



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 08 402 T2 2007.02.08**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 556 598 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 08 402.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/CA03/01563**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 757 613.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/038198**

(86) PCT-Anmeldetag: **15.10.2003**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **06.05.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.07.2005**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **13.09.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.02.2007**

(51) Int Cl.⁸: **F02C 9/28 (2006.01)**

F02C 9/00 (2006.01)

F01D 17/08 (2006.01)

F01D 21/00 (2006.01)

F01D 21/12 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
278897 24.10.2002 US

(73) Patentinhaber:
**Pratt & Whitney Canada Corp., Longueuil,
Quebec, CA**

(74) Vertreter:
Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(72) Erfinder:
MACCHIA, Enzo, Kleinburg, Ontario L0J 1C0, CA

(54) Bezeichnung: **NACHWEIS VON HEISSEN BEREICHEN IN GASTURBINEN**

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

schine.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft generell Gasturbinenmaschinen und insbesondere ein System und ein Verfahren zum Überwachen des Betriebszustands einer Gasturbinenmaschine. Die Erfindung betrifft auch generell ein Verfahren zum Überwachen und Erfassen von Änderungen in einem System.

[0005] Es ist deshalb ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein kontinuierliches Überwachungssystem bereitzustellen zum Liefern eines Feedbacks über des Gasturbinenmaschinenbauteilzustand.

Beschreibung des Stands der Technik

[0002] Es ist bekannt, dass Brennstoffdüsen von Gasturbinenmaschinen mit der Zeit Ablagerungen, die hier als Kohle bezeichnet werden, in der Brennstoffpassage in der Nähe der Maschinenbrennkammereinrichtung ansammeln. Infolge von Kohleansammlung angeschlagene und/oder blockierte Brennstoffdüsen zu vorzeitiger Erschöpfung am heißen Ende (Turbinenlaufschaufelkriechen, Laufschaufelrissen und thermische Disparität) führen können. Manchmal können thermisch überbelastete Leitschaufeln brechen, was (neben anderen Dingen) zu Pumpen führt. Folglich werden Brennstoffinjektionsdüsen periodisch aus der Maschine entfernt und einem Reinigungsschritt unterzogen, um die Kohleablagerungen von den Brennstoffpassagen zu entfernen. Dieser zeitliche Wartungsansatz, bei dem die Brennstoffdüsen in regelmäßigen Zeitintervallen gereinigt werden, berücksichtigt jedoch nicht Variationen bei der Rate, mit der eine Brennstoffdüse für individuelle Maschinen verstopfen kann. In der Folge werden die Brennstoffdüsen in vielen Maschinen in einem Extremfall häufig gereinigt, obwohl sie immer noch zufriedenstellend arbeiten, oder im anderen Extremfall zu einem Zeitpunkt deutlich nach dem Verstopfen, was zu einer möglichen Beschädigung der Maschine führt.

[0006] Es ist auch ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein einfaches Verfahren zum Überwachen des Zustands bestimmter Bauteile am heißen Ende in einer Gasturbinenmaschine bereitzustellen.

[0007] Deshalb wird gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ein System gemäß Anspruch 1 bereitgestellt.

[0008] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren gemäß Anspruch 10 bereitgestellt.

[0009] Gemäß einem weiteren generellen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Gasturbinenmaschine gemäß Anspruch 16 bereitgestellt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0010] Nachdem so generell die Art der Erfindung beschrieben wurde, wird nun auf die begleitenden Zeichnungen Bezug genommen, die illustrativ eine bevorzugte Ausführungsform davon zeigen, für die gilt:

[0003] Deshalb wäre es höchst wünschenswert, ein kontinuierliches Überwachungssystem und -verfahren zu haben, welches verwendet werden kann, um zu bestimmen, wenn die Brennstoffdüsen einer Gasturbinenmaschine gereinigt werden müssen oder sonstwie gewartet werden müssen oder ersetzt werden müssen, um so dem Betreiber ökonomischere Wartungsperioden bereitzustellen und dabei weiterhin Schutz gegen Maschinenteilversagen infolge von Versagen am heißen Ende zu bieten.

