(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 002 712 B4** 2008.04.10

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2004 002 712.9**
(22) Anmeldetag: **19.01.2004**
(43) Offenlegungstag: **05.08.2004**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **10.04.2008**

(51) Int Cl.[8]: ***G01N 3/56*** (2006.01)
G01M 13/00 (2006.01)
G01B 5/14 (2006.01)
G01B 21/32 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

10/347923	**22.01.2003**	**US**
10/635494	**07.08.2003**	**US**

(73) Patentinhaber:
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Tokyo, JP

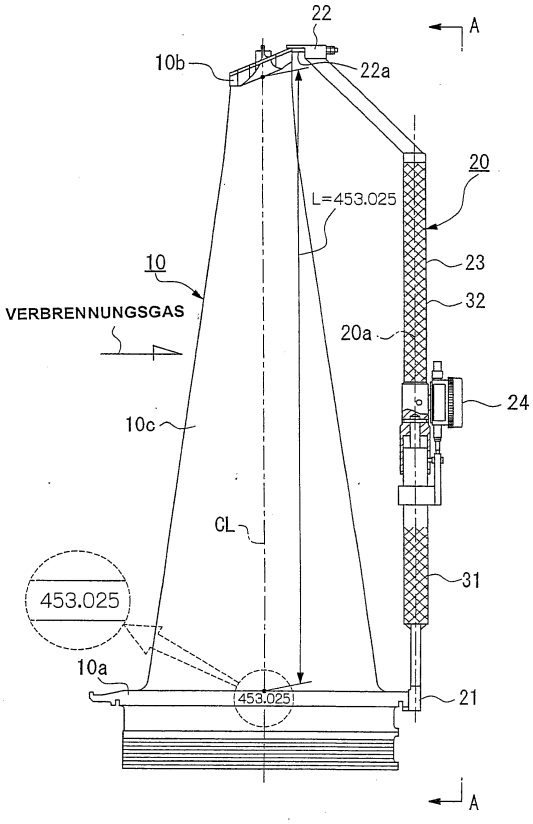
(74) Vertreter:
Henkel, Feiler & Hänzel, 80333 München

(72) Erfinder:
Soechting, Friedrich, Miami, Fla., US; Ellis, Charles, Miami, Fla., US; Tomita, Yasuoki, Takasago, Hyogo, JP; Tokunaga, Yugo, Takasago, Hyogo, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 30 15 058 C2
DE 199 62 735 A1
DE 20 64 075
US 62 72 759 B1

(54) Bezeichnung: **Turbinenschaufel-Ermüdungslebensdauer-Bewertungsverfahren und Turbinenschaufel-Kriechdehnungsverformungs-Messvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Messvorrichtung für eine Turbinenschaufel-Kriechdehnungsverformung mit
einer ersten Stange (31) mit einem ersten Ende (21), das an einem Ende einer Turbinenschaufel zu befestigen ist, und einem ersten konkaven Abschnitt (31a) an einem entgegengesetzten Ende,
einer zweiten Stange (32) mit einem zweiten Ende (22), das an einem anderen Ende der Turbinenschaufel zu befestigen ist, mit einem zweiten konkaven Abschnitt (32a) an einem entgegengesetzten Ende und mit einem Schaft (32b), wobei der erste konkave Abschnitt (31a) in dem zweiten konkaven Abschnitt (32a) angeordnet und verschiebbar geführt ist, und der Schaft (32b) in dem ersten konkaven Abschnitt (31a) angeordnet und verschiebbar geführt ist, so dass die erste und zweite Stange (31, 32) relativ zueinander verschiebbar sind, und
einer Messvorrichtung (24) zum Messen eines Abstandes (L) zwischen dem ersten und dem zweiten Ende (21, 22).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Turbinenschaufel-Ermüdungslebensdauer-Bewertungsverfahren und eine Turbinenschaufel-Kriechdehnungsverformungs-Messvorrichtung.

