



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 21 820 T2** 2006.04.20

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 090 711 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 21 820.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 308 760.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **04.10.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.04.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **10.08.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.04.2006**

(51) Int Cl.⁸: **B23K 35/30** (2006.01)

C22C 19/05 (2006.01)

F01D 5/28 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

411104 04.10.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH, DE, FR, IT, LI, NL, SE

(73) Patentinhaber:

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

(72) Erfinder:

Mukira, Charles Gitahi, Clifton Park, New York 12065, US; Frost, Aaron Todd, Ballston Spa, New York 12020, US; Jackson, Melvin Robert, Niskayuna, New York 12309, US; Beltran, Adrian Maurice, Ballston Spa, New York 12020, US

(74) Vertreter:

Luderschmidt, Schüler & Partner, 65189 Wiesbaden

(54) Bezeichnung: **Superlegierungszusammensetzung zum Schweißen und reparierte Gasturbinenmotorkomponenten**

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

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 bezieht sich auf das Gebiet der Turbinenmotorkomponenten. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Superlegierungszusammensetzung zum Schweißen und eine reparierte Komponente, bei welcher die Superlegierungszusammensetzung zum Schweißen verwendet wird.

[0002] Die Wirksamkeit von Gasturbinenmotoren hängt zum gewissen Teil von der Menge oder vom Grad der Leckage der Verbrennungsgase zwischen den Turbinenblättern oder Schaufeln und der Verkleidung des Turbinenabschnitts des Motors ab. Zur Minimierung der Lücke unterwirft man die Spitzen im allgemeinen einer präzisen maschinellen Bearbeitung. Dennoch kommt es typischerweise zwischen den Spitzen und der Verkleidung aufgrund von Bearbeitungstoleranzen, Unterschieden in der thermischen Ausdehnung zwischen den Komponenten und dynamischen Effekten in einem gewissen Maß zum Scheuern.

[0003] Aufgrund von Scheuerkontakt, wie z. B. nach ausgedehntem Außeneinsatz, ist das Basismaterial der Schaufel ungeschützt, was im allgemeinen zur Korrosion und/oder Oxidation der Schaufel führt. Ausgedehnte Korrosion oder Oxidation führt zu einem Anstieg der Leckage zwischen der Schaufel und der Verkleidung und nachfolgend zu Leistungs- und Wirksamkeitsverlusten. Im Angesicht der relativen Kosten von Turbinenbestandteilen, wie z. B. Blätter oder Schaufeln, wurde es zur üblichen Praxis als kostensparende Option gegenüber dem Austausch, abgenutzte Bestandteile zu reparieren. Bei einer bekannten Reparaturtechnik wird ein Schweißdraht bestehend aus einer schweißbaren Superlegierungszusammensetzung in einem Aufbauverfahren eingesetzt, um die Turbinenschaufel auf ihre original oder annähernd original geometrische Konfiguration zurück zu bringen. Beispielsweise kann man einen Superlegierungsschweißdraht auf Nickelbasis in einem Wolfram-Bogenschweißverfahren einsetzen, in dem man eine Mehrzahl von Arbeitsgängen über das Gebiet der Spitze einer Superlegierungsschaufel auf Nickelbasis macht. Im Anschluss an das Schweißen wird das Gebiet der Spitze maschinell bearbeitet.

[0004] US-A-3 859 060 offenbart ein Schweißmaterial auf Nickelbasis aufweisend in Gew.-% 12,5 % Co, 22 % Cr, 1 % Al, 9 % Mo, 0,4 % Ti und 0,06 – 0,08 % C. Eine ähnliche auf Nickel basierende Legierung weist Wolfram anstatt von Molybdän auf und ist in GB-A-783 955 offenbart.

[0005] Während es zahlreiche kommerziell erhältliche Reparaturlegierungen zum Schweißen gibt, besteht ein anhaltendes Bedürfnis nach weiter verbesserten Legierungen zum Schweißen, insbesondere

Legierungen auf Nickelbasis zum Schweißen für Superlegierungskomponenten auf Nickelbasis. In diesem Zusammenhang haben die vorliegenden Erfinder den Bedarf nach einer nickelbasierenden Superlegierung erkannt, welche eine überlegene Duktilität aufweist, um das Schweißen bei Raumtemperatur zu ermöglichen (d. h. ohne Vorerwärmung der in Reparatur befindlichen Bestandteile), mit guter Oxidationsbeständigkeit und mit erforderlicher Zugfestigkeit bei hohen Temperaturen und Kriechbeständigkeit.

