



(11) **EP 1 593 445 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
18.07.2007 Patentblatt 2007/29

(51) Int Cl.:
B22C 1/00 *(2006.01)* **B22C 9/00** *(2006.01)*
B22C 9/04 *(2006.01)* **B32B 15/00** *(2006.01)*
F01D 5/18 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **04010492.9**

(22) Anmeldetag: **03.05.2004**

(54) **Verfahren zum Herstellen eines hohlgegossenen Bauteils mit Innenbeschichtung**

Process of making a hollow member having an internal coating

Procédé de fabrication d'un élément coulé creux avec un revêtement intérieur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE GB IT LI

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.11.2005 Patentblatt 2005/45

(73) Patentinhaber: **SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **Halberstadt, Knut
45481 Muelheim a. d. Ruhr (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 19 856 901 US-A- 4 332 843
US-A- 5 215 785

- "COATINGS BEAT GAS-TURBINE HEAT" 2. November 2000 (2000-11-02), MACHINE DESIGN, PENTON, INC. CLEVELAND, US, PAGE(S) 110, 112, 114, XP001199224 ISSN: 0024-9114 * das ganze Dokument *
- MUBOYADZHYAN S A ET AL: "CONDENSATION AND CONDENSATION-DIFFUSION COATINGS FOR TURBINE BLADES MADE OF HIGH-TEMPERATURE ALLOYS WITH A DIRECTED CRYSTAL STRUCTURE" METAL SCIENCE AND HEAT TREATMENT, CONSULTANTS BUREAU. NEW YORK, US, Bd. 38, Nr. 3/4, 1. März 1996 (1996-03-01), Seiten 159-162, XP000698923 ISSN: 0026-0673

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 593 445 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines hohlgegossenen Bauteils, insbesondere einer hohlgegossenen Turbinenschaufel, mit Innenbeschichtung an den Wänden mindestens eines Hohlraums.

[0002] Thermisch hochbelastete Bauteile können an ihrer Außenseite mit einer Beschichtung versehen werden, um sie im thermisch belastenden Umfeld gegen Korrosion und/oder Oxidation zu schützen. Als Schutz gegen Oxidation und/oder Korrosion sind dabei insbesondere MCrAlY-Beschichtungen geeignet. Unter einer MCrAlY-Beschichtung soll im Rahmen der vorliegenden Beschreibung eine Beschichtung aus einer metallischen Legierung zu verstehen sein, die Chrom (Cr) und Aluminium (Al) umfasst, und in der Y für Yttrium oder ein Element der seltenen Erden und M für Eisen (Fe), Kobalt (Co) oder Nickel (Ni) stehen.

[0003] Unter bestimmten Betriebsbedingungen sind aber auch die Innenwände im thermisch hochbelastenden Umfeld betriebener hohlgegossener Bauteile Temperaturen ausgesetzt, die einen Schutz der Innenwände gegen Oxidation und/oder Korrosion notwendig machen, damit das Bauteil die vorgesehene Lebensdauer auch tatsächlich erreicht.

[0004] Ein Beispiel für derart thermisch hoch belastete hohlgegossene Bauteile sind Turbinenbauteile, insbesondere Turbinenschaufeln. Turbinenschaufeln sind im Betrieb hohen Temperaturen ausgesetzt und weisen in der Regel Hohlräume auf, durch die Kühlfluid geleitet wird. Bei bestimmten Betriebsbedingungen können in diesen Hohlräumen Temperaturen auftreten, die einen Schutz der Innenwände gegen Oxidation und/oder Korrosion erfordern.

[0005] Bisher wurden die Innenwände hohlgegossener Bauteile durch eine Diffusionsalittierung mehr oder weniger zufriedenstellend geschützt. Mit zunehmenden Betriebstemperaturen erreichen diese Alittierungen jedoch ihre Grenzen, und gegen Korrosion sind sie praktisch wirkungslos.

