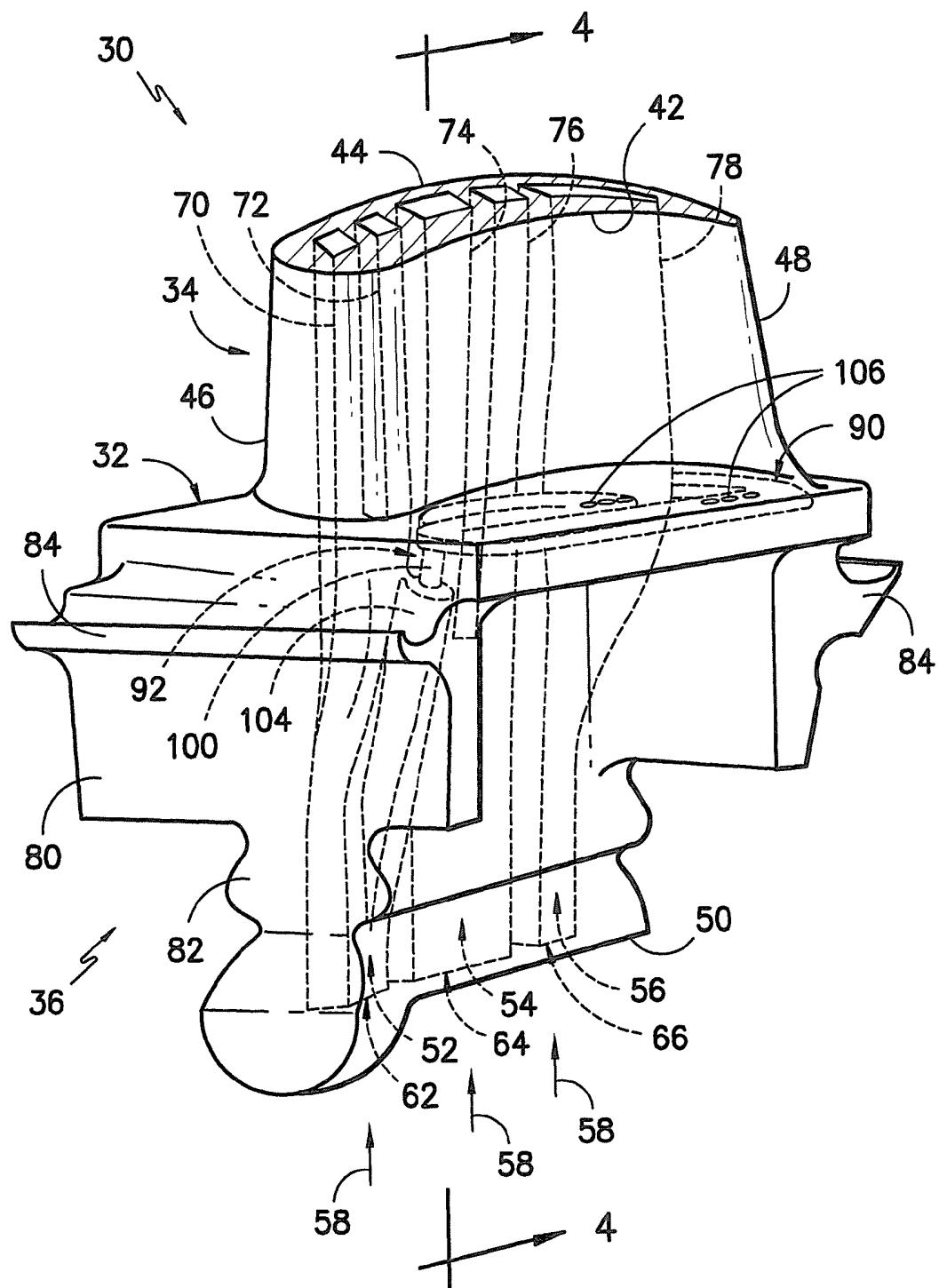
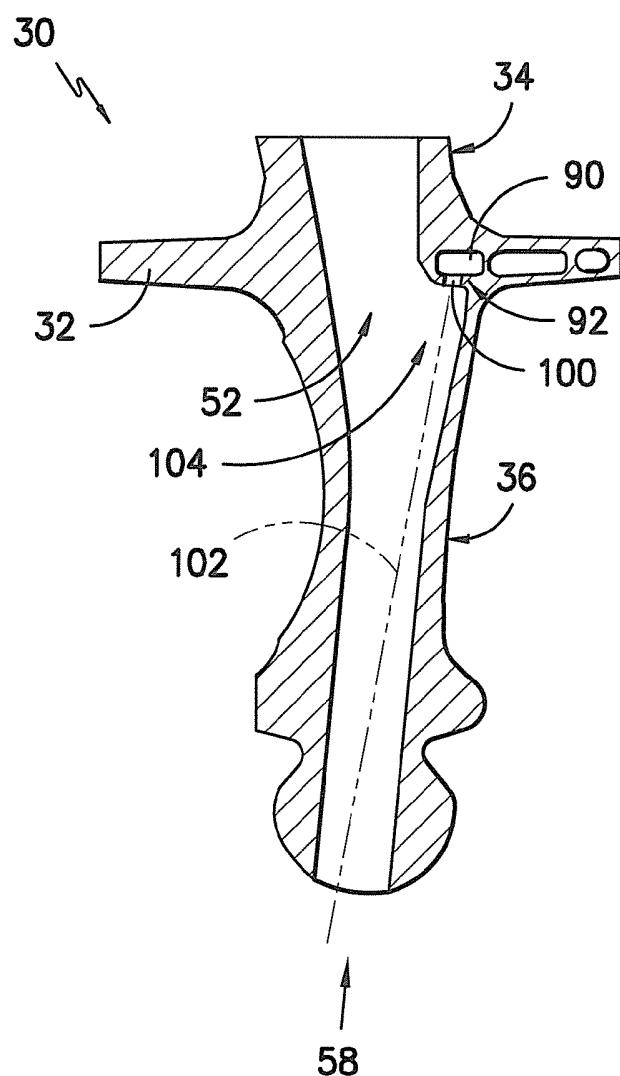