KURZE ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0006] Die vorliegende Erfindung beansprucht eine festlösungsverstärkte Superlegierungszusammensetzung zum Schweißen umfassend:

10 bis 15 Gew.-% Co;
18 bis 22 Gew.-% Cr;
0,5 bis 1,3 Gew.-% Al;
3,5 bis 4,5 Gew.-% Ta;
1 bis 2 Gew.-% Mo;
13,5 bis 11,0 Gew.-% W;
bis zu 0,08 Gew.-% C;
bis zu 0,06 Gew.-% Zr;
bis zu 0,015 Gew.-% B;
0,4 bis 1,2 Gew.-% Mn;
0,1 bis 0,3 Gew.-% Si; und
der Rest Ni und Verunreinigungen.

[0007] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bezieht sich auf eine reparierte Gasturbinenmotorkomponente, mit einem reparierten Bereich und einem intakten Bereich. Der reparierte Bereich verfügt über eine Zusammensetzung wie oben beschrieben.

KURZE BESCHREIBUNGEN DER ZEICHNUNGEN

[0008] [Fig. 1](#) ist eine perspektivische Ansicht von oben einer reparierten Turbinenschaufel aus einem Hochdruckabschnitt eines Turbinenmotors.

[0009] [Fig. 2](#) ist eine graphische Darstellung der isothermischen Oxidation einer Reihe von Legierungszusammensetzungen gemäß der Erfindung und einer kommerziell erhältlichen Legierung bei 1038 °C (1900 °F),

[0010] [Fig. 3](#) ist eine graphische Darstellung der isothermischen Oxidation verschiedener Legierungszusammensetzungen gemäß der Erfindung und einer kommerziell erhältlichen Legierung bei 1093 °C (2000 °F).

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0011] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung stellen eine reparierte Turbinenmotorkomponente und eine Zusammensetzung zum Schweißen

für das Reparieren von Turbinenmotorkomponenten zur Verfügung. Typischerweise besteht die Turbinenmotorkomponente aus einem Superlegierungsmaterial, welches beispielsweise für seine Hochleistungseigenschaften in Bezug auf Bruchfestigkeit, Kriechwiderstand, Oxidationsbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit bekannt ist. Typischerweise besteht die Superlegierungskomponente aus einer auf Nickel basierenden Legierung, wobei Nickel nach Gewicht allein das häufigste Element der Superlegierung ist. Beispielhafte Superlegierungen auf Nickelbasis beinhalten wenigstens etwa 40 Gew.-% Nickel und wenigstens eine Komponente aus der Gruppe bestehend aus Kobalt, Chrom, Aluminium, Wolfram, Molybdän, Titan und Eisen. Zu beispielhaften auf Nickel basierenden Superlegierungen gehören die durch die Handelsnamen bezeichneten Inconel®, Nimonic®, Rene® (beispielsweise Rene®80-, Rene®95, Rene®142 und Rene®N5 Legierungen) und Udimet® und umfassen direktional verfestigte und Einkristall Superlegierungen.

[0012] Die Form der Turbinenmotorkomponente variiert von Brennkammerauskleidungen, über Brennkammerdome, Ummantellungen, Schaufeln oder Blättern, bis zu Düsen oder Leitschaufeln. Bei der Komponente handelt es sich typischerweise um ein Profil umfassend stationäre Profile, wie z. B. Düsen oder Leitschaufeln, und rotierende Profile umfassend Blätter und Schaufeln. Die Begriffe „Blätter und Schaufeln“ werden hierin austauschbar benutzt; typischerweise handelt es sich bei einem Blatt um ein rotierendes Profil eines Luftfahrzeugturbinenmotors und bei einer Schaufel handelt es sich um ein rotierendes Profil eines landgestützten Energieerzeugungsturbinenmotors. Im Fall von Blatt oder Schaufel handelt es sich bei dem in Reparatur befindlichen Bereich typischerweise um den Bereich der Spitze (Randbogen-Spitze), welcher aufgrund von Scheuerberührung mit dem umgebenden Gehäuse der Abnutzung unterliegt. Für den Fall der Düse oder Leitschaukel handelt es sich bei dem in Reparatur befindlichen Gebiet typischerweise um die Profilvorderkante, welche der Abnutzung unterliegt, weil sie bei erhöhten Temperaturen den Gasen mit der höchsten Geschwindigkeit im Motor ausgesetzt ist. Die Reparaturzusammensetzung zum Schweißen kann alleine eingesetzt werden, als Füllmaterial oder in Verbindung mit einem Einsatzstück, wie z. B. einer konturierten Platte, welche entlang der Profilvorderkante einer Düse oder einer Leitschaukel eingeschweißt wird.

