



(11) **EP 1 625 771 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.08.2012 Patentblatt 2012/35

(21) Anmeldenummer: **04728098.7**

(22) Anmeldetag: **17.04.2004**

(51) Int Cl.:
H05B 3/00 (2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2004/000812

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/105436 (02.12.2004 Gazette 2004/49)

(54) **VERFAHREN ZUR ERWÄRMUNG VON BAUTEILEN**

METHOD FOR HEATING COMPONENTS

PROCEDE POUR CHAUFFER DES COMPOSANTS

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **17.05.2003 DE 10322344**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.02.2006 Patentblatt 2006/07

(73) Patentinhaber: **MTU Aero Engines GmbH**
80995 München (DE)

(72) Erfinder:
• **CZERNER, Stefan, Oliver**
30826 Garbsen/Osterwalde (DE)
• **EMILJANOW, Klaus**
31319 Sehnde (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 19 720 652 US-A- 5 701 669

EP 1 625 771 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erwärmung von Bauteilen vor und/oder während einer weiteren Bearbeitung derselben in Form eines Laser-Auftragschweißens.

[0002] Bauteile, wie zum Beispiel Turbinenschaufeln von Gasturbinen, müssen bei der Produktion bzw. Instandhaltung derselben zur Durchführung verschiedenster Bearbeitungsverfahren erwärmt werden. Diese Erwärmung wird auch als Vorwärmung bezeichnet.

[0003] Bei der Instandhaltung von Turbinenschaufeln kommt zum Beispiel das sogenannte Auftragschweißen zur Anwendung. Im Zusammenhang mit dem Auftragschweißen ist die Vorwärmung der zu schweißenden Turbinenschaufeln auf eine gewünschte Prozesstemperatur erforderlich. Nur dann, wenn die zu schweißende Turbinenschaufel auf die Prozesstemperatur erwärmt worden ist und während des Auftragschweißens auf der gewünschten Prozesstemperatur gehalten wird, kann ein zuverlässiges Auftragschweißen durchgeführt werden.

[0004] Nach dem Stand der Technik werden zur Erwärmung bzw. zur Vorwärmung von Bauteilen sogenannte induktive Systeme verwendet. Bei solchen induktiven Systemen kann es sich zum Beispiel um Spulen handeln, die auf Grundlage induktiver Energieeinbringung das Bauteil erwärmen. Die Erwärmung bzw. Vorwärmung von Bauteilen mittels induktiver Systeme verfügt über den Nachteil, dass sich bei der Erwärmung bzw. Vorwärmung hohe Temperaturtoleranzen von bis zu 50°C am zu erwärmenden Bauteil einstellen können. Diese ungenaue Temperaturverteilung am zu erwärmenden Bauteil ist nachteilhaft. Weiterhin verbrauchen derartige induktive Systeme sehr viel Energie. Ein weiterer Nachteil induktiver Systeme liegt darin, dass sich bei der Erwärmung bzw. Vorwärmung im Inneren des Bauteils höhere Temperaturen einstellen können als an der Oberfläche des Bauteils, Dies kann zu Beschädigungen am Bauteil führen.

[0005] Das Dokument DE 197 20 652 A betrifft eine Beheizungs Vorrichtung und eine Verfahren zur Erwärmung eines Bauteils. Darin wird eine Heizquelle zur Erzeugung eines lokal unterschiedlichen Wärmeeintrags in ein Bauteil vorgeschlagen. Die Heizquelle weist bevorzugt eine Mehrzahl von Strahlungsquellen, insbesondere für Wärmestrahlung, mit unterschiedlich einstellbarer Strahlungsleistung auf, Die Strahlungsquellen sollen vorzugsweise Heizstäbe sein. Es wird zwar erwähnt, dass auch eine Vorwärmung mittels energiereicher Laser-, Elektronen- und Plasmastrahlen denkbar ist, aber es wird darauf hingewiesen, dass eine gleichmäßige Durchwärmung damit problematisch ist, und die Gefahr eines lokalen Anschmelzens besteht. Nach dem Erwärmen soll insbesondere eine keramische Wärmedämmschicht auf das warme Bauteil aufgebracht werden.

