



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.11.2019 Patentblatt 2019/45

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

(21) Anmeldenummer: **18170731.6**

(22) Anmeldetag: **04.05.2018**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

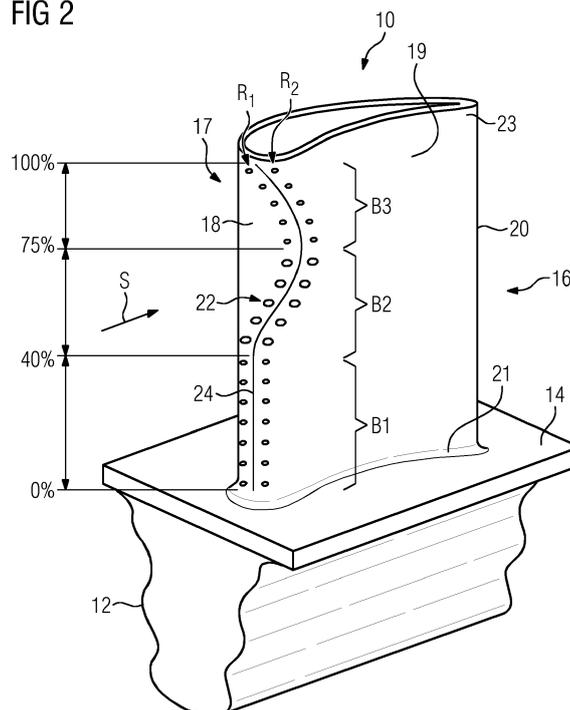
(72) Erfinder:
 • **Ahmad, Fathi**
41564 Kaarst (DE)
 • **Koch, Daniela**
10439 Berlin (DE)
 • **Schüler, Marco**
14482 Potsdam (DE)

(54) **SCHAUFELBLATT FÜR EINE TURBINENSCHAUFEL**

(57) Die Erfindung betrifft ein Schaufelblatt (16) für eine Turbinenschaufel, umfassend eine von einem Heißgas (S) anströmbare Vorderkante (18), von der aus sich eine Saugseitenwand (17) und eine Druckseitenwand (19) zu einer Hinterkante (20) des Schaufelblatts (16) erstrecken, wobei das Schaufelblatt (16) in einer Querrichtung dazu sich von einem fußseitigen Ende (21) mit einer Schaufelblatthöhe von 0% zu einem spitzenseitigen Ende (23) mit einer Schaufelblatthöhe von 100% erstreckt, mit zwei längs der Vorderkante angeordneten

Reihen (R_1 , R_2) von Kühlöchern (22), die zueinander einen senkrecht zur Vorderkante zu erfassenden ersten Abstand (A) aufweisen. Um eine Turbinenschaufel bereitzustellen, welche mit vermindertem Kühlaufwand eine weiterhin zuverlässige Kühlung der Vorderkante (18) für unterschiedliche Betriebsbedingungen einsetzbar ist, wird vorgeschlagen, dass die beiden Reihen (R_1 , R_2) von Kühlöchern (22) zumindest teilweise längs der Vorderkante (18) auf einer Wellenlinie angeordnet sind.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schaufelblatt für eine Turbinenschaufel, umfassend eine von einem Heißgas anströmbare Vorderkante, von der aus sich eine Saugseitenwand und eine Druckseitenwand zu einer Hinterkante des Schaufelblatts erstrecken, wobei das Schaufelblatt in einer Querrichtung dazu sich von einem fußseitigen Ende mit einer Schaufelblatthöhe von 0% zu einem spitzenseitigem Ende mit einer Schaufelblatthöhe von 100% erstreckt, mit zwei längs der Vorderkante angeordneten Reihen von Kühllöchern, die zueinander einen senkrecht zur Vorderkante zu erfassenden ersten Abstand aufweisen.

[0002] Eine derartige Turbinenschaufel ist beispielsweise aus der EP 2 154 333 A2 bekannt. Die in der Vorderkante angeordneten Kühllöcher dienen während des Betriebs einer damit ausgestatteten Gasturbine zur Erzeugung eines kühlenden Schutzfilm über der Vorderkante, um der ankommenden Heißgasströmung entgegenwirken. Die Kühllöcher werden deswegen auch als Filmkühllöcher bezeichnet, die im Englischen aufgrund ihrer dichten Anordnung zudem auch als "Shower Head Film Cooling Holes" bekannt sind. Zugleich teilt das Schaufelblatt die anströmende Heißgasströmung an der Vorderkante in zwei Teilströme auf, von denen der eine Teilstrom entlang der Saugseite des Schaufelblatts entlang strömt und der andere Teil entlang der Druckseite. Der Ort der Strömungsaufteilung am Schaufelprofil wird dabei Stagnationspunkt genannt, da im idealisierten Sinne dort keine Querströmung auftritt. Aus diesem Grund sind im Stand der Technik beidseits der Vorderkante bzw. der vorab ermittelten Stagnationslinie Filmkühllöcher angeordnet, um die dort auftreffende Heißgasströmung nicht in zu engen Kontakt mit der Bauteilwand gelangen zu lassen.

