

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 398 098 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
17.03.2004 Patentblatt 2004/12

(51) Int Cl. 7: B22C 21/14, B22C 9/04

(21) Anmeldenummer: 03015950.3

(22) Anmeldetag: 14.07.2003

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK

(30) Priorität: 08.08.2002 DE 10236339

(71) Anmelder: DONCASTERS Precision  
Castings-Bochum GmbH  
44793 Bochum (DE)

(72) Erfinder:  
• Schneiders, Wilfried, Dr.  
44797 Bochum (DE)  
• Grossmann, Jörn, Dr.  
45525 Hattingen (DE)  
• Schmitte, Theodor  
44807 Bochum (DE)

(74) Vertreter: Niemann, Uwe, Dr.-Ing.  
Ahornstrasse 41  
45134 Essen (DE)

### (54) Verfahren zum Herstellen von Turbinenschaufeln mit darin angeordneten Kühlkanälen

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Turbinenschaufeln (13) mit darin angeordneten Kühlkanälen, wobei ein keramischer Kern (1) hergestellt wird, der mit einem Wachs (8) umspritzt wird, wobei über dem mit Wachs umspritzten Kern durch wiederholtes Tauchen und Besanden eine keramische Formschale (9) erzeugt wird, die nach dem Entfernen des Wachses gebrannt wird, wobei der durch das Entfernen des Wachses (8) entstandene Raum zur Bildung der Turbinenschaufel mit geschmolzenem Metall (12) ausgegossen wird und dabei Bewegungen des Kerns in der Formschale durch vom Kern ausgehende, sich bis in die Formschale erstreckende Positionierungshilfen (7) verhindert werden, und wobei nach dem Erhärten des Metalls (12) die Formschale (9) und der Kern (1) entfernt werden, sowie die metallische Turbinenschaufel mechanisch bearbeitet wird. Um Bewegungen des Kerns während des Abgusses zuverlässig zu verhindern und Beeinträchtigungen der Materialeigenschaften oder Schaufeloberflächen auszuschließen, wird als Positionierungshilfe (7) ein Stift in die freie Stirnseite des Kerns eingebettet, der über die Stirnseite vorsteht und auch in die Formschale eingebettet wird, wobei das vorstehende Ende des Stiftes bei der mechanischen Bearbeitung entfernt wird.

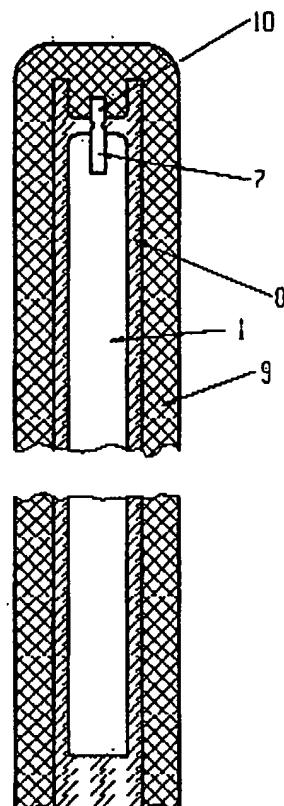


Fig. 4

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Turbinenschaufeln mit darin angeordneten Kühlkanälen, wobei ein keramischer Kern hergestellt wird, der mit einem Wachs umspritzt wird, wobei über dem mit Wachs umspritzten Kern durch wiederholtes Tauchen und Besanden eine keramische Formschale erzeugt wird, die nach dem Entfernen des Wachses gebrannt wird, wobei der durch das Entfernen des Wachses entstandene Raum zur Bildung der Turbinenschaufel mit geschmolzenem Metall ausgegossen wird und dabei Bewegungen des Kerns in der Formschale durch vom Kern ausgehende, sich bis in die Formschale erstreckende Positionierungshilfen verhindert werden, und wobei nach dem Erhärten des Metalls die Formschale und der Kern entfernt werden sowie die metallische Turbinenschaufel mechanisch bearbeitet wird.

