

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 614 861 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
11.01.2006 Patentblatt 2006/02

(51) Int Cl.:  
F01D 5/30 (2006.01)  
F01D 5/08 (2006.01)

F01D 25/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 04016237.2

(22) Anmeldetag: 09.07.2004

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL HR LT LV MK

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)

- Heselhaus, Andreas, Dr.  
40233 Düsseldorf (DE)
- Häbel, Roland  
51427 Bergisch Gladbach (DE)
- Koch, Torsten  
46147 Oberhausen (DE)
- Müsgen, Ralf  
45147 Essen (DE)

(72) Erfinder:

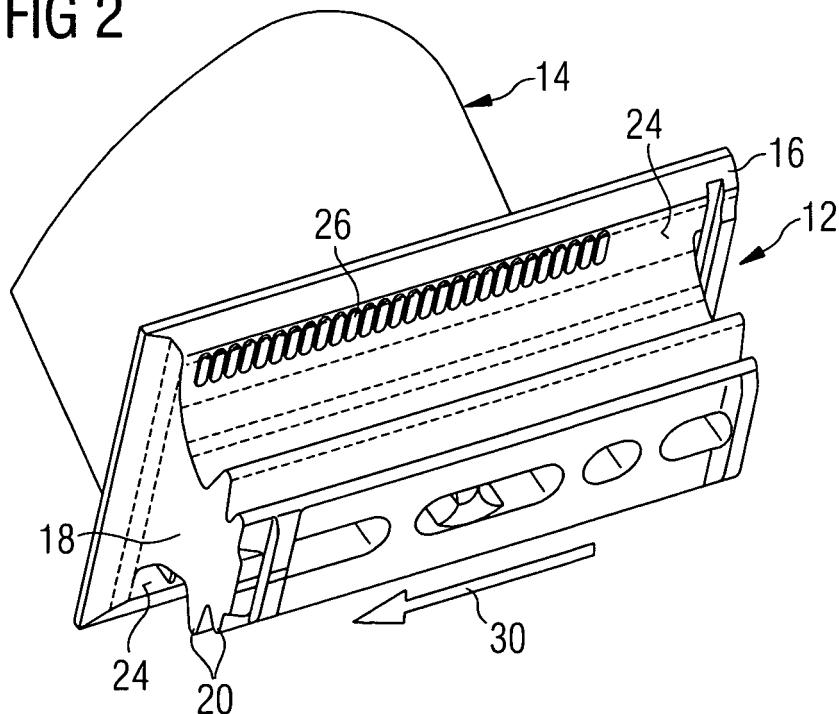
- Bolms, Hans-Thomas, Dr.  
45481 Mülheim (DE)

### (54) Schaufelrad einer Turbine mit einer Schaufel und mindestens einem Kühlkanal

(57) Ein Schaufelrad einer Turbine mit mindestens einer Schaufel (10), deren Schaufelfuß (12) an einer Radscheibe (22) gehalten ist, und bei dem sich zwischen der Radscheibe (22) und dem Schaufelfuß (12) mindestens ein Kühlkanal (28) befindet, ist erfindungsgemäß

dadurch gekennzeichnet, dass an mindestens einer der Wände des Kühlkanals (28) eine Vielzahl Turbulatoren (26) ausgebildet ist, die derart gestaltet sind, dass sie die Turbulenz und damit den Wärmeübergang eines durch den Kühlkanal (28) strömenden Kühlfluids erhöhen.

FIG 2



EP 1 614 861 A1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Schaufelrad einer Turbine mit einer Schaufel, deren Schaufelfuß an einer Radscheibe gehalten ist, und bei der sich zwischen der Radscheibe der Turbine und dem Schaufelfuß mindestens ein Kühlkanal befindet. Ferner betrifft die Erfindung eine Schaufel eines derartigen Schaufelrades.

