

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 493 685 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **91120539.1**

(51) Int. Cl.⁵: **B22D 27/04, F01D 5/00**

(22) Anmeldetag: **29.11.91**

(30) Priorität: **13.12.90 DE 4039807**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.07.92 Patentblatt 92/28

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE ES FR GB IT LI

(71) Anmelder: **SULZER- MTU CASTING
TECHNOLOGY GmbH
Dachauer Strasse 665
W-8000 München 50(DE)**

(72) Erfinder: **Wortmann, Jürgen, Dr.
Sonnenstrasse 18
W-8061 Weichs(DE)
Erfinder: Staub, Fritz
Grundstrasse 17
CH-8472 Seuzach(CH)
Erfinder: Walser, Bruno, Dr.
Schauenbergstrasse 10
CH-8352 Schottikon(CH)**

(74) Vertreter: **Baum, Wolfgang, Dipl.-Ing.
MTU MOTOREN- UND TURBINEN-UNION
MÜNCHEN GMBH Dachauer Strasse 665
W-8000 München 50(DE)**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Reparatur von Triebwerksschaufeln.**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Reparatur von Triebwerksschaufeln und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, womit besonders einkristalline Schaufeln restauriert werden können. Dazu wird aus dem unversehrten Schaufelbereich ein einkristalliner Schaufelrest mit geringer Defektdichte präpariert und in wenigen Sekunden die heiße Gießform für den defekten Schaufelbereich mit dem Schaufelrest gekoppelt, die Schmelze auf den Schaufelrest gegossen und mit einem an sich bekannten Temperaturprogramm ein epitaktisches einkristallines Erstarren der Schmelze auf dem Schaufelrest erzeugt.

EP 0 493 685 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und Vorrichtung zur Reparatur von Triebwerksschaufeln.

Aus DE 28 25 283 ist ein Verfahren zum Auftragsschweißen von Metallen zur "Ausbesserung typischer Gasturbinentriebwerksteile aus Legierungen auf Fe-, Co- oder Ni-Basis unter Verwendung eines kompatiblen Fülldrahtes" bekannt. Derartige Reparaturverfahren haben den Nachteil, daß sie beim Einsatz für einkristalline Triebwerksschaufeln einen polykristallinen Bereich bilden, der die Festigkeitseigenschaften einkristalliner Schaufeln vermindert.

Aus DE 38 57 436 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung bekannt, die eine Herstellung von einkristallinen Bauteilen mittels eines einkristallinen Keimkristalls ermöglicht. Eine Reparatur einer einkristallinen Schaufel mit dieser Methode und Vorrichtung käme einer Neuherstellung der Schaufel gleich, da die einkristalline Erstarrung von einem im Verhältnis zum Schaufelquerschnitt kleinen Keimkristallquerschnitt ausgeht und erst nach einem Übergangsbereich die volle Schaufelausdehnung erreicht. Keimkristallrest und Übergangsbereich müssen nachteilig nach der Herstellung der Schaufel abgetrennt werden. Ferner hat diese Methode und Vorrichtung den Nachteil, daß die Keimkristalloberfläche während der gesamten Reinigungs- und Aufheizzeit der Gießform einer aggressiven Atmosphäre durch das Ausdampfen von flüchtigen Bestandteilen aus der Gießform ausgesetzt ist, was die Gefahr von Polywachstum, Versetzungsbildungen und hoher Kristalldefektkonzentration zumindest in der Anfangsphase des Kristallwachstums erhöht. Darüber hinaus mußte festgestellt werden, daß keine defektfreien Keimkristalle zur Verfügung stehen und defektreiche Keimkristalle nachteilig zu polykristallinem Wachstum neigen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Reparatur von einkristallinen Triebwerksschaufeln durch die Angabe eines Verfahrens und einer Vorrichtung zu gewährleisten, so daß die reparierte Schaufel durchgehend aus einkristallinem Material besteht, ein Abfall der Festigkeitseigenschaften vermieden und ein preiswertes Nachbilden von defekten Schaufelabschnitten ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit folgenden Verfahrensschritten gelöst