[0006] Das Dokument US-A-5 701 669 schützt ein Verfahren zur Reparatur von Turbinenschaufeln durch Auf-

tragschweißen zur Wiederherstellung der Soll-Schaufellänge. Dabei wird an einer verschlissenen Schaufelspitze eine Art Kokille aus Blechstreifen fixiert, welche den Schweißauftrag formt und begrenzt. Die Kokille wird mit spritzgegossenem Kunststoff fixiert. Der Schweißprozess ist bevorzugt ein Laser-Pulver-Auftragschweißen. Eine Bauteilvorwärmung ist nach diesem Dokument nicht vorgesehen.

[0007] Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zur Erwärmung von Bauteilen zu schaffen, die einem Laser-Auftragschweißen unterzogen werden.

[0008] Dieses Problem wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Erfindungsgemäß wird zur Erwärmung als Energiequelle mindestens eine Lasereinrichtung verwendet, wobei für das Laser-Auftragschweißen eine separate Lasereinrichtung zum Einsatz kommt.

[0009] Durch die Verwendung von Lasereinrichtungen zur Erwärmung des Bauteils wird eine schnellere Erwärmung erzielt als bei aus dem Stand der Technik bekannten Erwärmungsverfahren. Des Weiteren wird durch die Verwendung von Lasereinrichtungen gewährleistet, dass innerhalb des zu erwärmenden Bauteils keine höheren Temperaturen auftreten als an seinen Oberflächen. Ferner verfügen Lasereinrichtungen über Strahlungsenergie mit einer eng begrenzten spezifischen Wellenlänge. Als dies sorgt für eine definierte Energieeinbringung auf das Bauteil und beeinflusst das Ergebnis der Erwärmung des Bauteils vorteilhaft.

[0010] Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden Anstellwinkel, mit welchen die Laserstrahlen auf die oder jede Oberfläche des zu erwärmenden Bauteils treffen, an die Kontur der entsprechenden Oberfläche angepasst. Hierdurch wird die Homogenität der Energieeinbringung verbessert, insbesondere bei Bauteilen wie Turbinenschaufeln, die unterschiedlich gekrümmte Oberflächen aufweisen.

[0011] Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Erwärmung des Bauteils gemessen und abhängig hiervon wird die Erwärmung derart geregelt, dass die Leistung der oder jeder Lasereinrichtung zur Erzielung eines gewünschten Temperatur-Sollwerts angepasst wird. Dies sorgt für die Einhaltung des gewünschten Temperatur-Sollwerts, was insbesondere dann vorteilhaft ist, wenn während der Bearbeitung des Bauteils der Temperatur-Sollwert der Erwärmung über einen längeren Zeitraum eingehalten werden soll.

[0012] Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: eine stark schematisierte Anordnung mit einem zu erwärmenden Bauteil zur Verdeutlichung einer ersten Ausführungsform des er-

findungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2: eine stark schematisierte Anordnung mit einem zu erwärmenden Bauteil zur Verdeutlichung einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Fig. 3: eine stark schematisierte Anordnung mit einem zu erwärmenden Bauteil zur Verdeutlichung einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0013] Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Erwärmung bzw. Vorwärmung von Bauteilen an der Vorwärmung einer Turbinenschaufel einer Gasturbine unter Bezugnahmen auf Fig. 1 bis 3 im Detail beschrieben. Die Fig. 1 bis 3 zeigen jeweils unterschiedliche Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0014] Fig. 1 zeigt stark schematisiert eine Turbinenschaufel 10 einer Hochdruckturbinen eines Flugzeugtriebwerks. Es liegt nun im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, die Turbinenschaufel 10 der Hochdruckturbinen vor und/oder während einer weiteren Bearbeitung derselben zu erwärmen. Bei der weiteren Bearbeitung der Turbinenschaufel 10 kann es sich zum Beispiel um sogenanntes Auftragschweißen handeln.

