



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 27 789 T2 2007.12.27

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 197 289 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 601 27 789.9

(96) Europäisches Aktenzeichen: 01 308 587.3

(96) Europäischer Anmeldetag: 08.10.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 17.04.2002

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 11.04.2007

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 27.12.2007

(51) Int Cl.⁸: **B23P 6/00 (2006.01)**

B23K 10/02 (2006.01)

B23K 9/127 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
686900 12.10.2000 US

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

(73) Patentinhaber:
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(72) Erfinder:
**Farrell, Brian Harlow, Amsterdam, New York
12010, US; Frost, Aaron Todd, Lewisville, Texas
75067, US; Morin, James Arthus, Humble, Texas
77346, US; Strusinski, Thaddeus Jan, Nassau,
New York 12123, US**

(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(54) Bezeichnung: **Aufarbeitungsvorrichtung und Reparaturverfahren für Gasturbinenkomponenten**

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 eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Aufarbeitung und Reparatur von Gasturbinenkomponenten und insbesondere eine Vorrichtung und ein Verfahren, bei denen ein mehrachsiger Schweiß-Roboterarm zum Aufarbeiten und Reparieren von Gasturbinenkomponenten zum Einsatz kommt. Das Dokument US 4 998 005 beschreibt eine Vorrichtung zur Reparatur der Spitzen von Turbinenschaufeln mit Hilfe einer Laserschweißmaschine und einem Werkstücktisch, der entlang zweier orthogonaler Achsen bewegt werden kann und ein Bildverarbeitungssystem aufweist, das Schweiß- und Laserparameter bestimmt. Das Dokument EP 0108599 beschreibt einen an ein Bildverarbeitungssystem angeschlossenen Roboterarm zum automatischen Lichtbogenschweißen von Verbindungsstellen zwischen Oberflächen.

[0002] Auf Grund ihrer Fähigkeit, hohen Betriebstemperaturen zu widerstehen und gleichzeitig bei bis zu 80% ihrer Schmelztemperatur eine erhebliche Festigkeit zu behalten, werden bis jetzt Nickelbasis-, Kobaltbasis- und Eisenbasis-Superlegierungen in den heißen Abschnitten von Gasturbinentreibwerken verwendet. Da diese Legierungen unter solch extremen Bedingungen eingesetzt werden, sind sie im Betrieb anfällig für verschiedene Arten von Beschädigungen wie thermische Ermüdung, Oxidation, Korrosion, Kriechen usw. Aus wirtschaftlichen Beweggründen ist es häufig erwünscht, die Komponenten zu reparieren, anstatt sie zu ersetzen.

[0003] Bislang wurden manuelle Lichtbogenschweißprozesse wie Wolfram-Inertgas-(WIG), Metall-Inertgas-(MIG) und Plasma-Pulver-Schweißen (PTA) bei der Schweißreparatur von Gasturbinenkomponenten ausgeführt. Mit zunehmender Leistung der Gasturbinentreibwerke wurde jedoch der Einsatz von hochlegierten (mit erhöhtem Gamma-Wert), Nickelbasis-Superlegierungen (einschließlich gerichtet erstarrter und einkristalliner) erforderlich. Diese Legierungsklasse kommt in großgehäusigen Industriegasturbinen verbreitet zur Anwendung. Beispiele sind u. a. Legierungen wie GTD-222, IN-939, IN-738, GTD-111 (EA & DS), Mar-M-247 (DS), CMSX-4 (SC) und Rene N5 (SC). Diese Legierungen lassen sich manuell jedoch weniger gut oder sogar fast gar nicht verschweißen, da sie bis zu den höchsten Festigkeitsstufen legiert sind.