[0002] Eine Gasturbine umfasst einen Kompressor, eine Brennkammer und eine Turbine (in den Zeichnungen nicht dargestellt). Gemäß einer solchen Gasturbine wird komprimierte Luft, die in dem Kompressor komprimiert wird, der Bennkammer zugeführt, und die komprimierte Luft wird mit einem Brennstoff, der separat zugeführt wird, gemischt und verbrannt. Das Verbrennungsgas, das bei der Verbrennung erzeugt wird, wird der Turbine zugeführt, um eine Drehantriebskraft in der Turbine zu erzeugen.

[0003] In Fig. 6 ist ein Beispiel eines inneren Aufbaus einer solchen Turbine dargestellt. Wie in Fig. 6 gezeigt ist, sind in der Turbine mehrere Turbinenschaufeln **1**, die kreisförmig an einem in der Zeichnung nicht dargestellten Rotor angeordnet sind, und mehrere Turbinen-Leitschaufeln **2**, die an einem Stator um den Rotor herum angeordnet sind, alternierend in der Drehachsenrichtung (der Horizontalrichtung in Fig. 6) eines Rotors angeordnet. Ferner ist ein Verbrennungsgas-Strömungskanal **3**, durch den ein Verbrennungsgas strömt, ausgebildet. Dabei dreht das Verbrennungsgas, das in den Verbrennungsgas-Strömungskanal **3** von einer Brennkammer eingeleitet wird, die Turbinenschaufeln **1** und bringt eine Drehkraft auf den Rotor auf. Eine solche Drehkraft dreht einen Stromgenerator (in der Zeichnung nicht dargestellt), der mit dem Rotor verbunden ist, um elektrische Leistung (Strom) zu erzeugen.

[0004] Für eine solche Gasturbine ist jedoch ein Verfahren zum quantitativen Bewerten und zum Management der Ermüdungslebensdauer der Turbinenschaufel **1** bisher nicht erstellt worden; daher besteht ein Problem insofern, als die gesamte Gasturbine beschädigt werden kann, falls unerwartet ein schleichender bzw. Kriechdefekt (creep defect) auftritt.

[0005] Die US6272759 B1 beschreibt eine Messvorrichtung zum Vermessen des horizontalen Radstandes eines Güterwaggons. Bei dieser Messvorrichtung sind einzelne Stangen, welche Enden bzw. Messpunkt führen, in außenliegenden Führungsschienen und mit diesen umgreifenden Klammern geführt.

[0006] Die DE 199 62 735 A1 beschreibt ein Verfahren zum Überwachen des Kriechverhaltens rotierender Komponenten einer Verdichter- oder Turbinenstufe, wobei ein separates Testelement in einem Bereich der Verdichter- oder Turbinenstufe mit vergleichbaren Betriebsbelastungen angebracht wird und das Testelement nach einer vorgebbaren Betriebszeit durch Messung auf Kriechdehnung untersucht wird. Aus dieser Messung am Testelement wird das Kriechverhalten der zu überwachenden Komponente abgeleitet.

[0007] Die Erfindung wurde in Anbetracht der oben erwähnten Situation getätigt. Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung eines Turbinenschaufel-Ermüdungslebensdauer-Bewertungsverfahrens zum quantitativen Ermitteln bzw. Bewerten der Ermüdungslebensdauer (fatigue life) einer Turbinenschaufel und die Bereitstellung einer geeigneten Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung, die in dem oben genannten Turbinenschaufel-Ermüdungslebensdauer-Bewertungsverfahren verwendet wird.

[0008] Zur Lösung des oben genannten Problems wendet die Erfindung ein Turbinenschaufel-Ermüdungslebensdauer-Bewertungsverfahren gemäß Anspruch 12 an.