[0015] Erfindungsgemäß wird zur Erwärmung bzw. Vorwärmung des Bauteils als Energiequelle mindestens eine Lasereinrichtung verwendet. Als Lasereinrichtungen kommen vorzugsweise Diodenlaser zum Einsatz. Der Einsatz der Diodenlaser ist besonderes vorteilhaft. Alternativ oder zusätzlich zu den Diodenlasern können jedoch auch andere Laserstrahlungsquellen als Energiequellen eingesetzt werden. Beispielfähig seien hier CO₂-Laser, Nd-Laser, YAG-Laser oder Eximer-Laser genannt.

[0016] Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 1 wird die zu erwärmende Turbinenschaufel 10 zweiseitig von den Lasereinrichtungen bestrahlt. Dies bedeutet, dass aus zwei Bestrahlungsrichtungen Strahlungsenergie auf die zu erwärmende Turbinenschaufel 10 bzw. auf die entsprechenden Oberflächen derselben gerichtet wird. So zeigt Fig. 1 erste Pfeile 11 sowie zweite Pfeile 12. Die ersten Pfeile 11 visualisieren die Bestrahlung der zu erwärmenden Turbinenschaufel 10 aus einer ersten Bestrahlungsrichtung, die zweiten Pfeile 12 visualisieren die Bestrahlung derselben aus einer zweiten Bestrahlungsrichtung. Die beiden Bestrahlungsrichtungen im Sinne der Pfeile 11 und 12 dienen der Bestrahlung von zwei unterschiedlichen Oberflächen der Turbinenschaufel 10. Bedingt durch die Laserstrahlung wird die Turbinenschaufel 10 erwärmt.

[0017] Nach dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 wird die Turbinenschaufel 10 aus vier Richtungen bestrahlt. So zeigt Fig. 2 erste Pfeile 13, zweite Pfeile 14, dritte Pfeile 15 sowie vierte Pfeile 16. Die ersten Pfeile 13 visualisieren eine erste Bestrahlungsrichtung. Die zweiten

Pfeile 14 visualisieren eine zweite Bestrahlungsrichtung, und die dritten bzw. vierten Pfeile 15, 16 visualisieren eine dritte bzw. vierte Bestrahlungsrichtung. Damit werden hier vier unterschiedliche Oberflächen der Turbinenschaufel 10 bestrahlt. Durch die Erhöhung der Anzahl der Bestrahlungsrichtungen und damit die Erhöhung der Anzahl der verwendeten Lasereinrichtungen lässt sich die konturtolerante Beaufschlagung der Turbinenschaufel 10 mit Laserstrahlungsenergie verbessern, so dass eine homogene Erwärmung der Turbinenschaufel 10 auch bei extrem gekrümmten Oberflächen der Turbinenschaufel 10 erreicht werden kann.

[0018] Es ist selbstverständlich, dass neben der in Fig. 1 gezeigten zweiseitigen Bestrahlung und neben der in Fig. 2 gezeigten vierseitigen Bestrahlung auch eine einseitige sowie dreiseitige Bestrahlung der Turbinenschaufel 10 denkbar ist.

[0019] Die exakte Auswahl bzw. Bestimmung der Anzahl von Bestrahlungsrichtungen hängt, wie bereits erwähnt, einerseits vom zu bestrahlenden Bauteil ab und andererseits von der Art der vor und/oder während der Bestrahlung durchzuführenden weiteren Bearbeitung des Bauteils.