[0006] Mit herkömmlichen Methoden ist es nahezu unmöglich, in den zum Teil recht komplizierten Hohlräumen bzw. Innenräumen hohlgegossener Bauteile, etwa in den Hohlräumen von Turbinenschaufeln, insbesondere wirkungsvolle MCrAlY-Beschichtungen aufzubringen. Für das Beschichten der Innenwände hohlgegossener Bauteile lassen sich Spritzprozesse nicht zufriedenstellend einsetzen.

[0007] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit dem sich Innenbeschichtungen, insbesondere MCrAlY-Innenbeschichtungen, bei hohlgegossenen Bauteilen auch bei komplexen Hohlräumen realisieren lassen.

[0008] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine verbessertes hohlgegossenes Turbinenbauteil zur Verfügung zu stellen.

[0009] Die erste Aufgabe wird durch ein Verfahren

nach Anspruch 1 und die zweite Aufgabe durch ein hohlgegossenes Turbinenbauteil nach Anspruch 7 gelöst.

[0010] Im erfindungsgemäßen Verfahren zum Herstellen eines hohlgegossenen Bauteils mit Innenbeschichtung in mindestens einem Hohlraum wird das Bauteil aus einem Basismaterial gegossen. Beim Gießen findet eine Gießform Verwendung, welche mindestens einen Gusskern zum Definieren des mindestens einen Hohlraumes umfasst. Im erfindungsgemäßen Verfahren wird das Beschichtungsmaterial für die Innenbeschichtung des Bauteils vor dem Gießen des Bauteils auf mindestens einen Gusskern aufgebracht. Nach dem Gießen wird der Gusskern dann wieder aus dem Hohlraum entfernt.

[0011] Erfindungsgemäß wird also zuerst die Innenbeschichtung hergestellt, und dann das Bauteil darum herumgegossen. Auf diese Weise können auch äußerst komplexe Hohl- bzw. Innenräume von Bauteilen, etwa von hohlgegossenen Gasturbinenschaufeln, mit einer Innenbeschichtung, insbesondere mit einer MCrAlY-Innenbeschichtung, versehen werden. Das Material des Gusskerns ist dabei derart gewählt ist, dass es sich aus dem Hohlraum des fertigen Bauteils entfernen lässt, ohne dass das Beschichtungsmaterial mit entfernt wird.

[0012] Als Materialien für den Gusskern eignen sich insbesondere solche Materialien, die sich mittels chemischer Verfahren, welche das Beschichtungsmaterial und das Basismaterial des Bauteils nicht angreifen, aus dem Hohlraum entfernen lassen. Bspw. lassen sich keramische Gusskerne herstellen, die mittels einer geeigneten Lauge, welche eine MCrAlY-Beschichtung sowie das Basismaterial von Turbinenbauteilen nicht angreift, aus Hohlräumen der Turbinenbauteile entfernt werden. Als Materialien für Gusskerne zum Gießen von Turbinenbauteilen, wie etwa Turbinenschaufeln, eignen sich daher insbesondere keramische Werkstoffe.

[0013] Im erfindungsgemäßen Verfahren wird die Gießtemperatur beim Abguss des Bauteils insbesondere so gewählt, dass sie unterhalb der Schmelztemperatur des Beschichtungsmaterials liegt, um ein Aufschmelzen des Beschichtungsmaterials während des Gießprozesses, und damit eine Vermischung mit dem Basismaterial des Bauteils zu unterbinden.

[0014] Das Aufbringen des Beschichtungsmaterials auf den Gusskern kann beispielsweise mittels hochen-energetischer Spritzverfahren wie etwa dem Hochgeschwindigkeitsflammspitzen (engl. High Velocity Oxygen Fuel Spraying, kurz: HVOF) oder Plasmaspritzen (kurz: APS) erfolgen.

[0015] Eine erfindungsgemäße hohlgegossene Turbinenschaufel weist mindestens einen Hohlraum und eine im Hohlraum vorhandene Innenbeschichtung, insbesondere eine MCrAlY-Beschichtung auf.

