



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 001 315 A1** 2004.07.22

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 001 315.2**

(22) Anmeldetag: **07.01.2004**

(43) Offenlegungstag: **22.07.2004**

(51) Int Cl.7: **B23K 9/04**

B23K 9/095, B23K 9/235

(30) Unionspriorität:

10/248323 09.01.2003 US

(74) Vertreter:

Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(71) Anmelder:

General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

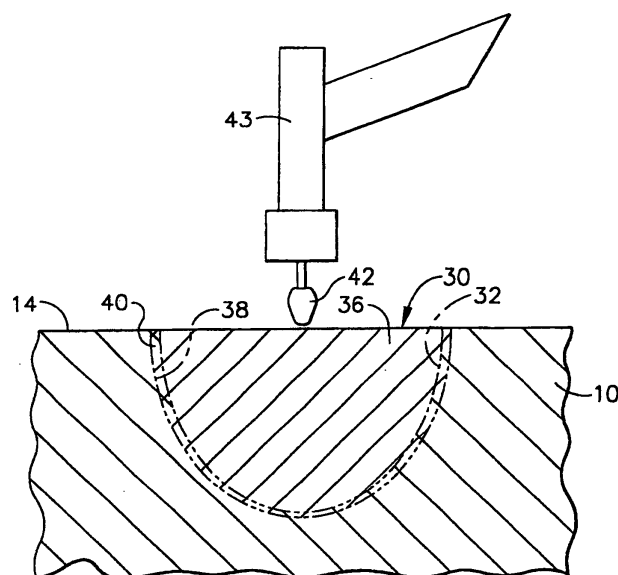
(72) Erfinder:

Murphy, John Thomas, Niskayuna, N.Y., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Reparaturschweißen einer Komponente und damit reparierte Komponente**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Reparieren (Ausbessern) einer Metalllegierungskomponente (10) und die sich daraus ergebende reparierte Komponente (10). Das Verfahren beinhaltet die Bearbeitung der Komponentenoberfläche (10), um einen Defekt (12) zu entfernen, und daran anschließend das Einbringen eines Füllmaterialeinsatzes (30) in den sich ergebenden Oberflächenhohlraum (32), wobei die Größe und Gestalt des Füllmaterialeinsatzes so vorbestimmt sind, dass der Schweißvorgang derart ausgeführt werden kann, dass der Einsatz (30) vollständig geschmolzen wird, während das Anschmelzen der Komponente (10) in unmittelbarer Umgebung des Einsatzes (30) auf ein Minimum reduziert wird. Dadurch tritt lediglich eine minimale Vermischung zwischen dem Material des Einsatzes (30) und jenem der Komponente (10) auf, wodurch die Gefahr einer Rissbildung anschließend an den Schweißvorgang verringert wird.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

(1) Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Verfahren zum Reparaturschweißen von Metalllegierungen, insbesondere solchen, die zum Einsatz in einer Hochtemperaturumgebung einer Gasturbine geeignet sind. Mehr im Einzelnen betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Durchführung einer kontrollierten Schweißreparatur eines Schadens in einer aus einer solchen Legierung bestehenden Komponente, wobei das Verfahren das Verschmelzen der Legierung mit einem zum Reparieren des Schadens verwendeten Füll- oder Zusatzmaterial auf ein Minimum reduziert.

(2) Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Heißbereichskomponenten einer Gasturbine, wie Schaufeln (Laufschaufeln), Leitschaufeln (Düsen) und Brennkammern bestehen typischerweise aus Nickel-, Kobalt- und Eisenbasis-Superlegierungen (super alloys), die sich durch die jeweils erforderlichen mechanischen Eigenschaften bei den Turbinenbetriebstemperaturen auszeichnen. Diese Komponenten werden typischerweise in Form von Gussstücken eingesetzt und können deshalb punktförmige Schäden oder Defekte z.B. keramische Einschlüsse, Poren, etc., aber auch kleine linienförmige Defekte oder Schäden aufweisen, die eine Reparatur (Ausbesserung) erforderlich machen. Es wurden schon verschiedene Schweißtechniken entwickelt, die diese Schäden reparieren können, einschließlich Wolfram-Inertgas (WIG; TIG) – und Plasmalichtbogen (PL; PTA) Schweißverfahren, die aber sorgfältig durchgeführt werden müssen, um brauchbare Schweißergebnisse zu erzielen und sicherzustellen, dass die mechanischen Eigenschaften der Superlegierung erhalten bleiben. Dabei werden insbesondere verhältnismäßig einfache andere Reparaturmethoden wie etwa WIG (TIG) mit einem Füll- oder Zusatzmaterial verwendet, die von den Gusslieferanten leicht umgesetzt werden können.

[0003] Es ist bekannt, dass das Schweißen ein örtliches Aufschmelzen und eine Wiederverfestigung beinhaltet. Um eine Rissbildung zu vermeiden, muss eine durch Schweißen zu reparierende Legierung so duktil sein, dass sie die beim Schweißen auftretenden Wärmespannungen aufnehmen kann. Die bei Gasturbinen verwendeten warmfesten Materialien sind aber von sich aus gegen Verformung widerstandsfähig, so dass Füll- oder Zusatzmaterialien der gleichen Legierung wie der der zu reparierenden Komponente bei Raumtemperaturen nur schwierig zu benutzen sind. Demgemäß werden zur Reparatur von Superlegierungskomponenten häufig duktilere Legierungen als die Haupt- oder Grundlegierung verwendet. Eine Schwierigkeit, die bei der Verwendung

eines duktilen Füll- oder Zusatzmaterials zur Reparatur einer Superlegierungskomponente auftritt, besteht darin, dass das Verhältnis des Füllmaterials zu dem Haupt- oder Ausgangsmaterial bei von Hand durchgeführten Verfahren, wie WIG (TIG) nur schwer zu kontrollieren ist. WIG (TIG) Schweißungen von Superlegierungen und anderen schwer zu schweißenden Legierungen leiden wegen übermäßigen Einschmelzens von Grundmaterial in das Schmelzbad aus Füll- oder Zusatzmaterial unter Rissbildung im Wurzelbereich der Schweißnaht.