- a) Präparation eines einkristallinen Schaufelrestes aus einer defekten einkristallinen Triebwerksschaufel, durch zur Schaufelachse annähernd orthogonales Abtrennen des defekten Schaufelbereichs und durch teilweise oberflächiges Abtragen des Schaufelmaterials bis auf ein spannungs- und defektarmes, einkristallines Kernmaterial des Schaufelrestes.
- b) Herstellung und Ausheizung einer am Boden offenen Gießform zur konturgetreuen, einkristalli-

nen Nachbildung des abgetrennten Schaufelbereichs und Erschmelzen einer Metallschmelze aus Schaufelmaterial räumlich getrennt vom Schaufelrest,

- c) unmittelbar nachfolgendes Zusammenführen von Schaufelrest aufgeheizter Gießform und Metallschmelze, wobei sich Gießform und Metallschmelze auf Abgußtemperatur befinden.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß durch die Präparation eines defektarmen einkristallinen Schaufelrestes ein ungestörtes epitaktisches Anwachsen der Schmelze an das Kernmaterial des Schaufelrestes und damit an eine stark strukturierte Schaufelquerschnittsfläche gewährleistet ist, da vorteilhaft der Schaufelrest im Bereich der Abtrennung nur wenige Sekunden ohne Schmelzbedeckung der aufgeheizten Gießform ausgesetzt ist.

Eine bevorzugte Durchführung des Verfahrens besteht darin, den Schaufelrest in einem konturnah angepaßten Wärmeleitungsblock zu halten. Dazu wird eine konturnahe Aussparung in den Wärmeleitungsblock durch vorzugsweise elektrochemisches Erodieren eingearbeitet. Dabei dient der Schaufelrest, vor einem Abtrag seiner polykristallinen, spannungs- und defektreichen Oberfläche als Werkzeug. Mittels elektrochemischem Erodieren wird vorteilhaft die komplizierte Schaufelkontur in den Wärmeleitungsblock eingearbeitet. Zum Entfernen des Wärmeleitungsblocks von der reparierten Schaufel, weist der Wärmeleitungsblock Trennfugen parallel zur Längsachse des Schaufelrestes auf.

Anschließend kann der Schaufelrest durch Strippen polykristalliner, spannungs- und defektreicher Schichten im Bereich der vorgesehenen Anschmelzung bis auf ein defektarmes Kernmaterial abgetragen werden. Dabei kann das Strippen polykristalliner Schichten durch Plasmaätzen, elektrochemisches Erodieren oder mechanisches Abtragen erreicht werden. Die beim Beschichten, beim Betrieb oder beim Strippen der Schaufeln eingebrachte Anreicherung von kristallinen Defekten in oberflächennahen Bereichen des Schaufelrestes wird durch Abätzen der gestörten Bereiche auf eine Defektdichte von höchstens drei visuell erkennbaren Defekten pro cm^2 und mit einer Defektfläche $0,1\text{mm}^2$ vermindert. Eine derart niedrige Defektdichte des verbleibenden Kernmaterials hat sich als nicht störend für ein einkristallines Kristallwachstum erwiesen.

Vorzugsweise wird unmittelbar vor dem Einbau des Schaufelrestes in den Wärmeleitungsblock nochmals der Schaufelrest von oberflächigen defektreichen Bereichen und verspannten Schichten im Bereich der Abtrennung befreit, die sich beispielsweise während der Lagerung oder während des Strippens gebildet haben.

Bei einer weiteren bevorzugten Durchführung

des Verfahrens wird vor dem Zusammenführen von Schaufelrest, Gießform und Metallschmelze die Gießform in räumlicher Trennung vom Schaufelrest und vom Schmelzgut beim Ausheizen hochtemperaturvakuumgereinigt und auf Abgußtemperatur aufgeheizt. Diese extreme Reinhaltung der einkristallinen Oberfläche des Schaufelrestes im Bereich der Abtrennung ist bisher nur mit diesem Verfahren gelungen.

Eine Vorrichtung zur Durchführung der Reparatur einer Triebwerksschaufel weist örtlich getrennte Stationen auf, von denen eine erste Station mit einem Tiegel, einer Aufheizvorrichtung zur Erschmelzung des Schmelzgutes und einer Vorrichtung zum Abguß der Schmelze ausgerüstet ist. Eine zweite Station ist mit einer Aufnahme für die Gießform und einer Ausheizvorrichtung zur separaten Hochtemperaturvakuumreinigung und Aufheizung der Gießform bestückt. Eine dritte Station ist mit einem Wärmeleitungsblock und einer kühlbaren Halterung mit hochtemperaturfesten Koppellementen zur schmelzdichten Verbindung von Gießform und Wärmeleitungsblock ausgestattet.