[0016] Aufgrund der Innenbeschichtung des hohlgegossenen Turbinenbauteils weist dieses gegenüber hohlgegossenen Turbinenbauteilen nach Stand der Technik eine verbesserte Oxidations- und Korrosionseigenschaft auf. Es kann daher höheren Temperaturen ausgesetzt werden.

[0017] Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beiliegende Figur.

[0018] Fig. 1 zeigt ein hohlgegossenes Turbinenbauteil in einer schematischen Darstellung.

[0019] Figuren 2 - 7 zeigen in einer stark schematisierten Darstellung verschiedene Stadien der Herstellung der hohlgegossenen Turbinenschaufel.

[0020] In Figur 1 ist schematisch eine hohlgegossene Turbinenschaufel 1 in einer Schnittansicht dargestellt. Die Turbinenschaufel 1 umfasst einen Schaufelkörper 2, in welchem im vorliegenden Ausführungsbeispiel vier Hohlräume 3, 5, 7, 9 ausgebildet sind, die bspw. zum Durchleiten von Kühlluft verwendet werden. Der Schaufelkörper 2 weist eine Außenfläche 12 auf, die zum Schutz gegen Oxidation und/oder Korrosion mit einer MCrAlY-Beschichtung versehen ist. Daneben weist der Schaufelkörper 2 Innenflächen 4, 6, 8, 10 auf, welche die Hohlräume 3, 5, 7, 9 begrenzen und die Innenwände der Hohlräume bilden. Die Innenflächen 4, 6, 8, 10 sind ebenfalls mit einer MCrAlY-Beschichtung 14, 16, 18, 20 versehen, um auch sie gegen Oxidation und/oder Korrosion zu schützen.

[0021] Nachfolgend wird das Verfahren zum Herstellen der mit Bezug auf Figur 1 beschriebenen Turbinenschaufel 1 anhand der Figuren 2 bis 7 erläutert. Das Verfahren kann jedoch auch zum Innenbeschichten anderer hohlgegossener Bauteile Verwendung finden.

[0022] Als erstes wird ein keramischer Gusskern 22 für die Gießform zum Herstellen der Turbinenschaufel geformt und gesintert (Fig. 2). Im nächsten Schritt (Fig. 3) wird eine MCrAlY-Beschichtung 14 auf den keramischen Gusskern 22 aufgebracht. Dazu kann beispielsweise ein hochenergetisches Spritzverfahren, etwa Hochgeschwindigkeitsflammspitzen (HVOF) oder Plasmaspritzen (APS), zum Einsatz kommen. Die Dicke, mit der die MCrAlY-Beschichtung 14 auf den Gusskern aufgetragen wird, hängt dabei von der Dicke ab, mit der die Innenwände der Turbinenschaufel beschichtet werden sollen.

[0023] Nachdem der Gusskern beschichtet worden ist, wird ein Wachsmodell 24 der Turbinenschaufel an den Gusskern 22 angespritzt (Fig. 4). Anschließend wird die äußere Gusschale 26 der Form auf das Wachsmodell 24 aufgebracht. Danach wird das Wachs ausgebrannt und die Gusschale 26 gesintert, um die Gießform 28 fertigzustellen (Fig. 5).

[0024] Nachdem die Gießform 28 fertiggestellt ist, erfolgt das Gießen der Turbinenschaufel 1 im Vakuum. Das Gießen der Turbinenschaufel findet typischerweise bei Abgusstemperaturen von unter 1500 °C statt. Der Schmelzpunkt der MCrAlY-Beschichtung 14 liegt dagegen typischerweise oberhalb von 1600 °C. Ein Aufschmelzen der Beschichtung 14 während des Gießprozesses und damit ein Vermischen des Beschichtungsmaterials mit dem Basismaterial der Turbinenschaufel 1 findet daher nicht statt. Auch bei Verwendung anderer

Beschichtungen als der MCrAlY-Beschichtung müssen die Gießtemperaturen unterhalb der Schmelztemperatur des Beschichtungsmaterials liegen, wenn ein Aufschmelzen der Beschichtung und ein Vermischen mit dem Basismaterial vermieden werden soll.