**[0002]** Derartige Verfahren sind in verschiedenen Ausführungen bekannt. In der Regel ist das untere Ende des Kerns beim Abguß fest angeordnet, sein oberes Ende kann aber unter dem Einfluß des einströmenden geschmolzenen Metalls Bewegungen ausführen, die verhindert werden müssen, damit die Wandungen der Turbinenschaufel in allen Bereichen die gewünschte Wandstärke aufweisen.

**[0003]** Dazu ist es bekannt, in diejenigen Bereiche der den Kern umgebenden Wachsschicht, die später die Wandungen der Turbinenschaufel begrenzen, Stifte einzudrücken, die gegen den Kern stoßen und etwas über die Wachsschicht vorstehen (DE 38 13 287 C2; EP 0 324 229 B1). Die überstehenden Enden der Stifte werden in die Formschale eingebettet und verhindern nach dem Entfernen des Wachses beim Abguß Bewegungen des Kerns. Das ist fertigungstechnisch aufwendig und kann in Abhängigkeit vom Stiftmaterial auch zu lokalen Veränderungen der Materialeigenschaften der Turbinenschaufel sowie zu Problemen bei einer gegebenenfalls nachfolgenden Beschichtung der Turbinenschaufel führen.

**[0004]** Bei einem anderen bekannten Verfahren (EP 0 585 183 A1) wird der Kern mit Vorsprüngen (Bumper) versehen, die als Abstandshalter dienen. Es ist auch schon vorgeschlagen worden, die Wachsschicht des Kerns Bereichsweise zu entfernen, so daß entsprechende Vorsprünge bzw. Abstandshalter von der Formschale gebildet werden (US 6 364 001 B1). Auch das ist fertigungstechnisch aufwendig und garantiert nicht die gewünschte Wandstärke der Turbinenschaufel.

**[0005]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Gattung anzugeben, bei dem Bewegungen des Kerns während des Abgusses zuverlässig verhindert werden und Beeinträchtigungen der Materialeigenschaften oder Oberflächen der Turbinenschaufel ausgeschlossen sind.

**[0006]** Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß als Positionierungshilfe ein Stift in die freie Stirnseite des Kerns eingebettet wird, der über die Stirnseite vorsteht

und auch in die Formschale eingebettet wird, und daß das vorstehende Ende des Stiftes bei der mechanischen Bearbeitung entfernt wird. Damit bleiben die Materialeigenschaften, die Wandstärken und die Oberflächen aller funktionswichtigen Bereiche der Turbinenschaufel von der Anordnung des Stiftes unberührt. Der Stift läßt sich ohne zusätzlichen Aufwand in den keramischen Kern einbetten. Sein über die vom sogenannten Kronenboden der Turbinenschaufel vorstehendes Ende kann leicht entfernt werden. Das unter dem Kronenboden befindliche Ende des Stiftes braucht nicht entfernt zu werden, denn es stört nicht. Es versteht sich, daß die Abmessungen des Stiftes so gewählt werden, daß einerseits eine feste Einbettung in das Kernmaterial möglich ist und daß andererseits der Stift eine hinreichende Stabilität beim Abguß aufweist.

**[0007]** Vorzugsweise sollte der Stift aus einer Nickelbasis-Legierung bestehen, insbesondere aus NiCr 82. Eine solche Legierung ist im wesentlichen oxydationsbeständig und weist eine hinreichende mechanische Festigkeit im Hochtemperaturbereich oberhalb 1.400°C auf. Es können aber auch andere an sich bekannte Materialien für den Stift verwendet werden, z.B. Platin, Edelmetall-Legierungen auf Palladiumbasis oder auf Wolframbasis, oder gegebenenfalls auch Stifte aus keramischen Materialien.

**[0008]** Wird ein Stift verwendet, dessen Material beim Brennen der Formschale oxydiert, dann empfiehlt sich eine Ausführung, bei der der Stift mit einem Widerlager für das Metall der Turbinenschaufel versehen wird. Dabei kann es sich im einfachsten Fall um eine Umfangsnut handeln. Der Stift sollte dann so in den Kern eingebettet werden, daß die Umfangsnut sich im Bereich des späteren Kronenbodens befindet.