[0003] Nachteilig ist jedoch, dass der Stagnationspunkt eines Schaufelprofils bzw. die Stagnationslinie eines Schaufelblatts von unterschiedlichen Einflussfaktoren abhängig sein kann, so dass der Bedarf besteht, die Turbinenschaufel und dessen Schaufelblatt sowie dessen Vorderkantenkühlung an die unterschiedlichen Betriebsbedingungen bestmöglich anzupassen.

[0004] Ausgehend vom zuvor beschriebenen Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde ein Schaufelblatt für eine Turbinenschaufel bereitzustellen, welches für unterschiedliche Betriebsbedingungen einer Gasturbine bestmöglich gestaltet ist, insbesondere um bei Einsatz einer vertretbaren Menge an Kühlmittel eine hinreichende Kühlung mit möglichst hoher Lebensdauer des Schaufelblatts zu erzielen.

[0005] Diese Aufgabe wird mit einem Schaufelblatt der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die beiden Reihen von Kühllöchern zumindest teilweise längs der Vorderkante auf einer Wellenlinie angeordnet sind.

[0006] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die tatsächliche Heißgasströmungsrichtung von der zur Auslegung des Schaufelblatts herangezogenen Strö-

mungsrichtung abweichen kann einerseits aufgrund unterschiedlicher Betriebsweisen der Gasturbine. Die Abweichungen können aufgrund einer zur Nennlast veränderten Lastabgabe auftreten. Andererseits wurde erkannt, dass insbesondere bei Laufschaufeln der Stagnationspunkt eines Schaufelprofils im Bereich der Vorderkante oszillieren kann aufgrund von Strömungseffekten, die von einer stromauf der Laufschaufel angeordneten Leitschaufel hervorgerufen werden. Die Oszillation des Stagnationspunktes eines Schaufelprofils führt zu lokal erhöhter Oberflächentemperatur des Schaufelblattes, dem mit der Erfindung wirksam begegnet werden kann.

[0007] Um beiden Effekten entgegenzuwirken wird mit der Erfindung nunmehr vorgeschlagen, zwei Reihen von Kühllöchern im Bereich der Vorderkante vorzusehen, die zumindest teilweise auf einer gekrümmten Wellenlinie angeordnet sind. Die Kühllöcher sind zur Druckseite bzw. Saugseite hin verschoben, bezogen auf den oszillierenden Stagnationspunkt des betreffenden Schaufelprofils. Während der Designphase wird für jedes Schaufelprofil ein Bereich ermittelt, in dem der Stagnationspunkt auftreten, kann. Jeder dieser Bereiche ist durch zwei Endpunkte definiert, aus denen dann ein mittlerer Staupunkt ermittelbar ist. Anschließend werden die beiden Kühllöcher so positioniert, dass eine bestmögliche Kühlung erreicht wird. Hiermit lässt sich der Kühleffekt lokal optimieren. Durch die Verwendung von lediglich zwei Kühlreihen anstelle von üblicherweise drei oder mehr Kühlreihen kann zudem die zur Kühlung erforderliche Menge an Kühlmittel reduziert werden. Der reduzierte Verbrauch an Kühlmittel trägt während des Betriebs der Gasturbine zu dessen Wirkungsgradsteigerung bei.

[0008] In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Maßnahmen aufgelistet, die beliebig miteinander kombiniert werden können. Damit lassen sich weitere Vorteile erzielen.

[0009] Gemäß einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die beiden Reihen von Kühllöchern längs der Gesamterstreckung der Vorderkante zwischen 0% und 100% Schaufelblatthöhe auf einer Wellenlinie mit mehreren Wellentälern und Wellenbergern angeordnet. Mithin sind die Kühllöcher der beiden Reihen wiederholt lokal zur Druckseite geringfügig verschoben, verglichen mit Kühllöchern auf einer anderen Schaufelblatthöhe.

[0010] Gemäß einer dazu alternativen Ausgestaltung sind die beiden Reihen von Kühllöchern lediglich teilweise längs der Vorderkante auf einer Wellenlinie angeordnet, derart, dass die beiden Reihen von Kühllöchern in einem ersten Bereich, welcher zwischen 0% und etwa 40% Schaufelblatthöhe angeordnet ist, im Wesentlichen parallel beidseits der Vorderkante angeordnet sind und in einem sich daran unmittelbar angrenzenden zweiten Bereich, welcher sich zwischen etwa 40% und etwa 75% Schaufelblatthöhe und höher erstreckt, druckseitig verlagert angeordnet sind und wobei die beiden Reihen von Kühllöchern in einem sich an den zweiten Bereich un-

mittelbar angrenzenden dritten Bereich, welcher bei 100% Schaufelblatthöhe endet, mit steigender Schaufelblatthöhe wieder zur Vorderkante hin zurückverlagert angeordnet sind.