[0025] Nach dem Abschluss des Gießens wird die Gusschale 26 abgeschlagen und die Schaufel 1 gereinigt (Fig. 6). Schließlich wird der Gusskern 22 ausgelaut, d.h. der keramische Gusskern 22 wird mittels einer Lauge aus der erstarrten Turbinenschaufel 1 entfernt. Da die MCrAlY-Beschichtung 14 genauso wie der Schaufelwerkstoff gegen die verwendeten Laugen resistent ist, verbleibt die MCrAlY-Beschichtung 14 beim Auslaugen des keramischen Gusskerns 22 auf der Innenseite der Turbinenschaufel 1 (Fig. 7). Im Folgenden kann die so hergestellte Turbinenschaufel in üblicher Weise mechanisch bearbeitet und außen beschichtet werden.

[0026] Das beschriebene Verfahren eignet sich nicht nur zum Innenbeschichten von Turbinenschaufeln, sondern grundsätzlich auch zum Innenbeschichten anderer hohlgegossener Bauteile. Ebenso ist es möglich, das Verfahren zum Aufbringen anderer Beschichtungen als MCrAlY-Beschichtungen zu nutzen. Auch braucht der Gusskern nicht notwendigerweise aus einer keramischen Werkstoff hergestellt zu sein. Es muss lediglich sichergestellt sein, dass das der Gusskern entfernt werden kann, ohne dass die auf die Innenseite des Werkstückes aufgebrachte Beschichtung mit entfernt wird.

[0027] Bei den Werkzeugen zur Herstellung der Gusskerne bzw. der Wachsmodelle ist zu beachten, dass diese um die Dicke der Schutzschicht korrigiert werden müssen, um die spezifizierten Wanddicken des hohlgegossenen Bauteils zu gewährleisten.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines hohlgegossenen Bauteils (1), insbesondere eines hohlgegossenen Turbinenbauteils, mit Innenbeschichtung (14, 16, 18, 20) in mindestens einem Hohlraum (3, 5, 7, 9), bei dem

- das Bauteil (1) aus einem Basismaterial gegossen wird,
- beim Gießen eine Gießform, welche mindestens einen Gusskern (22) zum Definieren des mindestens einen Hohlraumes (3, 5, 7, 9) umfasst, Verwendung findet, und
- der Gusskern (22) nach dem Gießen aus dem Hohlraum (3, 5, 7, 9) entfernt wird

dadurch gekennzeichnet,

dass das Beschichtungsmaterial für die Innenbeschichtung (14, 16, 18, 20) des Bauteils (1) vor dem Gießen auf mindestens einen Gusskern (22) aufgebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Material für den Gusskern (22) ein Material Verwendung findet, das sich mittels eines chemischen Verfahrens, welches das Beschichtungsmaterial und das Basismaterial des Bauteils (1) nicht angreift, aus dem Hohlraum (3, 5, 7, 9) entfernen lässt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Material für den Gusskern (22) ein keramischer Werkstoff Verwendung findet.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Gießtemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Beschichtungsmaterials liegt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Innenbeschichtung (14, 16, 18, 20) eine MCrAlY-Beschichtung ist.
6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum Aufbringen des Beschichtungsmaterials auf den Gusskern (22) ein hochenergetisches Spritzverfahren zum Einsatz kommt.
7. Hohlgegossenes Turbinenbauteil (1) mit mindestens einem in einer Schnittansicht geschlossenen Hohlraum (3, 5, 7) und einer im geschlossenen Hohlraum (3, 5, 7) vorhandenen MCrAlY-Innenbeschichtung (14, 16, 18).