Die räumlich getrennt angeordneten Stationen haben den Vorteil, daß sie zeitlich aufeinander abgestimmt und räumlich getrennt zur Durchführung des Verfahrens vorbereitet werden können, so daß eine gegenseitige Kontamination in der Präparationsphase ausgeschlossen wird. Ferner können sie je nach Reinheitsanforderung unterschiedlich ausgerüstet werden. Die oben angegebene Ausstattung ist eine vorteilhafte Mindestausstattung jeder Station, wobei die Hochtemperaturvakuumreinigung der Gießform mittels Vakuum- und Aufheizvorrichtung eine zentrale Bedeutung für das Gelingen der Reparatur hat.

Da auch beim Erschmelzen des Schmelzgutes erhebliche Abdampfungen von Verunreinigungen auftreten können, beispielsweise aus Hitzeschilden, dem Tiegel oder den Schmelzgutoberflächenschichten ist es vorteilhaft, diese Einheit in Form einer ersten Station von den übrigen Stationen während der Aufschmelzphase räumlich zu trennen, mit dem Ziel erst im abgußfähigen bzw. hochtemperaturvakuumgereinigten und vorgeheizten Zustand die Stationen eins und zwei mit der dritten Station, die die gefährdete hochreine und defektarme Oberfläche des Schaufelkernmaterials hält, zu koppeln.

Durch den Wärmeleitungsblock, der den Schaufelrest mittels einer Aussparung umschließt wird die Kristallisationswärme zur kühlbaren Halterung des Wärmeleitungsblockes während des Kristallwachstums abgeführt. Die Kühlung der Halterung wird nur aktiviert, wenn die Temperaturführung es erfordert.

Beim Einbau von Wärmeleitungsblock und Schaufelrest in die dritte Station ragt das Kernma-

terial des Schaufelrestes aus dem Wärmeleitungsblock heraus, vorzugsweise um eine Höhe, die mindestens der größten Wandstärke des Kernmaterials entspricht. Dieser Einbau hat den Vorteil, daß beim Abguß einer überhitzten Schmelze das Kernmaterial des Schaufelrestes bis zu der aus dem Wärmeleitungsblock herausragenden Höhe angeschmolzen werden kann, bevor das einkristalline epitaktische Wachstum einsetzt. Die Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit des Verfahrens wird damit erhöht.

Zum kurzzeitigen schmelzdichten Ankoppeln des Schaufelrestes an die heiße Gießform sind mehrere Anordnungen geeignet.

Eine bevorzugte Anordnung weist einen äußeren Flansch im Bodenbereich der Gießform auf, der formschlüssig mit einem Flansch am Wärmeleitungsblock korrespondiert, so daß vorteilhaft ein stufenloser Übergang zwischen dem Schaufelrest und dem zu reparierenden Bereich erreicht wird, da ein paßgenaues Aufsetzen der nach unten offenen Gießform auf den Schaufelrestquerschnitt durch die korrespondierenden Flansche gesichert wird.

Bei einer weiteren bevorzugten Anordnung bilden die Flansche von Gießform und Wärmeleitungsblock einen Bayonettverschluß mit inneren konischen Dichtflächen, so daß vorteilhaft nach dem Aufsetzen der Gießform auf den Schaufelrest mit seinem Kernmaterialquerschnitt die inneren konischen Dichtflächen ein schmelzdichtes Aufsetzen sichern und mit einer schnellen Drehbewegung an dem Bajonetting des Bajonettverschlusses eine formschlüssige Verbindung zwischen Gießform und Wärmeleitungsblock bei hohen Temperaturen hergestellt werden kann. Der Wärmeleitungsblock weist in Längsrichtung des Schaufelrestes mindestens zwei Trennfugen auf, die ein Entfernen des Blockes nach der Reparatur der Schaufel gewährleisten.

Die korrespondierenden Flansche weisen bevorzugt ineinander passende Ringnuten auf, die ein zentrisches Aufsetzen der Gießform auf die Halterung und den Wärmeleitungsblock sichern.