[0011] Dieser Ausgestaltung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Verschiebung des Stagnationspunkts eines Schaufelprofils im radial inneren Bereich des Schaufelblatts eher schmalbandig ist, wohingegen ab einer Schaufelblatthöhe von etwa 40% die Verschiebung zunimmt und überdies eher druckseitig ist. Dementsprechend sind die Kühllöcher der beiden Reihen in dem Bereich von 40% bis 100% zur Druckseite hin verschoben, wobei vorzugsweise bei etwa 75% Schaufelblatthöhe die maximale druckseitige Verschiebung angeordnet ist. Bezogen auf eine Sehnenlänge des Schaufelblatts beträgt der Wert der druckseitigen Maximalverschiebung nicht mehr als 5% der Schaufelprofilsehnenlänge, minimal vorzugsweise jedoch mindestens 2%.

[0012] Insofern ergibt sich für die beiden Reihen an Kühllöchern eine eher geradlinige Ausgestaltung im Bereich von 0% bis 40% Schaufelblatthöhe und eine zur Druckseite hin gewölbte Kontur der Reihen für den Abschnitt zwischen 40% und 100% Schaufelblatthöhe. Insbesondere bei unterschiedlichen Betriebspunkten, beispielsweise bei niedriger Teillast, treten derartige Verschiebungen der Stagnationslinie auf, so dass eine Schaufel, welche für eine besonders flexibel betriebene Gasturbine vorgesehen ist, eine derartige Konfiguration aufweist.

[0013] Ergänzend zu den vorgenannten Ausgestaltungen ist es von besonderem Vorteil, wenn der erste Abstand zwischen den beiden Reihen von Kühllöchern längs der Vorderkante variiert, so dass der erste Abstand für einige Schaufelblatthöhen unterschiedlich groß ist. Mit dieser Maßnahme kann das lokale Kühlvermögen der Turbinenschaufel im Bereich der Vorderkante an die individuelle Temperaturbelastung lokal angepasst werden.

[0014] Selbstverständlich ist für jede Schaufelblatthöhe durch eine Querschnittsbetrachtung ein Schaufelprofil ermittelbar, welches bekanntermaßen die Form eines gewölbten Tropfens aufweist. Jedes Schaufelprofil weist mithin im Bereich der Vorderkante einen Nasenradius auf, wobei die Schaufelprofile auf Höhe von Kühllöchern einen ersten Abstand zwischen den beiden Reihen aufweisen, dessen Größe im Bereich zwischen dem 0,4-fachen und dem 0,7-fachen des zugehörigen Nasenradius liegt. Eingehende Untersuchungen haben herausgefunden, dass die Wirksamkeit der Kühlung vom Abstand der Kühllöcher unterschiedlicher Reihen und von der Krümmung der Vorderkante, dem sogenannten Nasenradius sowie der Länge der Camberline, der Schaufelzahl und dem Turning des Schaufelprofils abhängt. Es wurde sodann festgestellt, dass eine besonders effiziente Kühlung des Vorderkantenbereichs erzielt werden kann, wenn der erste Abstand zwischen den auf gleicher Schaufelblatthöhe liegenden Kühllöchern unterschiedlicher Reihen im beanspruchten Intervall liegt.

[0015] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist der erste Abstand auf halber Schaufelblatthöhe am kleinsten und nimmt zu den beiden Enden hin zu. Die Zunahme ist insbesondere moderat.

[0016] Um die Kühlung der Vorderkante für unterschiedliche Schaufelblatthöhen weiter bedarfsgemäß anzupassen, weist bevorzugtermaßen jedes Kühlloch einen den Kühlmitteldurchfluss einstellenden Drosselquerschnitt auf, wobei die Drosselquerschnitte einiger Kühllöcher unterschiedlich groß sind. Besonders bevorzugt sind die Drosselquerschnitte der Kühllöcher im Bereich der halben Schaufelblatthöhe größer als der Drosselquerschnitt der Kühllöcher im von der halben Schaufelblatthöhe weiter entfernten Bereich.

[0017] Dieser Ausgestaltung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei halber Schaufelblatthöhe und der daran unmittelbar angrenzenden Bereiche ein etwas erhöhter Kühlbedarf vorherrscht als in denjenigen Bereichen der Vorderkante, welche von der halben Schaufelblatthöhe weiter entfernt liegen.

[0018] Besonders bevorzugt ist diejenige Ausgestaltung, bei der die beiden Reihen von Kühllöchern beidseits einer mittleren Staupunktlinie der ankommenden Heißgasströmung angeordnet sind. An dieser Stelle teilt sich die Heißgasströmung auf in einen zur Druckseite und einen zur Saugseite strömenden Anteil aufteilende zu beiden Seiten hin umgelenkt, sodass aufgrund der beidseitigen Anordnung der Kühllöcher die darunter liegende Bauteilwand besonders effizient vor den hohen Temperaturen des Heißgases geschützt ist.

[0019] Bevorzugtermaßen ist das Schaufelblatt Teil einer Turbinenschaufel, insbesondere einer Turbinenleit-schaufel einer stationären Gasturbine.