**[0009]** Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert; es zeigen:

Figur 1 schematisch eine Draufsicht auf eine Breitseite eines Kerns, der für die Herstellung einer Turbinenschaufel mit Kühlkanälen eingesetzt wird,

Figur 2 einen Schnitt in Richtung II-II durch den Gegenstand nach Figur 1,

Figur 3 den Gegenstand nach Figur 2 nach dem Umspritzen mit Wachs,

Figur 4 den Gegenstand nach Figur 3 mit einer keramischen Formschale über der Wachsschicht,

Figur 5 den Gegenstand nach Figur 4 nach dem Ausschmelzen der Wachsschicht,

Figur 6 den Gegenstand nach Figur 5 nach dem Abguß,

Figur 7 den Gegenstand nach Figur 6 nach dem Ent-

fernen des Kerns und der Formschale,

Figur 8 den Gegenstand nach Figur 7 nach dem Entfernen des über den Kronenboden vorstehenden Endes des Stiftes.

**[0010]** Der in den Figuren 1 und 2 schematisch wiedergegebene Kern besteht aus einem keramischen Material. Sein in den Figuren 1 und 2 unterer Abschnitt 2 ist für den Anschluß an eine nicht dargestellte Halterung eingerichtet. Vom unteren Abschnitt gehen zwei obere Abschnitte 3, 4 aus, die sich im wesentlichen parallel zueinander erstrecken. Wenigstens der obere Abschnitt 4 weist Profilierungen 5 auf, die zur Bildung der Kühlkanäle in der Turbinenschaufel dienen. Bei der Herstellung des Kerns 1 werden in die oberen Stirnseiten 6 Stifte 7 eingebettet, die über die oberen Stirnseiten 6 vorstehen. Die Stifte bestehen bei der dargestellten Ausführung aus einer Nickelbasis-Legierung, nämlich aus NiCr 82.

**[0011]** Der so vorbereitete Kern wird mit einer Wachsschicht 8 umspritzt (Figur 3). Diese Wachsschicht 8 definiert einen Raum, der später zur Bildung der Turbinenschaufel mit geschmolzenem Metall ausgegossen wird. Das über den Kern 1 vorstehende Ende 10 des Stiftes 7 bzw. der Stifte 7 steht auch über die Wachsschicht 8 vor und weist im Bereich der Wachsschicht 8 eine Umfangsnut 11 auf.

**[0012]** In einem weiteren Verfahrensschritt (Figur 4) wird über der Wachsschicht 8 durch mehrfaches Tauchen und Besanden eine keramische Formschale 9 erzeugt. Nach dem Entfernen der Wachsschicht 8 wird die Formschale 9 gebrannt (Figur 5).

**[0013]** Nun kann der von der Wachsschicht 8 freigegebene Raum mit geschmolzenem Metall 12 ausgegossen werden, welches nach dem Abkühlen und Erhärten die Turbinenschaufel bildet. Das geschmolzene Metall 12 fließt auch in die Umfangsnut 11 des oder der Stifte 7, so daß ein Formschluß entsteht, der zumindest dann notwendig ist, wenn das Stiftmaterial beim Brennen der Formschale 9 zu Oberflächenoxydation neigt (Figur 6).

**[0014]** Nach dem Abkühlen und Erhärten des Metalls 12 werden der Kern 1 und die Formschale 9 entfernt (Figur 7) und die so entstandene Turbinenschaufel 13 kann mechanisch bearbeitet werden. Im Zuge der mechanischen Bearbeitung wird auch das ursprünglich in die Formschale 9 eingebettete Ende 10 des oder der Stifte 7, welches über den Kronenboden 14 der Turbinenschaufel 13 vorsteht, entfernt. Das sich in das Innere der Turbinenschaufel 13 erstreckende Ende des oder der Stifte 7 wird nicht entfernt, denn es stört nicht.