[0004] WIG-Handschweißen kann unter Einsatz von Schweißzusatzwerkstoffen wie IN-625 und Hast X in Schweißgeometrien mit geringen Einschränkungen und eines äußerst erfahrenen Schweißfachmannes erfolgreich sein. Diese Schweißzusatzwerkstoffe weisen jedoch tendenziell eine schlechtere Oxidations- und Kriechbeständigkeit bei den höheren Temperaturen auf, bei denen moderne Industriegasturbinen betrieben werden. Darüber hinaus ist es selbst

bei erfolgreichem Handschweißen schwierig, eine mehrlagige, dreidimensionale Handschweißung an der Spitze einer Turbinenschaufel (einer typischen Reparaturstelle bei der ersten Triebwerksüberholung) zu steuern. Diese geometrischen Inkonsistenzen einer Handschweißung, z. B. bei der Wanddicke einer Anstreifspitze, führen zu längeren Bearbeitungs- oder Handschleifzeiten sowie zu einem niedrigeren Yield bei nachfolgenden Inspektionsvorgängen wie der im fluoreszierenden Verfahren durchgeföhrten Rissprüfung und der Röntgeninspektion.

[0005] In einer exemplarischen Ausführungsform der Erfindung enthält eine Aufarbeitungsvorrichtung für Gasturbinenkomponenten einen benachbart zu der Gasturbinenkomponente angeordneten Roboterarm und eine an ein Ende des Roboterarms gekoppelte Schweißbrennerbaugruppe. Ein Drahtvorschubgerät wirkt mit der Schweißbrennerbaugruppe zusammen. Eine Roboterarm-Steuerungseinheit kommuniziert mit dem Roboterarm und steuert eine Position des Roboterarms relativ zu der Gasturbinenkomponente. Ein an die Roboterarm-Steuerungseinheit gekoppeltes Bildverarbeitungssystem dient zum Identifizieren der Gasturbinenkomponente, zum Definieren eines Schweißwegs gemäß der Kontur der Gasturbinenkomponente und zum Berechnen eines von dem Roboterarm zu folgenden Verfahrwegs. Das Bildverarbeitungssystem kommuniziert den Verfahrtweg an den Roboterarm. Der Schweißbrenner weist vorzugsweise einen Spannungsregler für die Bogengänge, eine Drahtvorschubführung und einen Plasmashweißbrenner auf. Der Schweißweg kann als Sinuswelle mit einer festgelegten Wellenlänge und einer festgelegten Amplitude bereitgestellt werden, um den Wärmeeintrag zu reduzieren und eine für die Gasturbinenkomponente ausreichende Schweißnahtbreite zu ermöglichen. Die Vorrichtung kann ferner eine wassergekühlte Spannvorrichtung aufweisen, die die Gasturbinenkomponente zum Schweißen sichert und eine Temperaturregelung zwischen den Schweißgängen bewirkt. Der Roboterarm ist vorzugsweise ein sechsachsiger Roboterarm.

[0006] In einer anderen exemplarischen Ausführungsform der Erfindung umfasst ein Verfahren zum Aufbereiten einer Gasturbinenkomponente folgende Schritte: Sichern der Gasturbinenkomponente, Identifizieren der Gasturbinenkomponente, Definieren eines Schweißwegs gemäß der Kontur der Gasturbinenkomponente, Berechnen eines von dem Roboterarm zu folgenden Verfahrwegs sowie Schweißen mit dem Roboterarm und der angeschlossenen Schweißbrennerbaugruppe entlang dem Schweißweg. Das Verfahren kann ferner das Schweißen mit einem aus einer Legierung bestehenden Schweißzusatzdraht umfassen. Nach dem Schritt des Schweißens kann das Verfahren folgende Schritte umfassen: das Bearbeiten der Gasturbinenkomponente auf endgültige Abmessungen, die Vakuumwärmbe-

handlung der Gasturbinenkomponente und das Prüfen der Gasturbinenkomponente. Vor dem Schritt des Sicherns kann das Verfahren den Schritt umfassen, die Gasturbinenkomponente zum Schweißen wärmezubehandeln. In diesem Zusammenhang kann der Schritt des Schweißens bei Raumtemperatur ausgeführt werden.