[0009] Gemäß der Erfindung ist es bei dem Turbinenschaufel-Ermüdungslebensdauer-Bewertungsverfahren durch Annahme einer Kriechdehnungsbelastung wie z.B. 0,5%, die ausreichend kleiner als 2% ist, als Referenzwert zur Ermittlung der Ermüdungslebensdauer möglich, die Ermüdungslebensdauer einer Turbinenschaufel schnell zu bestimmen, so dass ein Kriechdefekt nicht auftritt, im Gegensatz zu einer herkömmlichen Turbinenschaufel, bei der es zu einem Bruch kommt, wenn die Kriechdehnungsbelastung infolge einer plötzlichen Abnahme der Festigkeit 2% überschreitet.

[0010] Gemäß der Erfindung wird auch eine Kriechdehnungsbelastungs- bzw. -verformungs-Messvorrichtung gemäß Anspruch 1 in Vorschlag gebracht.

[0011] Bei der Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung gemäß der Erfindung wird die Länge der Turbinenschaufel in einem Ausgangszustand, in dem es zu keiner Kriechdehnungsbelastung kommt, im voraus unter der Bedingung gemessen, dass das erste feststehende Ende an einem Ende der Turbinenschaufel und das zweite feststehende Ende an dem anderen Ende der Turbinenschaufel angebracht ist. Ferner ist es auch durch Messen der Länge der Turbinenschaufel nach einem Betrieb über eine vorbestimmte Zeitspanne hinweg und durch Ermitteln der Differenz zwischen der Länge dieser Turbinenschaufel nach dem Betrieb und der Länge in dem obengenannten Ausgangszustand möglich, einen Wert einer Kriechdehnungsbelastung nach dem Betrieb (post operation creep allongation strain) genau zu ermitteln.

[0012] Die Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung gemäß der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Messvorrichtung an

einem Verbindungsabschnitt angeordnet ist, welcher das erste feststehende bzw. befestigte Ende und das zweite feststehende bzw. befestigte Ende so verbindet, dass das erste Ende und das zweite Ende näher zueinander gezwungen werden, und dass sie eine Dehnungsdimension des Verbindungsabschnitts misst, um so die Kriechdehnungsbelastung der Turbinenschaufel zu messen.

[0013] Bei der Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung gemäß der Erfindung stellt der Verbindungsabschnitt, indem lediglich das erste feststehende Ende an einem Ende der Turbinenschaufel und das zweite feststehende Ende am anderen Ende der Turbinenschaufel angebracht wird, das Intervall bzw. den Abstand zwischen dem ersten feststehenden Ende und dem zweiten feststehenden Ende automatisch so ein, dass es der kürzeste Abstand ist.

[0014] Bei dem Turbinenschaufel-Ermüdungslebensdauer-Bewertungsverfahren gemäß der Erfindung ist es möglich, die Ermüdungslebensdauer einer Turbinenschaufel quantitativ zu bewerten. Infolgedessen ist es möglich, ein Problem zu verhindern, nämlich dass plötzlich ein Kriechdefekt in der Turbinenschaufel auftritt, der einen schweren Schaden an der gesamten Gasturbine verursacht.

[0015] Bei der Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung gemäß der Erfindung ist es möglich, die Kriechdehnungsbelastung durch Messen der Dehnung in Bezug auf die Länge der Turbinenschaufel vor dem Betrieb bzw. Einsatz unter Verwendung der Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung zu bestimmen. Daher ist es möglich, basierend auf dem Wert der Kriechdehnungsbelastung quantitativ abzuschätzen, wie viele Stunden bis zum Ende der Ermüdungslebensdauer verbleiben.

[0016] Bei der Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung gemäß der Erfindung ist es möglich, da der Verbindungsabschnitt eine Abstandsdimension zwischen dem ersten befestigten Ende und dem zweiten befestigten Ende automatisch auf ein Minimum einstellt, Abweichungen in den Messergebnissen infolge von Messungen durch verschiedene Bedienungspersonen zu vermeiden.