Claims

1. Method for producing a hollow cast component (1), in particular a hollow cast turbine component, having an inner coating (14, 16, 18, 20) in at least one cavity (3, 5, 7, 9), in which
 - the component (1) is cast from a base material,
 - a casting mold, which comprises at least one mold insert (22) for defining at least one cavity (3, 5, 7, 9) is used for the casting, and
 - the mold insert (22) is removed from the cavity (3, 5, 7, 9) after the casting,**characterized in that**
the coating material for the inner coating (14, 16, 18, 20) of the component (1) is applied to at least one mold insert (22) before the casting.
2. Method according to claim 1,
characterized in that

a material which can be removed from the cavity (3, 5, 7, 9) by means of a chemical method which does not attack the coating material and the base material of the component (1) is used as the material for the mold insert (22).

3. Method according to claim 1 or 2,
characterized in that
a ceramic material is used as the material for the mold insert (22).
4. Method according to one of claims 1 to 3,
characterized in that
the casting temperature is lower than the melting temperature of the coating material.
5. Method according to one of claims 1 to 4,
characterized in that
the inner coating (14, 16, 18, 20) is an MCrAlY coating.
6. Method according to claim 5,
characterized in that
a high-energy spray method is used for applying the coating material to the mold insert (22).
7. Hollow cast turbine component (1) having at least one cavity (3, 5, 7) in a sectional view which is closed and an MCrAlY inner coating (14, 16, 18) present in the closed cavity (3, 5, 7).

Revendications

1. Procédé de production d'un élément (1) coulé creux, notamment d'un élément de turbine coulé creux, ayant un revêtement (14, 16, 18, 20) intérieur dans au moins une cavité (3, 5, 7, 9), dans lequel
 - on coule l'élément (1) en une matière de base,
 - lors de la coulée, on utilise une lingotière de coulée qui comprend au moins un noyau (22) de coulée pour définir au moins une cavité (3, 5, 7, 9) et,
 - on enlève de la cavité (3, 5, 7) le noyau (2) de coulée après la coulée,**caractérisée,**
en ce que avant la coulée, on dépose la matière de revêtement pour le revêtement (14, 16, 18, 20) intérieur de l'élément (1) sur au moins un noyau (22) de coulée.
2. Procédé de production d'un élément selon la revendication (1),
caractérisé,
en ce que l'on utilise comme matière pour le noyau (22) de coulée, une matière qui peut être éliminée

de la cavité (3, 5, 7, 9) au moyen d'un procédé chimique qui n'attaque pas la matière de revêtement et la matière de base de l'élément (1) .

3. Procédé de production d'un élément selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé,
en ce que l'on utilise un matériau céramique comme matière pour le noyau (22) de coulée. 5
4. Procédé de production d'un élément selon la revendication 1 à 3,
caractérisé,
en ce que la température de coulée est inférieure au point de fusion de la matière de revêtement. 10 15
5. Procédé de production d'un élément selon la revendication 1 à 4,
caractérisé,
en ce que le revêtement (14, 16, 18, 20) intérieur ait un revêtement en MCrAly. 20
6. Procédé de production d'un élément selon la revendication 5,
caractérisé,
en ce que pour le dépôt de la matière de revêtement sur le noyau (22) de coulée, on utilise un procédé de projection à grande énergie. 25
7. Élément (1) de turbine coulé creux ayant au moins, en vue en coupe, une cavité (3, 5, 7) fermée et un revêtement (14, 16, 18) intérieur en MCrAly présent dans la cavité (3, 5, 7) fermée. 30