[0011] [Fig. 1](#) ist eine Seitenansicht, zum Teil weggebrochen, einer Gasturbinenmaschine, auf die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung angewandt ist;

[0012] [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm eines Systems zum Bereitstellen von Gasturbinenmaschinenbrennkammereinrichtungs-Zustands-Feedback gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0013] [Fig. 3](#) ist eine vergrößerte perspektivische Ansicht des Turbinenabschnitts der in [Fig. 1](#) gezeigten Gasturbinenmaschine und zeigt, wie ein Satz von umfangsmäßig beabstandeten Thermoelementen, die ein Teil des in [Fig. 2](#) gezeigten Systems bilden, in dem Maschinengehäuse angebracht sind, um die Zwischenturbinentemperaturverteilung (ITT – inter-turbine-temperature) zu messen;

[0004] EP-A-1251258 beschreibt eine Gasturbinenmaschine mit einem System zum Erfassen eines extraordinären Zustands der Maschine. Die Oberbegriffe der unabhängigen Ansprüche basieren auf diesem Dokument. US-A-5479350 beschreibt einen Abgas-Temperatur-Indikator für eine Gasturbinenma-

[0014] [Fig. 4](#) ist eine schematische Ansicht des rückwärtigen Endes der Thermoelementanordnung des in [Fig. 2](#) gezeigten Systems;

[0015] [Fig. 5a](#) ist eine schematische Seitenansicht eines Schnitts der Gasturbinenmaschine, bei der

zwei Sätze von Sensoren in einem Gasweg in Längsrichtung voneinander beabstandet sind;

[0016] [Fig. 5b](#) ist eine schematische Endansicht des in [Fig. 5a](#) gezeigten Gasturbinenmaschinenabschnitts; und

[0017] [Fig. 6](#) ist eine schematische Ansicht des rückwärtigen Endes eines Gasturbinenmaschinenabschnitts gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0018] [Fig. 1](#) zeigt eine Gasturbinenmaschine **10** gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei die Gasturbinenmaschine generell in serieller Strömungsverbindung einen Bläser **12**, durch den Umgebungsluft getrieben wird, einen mehrstufigen Verdichter **14** zum Druckbeaufschlagen der Luft, eine Brennkammereinrichtung **16**, in der die verdichtete Luft mit Brennstoff vermischt und entzündet wird, um einen ringförmigen Strom heißer Verbrennungsgase zu bilden, und eine Turbine **18**, aufweist, um den Verbrennungsgasen Energie zu entziehen.

[0019] Die Brennkammereinrichtung **16** weist typischerweise eine Brennkammer **20** und eine Mehrzahl von Brennstoffdüsen (nicht gezeigt) auf, die typischerweise gleich beabstandet um die Brennkammer **20** angeordnet sind, um das Beibehalten einer im Wesentlichen gleichförmigen Temperaturverteilung in der Brennkammer **20** zu erlauben. Bei Verwendung wird Brennstoff durch die Brennstoffdüsen der Brennkammer **20** zur Entzündung darin geliefert und die expandierenden Gase, welche durch das Entzünden des Brennstoffs erzeugt werden, treiben die Turbine **18** in einer im Technikgebiet bekannten Weise an.

[0020] Während längere Perioden des Maschinenbetriebs kann jedoch der durch die Brennstoffdüsen strömende Brennstoff karbonisieren oder verkoken. Ein derartiges Verkoken bzw. Kohlenansammlung kann die Düsen verstopfen und verhindern, dass die Düsen korrekt sprühen, und somit Anlass für eine nicht gleichförmige Temperaturverteilung am Auslass der Brennkammereinrichtung geben, was zu hohen thermischen Belastungen in der Brennkammereinrichtung und den Turbinenteilen der Maschine führt. Es ist bekannt, dass thermische Belastungen dieser Art unerwünscht sind und Maschinenteile der Brennkammereinrichtung und/oder der Turbine ("Teile des heißen Endes") vorzeitiger thermischer Erschöpfung aussetzen.

[0021] Die vorliegende Erfindung erkennt, dass Brennstoffdüsenzustand und -leistung in einer Gas-

turbinenmaschine direkt durch das Überwachen von Temperaturunterschieden in der Verbrennungszone und strömungsabwärts davon überwacht werden können, wie es nachfolgend detaillierter beschrieben werden wird. Deshalb soll gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Temperaturverteilung des heißen Abschnitts gemessen und überwacht werden, um die "Gesundheit" der Brennstoffdüsen zu überwachen, wie das nun beschrieben wird.