**[0002]** Schaufelräder der eingangs genannten Art werden beispielsweise bei stationären Gasturbinen als Laufschaufelräder verwendet, welche in Strömungsrichtung von Brenngas hinter einer Brennkammer der Gasturbine angeordnet und dort hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Die Kühlung der Schaufelblätter und insbesondere der Schaufelfüße von solchen hochtemperaturbelasteten Gasturbinenschaufeln ist in Folge der dazu erforderlichen komplizierten Kühlfluidführung und schwierigen Abdichtungen bei zugleich hoher Fliehkräftebelastung besonders aufwendig. Bei Turbinenlaufschaufeln wird derzeit mit konvektiver Kühlung und anderen Maßnahmen zur Verstärkung des Wärmeübergangs zwischen einem durch Kühlkanäle am Schaufelfuß strömenden Kühlfluid und dem Schaufelfuß gearbeitet. Oftmals steht nur eine vergleichsweise geringe Menge Kühlfluid zur Verfügung, so dass nur ein geringer Wärmestrom durch eine Plattform des Schaufelfußes abgeführt werden kann. Damit kann die Plattformoberflächentemperatur nur geringfügig abgesenkt werden.

**[0003]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Schaufelrad einer Turbine mit einer Schaufel bereitzustellen, an deren Schaufelfuß bzw. Schaufelplattform eine verstärkte Kühlung erzielt und ein vergleichsweise hoher Wärmestrom abgeführt werden kann. Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, ein Herstellungsverfahren für eine solche Schaufel anzugeben.

**[0004]** Diese erstgenannte Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass an mindestens einer der Wände des Kühlkanals eines erfindungsgemäßen Schaufelrades eine Vielzahl Turbulatoren ausgebildet ist, die derart gestaltet sind, dass sie die Turbulenz eines durch den Kühlkanal strömenden Kühlfluids erhöhen.

**[0005]** Im Vergleich zu bekannten Kühlkonfigurationen an Schaufelfüßen von Turbinenlaufschaufeln strömt erfindungsgemäß in dem mindestens einen Kühlkanal zwischen der Radscheibe und dem Schaufelfuß das Kühlfluid nicht entlang von mehr oder weniger glatten Wänden, sondern es ist gezielt eine Vielzahl Turbulatoren oder Turbulenzelementen vorgesehen, die an mindestens einer der Wände des Kühlkanals ausgebildet sind und die Turbulenz des Kühlfluids innerhalb des Kühlkanals erhöhen. Mit diesen Turbulatoren wird der Wärmeübergang zwischen dem Kühlfluid und der zugehörigen Wand des Kühlkanals erhöht und der Schaufelfuß dadurch verstärkt gekühlt. Die Turbulatoren bzw. Turbulenzelemente sind dabei entsprechend dem angestrebten Wärmeübergang angepasst, so dass an der zugehörigen Schaufel gezielt eine maximale heißgasseitige Materialtemperatur vorbestimmt und der Kühlfluidstrom

durch den Kühlkanal entsprechend dimensioniert werden kann.

**[0006]** Als Turbulatoren können Rippen bzw. Nippel oder Dimpel zur Anwendung kommen.

**[0007]** Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Schaufelrades ist die Vielzahl Turbulatoren vorteilhaft an der Unterseite einer Plattform des Schaufelfußes ausgebildet. Durch den Einsatz von Turbulatoren bzw. Turbulenzelementen an der Plattformunterseite, welche die Turbulenz im Spalt zwischen Schaufelfuß und dem Scheibenkopf der Radscheibe vergrößern, wird der Wärmestrom in der Plattformwand vergrößert und die Plattformoberflächentemperatur abgesenkt.

**[0008]** Die Vielzahl Turbulatoren ist vorteilhaft in Form von Taschen gestaltet, welche in dem die mindestens eine Wand des Kühlkanals bildenden Material ausgeformt sind. Solche Taschen können auch nachträglich in bereits bestehenden Schaufeln ausgebildet und damit die erfindungsgemäß gewünschte Vergrößerung des Wärmeübergangs am Schaufelfuß erzielt werden.

**[0009]** Die Turbulatoren bzw. Taschen sind ferner vorteilhaft jeweils im Wesentlichen quer oder schräg zur Strömungsrichtung des durch den Kühlkanal strömenden Kühlfluids ausgerichtet. Derartige Turbulatoren führen zu einer besonders starken Verwirbelung von im Kühlkanal strömendem Kühlfluid.