[0020] Im Folgenden wird nun die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert. Darin zeigen:

Figur 1 in perspektivischer Darstellung eine Turbinenlaufschaufel mit einem erfindungsgemäßen Schaufelblatt gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Figur 2 in perspektivischer Darstellung eine Turbinenlaufschaufel mit einem erfindungsgemäßen Schaufelblatt gemäß eines zweiten Ausführungsbeispiels und

Figur 3 das Schaufelprofil des Schaufelblatts gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel.

[0021] In den Ausführungsbeispielen und Figuren können gleiche oder gleichwirkende Merkmale jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen sein. Die dargestellten Merkmale und deren Größenverhältnisse untereinander sind grundsätzlich nicht als maßstabsgerecht anzusehen, vielmehr können einzelne Elemente zur besseren Darstellung und/oder zum besseren Verständnis im Verhältnis größer dimensioniert dargestellt sein.

[0022] In Figur 1 ist in perspektivischer Darstellung eine Turbinenlaufschaukel 10 dargestellt. Die Turbinenlaufschaukel 10 umfasst aufeinanderfolgend einen im Wesentlichen tannenbaumförmigen Schaukelfuß 12, an den sich eine Heißgasplattform 14 anschließt. An dessen dem Heißgas S zugewandten Oberfläche ist ein erfindungsgemäßes Schaukelblatt 16 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel angeordnet. Das Schaukelblatt 16 umfasst bekanntermaßen eine Vorderkante 18 und eine Hinterkante 20, zwischen denen sich eine Saugseitenwand 17 und eine Druckseitenwand 19 erstreckt. In einer Querrichtung dazu erstreckt sich das Schaukelblatt 16 von einem fußseitigen Ende 21 bei 0% Schaukelblatthöhe zu einem spitzenseitigen Ende 23 bei 100% Schaukelblatthöhe. Längs der Vorderkante 18 sind zwei Reihen R_1 , R_2 von Kühllöchern 22 angeordnet. Die beiden Reihen R_1 , R_2 verlaufen entlang einer Wellenlinie mit mehreren Wellentälern und Wellenbergen und sind gleichzeitig beidseits einer mittleren Staupunktlinie 24 angeordnet.

[0023] Ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Figur 2 dargestellt. Anstelle der insgesamt wellenförmigen Anordnung von Kühllöchern 22 in den Reihen R_1 , R_2 ist hier ein Bereich geradlinig, gefolgt von einem bauchigen Abschnitt. Im Detail sind die beiden Reihen R_1 , R_2 von Kühllöchern 22 in dem ersten, radial innenliegenden Bereich so angeordnet, dass sie parallel zur Vorderkante 18 beidseits dieser angeordnet sind. Dieser erste Bereich B_1 erstreckt sich zwischen 0% und etwa 40% Schaukelblatthöhe. Daran radial außen anschließend ist ein zweiter Bereich B_2 vorgesehen. Dieser endet auf einer Schaukelblatthöhe von etwa 75%. In diesem Bereich verschieben sich die Kühllöcher 22 beider Reihen R_1 , R_2 mit zunehmender Höhe weiter in Richtung Druckseite, bis sie bei etwa 75% Schaukelblatthöhe die Maximalverschiebung von der Vorderkante 18 weg erreicht haben. In dem sich daran anschließenden dritten Bereich B_3 verlagern sich die Kühllöcher 22 der beiden Reihen R_1 , R_2 in Richtung der Vorderkante 18 wieder zurück.

[0024] Mit Hilfe der beiden dargestellten Ausführungsbeispiele ist es möglich, die Vorderkante 18 der Turbinenlaufschaukel 10 für unterschiedliche Anströmungsbedingungen und unterschiedliche Betriebsweisen anzupassen unter Erreichung einer weiterhin hinreichenden Kühlung der Vorderkante 18 bei moderatem Einsatz von Kühlmittel. Insbesondere durch die Verwendung von lediglich zwei Reihen R_1 , R_2 an Kühllöchern 22 anstelle von drei Reihen lässt sich der Herstellungsaufwand bei der Turbinenlaufschaukel 10 signifikant reduzieren. Eine geringere Anzahl von Kühllöchern 22 bedeutet zugleich, dass das Risiko der Risserzeugung gesenkt worden ist. Weiterhin wird die Menge an Kühlmittel, beispielsweise Kühlluft, reduziert, was zur Erhöhung des Turbinenwirkungsgrades beiträgt.

[0025] In beiden Figuren sind die Kühllöcher 22 lediglich schematisch als Kreise dargestellt, wobei deren Drosselquerschnitte durch unterschiedlich große Kreise

schematisch dargestellt worden sind. Selbstverständlich kann es sich bei den Kühllöchern 22 um Filmkühllöcher handeln, die eine diffusorartige Öffnung aufweisen. Deren Diffusor kann sogar profiliert ausgestaltet sein. Auch ein auf der Oberfläche des Schaukelblatts 16 quer zu erfassender Abstand A zwischen den Kühllöchern 22 kann auf unterschiedlichen Schaukelblatthöhen unterschiedlich groß sein.