[0013] In [Fig. 1](#) wird ein repariertes Profil, im Besonderen eine reparierte Schaufel **10** eines Stromerzeugungsturbinenmotors, dargestellt. Die Schaufel **10** umfasst einen Profilabschnitt **12** und einen Zinkenabschnitt **14**. Der Profilabschnitt **12** hat einen intakten Bereich **16** und einen reparierten Bereich **18**. Vor der Reparatur wird die Schaufel aus dem Turbinenmotor

entfernt und zur Beseitigung sowohl von abgeschiedenem Fremdmaterial als auch jeglicher Oxidation und Korrosion nach einem herkömmlichen Verfahren gereinigt.

[0014] Der gereinigte Überzug wird vom Bereich nahe der Spitze entfernt und die Spitze wird bis nahe an den Spitzenhohlraum abgeschliffen und wird dann mittels einer Schweißtechnik repariert. Typischerweise setzt man Wolframbogen Inertgas-Schweißverfahren (TIG) ein, obwohl man auch andere Schweißtechniken verwenden kann wie z. B. Gas-Metallbogenschweißen, Widerstandsschweißen, Elektronenstrahlschweißen, Plasma-Schweißen und Laser-Schweißen. Beim TIG Schweißverfahren erzeugt man die Hitze zwischen dem Werkstück beispielsweise der Spitze der Schaufel **10**, und der Wolfram Elektrode. Ein auf Nickel basierender Schweißdraht mit der hierin beschriebenen Zusammensetzung wird als Füllmaterial eingesetzt. Eine Mehrzahl von Arbeitsgängen werden um die Peripherie der Spitze herum ausgeführt, wodurch die Spitze bis auf annähernd die ursprüngliche Geometrie wiederaufgebaut wird. Das Reparaturverfahren wird sowohl durch zusätzliche maschinelle Bearbeitung vollendet als auch durch beliebige Beschichtungsverfahren (beispielsweise Overlay-Beschichtungen, Diffusions-Beschichtungen, thermische Barriere-Beschichtungen) zum weiteren Schutz der Schaufel.

[0015] Erfindungsgemäß schließt eine festlösungsverstärkte Legierungszusammensetzung zum Schweißen 10 bis 15 Gew.-% Co ein; 18 bis 22 Gew.-% Cr; 0,5 bis 1,3 Gew.-% Al; 3,5 bis 4,5 Gew.-% Ta; 1 bis 2 Gew.-% Mo; 13,5 bis 17,0 Gew.-% W; bis zu 0,08 Gew.-% C; bis zu 0,06 Gew.-% Zr; bis zu 0,015 Gew.-% B; 0,4 bis 1,2 Gew.-% Mn; 0,1 bis 0,3 Gew.-% Si; und der Rest ist Ni. Gemäß einer besonderen Zusammensetzung beträgt der Gehalt an C nicht weniger als 0,02 Gew.-%, der Gehalt an Zr beträgt nicht weniger als 0,01 Gew.-%, der Gehalt an B beträgt nicht weniger als 0,005 Gew.-%. Vorzugsweise schließt die Zusammensetzung 13,5 Gew.-% Co ein; 20 Gew.-% Cr; 0,8 Gew.-% Al; 4 Gew.-% Ta; 1,5 Gew.-% Mo; 15,5 Gew.-% W; 0,05 Gew.-% C; 0,03 Gew.-% Zr; bis zu 0,01 Gew.-% B; 0,7 Gew.-% Mn; 0,2 Gew.-% Si und der Rest ist Nickel. Die Zusammensetzung kann typische Verunreinigungen enthalten.