[0022] Wie schematisch in der [Fig. 2](#) gezeigt, kann die "Gesundheit" der Brennstoffdüsen auf einer kontinuierlichen Basis mit einem Überwachungssystem **20** überwacht werden. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Überwachungssystem **22** eine Mehrzahl (es sind 8 in der gezeigten Ausführungsform, obwohl mehr oder weniger verwendet werden können) von umfangsmäßig beabstandeten Zwischenturbinen Temperatur-(ITT – inter-turbine-temperature)-Sensoren oder -thermoelementen **24** auf ([Fig. 4](#)), die in den heißen Verbrennungsgasstrom ragen, um Temperatursignale ITT_1 , ITT_2 , ITT_3 , ITT_4 , ITT_5 , ITT_6 , ITT_7 und ITT_8 zu liefern. Die Sensoren **24** sind vorzugsweise derart positioniert und angeordnet, dass sie zusammen Temperaturinformation liefern, die für die Verdichteraustrittstemperaturverteilung indikativ ist. Die Sensoren **24** sind vorzugsweise in der Form von Thermelementen vorgesehen, die in umfangsmäßig beabstandeten Aufnahmeöffnungen **25** angebracht sind, die in dem Turbinengehäuse **26** definiert sind ([Fig. 3](#) und [Fig. 4](#)). Gemäß der gezeigten Ausführungsform sind die Temperatursensoren **24** in einer Ringebenen-Anordnung zwischen den ersten beiden Stufen von Turbinenlaufschaufeln gleichmäßig beabstandet.

[0023] Wie in der [Fig. 2](#) gezeigt, empfängt ein Signalprozessor **28**, der in Verbindung mit den Sensoren **24** ist, die Temperatursignale ITT_1 , ITT_2 , ITT_3 , ITT_4 , ITT_5 , ITT_6 , ITT_7 und ITT_8 . Der Signalprozessor **28** ist arbeitsfähig, die Temperatursignale zu verarbeiten und ein Feedback über den Zustand der Brennkammereinrichtung **16** basierend auf der Temperaturverteilung an dem Austritt der Brennkammereinrichtung **16** zu liefern. Insbesondere berechnet der Signalprozessor **28** die Temperaturdifferenz zwischen einem jeden Sensor und zwischen der minimalen und der maximalen erfassten Temperatur. Für die Zwecke der Beschreibung hier wurden in der gezeigten Ausführungsform die maximale Temperatur und die minimale Temperatur an den Sensoren "2" und "7" erfasst. Die berechnete Temperaturdifferenz, die hier als ΔITT_{27} bezeichnet wird, wird dann von dem Prozessor **28** mit einem vorbestimmten akzeptablen Deltawert verglichen. Wenn das berechnete ΔITT_{27} größer ist als der vorbestimmte akzeptable Deltawert, geht man davon aus, dass die Temperaturverteilung am Brennkammerauslass ausreichend un-

gleichförmig ist, eine Warnung an den Betreiber zu veranlassen und so wird dann ein Fehlfunktionssignal von dem Prozessor **28** erzeugt. Ein Warnanzeiger **29** ist vorgesehen, um den Betreiber nach dem Empfangen eines Warnsignals von dem Prozessor **28** zu warnen. Eine große Temperaturdifferenz zwischen den Messstellen könnte ein Anzeichen eines von einer verstopften Brennstoffdüse verursachten "hot spots" sein und kann somit ein Anzeichen dafür sein, dass eine Wartung erforderlich ist. Die vorliegende Erfindung liefert so dem Betreiber eine Anzeige dafür, dass eine Korrekturmaßnahme (z. B. Brennstoffdüsenwartung) erfolgen muss, bevor ein Maschinenteil (z. B. Brennkammereinrichtung) infolge von übermäßiger thermischer Belastungen beschädigt wird, die sich aus einem Wartungszustand (z. B. einer verstopften Brennstoffdüse) ergeben. Als solches kann die Verwendung des an Bord befindlichen Überwachungssystems **22** gemäß der vorliegenden Erfindung das Detektieren von selbst teilweisem Düsenverstopfen erlauben, und erlaubt es so einem Bediener, Korrekturmaßnahmen vorzunehmen, bevor zu einer signifikanten thermischen Schädigung kommt.

[0024] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung, der in [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) gezeigt ist, kann ein zweiter Satz von umfangsmäßig beabstandeten Temperatursensoren **30** strömungsaufwärts der ersten ringförmigen Anordnung von Temperatursensoren **24** installiert sein, um zusätzliche Messpunkte entlang dem Gasweg zu liefern. Man versteht, dass mehr als zwei in Längsrichtung beabstandete Sätze von Sensoren vorgesehen sein können. Wie in der [Fig. 5b](#) gezeigt, kann die zweite Anordnung von Sensoren **30** relativ zu der ersten Anordnung von Sensoren **24** winkelmäßig versetzt sein.