Ferner kann der Schnellverschluß in einer bevorzugten Ausbildung der Erfindung mit mindestens zwei außen ansetzbaren Klammern ausgerüstet sein, die Wärmeleitungsblock und Gießform nach dem Aufsetzen der Gießform schnell und formschlüssig im Heißzustand verbinden.

Mittels Verfahrensvorrichtung zum schnellen Zusammenführen von heißer Gießform, Wärmeleitungsblock mit Kernmaterial und Tiegel mit Metallschmelze wird bevorzugt die heiße Gießform zur dritten Station und danach Gießform und Halterung aus der dritten Station zur ersten Station transportiert. In dieser bevorzugten Ausbildung wird die Abgußstation mit der heißen Schmelze nicht verfahren-

ren, wodurch die Temperatur der Schmelze bis zum Abguß sehr genau eingestellt werden kann.

In einer weiteren Ausbildung der Vorrichtung sind Verfahrensvorrichtungen für die heiße Gießform aus der zweiten Station und für den Tiegel mit Schmelze aus der ersten Station zur dritten Station vorgesehen. Das hat den Vorteil, daß der Wärmeleitungsblock mit dem Schaufelrest und die Halterung nicht verfahren werden, so daß die Temperatur des Kernmaterials des Schaufelrestes während des gesamten Prozesses genau einstellbar bleibt.

Wenn die Vorrichtung vorzugsweise eine Verfahrensvorrichtung für die Halterung der dritten Station zur zweiten Station aufweist und die erste Station oberhalb der zweiten Station angeordnet ist und eine Kippvorrichtung für den Tiegel besitzt, so können die drei Stationen übereinander in einem Behälter angeordnet werden. Zur Trennung der Stationen in evakuierbare und/oder mit Gas spülbare Räume weist der Behälter Schieber zwischen den Stationen auf. Am Boden des Behälters ist als Verfahrensvorrichtung eine Hubvorrichtung angeordnet. Nach den unterschiedlichen Vorbereitungen der drei Stationen in den drei evakuierbaren Räumen zum Abguß und einem Öffnen der Schieber kann die Hubvorrichtung die drei Einheiten zum Abguß vorteilhaft in kürzester Zeit zusammenführen.

Weiterhin ist vorgesehen, daß mit der Vorrichtung vorzugsweise mehrere einkristalline Schaufeln gleichzeitig reparierbar sind. Dazu verfügt die Vorrichtung über mehrere einzelne den Schaufeln zugeordnete Wärmeleitungsblocks, die von einer gemeinsamen Halterung gekühlt und falls erforderlich verfahren werden können. Außerdem weist dann die zweite Station mehrere Gießformen auf, die beispielsweise über einen gemeinsamen Flansch mit der gemeinsamen Halterung der Wärmeleitungsblocks vor dem Abguß der Schmelze verbunden werden.

Mit den folgenden Figuren wird eine bevorzugte Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und eine bevorzugte Ausbildung der Vorrichtung dargestellt.

Fig. 1 zeigt eine an der Eintrittskante beschädigte Turbinenschaufel,

Fig. 2 zeigt eine an einen Schaufelrest angepaßte Gießform und

Fig. 3 zeigt eine Vorrichtung zur Reparatur einer Turbinenschaufel.

Fig. 1 zeigt eine an der Eintrittskante 2 beschädigte einkristalline Turbinenschaufel. Derartige Beschädigungen treten üblicherweise bei Turbinenlaufschaukeln auch im Schaufelbereich 1 und am Deckband 29 auf.

Im ersten Arbeitsgang des Reparaturverfahrens wird der Schaufelbereich 1 einschließlich des beschädigten Bereichs an der Eintrittskante 2 abgetrennt. Der Trennschnitt wird näherungsweise or-

thogonal zur Schaufellängsachse gelegt, so daß der weiterverwendbare Schaufelrest 5 mit einem leicht bearbeitbaren Querschnitt des Schaufelblattes abschließt.

Dieser Querschnitt kann anschließend ohne hohen Materialverlust eingesetzt werden, um mit Hilfe des Schaufelrestes 5 aus einem Wärmeleitungsblock 4, wie er in Fig. 2 dargestellt ist, elektroerosiv eine durchgängige Aussparung herauszuarbeiten, die der Schaufelkontur angepaßt ist.