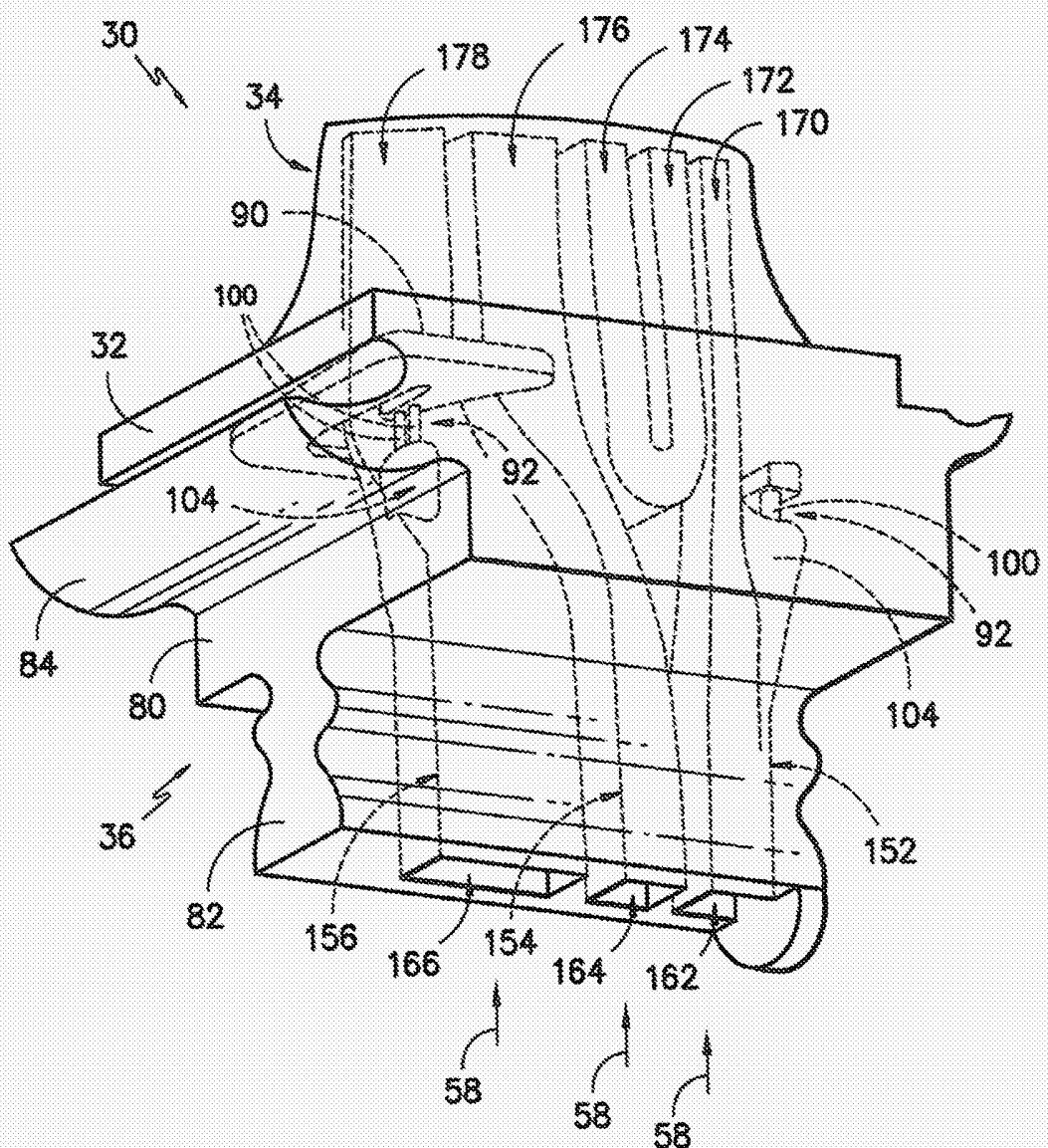