**[0010]** Damit an besonders zu kühlenden Bereichen des Schaufelrades mit erhöhter Wärmebelastung die erfindungsgemäß verstärkte Kühlung benutzt werden kann, sollte in solchen Bereichen erhöhter Wärmebelastung die Anzahl der pro Flächeneinheit vorgesehenen Turbulatoren bzw. Taschen im Vergleich zu Bereichen geringerer Wärmebelastung erhöht sein.

**[0011]** Bei dem erfindungsgemäßen Schaufelrad sollte ferner vorteilhaft der Schaufelfuß mindestens einer Schaufel mit einer Plattform gestaltet sein, an der sich entlang eines langgestreckten Halses des Schaufelfußes beidseitig jeweils ein Kühlkanal befindet und die Vielzahl Turbulatoren in Form einer sich in dem zugehörigen Kühlkanal an der Unterseite der Plattform erstreckenden Reihe gestaltet ist. Mit derartigen Turbulatoren an der Unterseite der Plattform können Schaufeln erfindungsgemäßer Schaufelräder ohne große bauliche Veränderung für einen Einsatz bei höheren Temperaturen ertüchtigt werden.

**[0012]** Die erfindungsgemäßen Turbulatoren können in einem die Schaufel und insbesondere deren Schaufelblatt ausbildenden Arbeitsgang mit ausgeformt werden, so dass für ihre Herstellung nahezu kein Zusatzaufwand entsteht.

**[0013]** Alternativ oder zusätzlich können die Turbulatoren in einem separatem Arbeitsgang nach mindestens einem die Schaufel und insbesondere deren Schaufelblatt ausbildenden Arbeitsgang ausgeformt werden. Mit dieser Vorgehensweise können insbesondere Schaufelräder von bestehenden Turbinen in erfindungsgemäßer Weise mit Turbulatoren bzw. Taschen nachgerüstet werden, welche zu dem oben erläuterten verbesserten Wär-

meübergang am Schaufelfuß führen.

**[0014]** Die Aufgabe der Erfindung ist ferner mit einer Schaufel eines Schaufelrades einer Turbine, insbesondere einer Gasturbine, gelöst, die mit einem Schaufelblatt und einem Schaufelfuß versehen ist, der eine Plattform aufweist und bei dem an der von dem Schaufelblatt abgewandten Unterseite der Plattform eine Vielzahl Turbulatoren ausgebildet sind, die derart gestaltet sind, dass sie im eingebauten Zustand der Schaufel die Turbulenz eines entlang der Unterseite strömenden Kühlfluids erhöhen.

**[0015]** Wie oben erläutert wird an einer derartigen erfindungsgemäßen Schaufel eine verbesserte Wärmeabfuhr und Kühlung im Bereich des zugehörigen Schaufelfußes erreicht, wodurch sich, nahezu ohne Kostenaufwand, ein gesteigerter Verkaufswert der Maschinen ergibt.

**[0016]** Wie ebenfalls bereits erwähnt sollte die Vielzahl Turbulatoren an einer derartigen Schaufel dabei in Form von Taschen gestaltet sein, welche in dem Material der Plattform ausgeformt sind.

**[0017]** Zur Lösung der auf das Verfahren gerichteten Aufgabe werden die Turbulatoren in einem das Schaufelblatt ausbildenden Arbeitsgang mit ausgeformt. Die Turbulatoren werden somit unmittelbar bei der Neu-Herstellung der Schaufel mitgeformt.

**[0018]** Alternativ kann eine bereits bestehende und eingesetzte Schaufel während eines Inspektionsintervalls der Gasturbine mit den Turbulatoren nachgerüstet werden, indem diese in einem separaten Arbeitsgang nach mindestens einem das Schaufelblatt (14) ausbildenden Arbeitsgang ausgeformt werden. Hierdurch kann die Standzeit der Schaufel weiter erhöht werden bei gleichzeitiger Einsparung von Kühlluft, welches sich darüber hinaus positiv auf den Wirkungsgrad der Gasturbine auswirkt.