[0026] Figur 3 zeigt zudem als ein Schaukelprofil 28 den Querschnitt durch das Schaukelblatt 16 des ersten Ausführungsbeispiels gemäß Figur 1. Zwischen der Saugseitenwand 17 und der Druckseitenwand 19 erstreckt sich mittig einer gedachte Linie, welche als Schaukelprofilmittenlinie oder auch als Camberline bekannt ist. Die Schaukelprofilmittenlinie ist mit dem Bezugszeichen 30 versehen. Der zuvorderst angeordnete Punkt der Schaukelprofilmittenlinie 30 definiert die Vorderkante 18. Je nach tatsächlicher Anströmung bzw. Fehlanströmung des Schaukelprofils 28 kann der Stagnationspunkt 25 abseits der Vorderkante 18 hin zur Druckseite 19 oder hin zur Saugseite 17 geringfügig verschoben sein. Die (mittleren) Stagnationspunkte 25 jedes Schaukelprofilschnitts, die auf beliebigen Schaukelblatthöhen ermittelbar sind, bilden gemeinsam die Staupunktlinie 24. Der Nasenradius ist mit R bezeichnet.

[0027] Insgesamt betrifft die Erfindung ein Schaukelblatt 16 für eine Turbinenlaufschaukel 10, umfassend eine von einem Heißgas S anströmbare Vorderkante 18, von der aus sich eine Saugseitenwand 17 und eine Druckseitenwand 19 zu einer Hinterkante 20 des Schaukelblatts 16 erstrecken, wobei das Schaukelblatt 16 in einer Querrichtung dazu sich von einem fußseitigen Ende 21 mit einer Schaukelblatthöhe von 0% zu einem spitzenseitigen Ende 23 mit einer Schaukelblatthöhe von 100% erstreckt, mit zwei längs der Vorderkante angeordneten Reihen R_1 , R_2 von Kühllöchern 22, die zueinander einen senkrecht zur Vorderkante 18 zu erfassenden ersten Abstand A aufweisen. Um eine Turbinenlaufschaukel bereitzustellen, welche mit vermindertem Kühlaufwand eine weiterhin zuverlässige Kühlung der Vorderkante 18 für unterschiedliche Betriebsbedingungen einsetzbar ist, wird vorgeschlagen, dass die beiden Reihen R_1 , R_2 von Kühllöchern 22 zumindest teilweise längs der Vorderkante 18 auf einer Wellenlinie angeordnet sind.

Patentansprüche

1. Hohles Schaukelblatt (16) für eine Turbinenlaufschaukel, umfassend eine von einem Heißgas (S) anströmbare Vorderkante, von der aus sich eine Saugseitenwand (17) und eine Druckseitenwand (19) zu einer Hinterkante (20) des Schaukelblatts (16) erstrecken, wobei das Schaukelblatt (16) in einer Querrichtung dazu sich von einem fußseitigen Ende mit einer Schaukelblatthöhe von 0% zu einem spitzenseitigen Ende (23) mit einer Schaukelblatthöhe von 100% erstreckt,