[0025] Alternativ könnte, wie in der [Fig. 6](#) gezeigt, das Überwachungssystem **22** mit einer Temperaturerfassungseinheit aufweisend eine Anzahl von umfangsmäßig beabstandeten Messaufnehmern **32** versehen sein, wobei jeder Messaufnehmer **32** eine Anzahl von radial beabstandeten Thermoelementen **34** und **36** aufweist, die daran zum Erfassen der Temperaturverteilung an unterschiedlichen konzentrischen Kreisen um eine Querebene der Strömung von Verbrennungsgasen angebracht ist.

[0026] Man erkennt auch, dass andere Typen von Temperaturenverteilungserfassungsmessvorrichtungen verwendet werden könnten (anstelle der Thermoelemente) zum Messen der Temperaturverteilung in der Brennkammereinrichtung **16** und strömungsabwärts davon. Beispielsweise könnten auch optische Zeitdomain-Reflektrometriemessvorrichtungen (optical time domain reflectometry temperature devices) oder solche vom Infrarottyp verwendet werden. Der Fachmann kann erkennen, dass andere Sensorpositionen und -anordnungen auch in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung verwendet wer-

den können.

[0027] Wie aus der vorangehenden Beschreibung ersichtlich, kann das kontinuierliche Überwachungssystem und -verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung auf verschiedene Typen von Gasturbinenmaschinen angewandt werden, um ein Echtzeitfeedback des heißen Abschnitts zu erhalten und somit festzustellen, wenn eine Wartung wahrscheinlich tatsächlich erforderlich ist, statt sich lediglich auf Vorhersagen hinsichtlich passender Intervalle zwischen Wartungsarbeiten zu verlassen. Das kann es dem Betreiber erlauben, einen ökonomischeren Betrieb der Maschine(n) zu erzielen, da Wartung lediglich dann durchgeführt wird, wenn sie als erforderlich angezeigt ist, statt nach einer vorbestimmten spezifizierten Periode. Das Überwachungssystem der vorliegenden Erfindung erlaubt vorteilhafterweise das Realisieren von Verbesserungen bei der Maschinenzuverlässigkeit und kann vorzeitige Maschinenverschlechterung verringern. Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass sie auf neue Maschinen sowie bereits im Einsatz befindliche leicht angewandt werden kann, mit lediglich minimaler Modifikation an der Maschine und der zugehörigen Steuereinrichtung. In dieser Hinsicht könnte das System in der Form eines Nachrüstsatzes einschließlich einer Temperaturverteilungsmessvorrichtung, einem Signalprozessor und der Befestigungshardware angeboten werden.

Patentansprüche

1. System (**22**) zum Liefern eines Gasturbinenmaschinen-Zustands-Feedbacks, aufweisend: eine Erfassungsanordnung (**24**, **30**, **32**, **34**, **36**) zum Erfassen einer Temperatur an einer Mehrzahl von Stellen in einem Gasstrom einer Gasturbinenmaschine und zum Erzeugen einer Mehrzahl von Temperatursignalen, die zu den Temperaturen korrespondieren, die an der Mehrzahl von Stellen erfasst wurden, wobei die erfassten Temperaturen ein Temperaturverteilungsprofil des Gasstroms liefern; und eine Signalprozessoranordnung (**28**) zum Empfangen und Vergleichen der Mehrzahl von Temperatursignalen von den Erfassungsanordnungen (**24**, **30**, **32**, **34**, **36**);
dadurch gekennzeichnet, dass die Prozessoranordnung konfiguriert ist, ein Warnsignal zu erzeugen, dass Wartung erforderlich ist, wenn die Differenz zwischen einer maximalen Temperatur und einer minimalen Temperatur größer als ein vorbestimmter akzeptabler Deltawert ist; und dass das System ferner eine Warnanzeigeranordnung (**29**) zum Warnen eines Menschen beim Empfangen eines Warnsignals von der Signalprozessoranordnung (**28**) aufweist.

2. System (**22**) nach Anspruch 1, wobei die Erfassungsanordnung (**28**) daran angepasst ist, die Zwi-

schenturbinentemperatur (ITT – inter-turbine temperature) der Gasturbinenmaschine zu erfassen.