**[0019]** Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Schaufelrades anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

- Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Schaufelfußes einer Schaufel einer Turbine gemäß dem Stand der Technik,
- Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines Schaufelfußes einer erfindungsgemäßen Schaufel einer Turbine und
- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht der Einbausituation eines Schaufelfußes gemäß Fig. 2.

**[0020]** In Fig. 1 ist eine Schaufel 10 gemäß dem Stand der Technik veranschaulicht, welche ein Schaufelfuß 12 und ein sich daran anschließendes Schaufelblatt 14 aufweist. Der Schaufelfuß 12 ist als Tannenbaumfuß mit einer Plattform 16 gestaltet, an welcher an der dem Schaufelblatt 14 gegenüberliegenden Seite ein Hals 18 und weiter entfernt Zähne 20 angeordnet sind. Die Plattform 16, der Hals 18 und die Zähne 20 sind als längliches

Profil gestaltet, welches bei eingebauter Schaufel 10 in eine nichtdargestellte Nut einer Radscheibe 22 eines Turbinenläufers angeordnet ist und dort zum Halten des Schaufelblattes 14 und zum Aufnehmen von insbesondere dessen Fliehkräften vorgesehen ist.

**[0021]** Eine solche Einbaulage einer Schaufel 10 an einer Radscheibe 22 ist grundsätzlich in Fig. 3 veranschaulicht.

**[0022]** Wie in Fig. 1 zu erkennen ist, ist bei der bekannten Schaufel 10 die zum Hals 18 und den Zähnen 20 gewandte Unterseite der Plattform 16 mit einer im Wesentlichen glatten Oberfläche versehen.

**[0023]** Bei einer in Fig. 2 veranschaulichten Schaufel 10, welche hinsichtlich des Schaufelfußes 12 grundsätzlich wie das Beispiel gemäß Fig. 1 gestaltet ist, ist die Unterseite 24 hingegen mit einer Vielzahl Turbulatoren 26 gestaltet, die jeweils in einer Reihe an beiden Seiten des Halses 18 angeordnet sind.

**[0024]** Die Turbulatoren 26 sind dabei zu einem Kühlkanal 28 gewandt, der zwischen dem in die Radscheibe 22 eingebauten Schaufelfuß 12 und der Radscheibe 22 vorgesehen ist. Der Kühlkanal 28 wird im Betrieb der zugehörigen Gasturbine mit einem nicht dargestellten Kühlfluid in einer Strömungsrichtung 30 durchströmt. Die Turbulatoren 26 sind hinsichtlich dieser Strömung des Kühlfluids quer oder schräg zur Strömungsrichtung 30 als Taschen gestaltet, welche in dem Material der Plattform 16 ausgeformt sind, und zu deren Unterseite 24 jeweils eine Öffnung aufweisen. In diesen Taschen kommt es zu einer zusätzlichen Verwirbelung des durch den Kühlkanal 28 strömenden Kühlfluids und damit zu einem verbesserten Wärmeübergang von der Plattform 16 in das Kühlfluid. Somit führen die Taschen zu einer erhöhten Wärmeabfuhr und einer verbesserten Kühlung des Schaufelfußes 12 und der Plattform 16.

**[0025]** Die Taschen der Turbulatoren 26 können beispielsweise in das Material der Plattform 16 einerodiert sein und weisen dabei vorteilhaft eine Länge auf, welche etwa der zwei- bis siebenfachen, insbesondere drei- bis fünfzehnfachen, besonders vorteilhaft, der vierfachen Breite einer Tasche entspricht. Alternativ zu Taschen können an der Unterseite 24 der Plattform 16 die Turbulatoren 26 auch in Gestalt von Nippeln oder Dimpeln ausgebildet sein. Mit solchen Turbulatoren 26 sind an der Unterseite 24 jeweils Schlitze bzw. Stege gestaltet, welche partielle Strömungswiderstände für das durch den Kühlkanal 28 strömende Kühlfluid darstellen und damit zu Turbulenzen innerhalb des Kühlfluids führen.

**[0026]** Anstelle von einerodierten Taschen auf der Unterseite der Plattform kann durch Auftragsschweißen zusätzliches Material auf der Unterseite der Plattform für die Turbulatoren aufgetragen werden. Dieses zusätzliche Material wird dann in einem nachfolgenden Arbeitsschritt zumindest teilweise durch geeignete Verfahren abgetragen, um somit die Turbulatoren auszubilden.