[0017] Die Erfindung wird im folgenden anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung näher erläutert, in der zeigen:

[0018] Fig. 1 eine Vorderansicht einer Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung in einer Ausführungsform der Erfindung,

[0019] Fig. 2 eine Seitenansicht einer Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung in einer Ausführungsform der Erfindung, in der durch einen Pfeil A-A in Fig. 1 angegebenen Richtung betrachtet,

[0020] Fig. 3 eine vergrößerte Ansicht eines Abschnitts der Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung,

[0021] Fig. 4 eine Vorderansicht der Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung in einer modifizierten Ausführungsform,

[0022] Fig. 5 eine Vorderansicht der Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung in einer weiteren modifizierten Ausführungsform, und

[0023] Fig. 6 eine Ansicht zur Erläuterung eines inneren Aufbaus einer Gasturbine.

[0024] Im folgenden wird eine Ausführungsform eines Turbinenschaufel-Ermüdungslebensdauer-Bewertungsverfahrens unter Verwendung einer Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung, sowie eine Turbinenschaufel, die durch das oben genannte Verfahren bewertet wird, unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert. Die hier offenbarten spezifischen strukturellen und funktionalen Details sind lediglich repräsentativ und schränken den Schutzumfang der Erfindung nicht ein.

[0025] Eine Turbinenschaufel, die in den Zeichnungen nicht dargestellt ist, ist ein Element, das einen Teil einer Turbine in einer einen Kompressor, eine Brennkammer und die Turbine umfassenden Gasturbine bildet. Das heißt, ein Rotor ist axial so gelagert, dass er in der Turbine drehbar ist, und mehrere Turbinenschaufeln sind um den Rotor herum befestigt. Ferner leitet die Turbine ein Verbrennungsgas, das in der Brennkammer erzeugt wird, in einen Verbrennungsgas-Strömungskanal ein, so dass es sich ausdehnt. Ferner wird durch Drehen des Rotors, indem das Verbrennungsgas gegen jede Turbinenschaufel geblasen wird, thermische Energie des Verbrennungsgases in kinetische Drehenergie umgewandelt, um eine Antriebskraft zu erzeugen.

[0026] In Fig. 1 ist eine Turbinenschaufel **10**, bei der die Erfindung anwendbar ist, gezeigt. Die Turbinenschaufel **10** umfasst einen inneren Deckring (shroud) **10a**, der am Rotor befestigt ist, einen äußeren Deckring **10b**, wobei ein Verbrennungsgas-Strömungskanal in einem Raum zwischen dem inneren Deckring **10a** und dem äußeren Deckring **10b** gebildet ist, und einen Schaufelabschnitt **10c**, der zwischen dem inneren Deckring **10a** und dem äußeren Deckring **10b** ausgebildet ist. Das Bezugssymbol CL gibt eine Mittelachslinie in der Mitte in der Breitenrichtung der Turbinenschaufel **10** an.

[0027] Wie in Fig. 1 gezeigt ist, wird auf eine Oberfläche des inneren Deckrings **10a** der Turbinenschaufel **10** eine Länge L in der Longitudinalrichtung in einem Ausgangszustand vor dem Betrieb bzw. Einsatz aufgestanzt bzw. gestempelt. Die Länge L in der Longitudinalrichtung ist die Abmessung einer geraden Linie zwischen der Außenfläche des inneren Deckrings **10a** an der Position der Mittelachslinie CL und der Innenfläche des äußeren Deckrings **10b**. Die Länge L in der Longitudinalrichtung wird unter der Bedingung gemessen, dass die Kriechdehnungsbelastung bzw. -verformung nach dem Betrieb bzw. Einsatz 0 (Null) ist (beispielsweise ist in Fig. 1 "453.025", was "L = 453.025 mm" angibt, aufgestanzt).