[0016] Gemäß der ebenfalls anhängigen Anmeldung EP-A-1090710 umfasst eine festlösungsverstärkte Legierungszusammensetzung zum Schweißen bis zu 10 Gew.-% Co; 18 bis 22 Gew.-% Cr; 0,2 bis 0,7 Gew.-% Al; 15 bis 28 Gew.-% der Summe an refraktorischen Elementen; bis zu 0,09 Gew.-% C; bis zu 0,06 Gew.-% Zr; bis zu 0,015 Gew.-% B; 0,4 bis etwa 1,2 Gew.-% Mn; 0,2 bis 0,45 Gew.-% Si; und der Rest ist Ni. Üblicherweise wählt man die refraktorischen Elemente aus der Gruppe von Ta, Mo und W

aus. In einem Beispiel schließen die refraktorischen Elemente Mo und W ein, wobei die Summe aus Mo und W innerhalb des Bereiches von 16 bis 20 Gew.-% liegt. In einer bevorzugten Form umfassen die refraktorischen Elemente nur W, das in einer Menge von 17 bis 19 Gew.-% vorhanden ist. Auf ähnliche Weise wie in der ersten Ausführungsform enthält ein besonderes Beispiel der zweiten Ausführungsform C in einer Menge von nicht weniger als 0,02 Gew.-%, Zr in einer Menge von nicht weniger als 0,01 Gew.-% und B in einer Menge von nicht weniger als 0,005 Gew.-%. Die Zusammensetzung kann typische Verunreinigungen enthalten.

[0017] In einer besonderen Ausführungsform der EP-A-1090710 schließt die Zusammensetzung 21 Gew.-% Cr ein; 0,4 Gew.-% Al; 18 Gew.-% W; 0,07 Gew.-% C; 0,03 Gew.-% Zr; bis zu 0,01 Gew.-% B; 0,7 Gew.-% Mn; 0,35 Gew.-% Si; und der Rest ist Ni. Im allgemeinen weist die Zusammensetzung keinerlei Lanthan auf, da gefunden wurde, dass dieses Element die Eigenschaften der Legierungszusammensetzung unerwünscht beeinflusst. Dementsprechend bestehen die Legierungen der Zusammensetzung der EP-A-1090710 im allgemeinen im Wesentlichen aus den oben beschriebenen Bestandteilen, frei von Lanthan.

[0018] Ein Vergleich der Zusammensetzung (A) gemäß der vorliegenden Erfindung, mehrerer Zusammensetzungen (B-H und J-M) gemäß der EP-A-1090710 und einer kommerziell erhältlichen Zusammensetzung IN 625 (X) wird weiter unten in der Tabelle zur Verfügung gestellt, welche auf den Text der detaillierten Beschreibung folgt. Legierungen J-M unterscheiden sich von den Zusammensetzungen von B-H durch weitere Modifikation des Gehalts an Co und Mn.

[0019] Legierungen zum Schweißen wurden entweder zu rechteckigen Blöcken mit den Dimensionen 15 cm × 3 cm × 1 cm gegossen und direktional verfestigt (DS) oder wurden heiß zu Stäben mit einem Durchmesser von etwa 2 cm extrudiert. Durch Elektroero-dieren (EDM) wurden dann Oxidationsstifte gebildet und einer isothermalen Oxidationsbehandlung unterzogen. Die Ergebnisse für ausgewählte Legierungen werden in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) gezeigt. Die Y Achse, Gewichtsänderung, repräsentiert das Maß der Oxidation. Die Gewichte der Proben wurden während der Behandlungen normal (etwa einmal/Tag) gemessen. Wie klar anhand der Darstellungen gezeigt wird, zeigten die Legierungen gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung überlegene Beständigkeit gegen Oxidation verglichen mit der kommerziell erhältlichen Legierung X. Bei 1038 °C (1900 °F) über 600 Stunden verloren die Legierungen A und D weniger als 40 mg/cm², insbesondere weniger als 30 mg/cm², aufgrund von Oxidation. Insbesondere verlor die Legierung D weniger als 10 mg/cm² bei den

gleichen Bedingungen.