[0004] In Anbetracht dieser Umstände besteht ein Bedürfnis nach einem Verfahren zur Reparatur von hochwarm-festen Metalllegierungen, bei dem ein übermäßiges Aufschmelzen des Grund- oder Ausgangsmaterials und dessen Vermischung mit dem Füll- oder Zusatzmaterial auf ein Minimum reduziert werden kann.

Kurze Zusammenfassung der Erfindung

[0005] Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zum Reparieren einer Metalllegierungskomponente, wie etwa einer Superlegierungskomponente einer Gasturbine und die sich daraus ergebende reparierte Komponente. Das Verfahren verwendet einen Füllmaterialeinsatz, dessen Größe und Gestalt so vorbestimmt sind, dass der Schweißvorgang derart ausgeführt werden kann, dass der Einsatz vollständig aufgeschmolzen wird, während das Schmelzen der umgebenden Metalllegierungskomponente auf ein Minimum reduziert wird. Damit tritt eine minimale Vermischung zwischen dem Einsatz und der Komponente auf, wodurch die Gefahr der Rissbildung im Anschluss an den Schweißvorgang herabgesetzt wird.

[0006] Das erfindungsgemäße Schweiß-Reparaturverfahren beinhaltet die Durchführung einer Abschätzung oder Auswertung, bei der die Entwicklung eines Schweißschmelzbads in einer Fläche eines Körpers, z.B. einer Füll- oder Zusatzmateriallegierung über die Zeit so bestimmt wird, dass die jeweilige Schmelzbadbreite, -tiefe und -gestalt für einen Satz Schweißparameter mit der Zeit korreliert wird. Sodann wird eine aus einer Metalllegierung (die die gleiche wie die des beurteilten Körpers oder eine von dieser verschiedene sein kann) bestehende Komponente, die einen Oberflächendefekt aufweist, spanabhebend bearbeitet, um den Defekt zu entfernen und einen Hohlraum in der Oberfläche zu erzeugen, der eine Weite, eine Tiefe und eine Gestalt aufweist, die im Wesentlichen gleich wie die Schmelzbadbreite, -tiefe und -gestalt ist, die mit einer Zeitdauer während der Abschätzung (Auswertung) korreliert worden ist. Der Füllmaterialeinsatz, der etwa die gleiche Weite, Tiefe und Gestalt wie der Hohlraum aufweist, wird sodann in den Hohlraum so eingesetzt, dass die Außenfläche des Füllmaterialeinsatzes der Hohlraumoberfläche gegenüber liegt. Schließlich wird der Füllmaterialeinsatz unter Verwendung des im Wesentli-

chen gleichen Satzes von Schweißparametern und während der gleichen bei der Abschätzung (Auswertung) korrelierten Zeitdauer, wie sie als Grundlage der Bemessung sowohl des Hohlraums als auch des Einsatzes benutzt worden waren, erwärmt. Als Ergebnis wird der Füllmaterialeinsatz so aufgeschmolzen dass er eine metallurgisch gebundene Schweißreparatur erzeugt, die den Hohlraum ausfüllt.

[0007] Gemäß einem bevorzugten Aspekt der Erfindung wird die Abschätzung (Auswertung) dazu verwendet, für einen gegebenen Satz von Schweißbedingungen und -parametern das Maß in dem sich eine Schmelzfront durch die Füllmateriallegierung ausbreitet oder wenigstens den jeweiligen Ort der Schmelzfront zu verschiedenen Zeitpunkten zu bestimmen. Diese Information wird dann beim Erwärmen des Füllmaterialeinsatzes so verwendet, dass die sich durch den Einsatz zu dessen Außenfläche hin ausbreitende Schmelzfront im Wesentlichen gleichzeitig an der gesamten Außenoberfläche des Füllmaterialeinsatzes ankommt. Die Erwärmung kann dann weiter fortgesetzt werden, um einen begrenzten Teil der Komponente unter der Oberfläche des Hohlraums aufzuschmelzen, derart, dass der geschmolzene Teil eine im Wesentlichen gleichmäßige Dicke aufweist, die mit Absicht so begrenzt ist, dass sie eine Vermischung zwischen dem Material des Einsatzes und dem der Komponente auf ein Minimum reduziert. Im Ergebnis kann so eine Metalllegierung, die verhältnismäßig schwer zu schweißen ist, wie etwa einer Superlegierung, mit einem Einsatz aus einer Legierung, die duktiler ist und/oder einen niedrigeren Schmelzpunkt aufweist repariert werden, jedoch mit einem zufolge einer verringerten Vermischung in der Schweißnaht verkleinerten Risiko der Rissbildung bei dem Schweißvorgang.