[0020] Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem die zu erwärmende bzw. vorzuwärmende Turbinenschaufel 10 aus vier Richtungen über Lasereinrichtungen bestrahlt wird. So visualisieren erste Pfeile 17 eine erste Bestrahlungsrichtung, zweite Pfeile 18 eine zweite Bestrahlungsrichtung und dritte bzw. vierte Pfeile 19 bzw. 20 dritte und vierte Bestrahlungsrichtungen. Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 3 sind die Anstellwinkel, mit welchem die Laserstrahlen auf die Oberflächen der zu erwärmenden Turbinenschaufel 10 auftreffen, an die Kontur der entsprechenden Oberflächen angepasst. So zeigt Fig. 3, dass die Laserstrahlen im Sinne der ersten Pfeile 17 mit einem anderen Winkel auf die Turbinenschaufel 10 auftreffen als die Laserstrahlen im Sinne der zweiten Pfeile 18. Durch die Anpassung der Anstellwinkel der Lasereinrichtungen in Bezug auf die jeweilige Oberfläche der zu erwärmenden Turbinenschaufel 10 lässt sich nochmals die Homogenität der Energieeinbringung bzw. Erwärmung der Turbinenschaufel 10 verbessern.

[0021] Allen Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 1 bis 3 ist demnach gemeinsam, dass die Erwärmung der Turbinenschaufel 10 durch die Verwendung von Lasereinrichtungen als Energiequellen erfolgt. Die Energieeinbringung auf die zu erwärmende Turbinenschaufel 10 erfolgt demnach berührungslos über die Oberflächen der Turbinenschaufel 10.

[0022] Es liegt weiterhin im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, dass die Erwärmung bzw. Vorwärmung der Turbinenschaufel 10 und damit die an den jeweiligen Oberflächen der Turbinenschaufel 10 erzielten Temperaturen berührungslos über die Oberflächen gemessen werden. Diese berührungslose Messung erfolgt unter Einsatz eines oder mehrerer Pyrometer. Für jede Bestrahlungsrichtung bzw. für jede zu bestrahlende bzw.

zu erwärmende Oberfläche der Turbinenschaufel 10 kommt dabei vorzugsweise ein Pyrometer zur Temperaturkontrolle zum Einsatz. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 würden demnach zwei Pyrometer und in den Ausführungsbeispielen gemäß Figs. 3 und 4 jeweils vier Pyrometer zur Temperaturmessung an den jeweiligen Oberflächen verwendet. Daraus folgt unmittelbar, dass nicht nur die Energieeinbringung sondern auch die Temperaturmessung berührungslos über die Oberflächen der Turbinenschaufel 10 erfolgt.

[0023] Die mithilfe der berührungslosen Temperaturmessung überwachte Erwärmung bzw. Vorwärmung des Bauteils wird zu einer Regelung der Erwärmung der Turbinenschaufel 10 verwendet. So liegt es im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, dass das oder jedes Pyrometer die Temperatur an der entsprechenden Oberfläche der Turbinenschaufel 10 misst und ein entsprechendes Messsignal an eine nicht-dargestellte Regeleinrichtung weitergeleitet wird. Diese Messsignale werden von der Regeleinrichtung derart weiterverarbeitet, dass ein gewünschter Temperatur-Sollwert an der entsprechenden Oberfläche erzielt wird. Hierzu wird die Leistung der Lasereinrichtungen von der Regeleinrichtung beeinflusst. Nachdem der gewünschte Temperatur-Sollwert erreicht wurde, übernimmt die weitere Regelung der Temperatur die Leistungsansteuerung der jeweiligen Lasereinrichtung.

[0024] Wie bereits erwähnt, werden als Lasereinrichtungen vorzugsweise Diodenlaser verwendet. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung von Diodenlasern, die eine lineare Leistungsabgabe bei linearer Ansteuerung aufweisen. Besonders bevorzugt erfolgt die Erwärmung bzw. Vorwärmung bei Verwendung von Diodenlasern in einen Leistungsbereich von 200 bis 800 Watt.