## Patentansprüche

1. Schaufelrad einer Turbine mit mindestens einer Schaufel (10), deren Schaufelfuß (12) an einer Radscheibe (22) gehalten ist, und bei der sich zwischen der Radscheibe (22) und dem Schaufelfuß (12) mindestens ein Kühlkanal (28) befindet,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 an mindestens einer der Wände des Kühlkanals (28) eine Vielzahl Turbulatoren (26) ausgebildet ist, die derart gestaltet sind, dass sie die Turbulenz eines durch den Kühlkanal (28) strömenden Kühlfluids erhöhen. 5
2. Schaufelrad nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 die Vielzahl Turbulatoren (26) an der Unterseite (24) einer Plattform (16) des Schaufelfußes (12) ausgebildet ist. 10
3. Schaufelrad nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 die Vielzahl Turbulatoren (26) in Form von Taschen gestaltet ist, welche in dem die mindestens eine Wand des Kühlkanals (28) bildende Material ausgeformt sind. 15
4. Schaufelrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 die Turbulatoren jeweils im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung des durch den Kühlkanal (28) strömenden Kühlfluids ausgerichtet sind. 20
5. Schaufelrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 in mindestens einem Bereich mit erhöhter Wärmebelastung des Schaufelrades die Anzahl der pro Flächeneinheit vorgesehenen Turbulatoren (26) im Vergleich zu mindestens einem Bereich geringerer Wärmebelastung erhöht ist. 25
6. Schaufelrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 der Schaufelfuß (12) mindestens einer Schaufel (10) mit einer Plattform (16) gestaltet ist, an der sich entlang eines lang gestreckten Halses (18) beidseitig jeweils ein Kühlkanal (28) befindet und die Vielzahl Turbulatoren (26) in Form einer sich in dem zugehörigen Kühlkanal (28) an der Unterseite (24) der Plattform (16) erstreckenden Reihe gestaltet ist. 30
7. Schaufelrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 die Turbulatoren (26) in einem die Schaufel (10) und insbesondere deren Schaufelblatt (14) ausbildenden Arbeitsgang mit ausgeformt worden sind. 35
8. Schaufelrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 die Turbulatoren (26) in einem separaten Arbeitsgang nach mindestens einem die Schaufel (10) und insbesondere deren Schaufelblatt (14) ausbildenden Arbeitsgang mit ausgeformt worden sind. 40
9. Schaufel (10) eines Schaufelrades einer Turbine, insbesondere einer Gasturbine, mit einem Schaufelblatt (14) und einem Schaufelfuß (12), der eine Plattform (16) aufweist,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 an der von dem Schaufelblatt (14) abgewandten Unterseite (24) der Plattform (16) eine Vielzahl Turbulatoren (26) ausgebildet sind, die derart gestaltet sind, dass sie im eingebauten Zustand der Schaufel (10) die Turbulenz eines entlang der Unterseite (24) strömenden Kühlfluids erhöhen. 45
10. Schaufel (10) nach Anspruch 9,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 die Vielzahl Turbulatoren (26) in Form von Taschen gestaltet sind, welche in dem Material der Plattform (16) ausgeformt sind. 50
11. Verfahren zum Herstellen einer Schaufel (10) nach einem der Ansprüche 9 oder 10,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 die Turbulatoren (26) in einem das Schaufelblatt (14) ausbildenden Arbeitsgang mit ausgeformt werden. 55
12. Verfahren zum Herstellen einer Schaufel (10) nach einem der Ansprüche 9 oder 10,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 die Turbulatoren (26) in einem separaten Arbeitsgang nach mindestens einem das Schaufelblatt (14) ausbildenden Arbeitsgang ausgeformt werden. 55