Danach folgt die Präparation eines einkristallinen Kernmaterials 3 aus dem im Bereich des Trennschnittes oberflächlich defektreichen einkristallinen Schaufelrestes 5, der üblicherweise mit einer polykristallinen Schutzschicht bedeckt ist. Dazu wird das oberflächige Schaufelmaterial bis auf ein defektfreies einkristallines Kernmaterial 3 des Schaufelrestes 5 mit einer Defektdichte von höchstens 3 visuell erkennbaren Defekten pro cm² und mit einer Defektfläche bis 0,1mm² im Bereich des Trennschnittes abgetragen. In diesem Bereich wird der Schaufelquerschnitt in Abhängigkeit von der Schichtdicke einer polykristallinen Schutzschicht und der Eindringtiefe der spannungs- und defektreichen Schichten und mehrere µm dünner, wie es Fig. 2 mit Position 3 zeigt.

Fig. 2 zeigt eine an einen Schaufelrest 5 angepaßte nach unten offene Gießform 6, die aus einem wärmeisolierenden Material besteht und nach dem bekannten Wachsaußschmelzverfahren dem abgetrennten Schaufelteil 30 nachgebildet wurde. Die Gießform 6 erweitert sich zum Schaufelrest 5 hin zu einem Flansch 31, der mit einem Flansch 32 des Wärmeleitungsblockes 4 korrespondiert. Beide Flansche 31 und 32 werden mit Klammern 9 fixiert. Eine Ringnut 33 ist im Flansch 31 eingearbeitet, um ein präzises Aufsetzen der Gießform 6 auf den Wärmeleitungsblock 4 zu sichern. Eine zusätzliche Ringnut 34 im Flansch 32 des Wärmeleitungsblockes ist mit Dichtmaterial gefüllt, um die Gießform 6 abzuschließen.

Der Schaufelrest 5 wird mit dem Kernmaterial 3 an seiner Spitze in die Aussparung 35 des Wärmeleitungsblocks 5 eingepaßt. Anschließend wird der Wärmeleitungsblock in die Halterung 7, die eine Kühlung 8 aufweist, gesteckt. Nach dem Vakuumausscheiden und Aufsetzen der nach unten offenen Gießform 6 auf den Wärmeleitungsblock 4, werden die Klammern 9 im heißen Zustand über die Flansche 31 und 32 geschoben und das zwischenzeitlich erschmolzene Schmelzgut kann über den trichterförmigen Abguß 36 der Gießform auf den Schaufelrest 5 gegossen werden.

Entscheidend für den Erfolg des Verfahrens ist, daß die hochreine Oberfläche des Kernmaterials 3 bis zum Abguß der Schmelze nicht verunreinigt wird. Beim Einsatz einer überhitzten Schmelze wird das Kernmaterial 3 angeschmolzen, bis die Küh-

lung 8 der Halterung 7 über den Wärmeleitungsblock 4 soviel Wärme abführt, daß ein einkristallines epitaktisches Wachstum an dem angeschmolzenen Schaufelrestquerschnitt einsetzt und sich mit zunehmender Kristallisationsgeschwindigkeit eine reparierte einkristalline Schaufel bildet.

Fig. 3 zeigt eine Vorrichtung zur Reparatur einer Turbinenschaufel, die drei örtlich getrennte Stationen 26, 27 und 28 aufweist. Davon ist die erste Station 26 mit einem Tiegel 20 und einer Aufheizvorrichtung 22 zur Erschmelzung des Schmelzgutes und einer Kippvorrichtung 37 zum Abguß der Schmelze ausgerüstet. Eine zweite Station 27 ist mit einer Aufnahme 38 für eine nach unten offene Gießform 6 mit einer dem Keimkristallquerschnitt angepaßten Öffnung 39 und einer Ausheizvorrichtung 23 zur separaten Hochtemperaturvakuumreinigung und Aufheizung der Gießform 6 bestückt. Eine dritte Station 28 besitzt mindestens einen Wärmeleitungsblock 4, der eine dem Schaufelquerschnitt angepaßte Aussparung 35 für die Aufnahme der Restschaufel 5 aufweist, und eine kühlbare Halterung 7 mit hochtemperaturfesten Koppellementen zur schmelzdichten Verbindung von Gießform 6 und Wärmeleitungsblock 4.