- mit zwei längs der Vorderkante (18) angeordneten Reihen (R_1 , R_2) von Kühllöchern (22), die zueinander einen senkrecht zur Vorderkante (18) zu erfassenden ersten Abstand (A) aufweisen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Reihen (R_1 , R_2) von Kühllöchern (22) zumindest teilweise längs der Vorderkante (18) auf eine Wellenlinie angeordnet sind.
- 5
2. Schaufelblatt nach Anspruch 1, die beim die beiden Reihen (R_1 , R_2) von Kühllöchern (22) längs der Gesamterstreckung der Vorderkante (18) zwischen 0% und 100% Schaufelblatthöhe auf eine Wellenlinie angeordnet sind.
- 10
3. Schaufelblatt nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die beiden Reihen (R_1 , R_2) von Kühllöchern (22) lediglich teilweise längs der Vorderkante (18) auf eine Wellenlinie angeordnet sind, derart, dass die beiden Reihen (R_1 , R_2) von Kühllöchern (22) in einem ersten Bereich, welcher zwischen 0% und etwa 40% Schaufelblatthöhe angeordnet ist, im wesentlichen parallel beidseits der Vorderkante (18) angeordnet sind und in einem sich daran unmittelbar angrenzenden zweiten Bereich, welcher sich zwischen etwa 40% und etwa 75% Schaufelblatthöhe erstreckt, druckseitig verlagert angeordnet sind, und wobei die beiden Reihen (R_1 , R_2) von Kühllöchern (22) in einem sich an den zweiten Bereich unmittelbar angrenzenden dritten Bereich, welcher bei 100% Schaufelblatthöhe endet, mit steigender Schaufelblatthöhe weiter zur Vorderkante (18) hin zurückverlagert angeordnet sind.
- 20
- 25
- 30
4. Schaufelblatt nach Anspruch 3, bei dem die beiden Reihen (R_1 , R_2) an Kühllöchern (22) ab einer Schaufelblatthöhe von 40% zu der Druckseite hin verschoben sind, derart, dass der Punkt der druckseitigen maximalen Verschiebung bei etwa 75% Schaufelblatthöhe oder höher angeordnet ist.
- 35
- 40
5. Schaufelblatt nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, bei dem die druckseitige maximale Verschiebung von 2% bis 10% einer Schaufelprofilsehnenlänge beträgt, welche dem axialen Abstand zwischen der Vorderkante (18) und der Hinterkante (20) entspricht, erfasst auf der Schaufelblatthöhe der maximalen Verschiebung.
- 45
- 50
6. Schaufelblatt nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der erste Abstand (A) zwischen den beiden Reihen (R_1 , R_2) längs der Vorderkante (18) variiert.
- 55
7. Schaufelblatt nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem für jede Schaufelblatthöhe ein Schaufelprofil (28) ermittelbar ist, welches Schaufelprofil (28) im Bereich der Vorderkante (18) einen Nasenradius (R) aufweist, wobei die Schaufelprofile auf Höhe von Kühllöchern (22) einen ersten Abstand (A) zwischen den beiden Reihen (R_1 , R_2) aufweisen, dessen Größe im Bereich zwischen dem 0,4-fachen und dem 0,7-fachen des zugehörigen Nasenradius liegt.
8. Schaufelblatt nach Anspruch 7, bei dem der erste Abstand (A) auf halber Schaufelblatthöhe am kleinsten ist und zu den beiden Enden hin zunimmt.
9. Schaufelblatt nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem jedes Kühlloch einen den Kühlmitteldurchfluss einstellenden Drosselquerschnitt aufweist, wobei die Drosselquerschnitte einiger Kühllöcher (22) unterschiedlich groß sind.
10. Schaufelblatt nach Anspruch 7, bei dem die Drosselquerschnitte der Kühllöcher (22) im Bereich der halben Schaufelblatthöhe größer sind als der Drosselquerschnitt der Kühllöcher (22) im von der halben Schaufelblatthöhe weiter entfernten Bereich.
11. Schaufelblatt nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die beiden Reihen (R_1 , R_2) von Kühllöchern (22) beidseits einer Staupunktlinie (24) der ankommenden Heißgasströmung angeordnet sind.
12. Turbinenschaufel (10) für eine stationäre Gasturbine, umfassend ein Schaufelblatt (16) nach einem der vorangehenden Ansprüche.