[0008] Aus dem Vorstehenden ist zu entnehmen, dass bei dem erfindungsgemäßen Verfahren verschiedene Schweißtechniken angewandt werden können, so wie etwa Handlichtbogenschweißen oder Elektronenstrahlschweißen, wobei jeweils die gleiche Technik sowohl bei der Abschätzung (Auswertung) als auch bei dem Schweißvorgang eingesetzt wird, so dass die Schweißparameter dazu verwendet werden können, das Maß des Aufschmelzens genau zu kontrollieren oder zu steuern, das während des Schweißreparaturvorgangs auftritt. Darüberhinaus kann die Abschätzung (Auswertung) einer Metalllegierung so vorgenommen werden, dass mehrere Schmelzbadweiten, -tiefen und -gestalten bei einem oder mehreren Sätzen von Schweißparametern mit mehreren Zeitdauern korreliert werden. Es können dann Mehrfach-Fülleinsätze ausgebildet werden, die näherungsweise die jeweilige Weite, Tiefe und Gestalt aufweisen, welche bei der Abschätzung (Auswertung) ermittelt worden ist, so dass abhängig von der Größe des zu reparierenden Defektes jeweils ein spezieller Füllmaterialeinsatz ausgewählt werden kann. Das erfindungsgemäße Reparaturverfahren ist von sich aus in hohem Maße geeignet zum Ausfüllen

von Rissen, Porositäten, Gussnarben und anderen Oberflächenlöchern oder -schäden, die in einer Metalllegierungskomponente vorhanden sein können, wobei die Zusammensetzung des Füllmaterialeinsatzes maßgerecht so gewählt werden kann, dass sie die Zusammensetzung der zu reparierenden Komponente komplementiert, so dass sich eine hoch beanspruchbare, rissfreie Schweißreparatur ergibt.

[0009] Weitere Aufgaben und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0010] **Fig. 1** veranschaulicht einen bei einer Abschätzung (Auswertung) durchgeführten Schritt, durch den erfindungsgemäß die Entwicklung eines Schweißschmelzbades über die Zeit bestimmt wird,

[0011] **Fig. 2** veranschaulicht einen Punktdefekt in einer Oberfläche einer Komponente,

[0012] **Fig. 3, 4 und 5** veranschaulichen Schritte, die zur Reparatur des Defektes nach **Fig. 2** ausgeführt werden, indem Oberflächenmaterial in und rings um den Defekt abgenommen wird, um einen Hohlraum einer vorbestimmten Größe auszubilden, so dann ein entsprechend bemessener Füllmaterialeinsatz in den Hohlraum eingesetzt und schließlich ein Schweißvorgang durchgeführt wird, der so gesteuert wird, dass der Einsatz und eine begrenzte Menge der Komponente unmittelbar an den Einsatz anschließend geschmolzen werden.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0013] Die **Fig. 1 bis 5** veranschaulichen eine Folge von Schritten, die zur Reparatur einer Komponente **10** durchgeführt werden, die einen Oberflächendefekt oder Schaden **12** aufweist, wie er in **Fig. 2** dargestellt ist. Die Komponente kann aus einer Vielzahl von Metalllegierungen bestehen, einschließlich solchen, die verhältnismäßig schwer zu schweißen sind, wie etwa Nickel-, Kobalt- und Eisenbasis-Superlegierungen, die zur Herstellung von gegossenen oder geschmiedeten Komponenten von Gasturbinen verwendet werden. Wenn die Komponente **10** ein Gussteil ist, ist der Defekt **12** typischerweise ein Punktdefekt, wie etwa ein keramischer Einschluss, eine Pore, etc., wenngleich der Defekt **12** stattdessen naturgemäß ein linienförmiger Defekt sein kann.

[0014] Unter Veranschaulichung eines ersten Schrittes der Erfindung zeigt **Fig. 1** eine Oberfläche **24** eines Metalllegierungskörpers, der mit einem von einem WIG (TIG) Schweißgerät **23** erzeugten Brennerstrahl (Lichtbogen) **22** so erwärmt wird, dass sich ein Schweißschmelzbad **26** entwickelt. Wie zu erwarten, entwickelt sich das Schmelzbad **26** in Abhängigkeit von der Zeit längs einer Schweißschmelzfront **28**, die sich von einer dem Brennerstrahl **22** nächst gelegenen Stelle aus, radial nach außen und unten, durch den Körper **20** ausbreitet. Die endgültige Größe und

Gestalt des Schweißschmelzbades **26** fällt mit der größten Ausdehnung der Schmelzfront **28** in dem Zeitpunkt zusammen, in dem der Brennerstrahl **22** gelöscht wird. Für die Abschätzung oder Auswertung werden, ebenso wie die verwendeten Schweißparameter, die Ausbreitung der Schmelzfront **28** und deshalb die Größe (Breite und Tiefe) und die Gestalt des Schmelzbades **26** in Abhängigkeit von der Zeit aufgezeichnet. Abhängig von der speziellen Art der jeweils verwendeten Schweißtechnik beinhalten derartige Parameter den Schweißstrom, die Verwendung von Flussmitteln, die Lage des Brennerstrahls **22** bezüglich der Oberfläche **24**, etc. wie dies dem Fachmann geläufig ist.

[0015] Der Körper **20** ist vorzugsweise aus der gleichen Legierung wie jener der zur reparierenden Komponente **10** ausgebildet, wengleich, wie dies aus der nachfolgenden Erörterung noch hervorgeht, der Körper **20** auch aus einem verschiedenen Material hergestellt sein kann, so lange sich die Schweißschmelzfront **28** durch den Körper in einer Weise ausbreitet, die ähnlich jener einer Schweißschmelzfront **38** ist, welche unter ähnlichen Schweißbedingungen zur Ausbreitung durch die Komponente **10** gebracht wird. Der Ausdruck „gleiche Metalllegierung“ wie er hier verwendet wird, umfasst jeweils alle Legierungen, die hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Mikrostruktur so ähnlich mit einander sind, dass sie ähnliche Schweißigenschaften aufweisen.