FIG 1

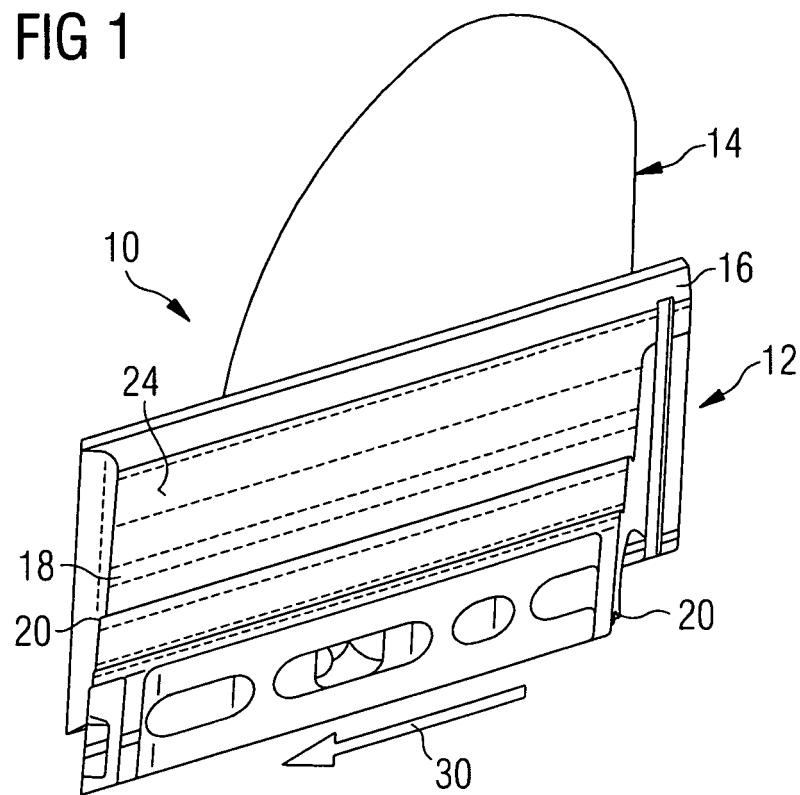


FIG 2

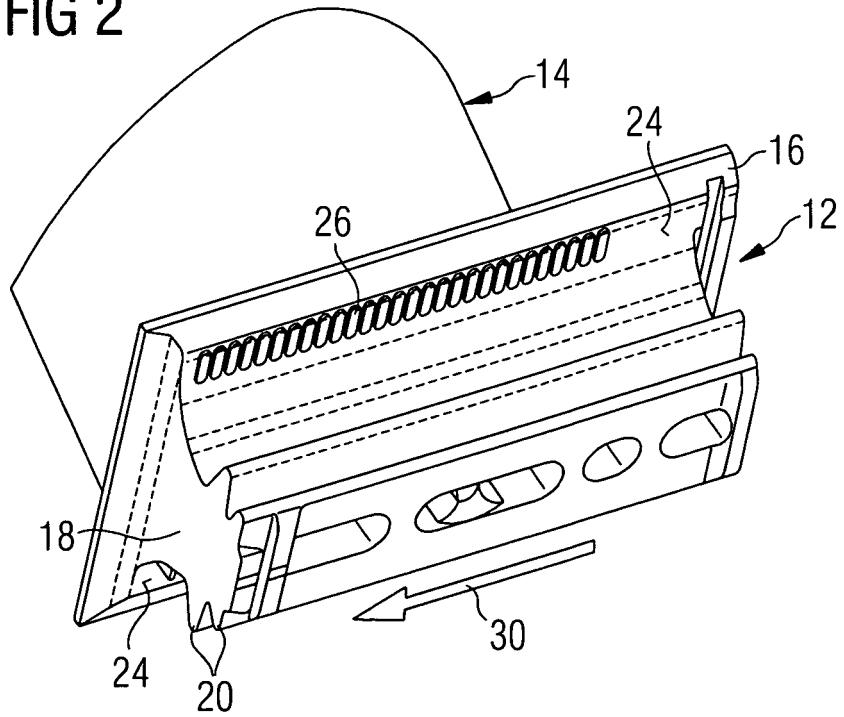
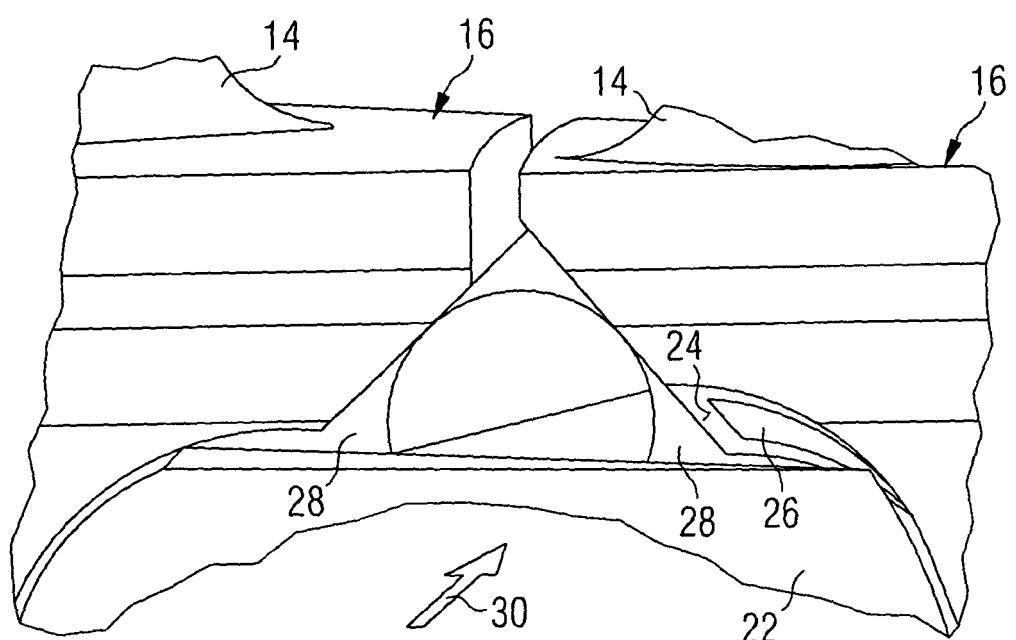