[0028] In den Fig. 1 und Fig. 2 gibt die Bezugsziffer **20** eine Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung an, welche die Kriechdehnungsbelastung der Turbinenschaufel **10** misst. Die Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung **20** umfasst ein erstes feststehendes bzw. befestigtes Ende **21**, das am inneren Deckring **10a** (einem Ende) der Turbinenschaufel **10** angebracht ist, ein zweites feststehendes bzw. befestigtes Ende **22**, das am äußeren Deckring **10b** (dem anderen Ende) angebracht ist, einen Verbindungsabschnitt **23**, der das erste befestigte Ende **21** und das zweite befestigte Ende **22** verbindet und eine Kraft in einer Richtung derart aufbringt, dass das erste befestigte Ende **21** und das zweite befestigte Ende **22** näher zueinander bewegt werden, und eine Feinmessvorrichtung **24** (Messvorrichtung), die die Abstandsdimension L zwischen dem ersten befestigten Ende **21** und dem zweiten befestigten Ende **22** misst.

[0029] Das erste befestigte Ende **21** ist ein Metallelement mit einer annähernden "L"-Form, von der Seite aus betrachtet, und hat eine Kontaktfläche, die zu der Form des stromabseitigen Endabschnitts des inneren Deckrings **10a** passt.

[0030] Das zweite befestigte Ende **22** ist ein Metallelement mit einer annähernden "L"-Form, von der Seite aus betrachtet, und hat eine Kontaktfläche, die zu der Form der des stromabseitigen Endabschnitts des äußeren Deckrings **10b** passt. Die Bezugsziffer **22a** ist ein Einstellbolzen, der eine Achslinie **20a** der Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung **20** in Bezug auf die Position des zweiten befestigten Endes **22** in der Horizontalrichtung einstellt. Durch Einstellen der Position des Einstellbolzens **22a** je nach Bedarf ist es möglich, die Achslinie **20a** der Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung **20** so einzustellen bzw. anzupassen, dass die Mittellinie CL der Turbinenschaufel **10** parallel zur Achslinie **20a** der Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung **20** ist. Daher ist es möglich, verschiedene Formen der Turbinenschaufel **10** zu handhaben.

[0031] Der Verbindungsabschnitt **23** umfasst eine erste Stange **31** mit dem ersten feststehenden bzw. befestigten Ende **21**, das an einem Ende der Turbinenschaufel befestigt ist oder wird, und eine zweite Stange **32**, die mit dem anderen Ende der ersten Stange **31** an der gleichen Achse verbunden ist und das zweite feststehende bzw. befestigte Ende **22** aufweist, welches am anderen Ende der Turbinenschaufel befestigt ist oder wird.

[0032] Wie in Fig. 3 gezeigt ist, ist in dem Verbindungsteil der ersten Stange **31**, der der zweiten Stange **32** entspricht, ein tiefer konkaver Abschnitt **31a** in der Richtung der Axiallinie **20a** ausgebildet. In dem konkaven Abschnitt **31a** sind ein Paar linearer Büchsen bzw. Hülsen **31b** und **31c** sowie ein Kragen **31d** enthalten. Die linearen Büchsen bzw. Hülsen **31b** und **31c** sind zylindrische Elemente und in dem konkaven Abschnitt **31a** in einem vorbestimmten Abstand voneinander befestigt. Der Kragen **31d** ist ebenfalls ein zylindrisches Element, das unter der linearen Büchse bzw. Hülse **31b** angeordnet ist.

[0033] In dem der ersten Stange **31** entsprechenden Verbindungsteil der zweiten Stange **32** ist ein tiefer konkaver Abschnitt **32a** in der Richtung der Axiallinie **20a** ausgebildet. In dem konkaven Abschnitt **32a** ist das Verbindungsteil der ersten Stange **31** auf der gleichen Achse eingesetzt, um zu gleiten. Somit ist die Gesamtlänge des Verbindungsabschnitts **23** erweiterbar.