[0016] Unter der Annahme, dass der Körper **20** isotrope Eigenschaften aufweist, haben das Schmelzbade **26** und die Schmelzfront **28** jeweils eine im Wesentlichen kreisförmige Gestalt auf der Oberfläche **24** des Körpers **20**. Abhängig von der jeweils verwendeten Schweißtechnik können das Schweißbade **26** und die Schweißfront **28** auch eine jeweils halbkugelförmige Gestalt aufweisen, wengleich zum Reparieren vieler Oberflächendefekte, wie etwa des in **Fig. 2** dargestellten Defekts **12** typischerweise ein größeres Abmessungsverhältnis (Tiefe zu Breite) bevorzugt wird. Es werden deshalb, wenn auch verschiedene Schweißtechniken zur Ausführung der Erfindung benutzt werden können, typischerweise Elektronenstrahl- oder Laserstrahlschweißverfahren zur Reparatur von Defekten bevorzugt, die ein größeres Abmessungsverhältnis aufweisen. Unter Umständen unter denen ein Handschweißverfahren verwendet wird, können WIG (TIG)- und PLS (PTA)-Schweißverfahren eingesetzt werden. Mit der Entwicklung organischer Flussmittel kann das Abmessungsverhältnis (Tiefe zu Breite) eines durch WIG (TIG) ausgebildeten Schweißschmelzbades bis zu 300 vergrößert werden, womit WIG (TIG) ein geeigneter Wahlpartner für viele Arten von Defekten wird. Bei der in **Fig. 1** dargestellten WIG (TIG) Technik wird der Lichtbogen in der WIG (TIG) Maschine mit Vorzug in dem sogenannten Paneelseimodus gezündet, wobei der Lichtbogenstrom anschließend konstant gehalten wird.

[0017] Eine geeignete technische Vorgangsweise zur Beobachtung der Ausbreitung der Schmelzfront

28 und der Größe des Schmelzbades **26** ist eine metallographische Schnitttechnik. Bei der in **Fig. 1** veranschaulichten Abschätzung oder Auswertung kann eine Datenbank aufgestellt werden, mit der die Größe und Gestalt des Schmelzbades **26** für die jeweils verwendete Schweißtechnik und die jeweils verwendeten Parameter für jede Zahl von Schweißzeiten aufgezeichnet werden kann, wobei die Größe und Gestalt des jeweiligen Schmelzbades **26** und der damit korrelierten Schweißzeitdauer katalogisiert werden. Unter Verwendung der gleichen Technik kann die Datenbank so erweitert werden, dass sie die mit der jeweiligen Schweißzeitdauer korrelierten Schmelzbadgrößen und -gestalten für eine Vielzahl verschiedener Legierungen, Schweißtechniken und Parameter beinhaltet.

[0018] In **Fig. 2** ist ein den Defekt **12** umgebender Oberflächenbereich **16** der Komponente **10** dargestellt. Um den ganzen Defekt **12** zu umfassen, sind Größe und Gestalt des durch die Grenzlinie **18** begrenzten Oberflächenbereichs **16** ziemlich genau gleich wie bei dem Schmelzbade **26** bei der größten Ausdehnung der Schweißschmelzfront **28** in **Fig. 1**. Der Oberflächenbereich **16** ist zur Beseitigung bestimmt, wodurch der Defekt **12** von der Oberfläche **14** der Komponente **10** entfernt wird, so dass sich eine in **Fig. 3** dargestellte Hohlraum **32** ergibt. Zur Entfernung des Oberflächenbereichs **16** können verschiedene Techniken verwendet werden, einschließlich des Einsatzes von Druckluftwerkzeugen, die mit Hartmetallschneidwerkzeugen ausgerüstet sind, um den Hohlraum **32** auszuschuppen, woran sich die Verwendung eines genauen Schlichtschneidwerkzeugs anschließt, so dass die Größe (Breite und Tiefe) und Gestalt des Hohlraums **32** eng jenen des Oberflächenbereichs **16** entsprechen und deshalb ziemlich genau gleich sind wie bei dem Schweißschmelzbade **26** bei dessen weitester Ausdehnung in **Fig. 1**. Zur Vorbereitung des in **Fig. 3** veranschaulichten Schweißvorgangs werden die Oberfläche **14**, die Komponente **10** und die Oberfläche des Hohlraums **32** mit Vorzug einer Oberflächenbehandlung unterzogen, um Oxide und andere Oberflächenverunreinigungen zu entfernen, die für den Schweißvorgang hinderlich sein könnten.

[0019] **Fig. 3** veranschaulicht das Einfügen eines Füllmaterialeinsatzes **30** in den in der Oberfläche **14** der Komponente **10** ausgebildeten Hohlraum **32**. Wie dargestellt, ist der Einsatz **30** im Vergleich zu dem Hohlraum **32** geringfügig unterdimensioniert. Der Einsatz **30** kann z.B. so bemessen sein, dass er zwischen der Außenoberfläche des Einsatzes **30** und jener des Hohlraums **32** ein diametrales Spiel von etwa ein bis fünf Prozent des Durchmessers des Einsatzes **30** ergibt, um dadurch das Einfügen des Einsatzes **30** in den Hohlraum **32** zu erleichtern. Erfindungsgemäß gehören zu geeigneten Materialien für den Einsatz **30** Legierungen, die mechanische und thermische Eigenschaften aufweisen, welche mit jenen des Materials der Komponente **10** vergleichbar

sind, z.B. eine Legierung auf Nickelbasis, wenn die Komponente **10** aus einer Superlegierung auf Nickelbasis besteht. In diesem Sinne kann der Einsatz **30** als aus der gleichen Metalllegierung wie die Komponente **10** bestehend betrachtet werden, weil, so lange gleiche Schweißbedingungen verwendet werden, eine Schweißschmelzfront **38** (Fig. 4) sich durch den Einsatz **30** in ähnlicher Weise wie die Schweißschmelzfront **28** ausbreiten wird, die sich bei der Abschätzung oder Auswertung durch den Körper **20** ausbreitet. Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist der Einsatz **30** so abgewandelt, dass er duktiler ist und eine niedrigere Schmelztemperatur als die Legierung der Komponente **10** aufweist. Wie an sich bekannt, gehören zu dazu geeigneten Legierungsbestandteilen Bor und Silicium.