Die drei Stationen 26, 27 und 28 sind in Fig. 3 in einem Behälter 25 übereinander angeordnet und durch zwei Vakuumschieber 17 und 18 getrennt. Ein dritter Vakuumschieber 19 im Deckel 40 des Behälters 25 ermöglicht das Einbringen des Schmelzgutes in den Tiegel 20. Die Vakuumschieber 17 und 18 sind beim Erschmelzen des schmelzgutes im Tiegel 20 und bei der Hochtemperaturvakuumreinigung und Aufheizen der Gießform 6 und einem Vorwärmen des Schaufelrestes 5 geschlossen. Nach Beendigung dieser Präparationsphasen in den räumlich getrennten Stationen 26, 27 und 28 werden die Schieber 17 und 18 geöffnet, sobald durch Einleiten von Inertgas über die Zuleitungen 14, 15 und 16 oder durch Angleichen der Vakui mittels der Vakuumleitungen 11, 12 und 13 ein Druckausgleich hergestellt ist.

Mittels der Hubvorrichtung 21 kann anschließend in wenigen Sekunden der Wärmeleitungsblock 4 mit der Gießform verbunden und beide in den Abgußbereich des Tiegels 20 gehoben werden. Nach dem Abguß der Metallschmelze kann in einer mittleren oder tiefen Position oder in einer nicht abgebildeten weiteren Station eine einkristalline Erstarrung der Schmelze erfolgen.

Nach der vollständigen Erstarrung und dem Ausbau der Gießform 6 aus der Vorrichtung wird die Gießform 6 mit bekannten Mitteln von der reparierten einkristallinen Schaufel getrennt. Durch entsprechende Trennfugen in der Gießform 6 kann eine mehrfache Nutzung erreicht werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reparatur von Triebwerksschaufeln, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte
 - a) Präparation eines einkristallinen Schaufelrestes (5) aus einer defekten einkristallinen Triebwerksschaufel, durch zur Schaufelachse annähernd orthologisches Abtrennen des defekten Schaufelbereichs (1) und durch teilweises oberflächiges Abtragen des Schaufelmaterials bis auf ein spannungs- und defektarmes, einkristallines Kernmaterial (3) des Schaufelrestes.
 - b) Herstellung und Ausheizung einer am Boden offenen Gießform zur konturgetreuen, einkristallinen Nachbildung des abgetragenen Schaufelbereichs (1) und Erschmelzen einer Metallschmelze aus Schaufelmaterial räumlich getrennt vom Schaufelrest (5),
 - c) unmittelbar nachfolgendes Zusammenführen von Schaufelrest (5) aufgeheizter Gießform (6) und Metallschmelze, wobei sich Gießform (6) und Metallschmelze auf Abgußtemperatur befinden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schaufelrest (5) in einem konturnah angepaßten Wärmeleitungsblock gehalten wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß unmittelbar vor dem Einbau des Schaufelrestes (5) in den Wärmeleitungsblock (4) der Schaufelrest (5) von oberflächigen defektreichen und verspannten Schichten im Bereich der Abtrennung befreit wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Gießform (6) in räumlicher Trennung vom Schaufelrest (5) und vom Schmelzgut beim Ausheizen hochtemperaturvakuumgereinigt und auf Abgußtemperatur aufgeheizt wird.
5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch räumlich getrennte Stationen (26, 27 und 28), von denen eine erste Station (26) einen Tiegel (20), eine Aufheizvorrichtung (22) zur Erschmelzung des Schmelzgutes und eine Vorrichtung zum Abguß der Schmelze aufweist, eine zweite Station (27) mit einer Aufnahme (36) für die Gießform (6) und einer Ausheizvorrichtung (23) zur separaten Hochtemperaturvakuumreinigung und Aufheizung der Gießform (6) bestückt und eine dritte Station (28) mit einem Wärmeleitungsblock (4),

und einer kühlbaren Halterung (7) mit hochtemperaturfesten Koppelementen zur schmelzdichten Verbindung von Gießform (6) und Wärmeleitungsblock (4) ausgerüstet ist.

am Boden des Behälters (25) angeordnet ist.