[0020] Die Legierungen zum Schweißen wurden zur Ermittlung der Bruchlebensdauer direktional verfestigter Probekörper getestet. Für einige Legierungen wurde die direktionale Verfestigung durchgeführt, um so den Effekt von abweichenden Kornstrukturen der Probekörper zu eliminieren. Andere wurden zur Herstellung stimmiger feingekörnter äquiaxialer Strukturen heiß deformiert. Zusammensetzung A wies ungefähr eine dreifache Verbesserung bei der Bruchlebensdauer gegenüber Zusammensetzung X bei 1093 °C, 21 mPa (2000 °F, 3 ksi.) auf.

[0021] Zusammensetzung D zeigte eine mehr als vierfache Verbesserung der Bruchhaltbarkeit gegenüber Zusammensetzung X. Ähnliche Resultate konnten für andere Legierungszusammensetzungen gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gezeigt werden.

[0022] Einige Zusammensetzungen zum Schweißen wurden ebenfalls einem Stumpf-Schweißtest unterzogen. Hierbei wurden die Legierungen als Füllmaterialien bei einem TIG Schweißverfahren zwischen zwei nickelbasierten Superlegierungsplatten eingesetzt. Vergleichstests zeigten, dass Legierungszusammensetzung A gemäß der vorliegenden Erfindung ungefähr eine 30 %-ige Steigerung bei der Bruchhaltbarkeit aufwies gegenüber einer kommerziell erhältlichen Legierung IN 617 bei 1093 °C, 21 mPa (2000 °F, 3 ksi.) und eine 600 %-ige Steigerung bei der Bruchhaltbarkeit gegenüber IN 617 bei 1038 °C (1900 °F) und 34 mPa (5 ksi.). Auf ähnliche Weise zeigte die Zusammensetzung ungefähr eine 40 %-ige Steigerung der Bruchhaltbarkeit gegenüber Legierung IN 617, bei 1093 °C (2000 °F) und 21 mPa (3 ksi.) und eine 35 %-ige Steigerung bei der Bruchhaltbarkeit gegenüber IN 617 bei 1038 °C (1900 °F) und 34 mPa (5 ksi.). Die vorstehenden Resultate zeigen, dass die Legierungen über ausreichende Kriechbrucheigenschaften für Anwendungen beim Reparieren der Spitzen von Schaufeln und Blättern haben.

[0023] Weitere Tests bezüglich der Bruchfestigkeit bei Raumtemperatur zeigten, dass die Legierungen über eine hinreichende Druckfestigkeit, Bruchfestigkeit und Dehneigenschaften verfügen, um so einfach bei Raumtemperatur schweißbar zu sein. Dies bedeutet, dass die Legierungen die erforderliche Duktilität bei Raumtemperatur aufweisen. Die Legierungen wiesen eine Druckfestigkeit von wenigstens etwa 276 mPa (40 ksi.) und eine Bruchfestigkeit von wenigstens etwa 517 mPa (75 ksi.) auf, typischerweise wenigstens etwa 552 bis 621 mPa (80 bis 90 ksi.). Zusätzlich zeigten Hochtemperatur-Reißtests, dass die Legierungen eine ausreichende Bruchfestigkeit für eine Anwendung bei der Reparatur der Spitzen von Blättern und Schaufeln hatten, wobei Zusam-

mensetzungen Bruchfestigkeiten in der Größenordnung von 138 bis 172 mPa (20 bis 25 ksi.) bei 982 °C (1800 °F) aufwiesen.

[0024] Gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wurden festkörperlösungsverstärkte Legierungszusammensetzungen geschaffen, welche die erforderliche Schweißbarkeit bei Raumtemperatur haben, Beständigkeit bei hoher Temperatur, Kriechbrucheigenschaften bei hoher Temperatur und Oxidationsbeständigkeit bei hoher Temperatur.