3. System (22) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Erfassungsanordnung (24, 30, 32, 34, 36) eine erste ringförmige Anordnung einer Mehrzahl von umfangsmäßig beabstandeten Temperatursensoren (24) aufweist.

4. System (22) nach Anspruch 3, wobei die Erfassungsanordnung (24, 30) eine zweite ringförmige Anordnung von umfangsmäßig beabstandeten Temperatursensoren (30) aufweist und die zweite ringförmige Anordnung strömungsabwärts der ersten ringförmigen Anordnung relativ zu einer Strömungsrichtung des Gasstroms angeordnet ist.

5. System nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Erfassungsanordnung (24, 30, 32, 34, 36) eine Mehrzahl von umfangsmäßig beabstandeten radialen Messaufnehmern (32) aufweist und für mindestens zwei radial beabstandete Temperatursensoren (34, 36) an jeden Messaufnehmer (32) vorgesehen sind.

6. System (22) nach Anspruch 1, wobei die Erfassungsanordnung (24, 30, 32, 34, 36) derart positioniert und angeordnet ist, dass sie ein Verteilungsprofil der Temperatur an einem Auslass eines Brennkammereinrichtungsabschnitts (16) der Gasturbinenmaschine (10) liefert.

7. System (22) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Erfassungsanordnung (24, 30, 32, 36) eine Mehrzahl von Thermoelementen aufweist.

8. System (22) nach Anspruch 3, wobei die Signalprozessoranordnung (28) die Temperatursensoren (24) detektiert, welche die maximale und die minimale Temperatur registrieren und anschließend die Temperaturdifferenz feststellt, die zwischen der minimalen und der maximalen Temperatur besteht, bevor sie den berechneten Differenzwert mit dem vorbestimmten akzeptablen Deltawert vergleicht.

9. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das System (22) in der Form eines Nachrüstsatzes vorgesehen ist, der daran angepasst ist, an existierenden Maschinen angebracht zu werden.

10. Verfahren zum Überwachen des Zustands eines Bauteils des heißen Endes einer Gasturbinenmaschine (10), aufweisend die folgenden Schritte:

a) Erfassen einer Temperaturverteilung in mindestens einem Teil eines Gaswegs in einer Gasturbinenmaschine (10); und gekennzeichnet durch die weiteren folgenden Schritte:

b) Berechnen der Temperaturdifferenz zwischen einer maximalen Temperatur und einer minimalen Tem-

peratur der erfassten Temperaturverteilung; und
c) Vergleichen der Temperaturdifferenz mit einem vorbestimmten Deltawert, um einen Fehlfunktionszustand zu ermitteln und dann, beim Ermitteln des Fehlfunktionszustands, Erzeugen eines Warnsignals, welches anzeigt, dass eine Wartung erforderlich ist.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei ein Warnsignal erzeugt wird, wenn die berechnete Temperaturdifferenz größer als der vorbestimmte Deltawert ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der Fehlfunktionszustand einer inkorrekt funktionierenden Brennstoffdüse korrespondiert.

13. Verfahren nach Anspruch 10, 11 oder 12, wobei die Temperatur an einer Mehrzahl von Stellen in einer Ebene rechtwinklig zu einer Gaswegrichtung erfasst wird.

14. Verfahren nach Anspruch 10, 11 oder 12, wobei die Temperatur an einer Mehrzahl von Stellen in einer Ebene parallel zur Gaswegrichtung erfasst wird.

15. Verfahren nach Anspruch 10, 11 oder 12, wobei die Temperatur zwischen zwei Turbinenstufen der Gasturbinenmaschine (10) erfasst wird.

16. Gasturbinenmaschine (10), aufweisend einen Verdichterabschnitt (14), einen Verbrennkammereinrichtungsabschnitt (16), eine Mehrzahl von Brennstoffdüsen zum Zuführen von druckbeaufschlagtem Brennstoff zu dem Brennkammereinrichtungsabschnitt (16), in dem der Brennstoff entzündet wird, um einen Strom heißer Verbrennungsgase zu erzeugen, einen Turbinenabschnitt (18) zum Entziehen von Energie von den Verbrennungsgasen und ein Brennkammereinrichtungs-Fehlfunktionserfassungssystem (22), wobei das System (22) einen ersten Satz von Temperatursensoren (24), die in dem heißen Gasstrom positioniert sind, aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren angeordnet sind, eine Zwischenturbinentemperaturverteilung (ITT – inter-turbine temperature) zu erfassen und dass die Maschine ferner einen Signalprozessor (28) aufweist, der ein Temperatursignal von jedem der Temperatursensoren (24) empfängt und konfiguriert ist, ein delta der Temperatur zwischen einer minimalen und einer maximalen erfassten Temperatur zu bestimmen und ein Brennkammereinrichtungs-Fehlfunktionssignal zu erzeugen, wenn das Temperaturdelta größer als ein vorbestimmter akzeptabler Wert ist.