[0007] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Beispiels detaillierter beschrieben, wobei auf die folgenden Zeichnungen Bezug genommen wird:

[0008] [Fig. 1](#) stellt in einem Blockdiagramm die in der vorliegenden Erfindung beschriebene Vorrichtung dar, und

[0009] [Fig. 2](#) stellt in einem Flussdiagramm den von der Systemsteuerungseinheit ausgeführten Prozess dar.

[0010] Die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung enthält nach [Fig. 1](#) einen Roboterarm **12**, eine an ein Ende des Roboterarms **12** gekoppelte Schweißbrennerbaugruppe **14** und ein Drahtvorschubgerät **16**, das mit der Schweißbrennerbaugruppe **14** zusammenwirkt. Eine Roboterarm-Steuerungseinheit **18** kommuniziert mit dem Roboterarm und steuert eine Position des Roboterarms relativ zu der aufzubereitenden bzw. zu reparierenden Gasturbinekomponente. Ein Bildverarbeitungssystem **20** mit einem Videomonitor, einem Computermonitor und einem Eingabegerät, wie z. B. einer Tastatur und/oder einer Maus, ist mit der Roboterarm-Steuerungseinheit **18** verbunden. Das Bildverarbeitungssystem **20** identifiziert die Gasturbinenkomponente, definiert gemäß der Kontur der Gasturbinenkomponente einen Schweißweg und berechnet einen von dem Roboterarm **12** zu folgenden Verfahrweg. In diesem Zusammenhang ermittelt das Bildverarbeitungssystem, dass ein Objekt im Sichtfenster einen relativ großen Bereich bedeckt, und überprüft, ob das Objekt von Interesse ist, indem es das Objekt mit einem einprogrammierten Prototyp vergleicht. Zur Berechnung des Verfahrwegs wird eine für die Komponente im Fenster spezifische Kontur abgeleitet. Das Bildverarbeitungssystem **20** kommuniziert den berechneten Verfahrweg über die Roboterarm-Steuerungseinheit **18** an den Roboterarm **12**. Eine Hauptsteuerungseinheit **22** kommuniziert mit den Komponenten des Systems und enthält, wie dargestellt, konventionelle Schweißsteuerungssysteme, wie z. B. die Bogenlängensteuerung, die Drahtvorschubsteuerung, die Steuerung des Schweißbrennerimpulsgebers, die Impulsgeber-Auswahltafel und dergleichen.

[0011] Bei der Schweißbrennerbaugruppe **14** selbst kann es sich um jede verfügbare Baugruppe handeln, die für die hier beschriebene Anwendung geeignet ist. Die Schweißbrennerbaugruppe weist vorzugsweise einen Spannungsregler für die Bogenlänge,

eine Drahtvorschubführung und einen Plasmaschweißbrenner auf. Obwohl ein Plasmaschweißbrenner bevorzugt wird, können andere Schweißbrenner verwendet werden, wie z. B. ein WIG-Schweißbrenner oder dergleichen, und die Erfindung ist nicht notwendigerweise auf einen Plasmaschweißbrenner beschränkt.

[0012] Beim Definieren des Schweißwegs fügt das Bildverarbeitungssystem eine Sinuswelle mit einer festgelegten Wellenlänge und einer festgelegten Amplitude hinzu, um den Wärmeeintrag während des Schweißens zu reduzieren und eine für die zu reparierende/aufzuarbeitende Gasturbinenkomponente ausreichende Schweißnahtbreite zu ermöglichen. Optimale Einstellungen für die Wellenlänge und die Amplitude werden während der Entwicklung des Schweißparametersatzes für die betreffende Turbinenkomponente im Allgemeinen anhand der Vorfahrtsfahrgeschwindigkeit und der Komponentenwanddicke bestimmt.