[0034] Ferner ist an dem Verbindungsteil der zweiten Stange **32** die Achse **32b**, die in den konkaven Abschnitt **31a** eingesetzt ist, befestigt. Die Achse **32b** ist über die linearen Büchsen bzw. Hülsen **31b** und **31c** und den Kragen **31d** so eingesetzt, dass sie die Gleitbewegung der zweiten Stange **32** zur ersten Stange **31** in der Richtung der Achslinie **20a** führt.

[0035] Das Ende der Achse bzw. des Schafts **32b** ist in eine Druckfeder **32c** als Kraftaufbringungselement eingesetzt. Ein Ende der Druckfeder **32c** steht in Kontakt mit dem Bodenende des Kragens **31d**. Das andere Ende der Druckfeder **32c** steht in Kontakt mit einem Federanschlag **32b1**, der in einem Ende der Achse bzw. des Schafts **32b** ausgebildet ist. Daher werden die erste Stange **31** und die zweite Stange **32** durch die Druckfeder **32c** näher zueinander gezwungen.

[0036] Wie in Fig. 3 gezeigt ist, umfasst der Feinzeiger bzw. die Feinmessvorrichtung (dial gauge) **24** eine Feinmesseinheit **24a**, die an der zweiten Stange **32** befestigt ist, und einen Kontaktabschnitt **24b**, der an der ersten Stange **31** befestigt ist, und weist eine Nadel **24a1** der Feinmesseinheit **24a** auf, welche mit dem Kontaktabschnitt **24b** in Kontakt steht.

[0037] Die Feinmesseinheit **24a** kann die Abstands-

dimension L zwischen dem ersten feststehenden bzw. befestigten Ende **21** und dem zweiten feststehenden bzw. befestigten Ende **22** genau durch Ausfahren der Nadel **24a1** messen, was durch einen Kontakt mit dem Kontaktabschnitt **24b** bewirkt wird, wenn der Abstand zwischen der ersten Stange **31** und der zweiten Stange **32** zunimmt und abnimmt. Als Feinmesseinheit **24a** kann nicht nur eine Feinmessvorrichtung verwendet werden, welche die Abstandsdimension L als Absolutwert bestimmt, sondern auch eine Feinmessvorrichtung, welche eine Abweichung der Dimension (eine Differenz) in Bezug auf eine vorbestimmte Referenzdimension misst (beispielsweise die Abstandsdimension L in einem Ausgangszustand).

[0038] Im folgenden wird ein Turbinenschaufel-Ermüdungslebensdauer-Bewertungsverfahren unter Verwendung der Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung **20** mit dem oben erwähnten Aufbau erläutert. Zunächst wird in der Turbinenschaufel **10** in einem Anfangsstadium bzw. Ausgangszustand das erste befestigte Ende **21** mit dem inneren Deckring **10a** in Eingriff gebracht, und während das Intervall bzw. der Abstand zwischen der ersten Stange **31** und der zweiten Stange **32** vergrößert wird, wobei man einer Kraft entgegenwirkt, die durch die Druckfeder **32c** aufgebracht wird, wird das zweite befestigte Ende **22** mit dem äußeren Deckring **10b** in Eingriff gebracht. Infolgedessen stellt die Druckfeder **32c** automatisch den Abstand zwischen dem ersten feststehenden bzw. befestigten Ende **21** und dem zweiten feststehenden bzw. befestigten Ende **22** auf ein Minimum ein. Demgemäß gibt die Feinmesseinheit **24a** die Abstandsdimension L automatisch genau an. Der Messvorgang in einem Ausgangszustand muss nur einmal durchgeführt werden, und die Messergebnisse sind vorzugsweise auf die Oberfläche der Turbinenschaufel **10** zu stanzen, wie oben erwähnt wurde.