17. Gasturbinenmaschine (10) nach Anspruch 16, wobei der erste Satz von Temperatursensoren (24) generell an einer ringförmigen Anordnung, die zwischen zwei Stufen der Turbinenlaufschauflern po-

sitioniert ist, gleich beabstandet ist.

18. Gasturbinenmaschine (**10**) nach Anspruch 16 oder 17, wobei ein zweiter Satz von umfangmäßig beabstandeten Temperatursensoren (**30**) strömungsabwärts des ersten Satzes vorgesehen ist.

19. Gasturbinenmaschine (**10**) nach einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei der erste Satz von Temperatursensoren (**24**) eine Anzahl von umfangmäßig beabstandeten Radial-Messaufnehmern (**32**) aufweist und wobei mindestens zwei radial beabstandete Thermoelemente (**34, 36**) an jeden Messaufnehmer (**32**) angebracht sind.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

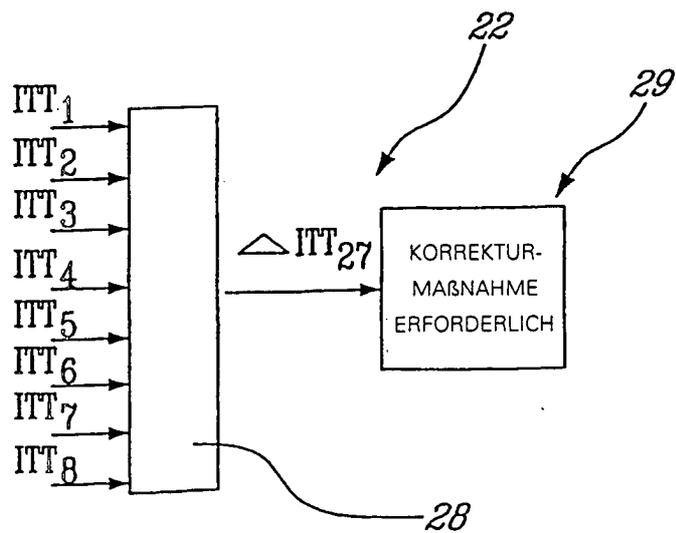
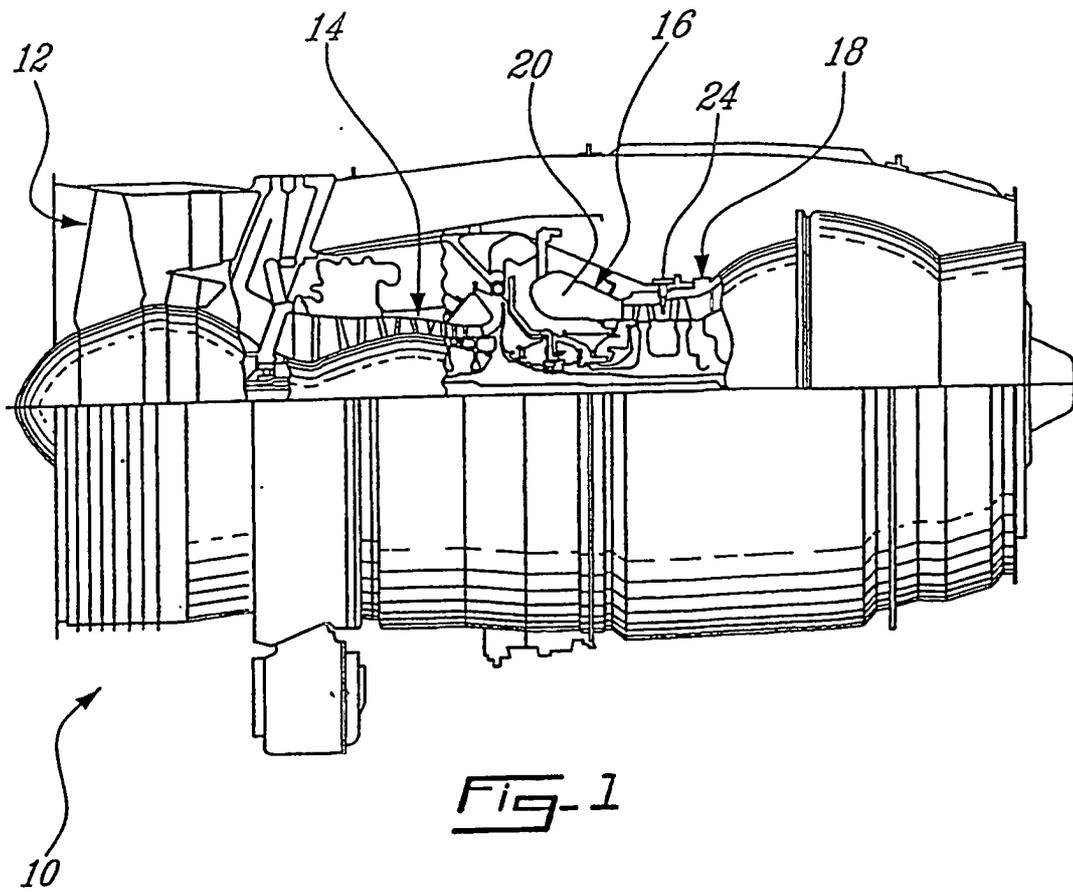