[0013] Um die Gasturbinenkomponente zum Schweißen zu sichern, wird eine Spannvorrichtung **24** benachbart zu dem Roboterarm angeordnet. Jede geeignete Spannvorrichtung, wie z. B. eine wassergekühlte Spannvorrichtung, kann verwendet werden, um eine Temperaturregelung zwischen den Schweißgängen zu bewirken. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Roboterarm um einen sechsachsigen Roboterarm wie das bei Stäubli (www.staubli.com) erhältliche Modell RX130B mit der Roboterarm-Steuerungseinheit CS7B. Ein geeigneter Drahtvorschub und ein geeigneter Bogenlängenregler sind bei der Jetline Corporation of California (USA) erhältlich.

[0014] Der Schweißprozess der vorliegenden Erfindung wird vorzugsweise bei Raumtemperatur ausgeführt, wobei das System auch für das Schweißen bei höherer Temperatur geeignet ist. Zur Erleichterung des Schweißens bei Raumtemperatur kann die zu schweißende Gasturbinenkomponente einer vor dem Schweißen erfolgenden Wärmebehandlung unterzogen werden.

[0015] [Fig. 2](#) zeigt, dass die Hauptsteuerungseinheit **22** einen Steuerungsalgorithmus zum Auslösen des Roboterschweißprozesses der vorliegenden Erfindung speichert. In Schritt S1 schaltet das System die Roboter-Steuerungseinheit und ihre Peripheriegeräte ein. Softwarepakete wie AIM (Adept Information Management – eine dem Betriebssystem übergeordnete grafische Benutzerschnittstelle), Vtrajsig (von Stäubli – hilft dem Benutzer beim Erstellen und Ändern von Verfahrwegen in Bezug zu diskreten Punkten) und Anpassungsroutinen (wie z. B. angepasste Softwaremodule) werden geladen (Schritt S2). In Schritt S3 wird eine geeignete Parameterkonfiguration für die zu reparierende Komponente ausgewählt, und in Schritt S4 wird ein neues Bild des

Bildverarbeitungssystems bereitgestellt. Eine geeignete Kamera zur Erstellung des Bildes ist in diesem Zusammenhang die Panasonic MF602. Das Bildverarbeitungssystem leitet dann in Schritt S5 mit Hilfe angepasster Bildverarbeitungswerkzeuge einen geeigneten Verfahrweg ab und überprüft in Schritt S6 dynamische Verfahrwegänderungen sowie analoge/digitale E/A-Einstellungen. Die von der AIM-Software zum Strukturieren des Programmablaufs verwendeten Ablaufeinstellungen/-steuerungen werden überprüft, und in Schritt S7 wird ein Software-Problelauf ausgeführt. Schließlich wird in Schritt S8 der Roboter-Problelauf überprüft, und der Reparatur-/Aufarbeitsprozess für die Komponente wird ausgeführt.

BEISPIEL 1

[0016] Eine Turbinenschaufel der ersten Stufe wurde mit Hilfe der Vorrichtung der vorliegenden Erfindung zum Reparaturschweißen des Spitzenbereichs der Turbinenschaufel robotisch bearbeitet. Ein Schweißzusatz wurde in den Schweißprozess integriert. Jeder geeignete Schweißzusatz konnte verwendet werden. Die Schaufel wurde zur Temperaturregelung zwischen den Schweißgängen und zur Fixierung in der wassergekühlten Spannvorrichtung **24** platziert, um ein Bewegen der Schaufeln während des Schweißens zu verhindern. Die über der Schaufel montierte stationäre Kamera machte ein Bild, und das Bildverarbeitungssystem nutzte Bildpixeldaten zum Generieren eines Schweißwegs relativ zur Schaufelkontur. Anschließend wurde eine Sinuswelle mit einer Wellenlänge von 1 mm und einer Amplitude von 1,5 mm hinzugefügt. Diese Sinuswellenoszillation diente zum Reduzieren des Wärmeeintrags in das Teil sowie zum Schaffen einer Schweißnaht, die breit genug ist, um mit den endgültigen Abmessungen der Schaufel spitze nach dem Bearbeiten übereinzustimmen. Der Roboterarm **12**, zu dessen Werkzeugen am Armende ein Spannungsregler für die Bogenlänge, eine Drahtvorschubführung und ein Plamaschweißbrenner gehören, stellte zur erfolgreichen Wiederherstellung der Spitzenkontur sieben Auftragsschweißungslagen fertig. Das Teil wurde auf die endgültigen Abmessungen bearbeitet, im Vakuum bei 2050°F (1121,11°C) zwei Stunden lang wärmebehandelt, und im fluoreszierenden Verfahren auf Risse geprüft. Abgesehen von Porosität etwa 1 Zoll (2,54 cm) unterhalb der Abström kante wurden keine Indikationen (Risse, Porosität usw.) festgestellt. Das Teil wurde zudem metallurgisch auf Porosität und Mikrorisse in der Schweißnaht und/oder der WAZ geprüft. Es wurden keine schweißnahtbezogenen Defekte festgestellt.