[0020] Fig. 4 veranschaulicht den Vorgang des Verschweißens des Einsatzes **30** mit der Komponente **10** durch Erwärmen des Einsatzes **30** mit einem Brennerstrahl **42**, der unter den im Wesentlichen gleichen Parametern arbeitet wie sie zur Durchführung der in Fig. 1 veranschaulichten Ausgangsabschätzung oder -auswertung verwendet worden sind. Um unter in weitem Maße veränderlichen Bedingungen eine konsistente Anordnung des Brennerstrahls **42** bezüglich der Komponentenoberfläche **14** sicher zu stellen, ist das WIG (TIG) Schweißgerät **43**, wie dargestellt, auf einem starren Träger **44** angeordnet. Wie bei dem Körper **20** der Fig. 1 hat sich in dem Einsatz **30** zufolge der von einer dem Brennerstrahl **42** nächstgelegenen Stelle durch den Einsatz **30** nach außen fortschreitenden Ausbreitung der Schweißschmelzfront **38** in dem Einsatz **30** ein Schweißschmelzbad **30** ausgebildet. Mit den bei der Abschätzung oder Auswertung des Körpers **20** akquirierten Daten können die Größe und Gestalt der Schweißschmelzfront **38** zu jedem gegebenen Zeitpunkt auf der Basis der Zeit genau bestimmt werden, die seit dem Beginn des Schweißvorgangs verstrichen ist. Da die Größe des Einsatzes **30** bekannt ist, kann darüber hinaus die Zeit, die die Schmelzfront **38** benötigt um die Außenoberfläche des Einsatzes **30** zu erreichen, ebenfalls genau vorhergesagt werden. Schließlich kann, da die Größe und Gestalt des Einsatzes **30** und die Lage des Brennerstrahls **42** mit der Größe und Gestalt des Schmelzbades **26** bzw. der Brennerstrahlage der Fig. 1 zusammenfallen, der Schmelzvorgang so durchgeführt werden, dass die Schmelzfront **38** an der gesamten Außenoberfläche **34** des Einsatzes **30** fast gleichzeitig ankommt.

[0021] Entsprechend einem in Fig. 5 dargestellten bevorzugten Gesichtspunkt der Erfindung kann sich die Schmelzfront **38** bis zu einer im Wesentlichen gleichmäßigen Tiefe in die Oberfläche des Hohlraumes **32** hinein ausbreiten, so dass das Schmelzbad **38** nicht nur den Einsatz **30** aufzehrt, sondern auch in einen begrenzten Bereich **40** der Komponente **10** unterhalb der Hohlraumoberfläche vordringt, derart, dass eine metallurgische Verbindung zwischen dem Einsatz **30** und der Komponente **10** hergestellt wird.

Zu diesem Zwecke wird der Brennerstrahl **42** eine sehr beschränkte Zeitdauer über die zur Ausbildung des Schmelzbades **26** in Fig. 1 erforderliche Zeit hinaus einwirken lassen, so dass ein minimales Anschmelzen der Komponente **10** auftritt und sich damit auch eine minimale Vermischung zwischen den Materialien der Komponente **10** und des Einsatzes **30** einstellt. Durch Minimierung dieser Vermischung wird das Auftreten einer Rissbildung während der Abkühlung vom Schweißen und eine sich daran anschließende alterungsbedingte Rissbildung bei Beanspruchung wesentlich herabgesetzt.

[0022] Anschließend an den Schweißvorgang wird die Komponente **10** in gebräuchlicher Weise so abkühlen lassen, dass die Gefahr einer von der Schweißung herrührenden Rissbildung weiter verringert wird. Entsprechend der üblichen Praxis kann die Komponente **10** einer sich an das Schweißen anschließenden Wärmebehandlung unterzogen werden, um ein durch Wärmeeinwirkung beeinträchtigtes Gebiet (heat affected zone HAZ) spannungsfrei zu machen, das sich in der Komponente **10** anschließend an den Einsatz **10** ausgebildet haben kann, der nun in Form einer Schweißstelle vorliegt, die den Teil **40** der Komponente **10** beinhaltet, der beim Schweißen aufgeschmolzen worden war. Schließlich kann erforderlichenfalls die Oberfläche **14** der Komponente **10** unter Verwendung jeder geeigneten Technik behandelt werden, um überschüssiges Füllmaterial oder irgendwelche Oberflächenbeeinträchtigungen zu entfernen, die von dem Schweißvorgang zurückgeblieben sind.