Fig-2

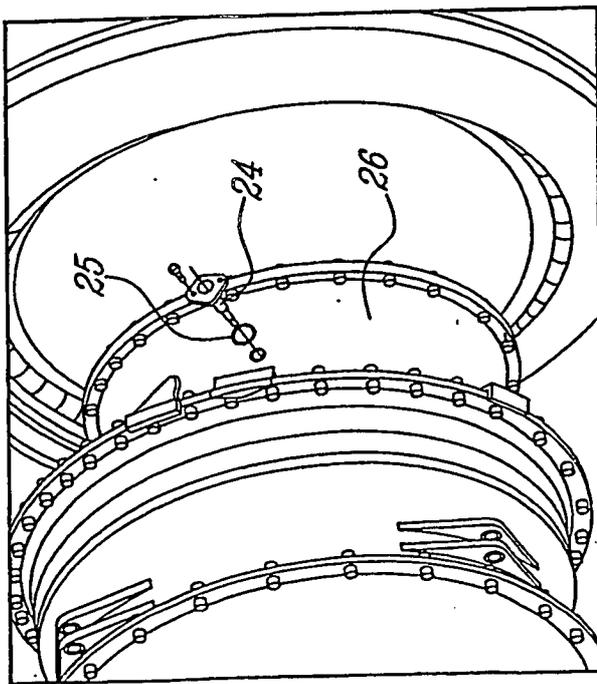


FIG-3

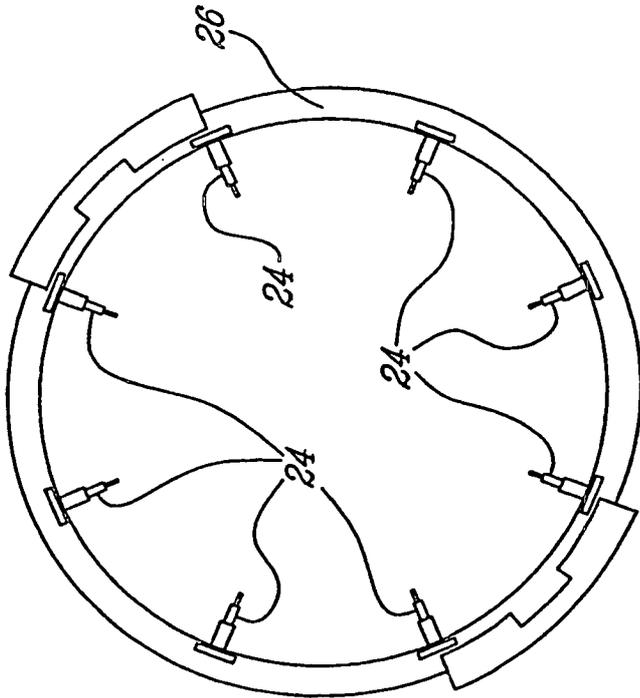


FIG-4

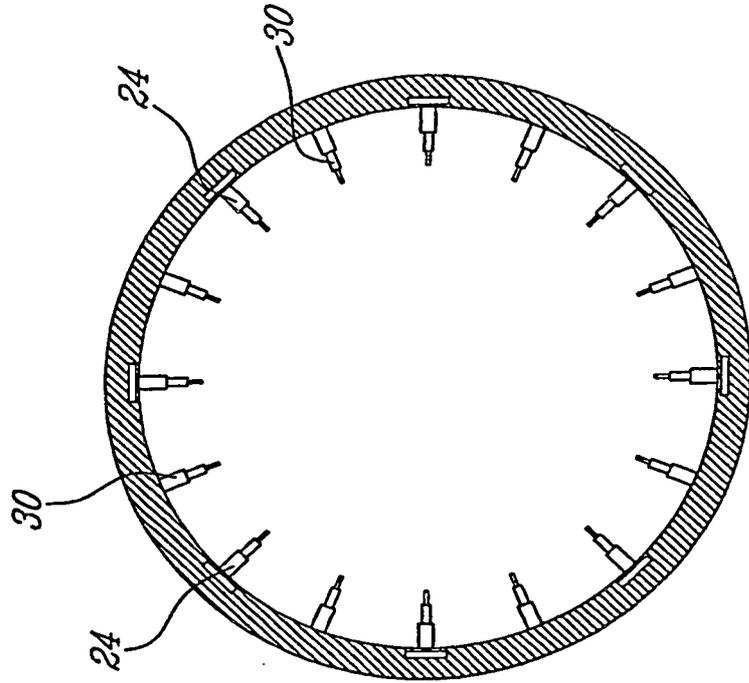