[0025] Weiterhin ermöglichen Diodenlaser, dass Strahlungsenergie mit einer eng begrenzten spezifischen Wellenlänge auf die zu erwärmende Turbinenschaufel 10 eingebracht werden kann. Es können Brennweiten mit positiven, negativen und parallelen Energieausbreitungen der Laserstrahlungsenergie eingesetzt werden. Speziell bei langen Brennweiten und paralleler Energiestrahlung ist auch bei wechselnder Anordnung des zu erwärmenden Bauteils bzw. der zu erwärmenden Turbinenschaufel 10 im Strahlengang eine klar definierte Bearbeitungsfläche erzielbar. Die definierte Wellenlänge der Diodenlaser ermöglicht eine besonders gute sowie definierte Begrenzung der Energieausbreitung. Hierdurch kann die zu erwärmende Oberfläche der Turbinenschaufel 10 präzise bestrahlt und erwärmt werden. Fig. 1 bis 3 zeigen jeweils die parallele Energiestrahlung aus jeder der Bestrahlungsrichtungen.

[0026] Wie bereits mehrfach erwähnt, findet die Erwärmung der Turbinenschaufel 10 insbesondere im Zusammenhang mit einer vor und/oder während der Erwärmung durchzuführenden, weiteren Bearbeitung der Turbinenschaufel 10 statt. Eine derartige Bearbeitung, bei der eine Erwärmung bzw. Vorwärmung der Turbinenschaufel 10 erforderlich ist, ist das sogenannte Auftragschweißen

bzw. Laserstrahl-Auftragschweißen.

[0027] Das Laserstrahl-Auftragschweißen findet vor allem bei der Instandhaltung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, Verwendung und es erzeugt eine metallurgische Verbindung von Grund- und Zusatzwerkstoffen. So wird das Laserstrahl-Auftragschweißen bei der Instandhaltung im Zusammenhang mit Verschleißzonen an Turbinenschaufeln benutzt, wobei es sich bei den Verschleißzonen in erster Linie um die Stirnflächen der Turbinenschaufeln von Hochdruckturbinen handelt. Bei einem derartigen Laserstrahl-Auftragschweißen kann das erfindungsgemäße Verfahren zur Erwärmung bzw. Vorwärmung von Turbinenschaufeln 10 besonders vorteilhaft eingesetzt werden. So dient beim Laserstrahl-Auftragschweißen das erfindungsgemäße Verfahren der Vorwärmung des Grundwerkstoffs bzw. der instandzuhaltenden Turbinenschaufel. Diese werden, wie oben im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben, unter Verwendung von Diodenlasern erwärmt. Bei der Ausnutzung des erfindungsgemäßen Verfahrens im Zusammenhang mit dem Laser-Auftragschweißen hat sich gezeigt, dass mit Diodenlasern, die bei ca. 700 W betrieben werden, ein Temperatur-Sollwert von ca. 950 °C nach einer mittleren Aufwärmzeit von 30 s erreicht werden kann. Mit dem Laser-Auftragschweißungen kann nach 40 s begonnen werden, wobei die Zeitdifferenz von 10 s der Homogenisierung des Temperaturverlaufs innerhalb der zu bearbeitenden Turbinenschaufel dient. Zum eigentlichen Laser-Auftragschweißen werden dann separate Lasereinrichtungen verwendet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erwärmung von Bauteilen, insbesondere von Bauteilen von Gasturbinen, vor und/oder während einer weiteren Bearbeitung derselben in Form eines Laser-Auftragschweißens, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erwärmung als Energiequelle mindestens eine Lasereinrichtung verwendet wird, wobei für das Laser-Auftragschweißen eine separate Lasereinrichtung zum Einsatz kommt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil zumindest einseitig von der oder jeder Lasereinrichtung bestrahlt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil zweiseitig aus zwei Bestrahlungsrichtungen mit Laserstrahlung bestrahlt wird, wobei vorzugsweise für jede Bestrahlungsrichtung eine Lasereinrichtung verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil allseitig aus mehreren Bestrahlungsrichtungen mit Laserstrahlung bestrahlt wird, wobei vorzugsweise für jede Bestrah-