umspritzten Kern durch wiederholtes Tauchen und Besanden eine keramische Formschale erzeugt wird, die nach dem Entfernen des Wachses gebrannt wird, wobei der durch das Entfernen des Wachses entstandene Raum zur Bildung der Turbinenschaufel mit geschmolzenem Metall ausgegossen wird und dabei Bewegungen des Kerns in der Formschale durch vom Kern ausgehende, sich bis in die Formschale erstreckende Positionierungshilfen verhindert werden, und wobei nach dem Erhärten des Metalls die Formschale und der Kern entfernt werden sowie die metallische Turbinenschaufel mechanisch bearbeitet wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Positionierungshilfe ein Stift (7) in die freie Stirnseite (6) des Kerns (1) eingebettet wird, der über die Stirnseite (6) vorsteht und auch in die Formschale (9) eingebettet wird, und daß das vorstehende Ende (10) des Stiftes (7) bei der mechanischen Bearbeitung entfernt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stift (7) aus einer Nickelbasis-Legierung besteht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stift aus NiCr 82 besteht.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Stift mit einem Widerlager für das Material der Turbinenschaufel (13) eingesetzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stift (7) eine Umfangsnut (11) aufweist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stift (7) so in den Kern (1) eingebettet wird, daß die Umfangsnut (11) im Bereich des späteren Kronenbodens (14) angeordnet ist.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Turbinenschaufeln mit darin angeordneten Kühlkanälen, wobei ein keramischer Kern hergestellt wird, der mit einem Wachs umspritzt wird, wobei über dem mit Wachs