- | | |
|---|----------|
| | 5 |
| 6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß beim Einbau des Schaufelrestes (5) in den Wärmeleitungsblock (4) mit Halterung (7) des Kernmaterials (3) des Schaufelrestes (5) aus dem Wärmeleitungsblock (4) herausragt, vorzugsweise um eine Höhe, die mindestens der größten Wandstärke des Kernmaterials (3) entspricht. | 10 |
| 7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Gießform (6) einen äußeren Flansch (31) im Bodenbereich aufweist, der formschlüssig mit einem Flansch (32) an dem Wärmeleitungsblock (4) korrespondiert. | 15
20 |
| 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Formschluß zwischen Wärmeleitungsblock (4) und Gießform (6) als Bajonettverschluß mit inneren konischen Dichtflächen ausgebildet ist. | 25 |
| 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Formschluß von Gießform (6) und Wärmeleitungsblock (4) durch ineinander passende Ringnuten gebildet wird. | 30 |
| 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Formschluß von Gießform (6) und Wärmeleitungsblock (4) durch zwei von außen im Heißzustand ansetzbare Klammern (9) zum Verbinden von Gießform (6) und Wärmeleitungsblock (4) gesichert ist. | 35
40 |
| 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß Verfahrensvorrichtungen zum schnellen Zusammenführen von heißer Gießform (6), Wärmeleitungsblock (4) mit Schaufelrest (5) und Tiegel (20) mit Metallschmelze vorhanden sind. | 45 |
| 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Stationen (26,27 und 28) in einem Behälter (25) vertikal übereinander angeordnet sind und der Behälter (25) Schieber (17 und 18) zwischen den Stationen (26,27 und 28) zur Trennung in evakuierbare und/oder mit Gas spülbare Räume aufweist, wobei die erste Station (26) mit einer Kippvorrichtung für den Tiegel (20) oben und eine Hubvorrichtung (21) als Verfahrensvorrichtung | 50
55 |