lungsrichtung eine Lasereinrichtung verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** Anstellwinkel, mit welchen die Laserstrahlen auf die oder jede Oberfläche des zu erwärmenden Bauteils treffen, an die Kontur der entsprechenden Oberfläche angepasst werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erwärmung des Bauteils gemessen und abhängig hiervon die Erwärmung derart geregelt wird, dass die Leistung der oder jeder Lasereinrichtung zur Erzielung eines gewünschten Temperatur-Sollwerts angepasst wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erwärmung und Messung der Erwärmung des Bauteils berührungslos durchgeführt werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Lasereinrichtungen ein oder mehrere Diodenlaser verwendet werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil als Turbinenschaufel einer Gasturbine ausgebildet ist

Claims

1. Method for heating components, in particular components of gas turbines, before and/or during further processing of the same in the form of laser build-up welding, **characterised in that** at least one laser device is used for the heating as an energy source, with a separate laser device being employed for the laser build-up welding.
2. Method according to claim 1, **characterised in that** the component is irradiated at least on one side by the or each laser device.
3. Method accord to claim 1 or 2, **characterised in that** the component is irradiated with laser radiation on two sides from two irradiation directions, wherein preferably one laser device is used for each irradiation direction.
4. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the component is irradiated with laser radiation on all sides from a plurality of irradiation directions, wherein preferably one laser device is used for each irradiation direction.
5. Method according to one of claims 1 to 4, **charac-**

terised in that angles of incidence, with which the laser beams meet with the or each surface of the component that is to be heated, are adapted to the contour of the corresponding surface.

6. Method according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** the rise in temperature of the component is measured and as a function thereof the heating is regulated in such a way that the output of the or each laser device is adapted in order to achieve a desired temperature setpoint value.
7. Method according to claim 6, **characterised in that** the heating and measurement of the rise in temperature of the component are carried out in a contact-free manner.
8. Method according to one of claims 1 to 7, **characterised in that** one or more diode lasers are used as laser devices.
9. Method according to one of claims 1 to 8, **characterised in that** the component is formed as a turbine blade of a gas turbine.

Revendications

1. Procédé pour chauffer des composants, en particulier des composants de turbines à gaz, avant et/ou pendant un usinage ultérieur de ceux-ci sous la forme d'un soudage de rechargement au laser, **caractérisé en ce que** l'on utilise comme source d'énergie pour le chauffage au moins un dispositif à laser, dans lequel on utilise un dispositif à laser séparé pour le soudage de rechargement au laser.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le composant est illuminé au moins sur un côté par le ou chaque dispositif à laser.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le composant est illuminé sur deux côtés par rayonnement laser émanant de deux directions d'illumination, dans lequel on utilise de préférence un dispositif à laser pour chaque direction d'illumination.
4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le composant est illuminé sur plusieurs côtés par rayonnement laser émanant de plusieurs directions d'illumination, dans lequel on utilise de préférence un dispositif à laser pour chaque direction d'illumination.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'on adapte les angles d'incidence, avec lesquels les rayons laser arrivent

sur la ou chaque surface du composant à chauffer,
au contour de la surface correspondante.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'on mesure le chauffage du composant et on le régule en fonction de cette mesure, de telle manière que la puissance du ou de chaque dispositif à laser soit adaptée à l'obtention de la valeur de consigne de la température désirée. 5 10
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'on effectue le chauffage et à mesure du chauffage du composant sans contact. 15
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** l'on utilise comme dispositifs à laser un ou plusieurs laser(s) à diode. 20
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le composant est réalisé sous la forme d'une aube de turbine d'une turbine à gaz. 25