55

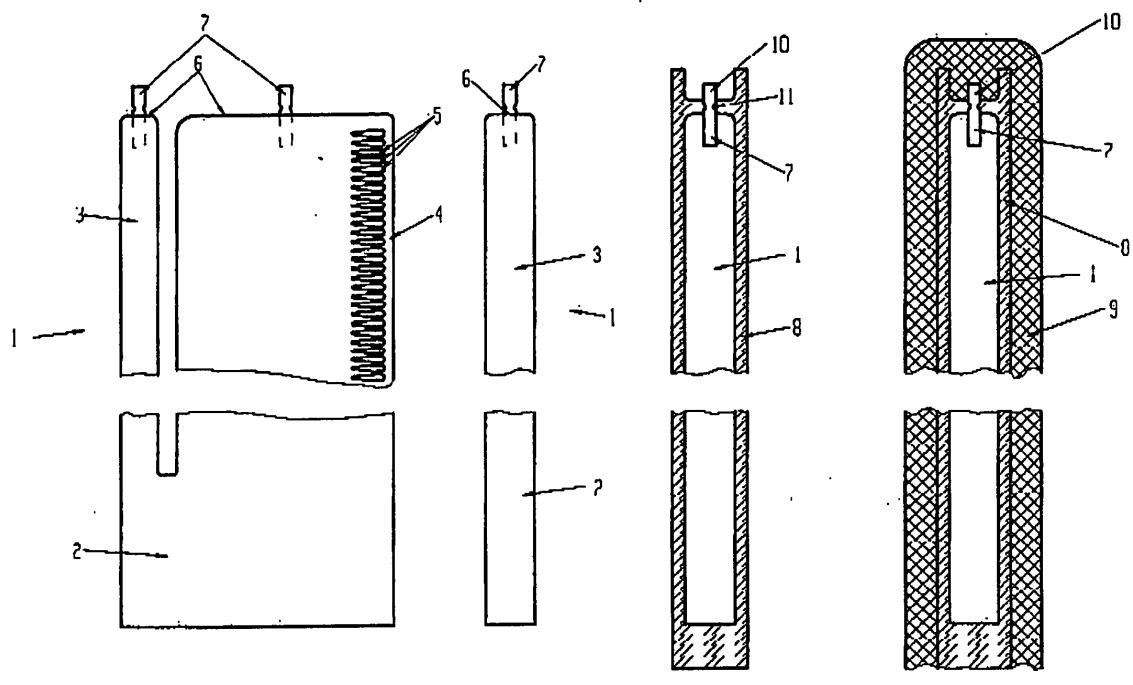


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

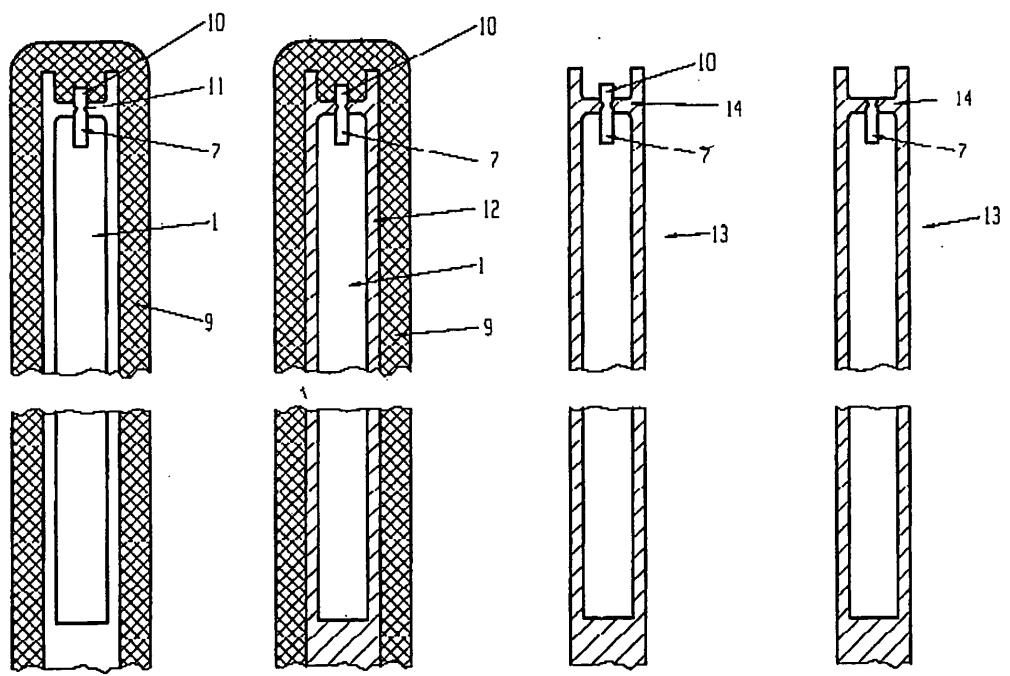


Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7

Fig. 8



Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 03 01 5950

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
D, Y	US 4 596 281 A (BISHOP THOMAS H) 24. Juni 1986 (1986-06-24) * Spalte 1, Zeile 29 – Zeile 40; Abbildungen 1,3,5,7,9,11 * ----	1	B22C21/14 B22C9/04
D, Y	DE 38 13 287 A (ROLLS ROYCE PLC) 15. Dezember 1988 (1988-12-15) * Zusammenfassung * ----	1	
Y	US 6 349 759 B1 (WHEATON HAROLD L) 26. Februar 2002 (2002-02-26) * Zusammenfassung; Abbildungen * ----	1	
A	GB 2 202 772 A (AE PLC) 5. Oktober 1988 (1988-10-05) * Zusammenfassung * ----	2,3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B22C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	13. Januar 2004	Hodiamont, S	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelddatum veröffentlicht worden ist		
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument		
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

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

EP 03 01 5950

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.

13-01-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4596281	A	24-06-1986	CA DE EP JP	1198876 A1 3372938 D1 0105602 A2 59064140 A	07-01-1986 17-09-1987 18-04-1984 12-04-1984
DE 3813287	A	15-12-1988	GB AU AU DE FR JP JP US	2205261 A 601587 B2 1666288 A 3813287 A1 2616091 A1 2680830 B2 63303649 A 4811778 A	07-12-1988 13-09-1990 08-12-1988 15-12-1988 09-12-1988 19-11-1997 12-12-1988 14-03-1989
US 6349759	B1	26-02-2002		KEINE	
GB 2202772	A	05-10-1988		KEINE	