35

40

45

50

55

FIG 1

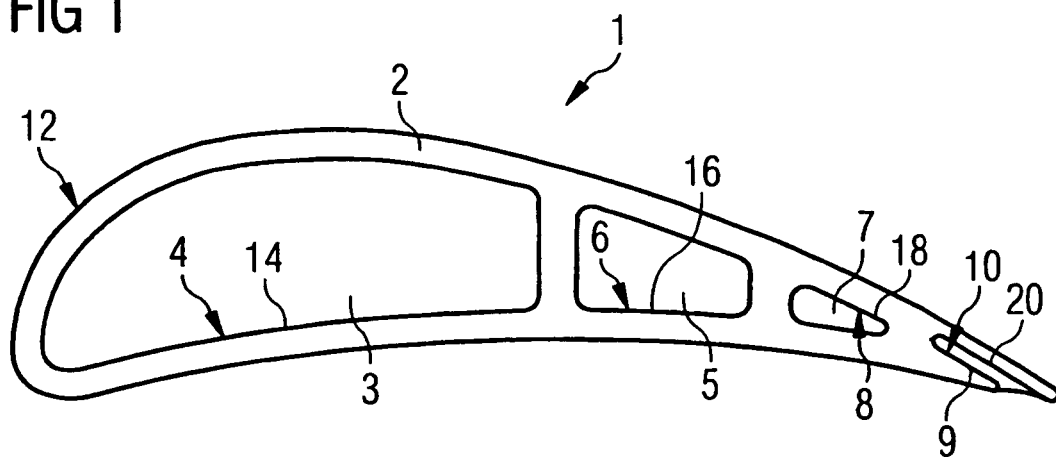


FIG 2

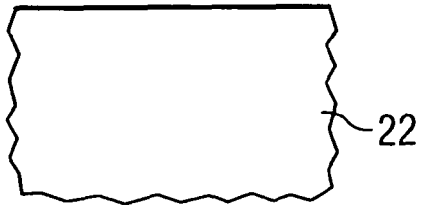


FIG 3

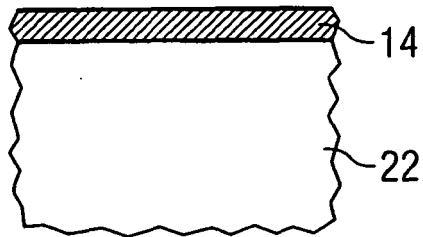


FIG 4

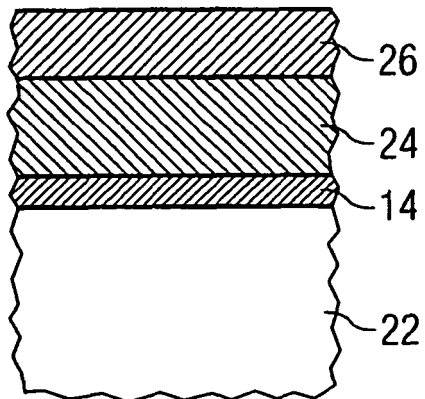


FIG 5

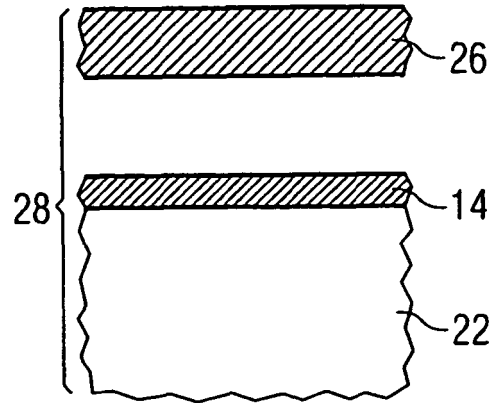


FIG 6

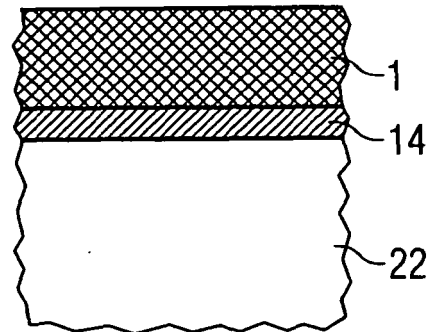


FIG 7