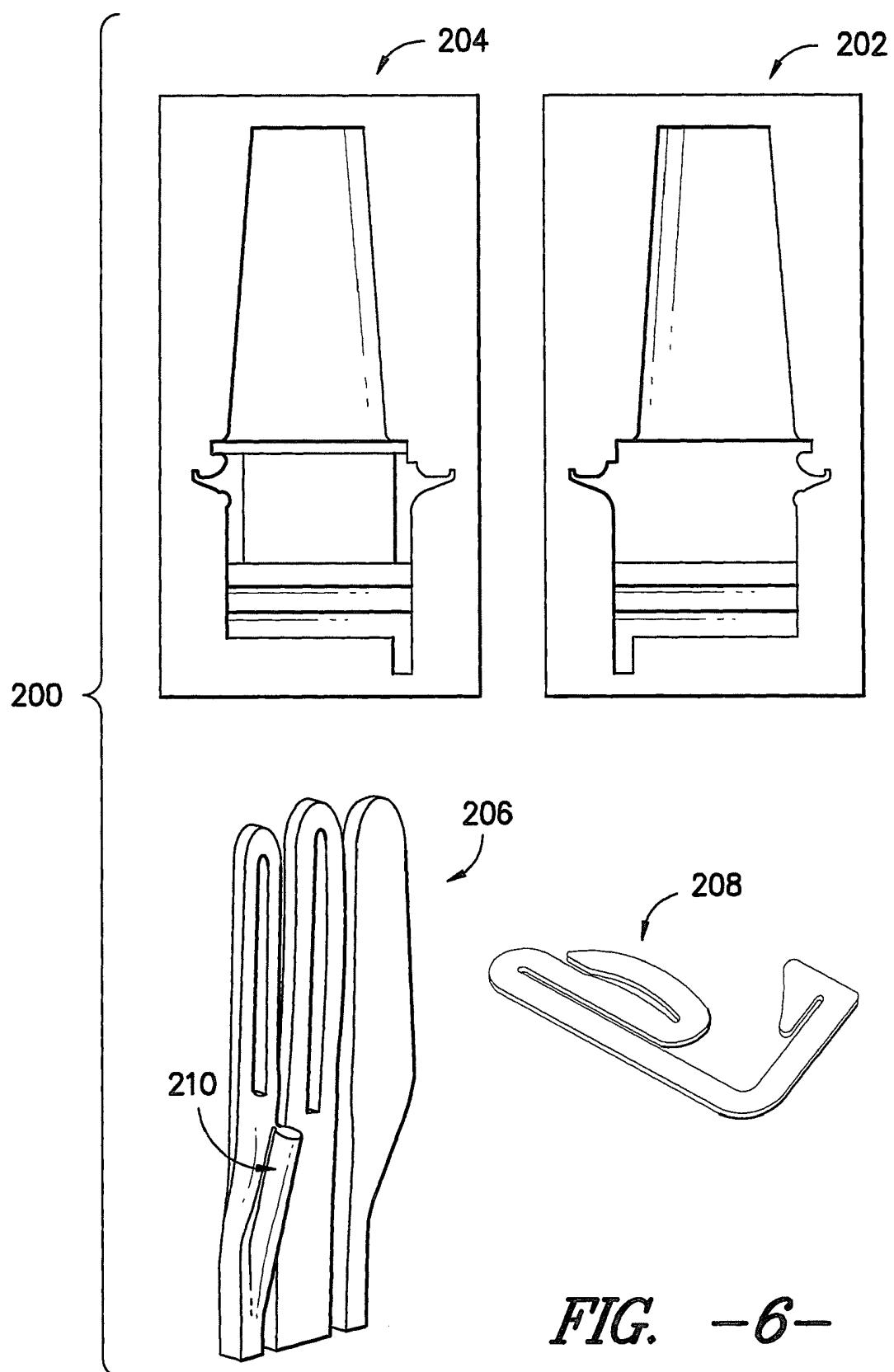
FIG. -3-



*FIG. -4-*



*FIG. -5-*



*FIG. -6-*