[0023] Aus dem Vorstehenden geht hervor, dass das erfindungsgemäße Reparaturverfahren sich dazu anbietet einen großen Katalog von Einsätzen für die Reparatur einer Vielzahl von Legierungen und Defekten unterschiedlicher Größe aufzustellen, indem die Legierungen einzeln abgeschätzt oder beurteilt werden, so dass vielfältige Schmelzbadbreiten, -tiefen und -gestalten mit entsprechend vielen Schweißzeiten und ggfs. für eine Vielzahl von Schweißtechniken und -parameter korreliert sind. Basierend auf diesen Daten können dann Füllmaterialien ausgebildet werden, die näherungsweise die jeweils gleiche identifizierte und mit der jeweiligen Schweißzeit korrelierte Breite, Tiefe und Gestalt aufweisen, derart, dass abhängig von der zu reparierenden Legierung, der Größe des Defekts in der Legierung und der verwendeten Schweißtechnik aus der Auswahl von Einsätzen jeweils ein spezieller Einsatz ausgewählt werden kann. Da das erfindungsgemäße Reparaturverfahren die Mischung des Einsatzes mit der Haupt- oder Grundlegierung der Komponente auf ein Minimum reduziert, sind die nachteiligen Auswirkungen einer Vermischung verringert, wobei die Einsätze auch an sich aus einer Anzahl von Füllmaterialien hergestellt werden können, zu denen Legierungen gehören, die mit der zu reparierenden Legierung sonst verhältnismäßig inkompatibel wären.

[0024] Wenngleich die Erfindung anhand eine be-

vorzugten Ausführungsform beschrieben wurde, so versteht sich doch, dass der Fachmann sie auch in anderer Weise ausführen könnte. Deshalb ist der Schutzzumfang der Erfindung lediglich durch die nachfolgenden Patentansprüche begrenzt.

Patentansprüche

1. Reparaturschweißverfahren, das die folgenden Schritte beinhaltet:

- Bestimmung der Entwicklung eines Schweißschmelzbades (26) in Abhängigkeit von der Zeit in einer Oberfläche (24) eines aus einer Metalllegierung bestehenden Körpers (20), wobei die Schweißbadbreite, -tiefe und -gestalt für einen Satz Schweißparameter mit der Zeit korreliert werden;
- Entfernen eines Defekts (12) in einer Oberfläche (14) einer Komponente (10), die aus einer Metalllegierung besteht, welche die gleiche wie die Metalllegierung des Körpers (20) oder eine davon verschiedene Legierung sein kann, wobei die Entfernung des Defekts (12) einen Hohlraum (32) in der Oberfläche (14) mit einer Breite, Tiefe und Gestalt erzeugt, die im Wesentlichen gleich sind wie die Schmelzbadbreite, -tiefe und -gestalt, die während des Bestimmungsschrittes mit einer Zeitdauer korreliert worden ist;
- Einsetzen eines Füllmaterialeinsatzes (30) in den Hohlraum (32), der im Wesentlichen die gleiche Breite, Tiefe und Gestalt wie der Hohlraum (32) aufweist, so dass die Außenoberfläche (34) des Füllmaterialeinsatzes (30) einer Oberfläche des Hohlraums (32) gegenüber liegt; und anschließend
- Erwärmen des Füllmaterialeinsatzes unter Verwendung des Satzes von Schweißparametern und während der bei dem Bestimmungsschritt korrelierten Zeitdauer, um den Füllmaterialeinsatz (30) zu schmelzen und eine metallurgisch verbundene Schweißausbesserung auszubilden, die den Hohlraum (32) ausfüllt.

2. Reparaturschweißverfahren nach Anspruch 1, bei dem während des Erwärmungsschrittes sich eine Schmelzfront (38) durch den Füllmaterialeinsatz (30) zu der Außenoberfläche (34) des Füllmaterialeinsatzes (30) hin ausbreitet und im Wesentlichen gleichzeitig an der gesamten Außenoberfläche (34) des Füllmaterialeinsatzes (30) ankommt.

3. Reparaturschweißverfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem während des Erwärmungsschrittes ein Bereich (40) der Komponente (10) unter der Oberfläche des Hohlraums (32) ebenfalls angeschmolzen wird, wobei der Bereich (40) eine im Wesentlichen gleichmäßige Dicke aufweist.

4. Reparaturschweißverfahren nach Anspruch 1, bei dem der Bestimmungs- und der Erwärmungsschritt mit einem Lichtbogenschweißgerät (23, 43) oder einem hochenergetischen Strahl durchgeführt werden.

5. Reparaturschweißverfahren nach Anspruch 1, bei dem die Metalllegierung der Komponente (10) eine Superlegierung (super alloy) ist.

6. Reparaturschweißverfahren nach Anspruch 1, bei dem der Bestimmungsschritt das Korrelieren mehrere Schmelzbadbreiten, -tiefen und -gestalten mit mehreren Zeitdauern für den Satz von Schweißparametern beinhaltet.

7. Reparaturschweißverfahren nach Anspruch 6, bei dem der Füllmaterialeinsatz (30) einer Anzahl von Füllmaterialeinsätzen (30) ist, die mit jeweils einer Breite, Tiefe und Gestalt ausgebildet sind, welche näherungsweise jeweils einer der mehreren Schmelzbadbreiten, -tiefen und -gestalten für den Satz von Schweißparametern entspricht, wobei das Verfahren außerdem den Schritt des Auswählens des jeweiligen Füllmaterialeinsatzes (30) aus der Mehrzahl der Füllmaterialeinsätze (30) beinhaltet.

8. Reparaturschweißverfahren nach Anspruch 1, bei dem der Füllmaterialeinsatz (30) aus einer zweiten Metalllegierung besteht, die duktiler ist als die Metalllegierung der Komponente (10) und/oder eine niedrigere Schmelztemperatur als die Metalllegierung der Komponente (10) aufweist.