BEISPIEL 2

[0017] Eine alternative Turbinenschaufel der ersten Stufe wurde mit Hilfe der Vorrichtung der vorliegenden Erfindung zum Reparaturschweißen des Spit-

zenbereichs der Turbinenschaufel robotisch bearbeitet. Ein Schweißzusatz wurde verwendet. Die Schaufel wurde zur Temperaturregelung zwischen den Schweißgängen und zur Fixierung in einer wassergekühlten Spannvorrichtung platziert, um ein Bewegen der Schaufeln während des Schweißens zu verhindern. Die über der Schaufel montierte stationäre Kamera machte ein Bild, und das Bildverarbeitungssystem verwendete Bildpixeldaten zum Generieren eines Schweißwegs relativ zur Schaufelkontur. Anschließend wurde eine Sinuswelle mit einer Wellenlänge von 1 mm und einer Amplitude von 1,2 mm hinzugefügt. Die Sinuswelle wurde am Ende der Schweißnaht abgeschwächt, um das Zusammenschweißen der Wände zwischen dem dritten und dem vierten Kühlloch von der Abströmkante zu ermöglichen. Diese Sinuswellenoszillation diente zur Reduzierung des Wärmeeintrags in das Teil sowie zum Schaffen einer Schweißnaht, die breit genug ist, um mit den Abmessungen der Schaufel spitze nach dem Bearbeiten übereinzustimmen. Der Roboterarm **12**, zu dessen Werkzeugen am Armende ein Spannungsregler für die Bogenlänge, eine Drahtvorschubführung und ein Plamaschweißbrenner gehören, stellte zur erfolgreichen Wiederherstellung der Spitzenkontur sieben Auftragsschweißungslagen fertig. Das Teil wurde auf die endgültigen Abmessungen bearbeitet, im Vakuum bei 2050°F (1121,11°C) zwei Stunden lang wärmebehandelt, und im fluoreszierenden Verfahren auf Risse geprüft. Abgesehen von Porosität etwa 1 Zoll (2,54 cm) unterhalb der Abströmkante wurden keine Indikationen (Risse, Porosität usw.) festgestellt. Das Teil wurde zudem metallurgisch auf Porosität und Mikrorisse in der Schweißnaht und/oder der WAZ geprüft. Es wurden keine schweißnahtbezogenen Defekte festgestellt.

[0018] Durch die Verbesserung der Wiederholbarkeit und die Senkung der Varianz von vorgelagerten Schweißreparaturvorgängen wird mit dem System und dem Verfahren der vorliegenden Erfindung der First Pass Yield (FPY) bei Inspektionsvorgängen wie der Rissprüfung nach dem fluoreszierenden Verfahren erhöht. Die einen Schweiß-Roboterarm aufweisende Vorrichtung ersetzt die vorherige Handschweißvorrichtung, die hinsichtlich der Geschwindigkeit, der Zuführung des Schweißzusatzes, der Schweißstromstärke, der Schweißstelle und der Start- und Endpunkte in der Regel inkonsistent war. Die erfindungsgemäße Vorrichtung verwendet vorzugsweise einen sechsachsigen Roboter zur präzisen Aufrechterhaltung einer Geschwindigkeit (weniger als 10 Zoll pro Minute), ein Teil- und Roboterpositionen korrelierendes Bildverarbeitungssystem (so dass für jedes einzelne Teil einen genauen Schweißweg garantiert ist) und einen Regler, der die Schweißstromstärke und den Drahtvorschub an exakten Positionen auf dem Schweißweg präzise regelt. Die integrierte Steuerung aller dieser Variablen kann die Anzahl der Prozessvarianten verringern und