30

35

40

45

50

55

60

65

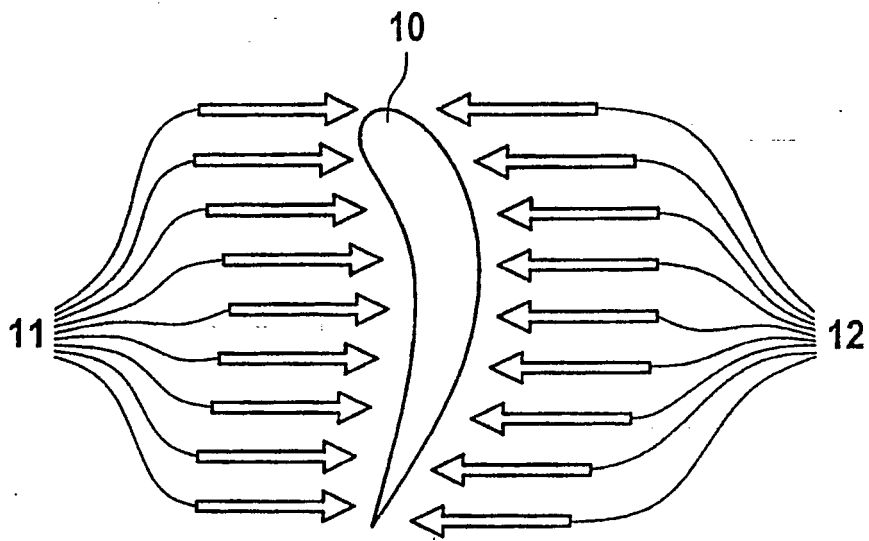


Fig. 1

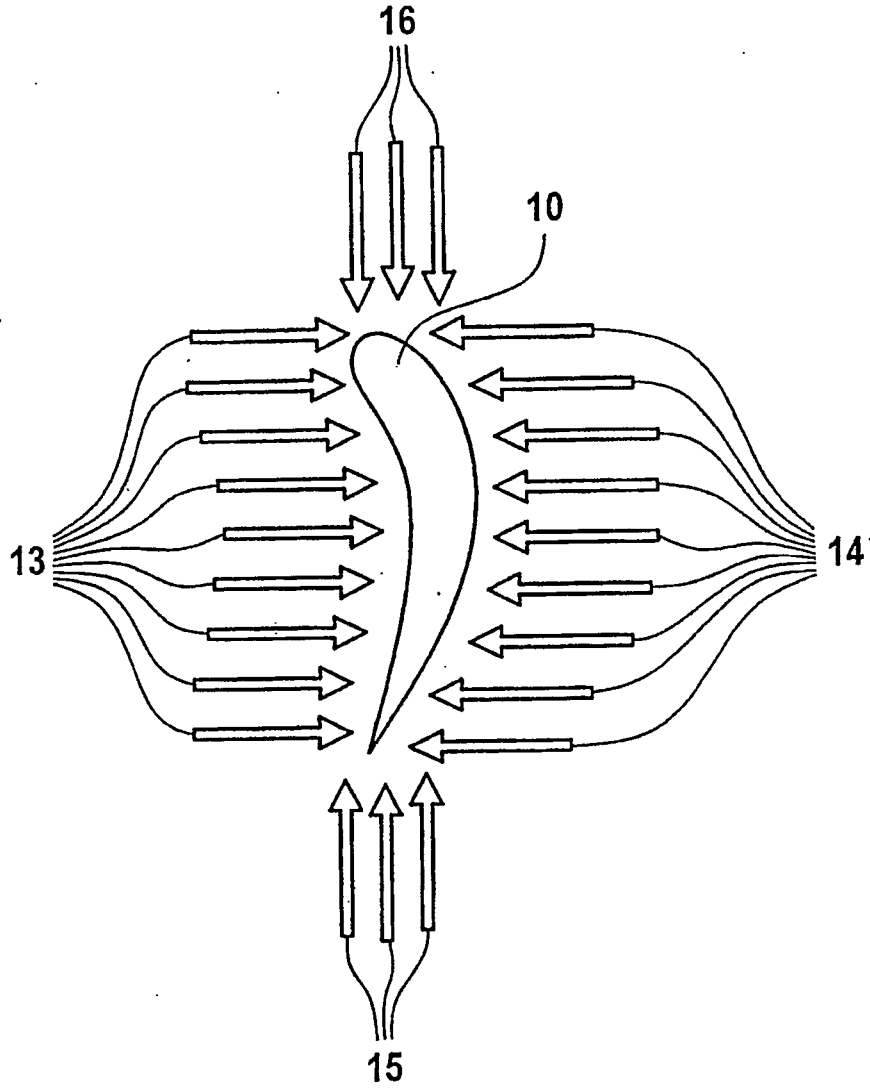


Fig. 2