Patentansprüche

1. Festlösungsverstärkte Superlegierungszusammensetzung zum Schweißen umfassend:

10 bis 15 Gew. % Co;
18 bis 22 Gew. % Cr;
0,5 bis 1,3 Gew. % Al;
3,5 bis 4,5 Gew. % Ta;
1 bis 2 Gew. % Mo;
13,5 bis 17,0 Gew. % W;
bis zu 0,08 Gew. % C;
bis zu 0,06 Gew. % Zr;
bis zu 0,015 Gew. % B;
0,4 bis 1,2 Gew. % Mn;
0,1 bis 0,3 Gew. % Si; und
der Rest ist Ni und Verunreinigungen.

2. Zusammensetzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass C in einer Menge von nicht weniger als 0,02 Gew. % vorhanden ist, Zr in einer Menge von nicht weniger als 0,01 Gew. % vorhanden ist, B in einer Menge von nicht weniger als 0,005 Gew. % vorhanden ist.

3. Zusammensetzung nach Anspruch 2, umfassend:

13,5 Gew. % Co;
20 Gew. % Cr;
0,8 Gew. % Al;
4 Gew. % Ta;
1,5 Gew. % Mo;
15,5 Gew. % W;
0,05 Gew. % C;
0,03 Gew. % Zr;
bis zu 0,01 Gew. % B;
0,7 Gew. % Mn;
0,2 Gew. % Si; und
der Rest ist Ni.

4. Eine reparierte Gasturbinenmotorkomponente, wobei die Komponente einen intakten Bereich und einen reparierten Bereich einschließt, wobei der reparierte Bereich im Wesentlichen aus der Zusammensetzung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3 besteht.

5. Die Komponente nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Komponente ein Flügel (air

foil) ist und dass der reparierte Bereich eine Spitze des Flügels ist.

6. Die Komponente nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Flügel eine Schaufel eines Stromerzeugungsturbinenmotors ist.

7. Die Komponente nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Flügel ein Blatt eines Luftfahrzeugturbinenmotors ist.

8. Die Komponente nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Komponente eine Turbine (turbine nozzle) oder eine Turbinenschaufel ist.

9. Die Komponente nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der reparierte Bereich sich entlang eines Anströmkantenbereichs der Turbine oder der Schaufel befindet.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