9. Reparaturschweißverfahren nach Anspruch 1, bei dem der Bestimmungsschritt die Bestimmung der zeitabhängigen Entwicklung von Schweißschmelzbädern (26) für eine Anzahl von Metalllegierungen beinhaltet, wobei die jeweilige Schmelzbadbreite, -tiefe und -gestalt bei der Mehrzahl von Metalllegierungen für eine Mehrzahl von Sätzen von Schweißparametern jeweils mit der Zeit korreliert werden.

10. Reparaturschweißverfahren nach Anspruch 1, bei dem die Metalllegierung der Komponente (10) eine Superlegierung-Gasturbinenkomponente und ein Guss- oder Schmiedeteil ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

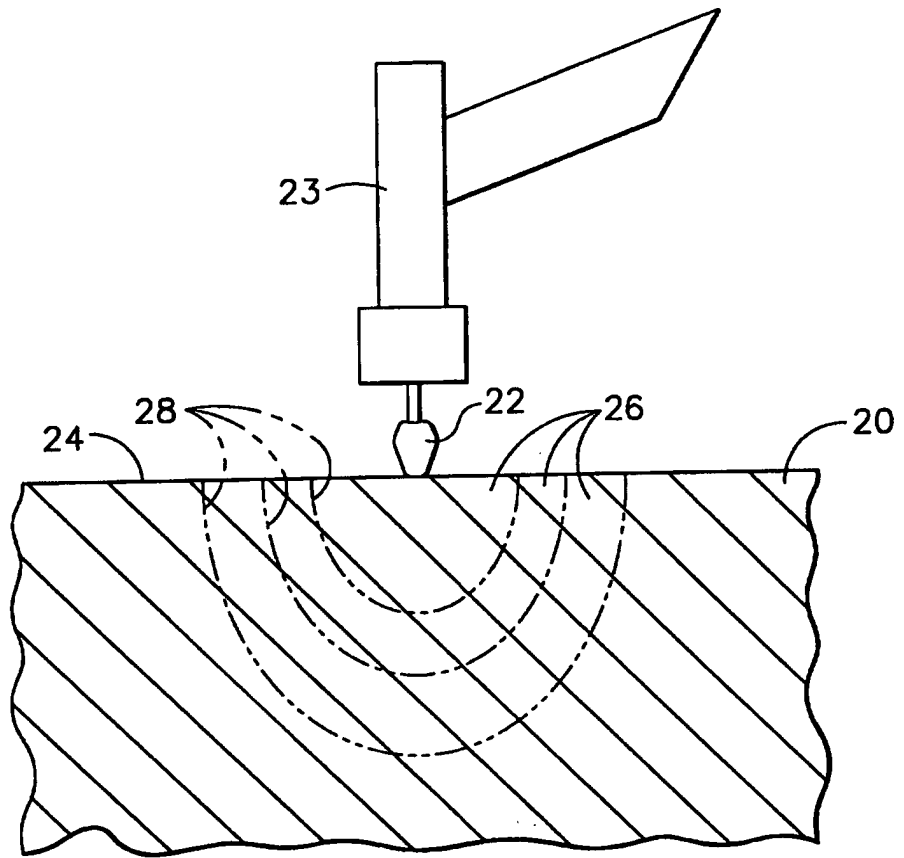


FIG. 1

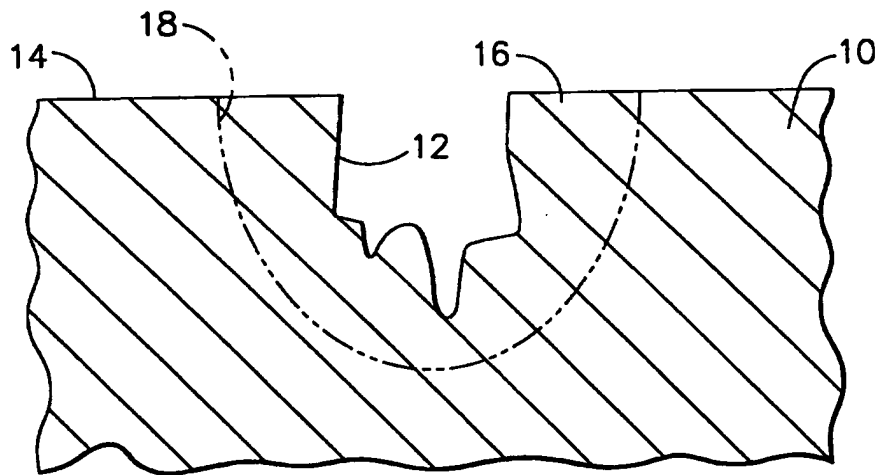


FIG. 2

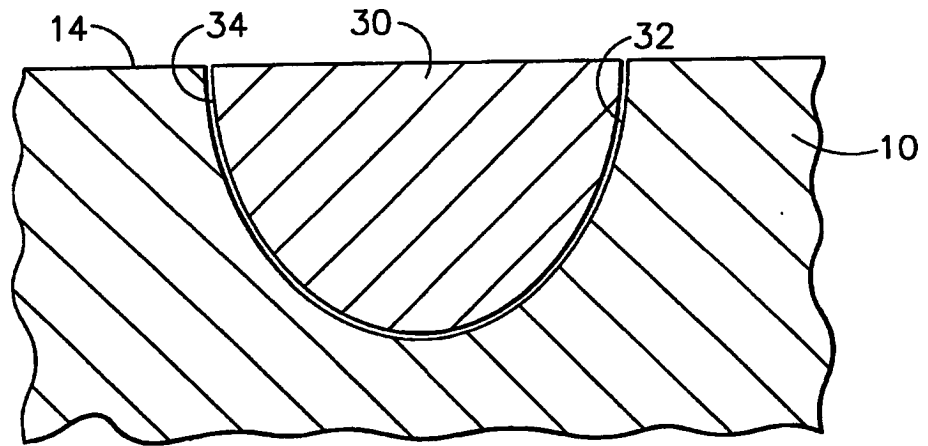


FIG. 3

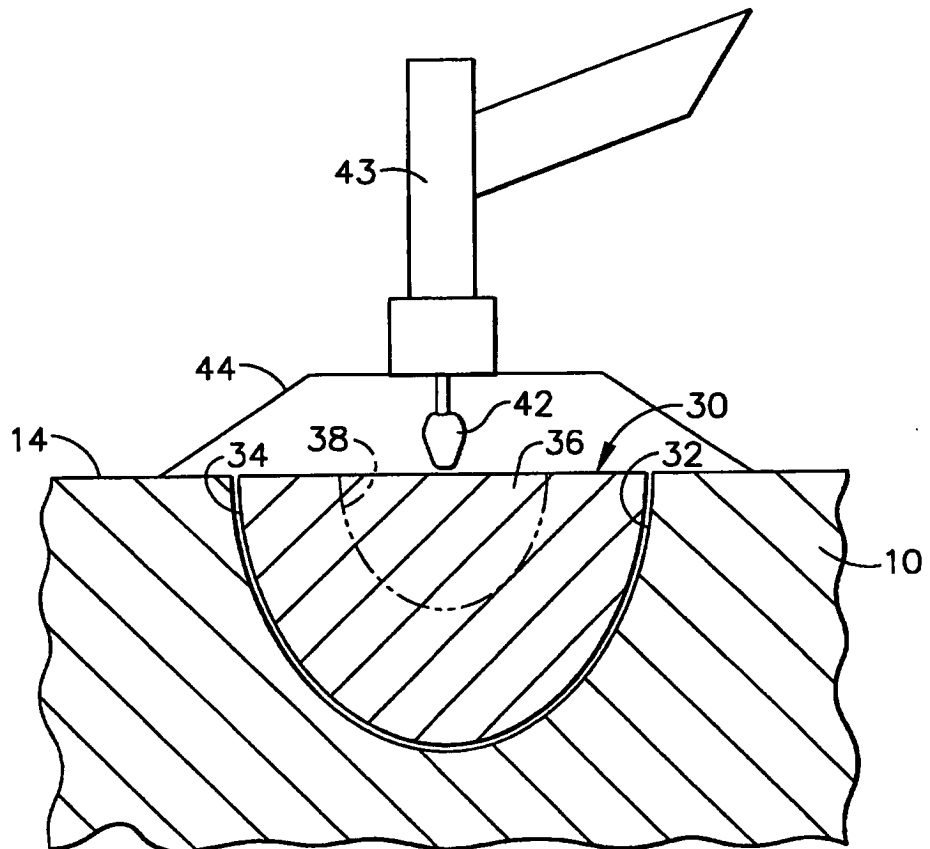


FIG. 4

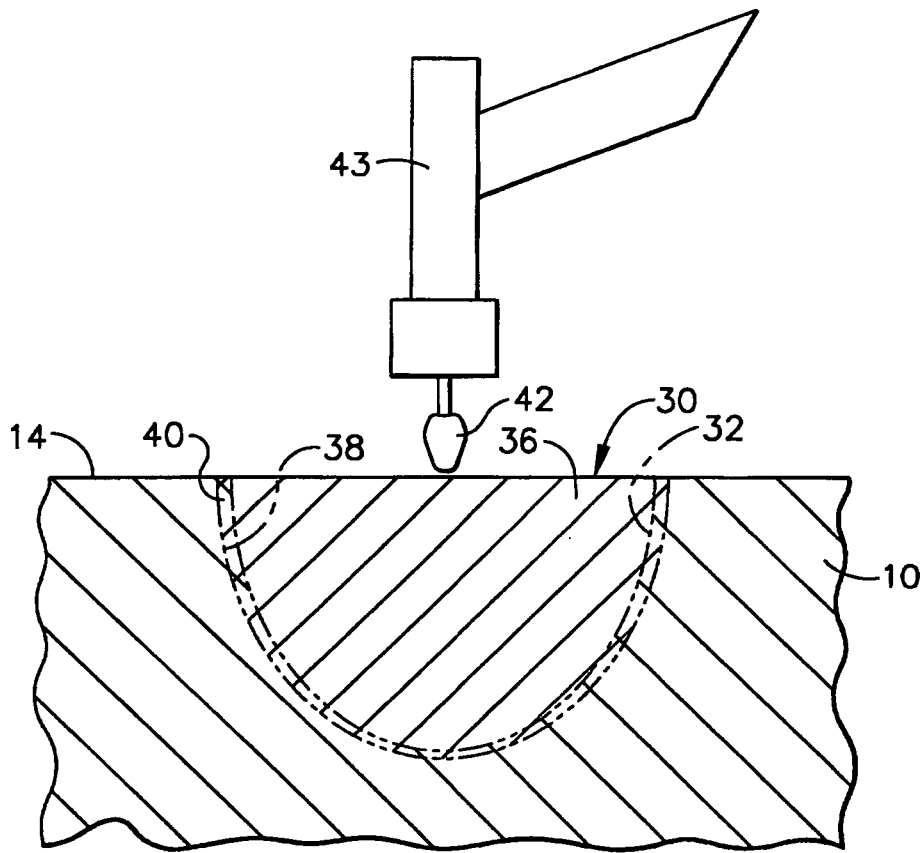


FIG. 5