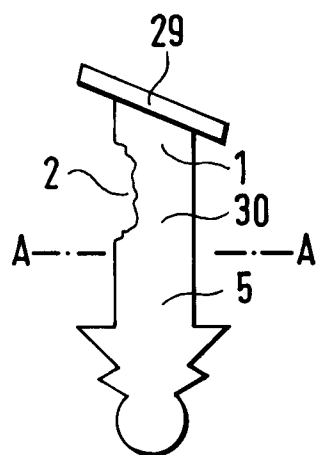


FIG. 1

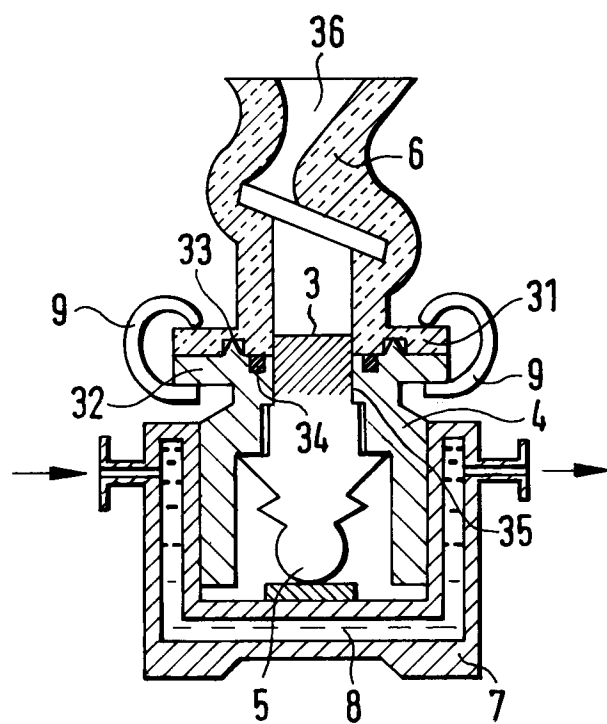
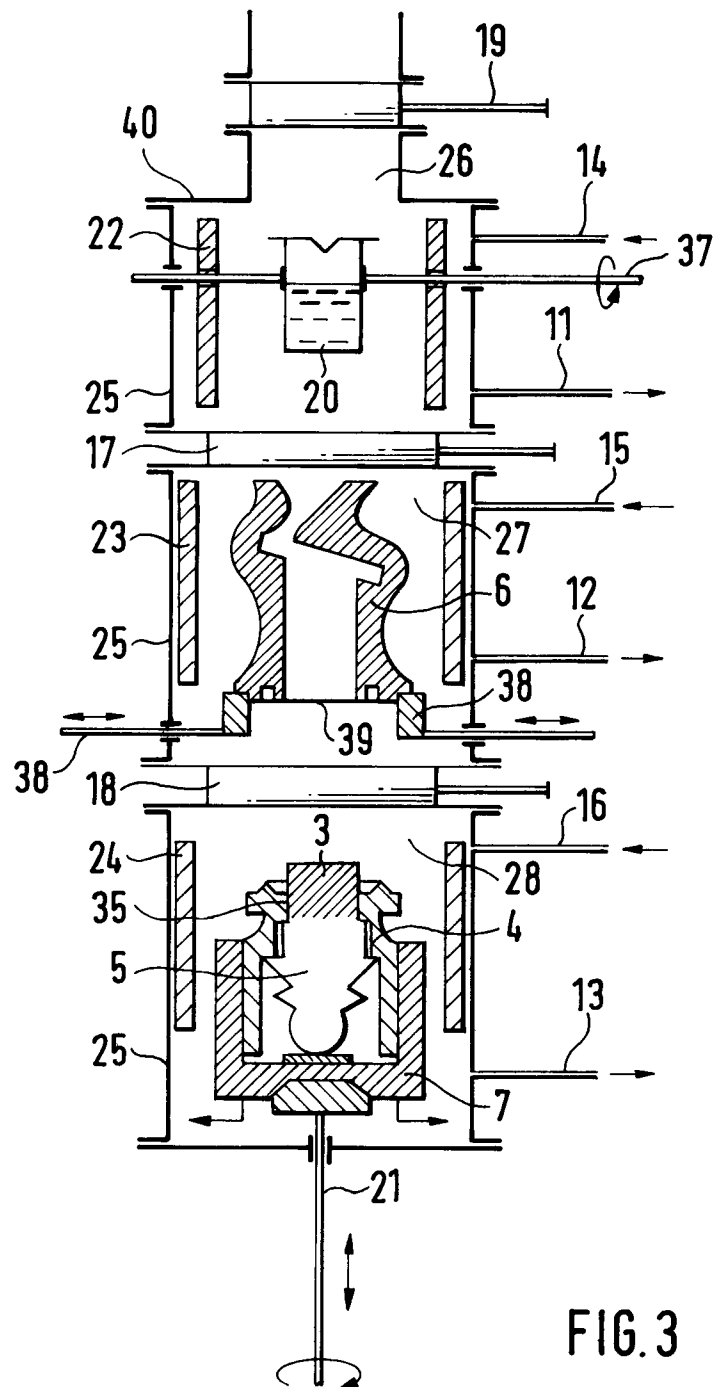


FIG. 2





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 91 12 0539

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	EP-A-0 276 404 (BBC BROWN BOBERI AG) 3. August 1988 * Ansprüche; Abbildungen *	1-4	B22D27/04 F01D05/00
A	EP-A-0 401 187 (ABB STAL AB) 5. Dezember 1990 * Ansprüche; Abbildungen *	1-4	
A	GB-A-2 071 778 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 23. September 1981 * Seite 1, Spalte 118 - Seite 2, Spalte 113; Abbildungen *	1-4	
A	DE-A-2 307 463 (PETROW ET AL.) 5. September 1974 * Ansprüche; Abbildungen 1,2 *	5-12	
A	AVIATION WEEK AND SPACE TECHNOLOGY Bd. 111, Nr. 23, 3. Dezember 1979, NEW YORK, USA Seiten 41 - 53; MAYFIELD: 'Computer-Controlled Production Gains'	5-12	
A	TECHNISCHE RUNDschau Bd. 80, Nr. 15, 8. April 1988, BERN, SCHWEIZ Seiten 28 - 33; BURGEL ET AL.: 'Rekonditionieren von Gasturbinenschaufeln- Erfahrungen bei BBC'		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5) B22D F01D C30B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG	Abschlußdatum der Recherche 23 APRIL 1992		Prüfer RIBA VILANOVA M.
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 andern Gründen angeführtes Dokument * : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			