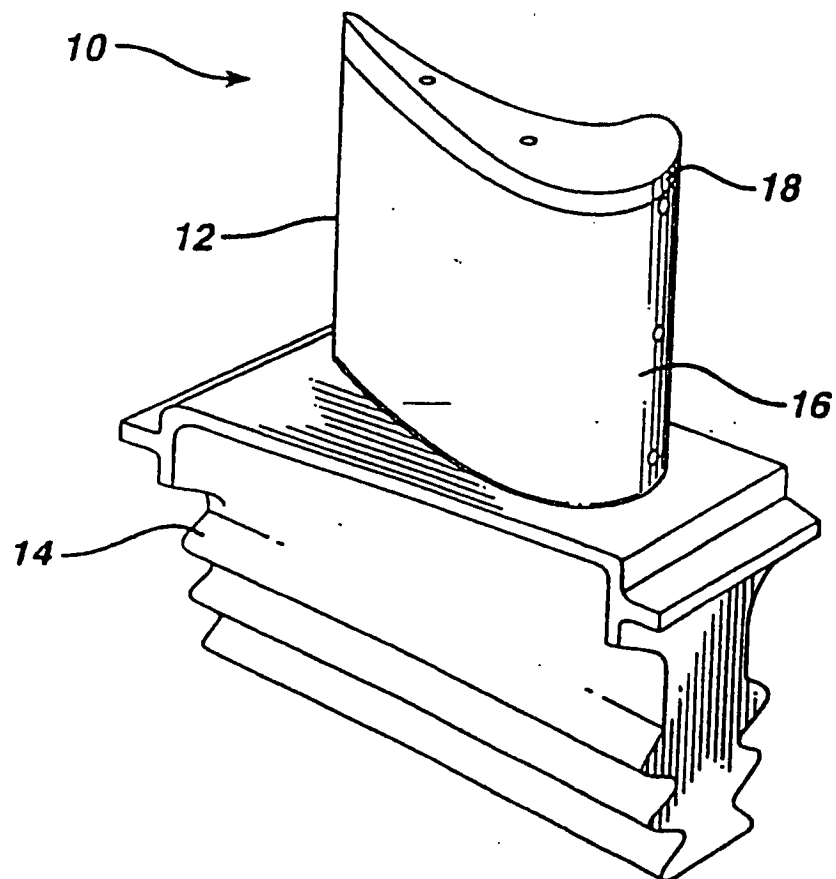


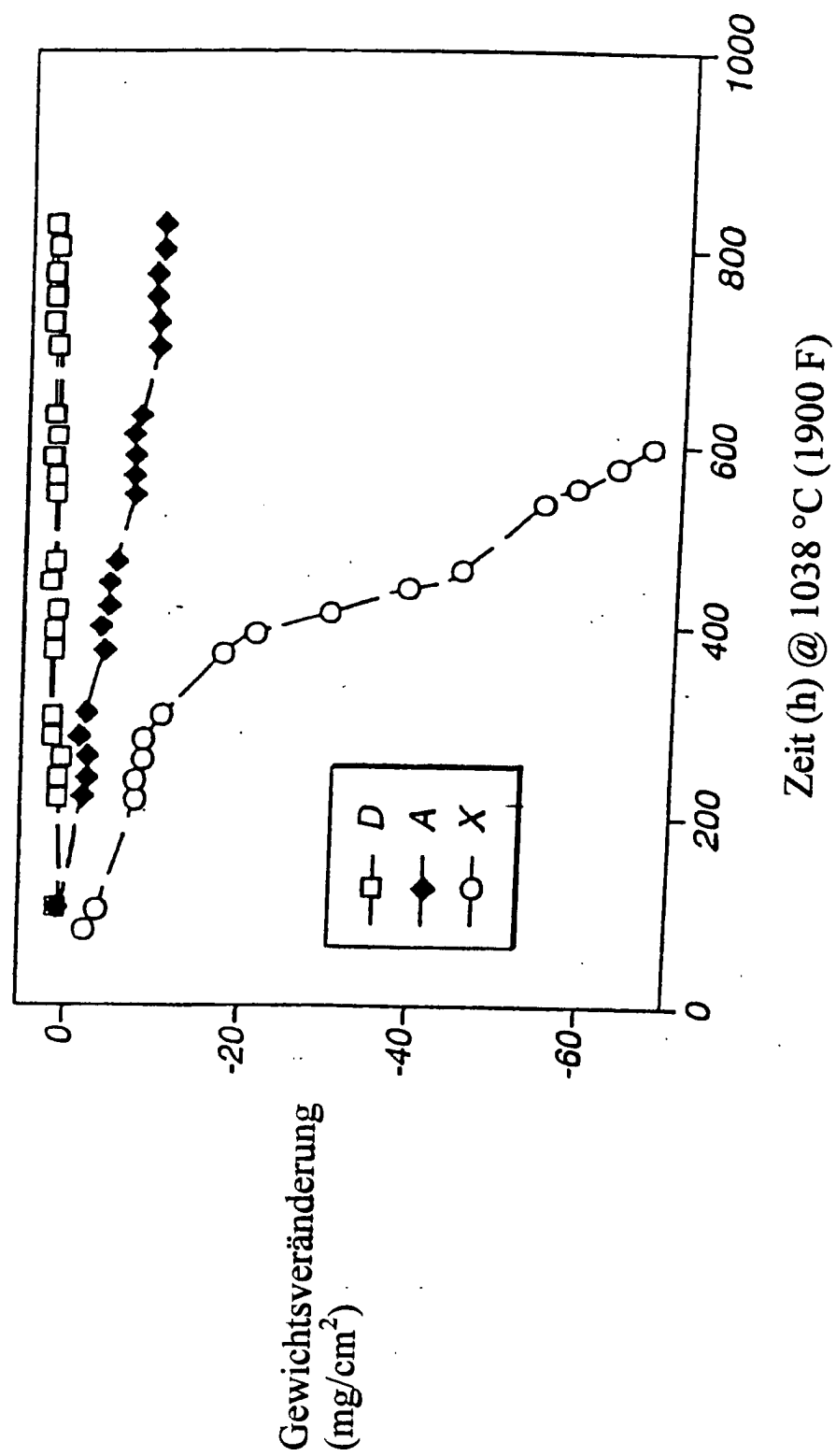
FIG. 2

FIG. 3