FIG 1

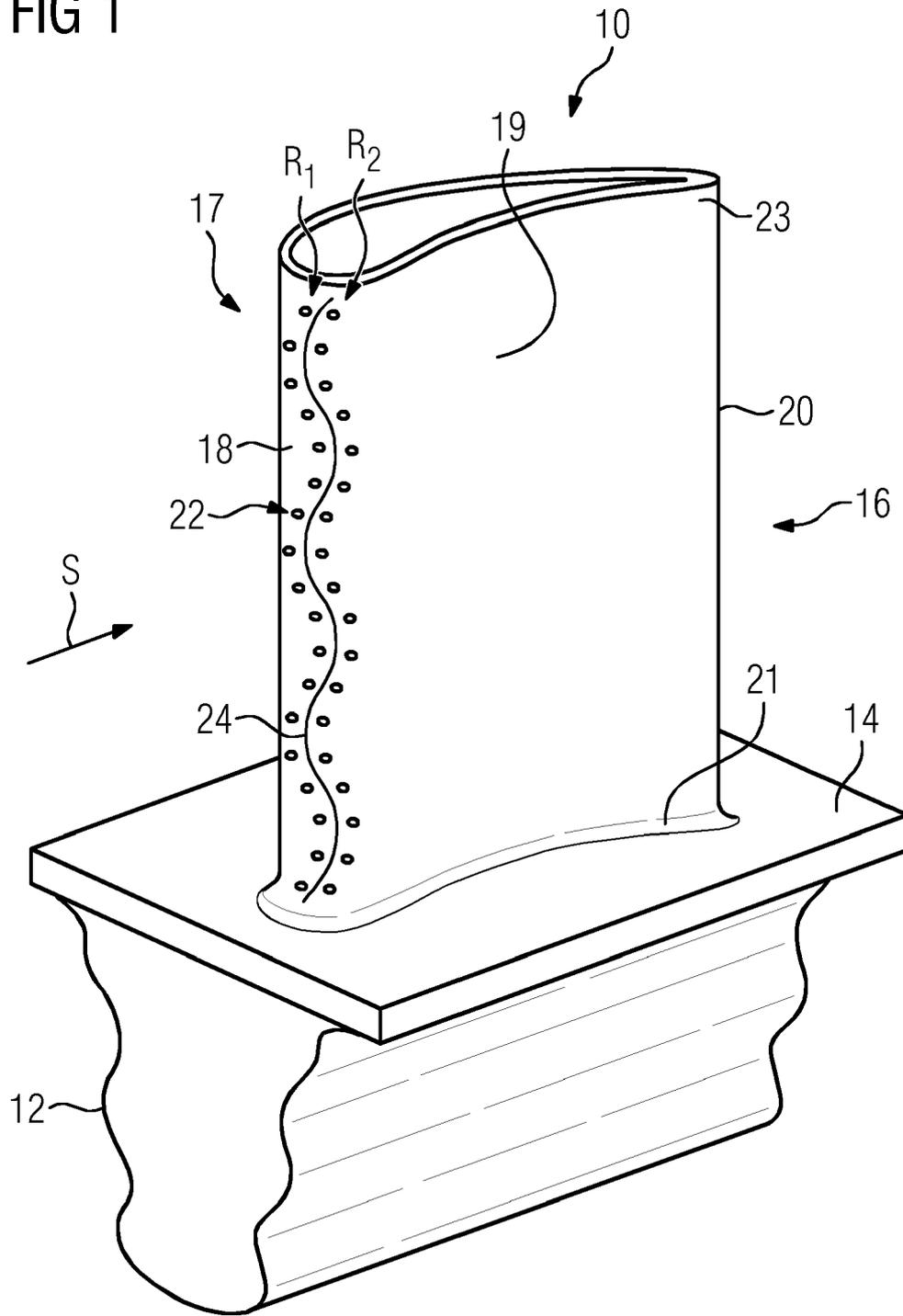


FIG 2

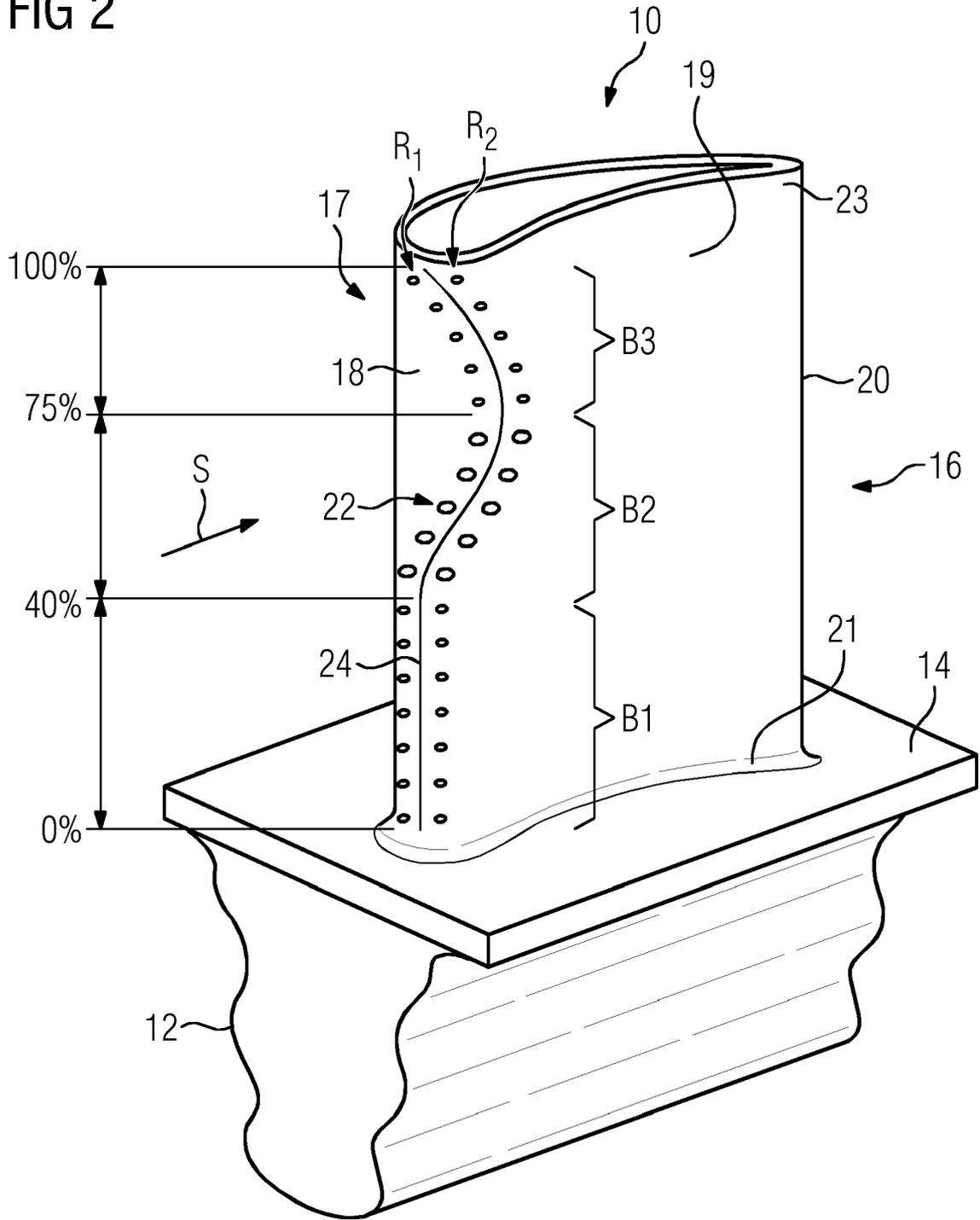
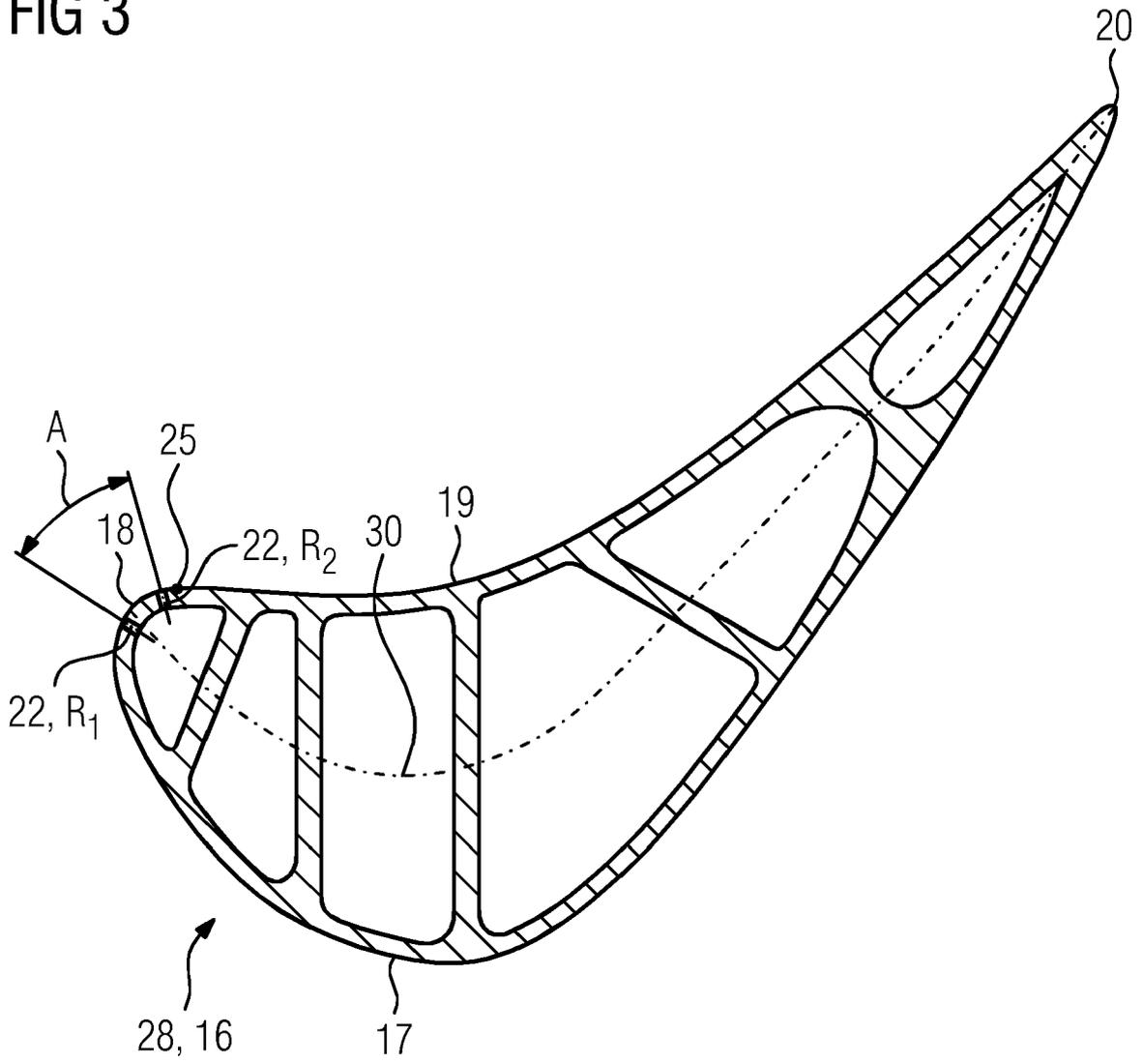


FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 17 0731

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2016/010463 A1 (QUACH SAN [US] ET AL) 14. Januar 2016 (2016-01-14) * Absätze [0050] - [0053]; Abbildung 3 *	1,2,7, 11,12	INV. F01D5/18
X	EP 3 043 026 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 13. Juli 2016 (2016-07-13) * Absätze [0026] - [0029]; Abbildung 3 *	1,2,11, 12	
X,D	EP 2 154 333 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 17. Februar 2010 (2010-02-17) * Absätze [0023] - [0026]; Abbildung 3 *	1,2,9, 11,12	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 2. Oktober 2018	Prüfer Pileri, Pierluigi
KATEGORIE DER GENANNTEN 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 03.82 (P04C03)

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

EP 18 17 0731

5 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 Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

02-10-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2016010463 A1	14-01-2016	EP 2964932 A1	13-01-2016
		US 2016010463 A1	14-01-2016
		WO 2014137686 A1	12-09-2014

EP 3043026 A2	13-07-2016	EP 3043026 A2	13-07-2016
		US 2016177734 A1	23-06-2016

EP 2154333 A2	17-02-2010	EP 2154333 A2	17-02-2010
		US 2010040478 A1	18-02-2010

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2154333 A2 [0002]