den Yield pro Teil erhöhen. Durch diese Steuerung können sowohl dehnbare (IN-625, Hast X usw.) als auch passende hochfeste Schweißzusatzwerkstoffe erfolgreich und wiederholt hergestellt werden.

Patentansprüche

1. Aufarbeitungsvorrichtung für Gasturbinenkomponenten, die Folgendes umfasst:
 einen benachbart zu der Gasturbinenkomponente angeordneten Roboterarm (12);
 eine an ein Ende des Roboterarms (12) gekoppelte Schweißbrennerbaugruppe (14);
 ein mit der Schweißbrennerbaugruppe (14) zusammenwirkendes Drahtvorschubgerät (16);
 eine Roboterarm-Steuerungseinheit (18), die mit dem Roboterarm (12) kommuniziert, wobei die Roboterarm-Steuerungseinheit (18) eine Position des Roboterarms (12) relativ zu der Gasturbinenkomponente steuert; und
 ein an die Roboterarm-Steuerungseinheit (16) gekoppeltes Bildverarbeitungssystem (20), das die Gasturbinenkomponente identifiziert, einen Schweißweg gemäß der Kontur der Gasturbinenkomponente definiert und einen von dem Roboterarm (12) zu folgenden Verfahrweg berechnet, wobei das Bildverarbeitungssystem (20) den Verfahrweg an den Roboterarm (12) kommuniziert.

2. Aufarbeitungsvorrichtung für Gasturbinenkomponenten nach Anspruch 1, wobei die Schweißbrennerbaugruppe (14) einen Spannungsregler für die Bogenlänge, eine Drahtvorschubführung und einen Plamaschweißbrenner umfasst.

3. Aufarbeitungsvorrichtung für Gasturbinenkomponenten nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Schweißweg eine Sinuswelle mit einer festgelegten Wellenlänge und einer festgelegten Amplitude umfasst, um den Wärmeeintrag zu reduzieren und eine für die Gasturbinenkomponente ausreichende Schweißnahtbreite zu ermöglichen.

4. Aufbereitungsvorrichtung für Gasturbinenkomponenten nach einem beliebigen der vorherigen Ansprüche, die ferner eine wassergekühlte Spannvorrichtung (24) umfasst, die die Gasturbinenkomponente zum Schweißen sichert und eine Temperaturregelung zwischen den Schweißgängen bewirkt.

5. Aufbereitungsvorrichtung für Gasturbinenkomponenten nach einem beliebigen der vorherigen Ansprüche, wobei der Roboterarm (12) ein sechsachsiger Roboterarm ist.

6. Verfahren zum Aufbereiten einer Gasturbinenkomponente mit Hilfe eines Roboterschweißarms, der einen Roboterarm (12), eine an ein Ende des Roboterarms (12) gekoppelte Schweißbrennerbaugruppe (14), ein Drahtvorschubgerät (16), eine Roboter-

arm-Steuerungseinheit (18) und ein Bildverarbeitungssystem (20) aufweist, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Sichern oder Halten der Gasturbinenkomponente; Identifizieren der Gasturbinenkomponente, Definieren eines Schweißwegs gemäß der Kontur der Gasturbinenkomponente und Berechnen eines von dem Roboterarm (12) zu folgenden Verfahrwegs; und Schweißen mit dem Roboterarm (12) und der angeschlossenen Schweißbrennerbaugruppe (14) entlang des Schweißwegs.