FIG 3





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 2004/081556 A1 (PHAM QUE DAN ET AL) 29. April 2004 (2004-04-29) * Absatz [0016] - Absatz [0026] * * Ansprüche 4-7; Abbildungen * -----	1-12	F01D5/30 F01D25/12 F01D5/08
A	DE 103 55 449 A (ALSTOM TECHNOLOGY LTD BADEN) 9. Juni 2004 (2004-06-09) * Absatz [0017] - Absatz [0018] * * Zusammenfassung; Anspruch 1 * * Anspruch 1; Abbildungen 3-7 * -----	1,4,6,9	
A	US 5 252 026 A (SHEPHERD ANDREW) 12. Oktober 1993 (1993-10-12) * Spalte 2, Zeile 13 - Zeile 22 * * Spalte 3, Zeile 34 - Zeile 53 * * Spalte 4, Zeile 11 - Zeile 63 * * Abbildungen * -----	1-4,9	
A	US 5 531 568 A (BROADHEAD PETER) 2. Juli 1996 (1996-07-02) * Spalte 2, Zeile 51 - Spalte 3, Zeile 39 * * Zusammenfassung; Abbildungen * -----	1,4,6,9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
A	EP 1 074 695 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 7. Februar 2001 (2001-02-07) * Absatz [0050] - Absatz [0051] * * Absatz [0070] - Absatz [0072] * * Zusammenfassung; Abbildungen * -----	1,4,9	F01D
1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
1	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 6. Dezember 2004	Prüfer O'Shea, G
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			

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

EP 04 01 6237

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

06-12-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2004081556	A1	29-04-2004	W0	2004038179 A1		06-05-2004
DE 10355449	A	09-06-2004	GB	2395987 A		09-06-2004
			DE	10355449 A1		09-06-2004
			JP	2004183656 A		02-07-2004
			US	2004109765 A1		10-06-2004
US 5252026	A	12-10-1993		KEINE		
US 5531568	A	02-07-1996	GB	2290833 A		10-01-1996
EP 1074695	A	07-02-2001	US	6254333 B1		03-07-2001
			EP	1074695 A2		07-02-2001
			JP	2001059402 A		06-03-2001