FIG. 5B

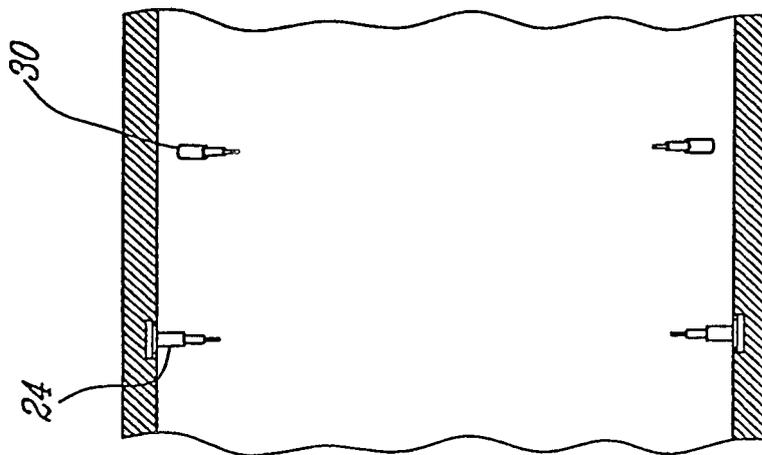


FIG. 5A

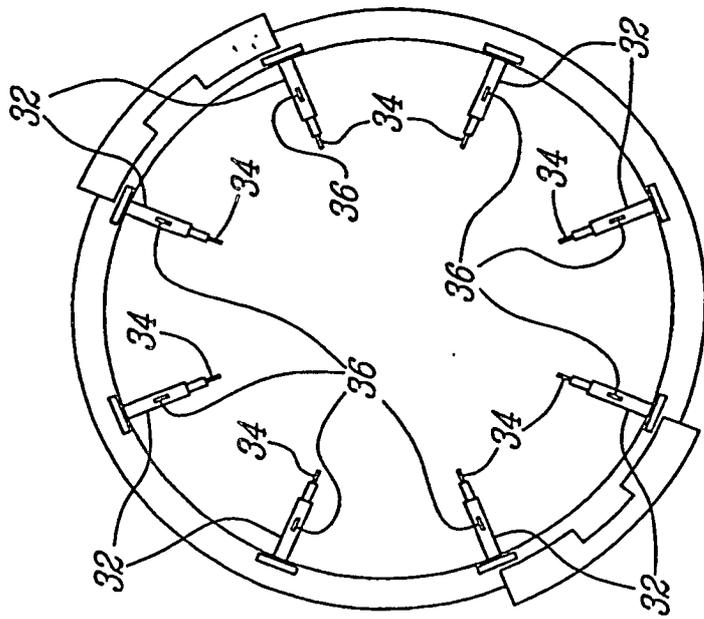


FIG. 6