7. Verfahren nach Anspruch 6, das ferner vor dem Schritt des Schweißens den Schritt umfasst, dem Schweißweg eine Sinuskurve mit einer festgelegten Wellenlänge und einer festgelegten Amplitude hinzuzufügen.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei der Schritt des Schweißens das Schweißen mit einem aus einer Legierung bestehenden Schweißzusatzdraht umfasst.

9. Verfahren nach Anspruch 6, 7 oder 8, das ferner nach dem Schritt des Schweißens das Bearbeiten der Gasturbinenkomponente auf endgültige Abmessungen, die Vakuumwärmebehandlung der Gasturbinenkomponente und das Prüfen der Gasturbinenkomponente umfasst.

10. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 6 bis 9, das ferner vor dem Schritt des Sicherns den Schritt umfasst, die Gasturbinenkomponente zum Schweißen wärmezubehandeln.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Schritt des Schweißens bei Raumtemperatur ausgeführt wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

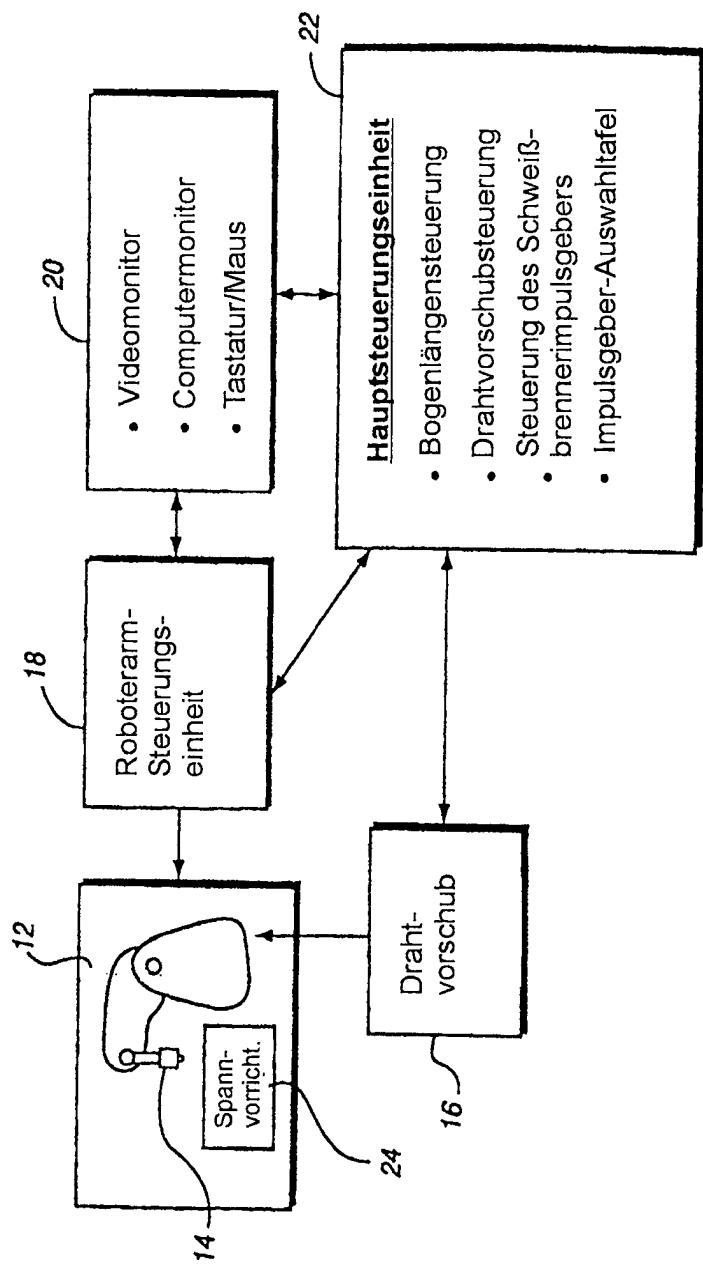
FIG. 1

FIG. 2