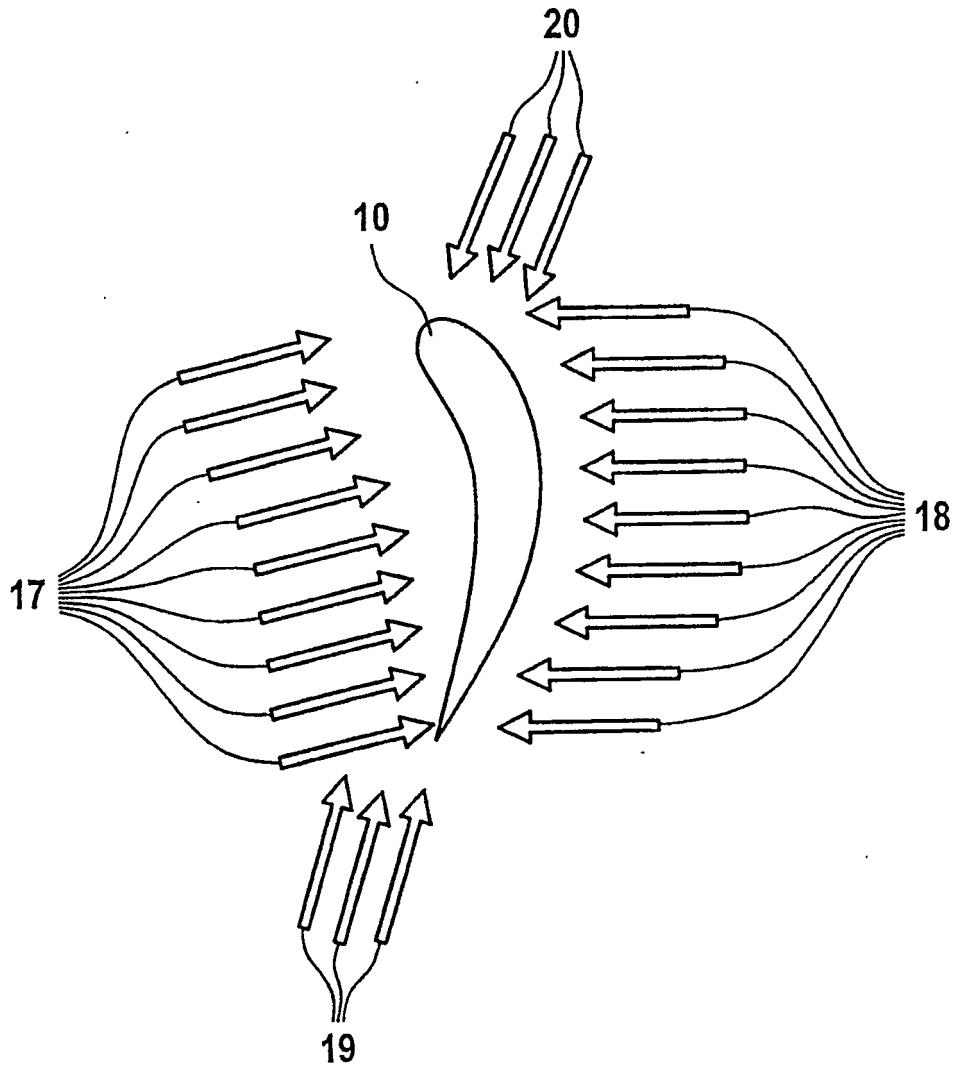


Fig. 3

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

- DE 19720652 A [0005]
- US 5701669 A [0006]