[0039] Wenn eine Bewertung der Ermüdungslebensdauer einer in Betrieb gewesenen Turbinenschaufel **10** nach einer vorbestimmten Zeitdauer durchgeführt wird, kann eine Messung durch das gleiche Verfahren, wie es oben erwähnt wurde, durchgeführt werden. Indem die Differenz gegenüber den Messergebnissen unter Bedingungen eines Ausgangszustands ermittelt wird, ist es möglich, eine Nachbetriebs-Kriechdehnungsbelastung nach einer vorbestimmten Zeitdauer zu bestimmen.

[0040] Wenn eine solche Kriechdehnungsbelastung bewertet wird, wird vorzugsweise ein Verfahren angewandt, bei dem bestimmt wird, dass eine Turbinenschaufel innerhalb ihrer Ermüdungslebensdauer liegt, falls die Kriechdehnungsbelastung bzw. -verformung in einer Longitudinalrichtung der Turbinenschaufel weniger als 0,5% der anfänglichen Länge beträgt, und bei dem bestimmt wird, dass die Turbinenschaufel ihre Ermüdungslebensdauer überschritten hat, falls die Kriechdehnungsbelastung in der Longitudinalrichtung der Turbinenschaufel 0,5% oder mehr der anfänglichen Länge beträgt.

[0041] Bei einer gewöhnlichen Turbinenschaufel verliert die Turbinenschaufel schnell an Festigkeit und bricht, wenn die Kriechdehnungsbelastung 2% überschreitet. Daher ist es durch Anwenden einer Kriechdehnungsbelastung von beispielsweise 0,5%, die geringer ist als 2%, als Referenzwert zur Bewertung der Ermüdungslebensdauer möglich, die Ermüdungslebensdauer der Turbinenschaufel so zu bestimmen, dass ein Kriechdefekt der Turbinenschaufel **10** nicht auftritt.

[0042] Ferner ist es möglich, durch Ausführen eines Messvorgangs für jede Betriebsperiode das Änderungsverhalten der Kriechdehnungsbelastung im Verlauf der Zeit zu bestimmen. Somit ist es gemäß einem solchen Änderungsverhalten möglich, abzuschätzen, wie viele Stunden bis zum Ende der Ermüdungslebensdauer verbleiben.

[0043] Gemäß dem Turbinenschaufel-Ermüdungslebensdauer-Bewertungsverfahren, das eine solche Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung **20** verwendet, ist es möglich, die Ermüdungslebensdauer der Turbinenschaufel **10** quantitativ zu bewerten. Daher ist es möglich, ein Problem zu verhindern, nämlich dass plötzlich ein Kriechdefekt in einer Turbinenschaufel auftritt, der schweren Schaden an der gesamten Gasturbine verursacht.

[0044] Ferner ist es durch Einstanzen oder Stempeln des Messergebnisses unter einer Anfangsbedingung auf die Oberfläche der Turbinenschaufel **10** gemäß der Erfindung bei einem jeweiligen Messvorgang möglich, die Ermüdungslebensdauer einer Turbinenschaufel in Erfahrung zu bringen, ohne Zeit zur Bezugnahme auf Aufzeichnungen wie Blaupausen bzw. Musterkopien aufzuwenden. Daher ist es möglich, die Zeit zum Messen der Kriechdehnungsbelastung zum Zweck des Ausführens einer Ermüdungslebensdauer-Bewertung der Turbinenschaufel **10** zu reduzieren. Da die Messergebnisse, die man kennen will, auf die Oberfläche der Turbinenschaufel gestanzt sind, ist es außerdem möglich, das Auftreten von Fehlern infolge eines Versehens, wie einer Fehl-Identifikation einer Produktnummer, im voraus zu verhindern.

[0045] Eine modifizierte Ausführungsform der Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung **20** wird unter Bezugnahme auf die Fig. 4 und Fig. 5 erläutert. Die modifizierte Ausführungsform, wie sie in Fig. 4 gezeigt ist, unterscheidet sich von der oben erwähnten Ausführungsform insbesondere dahingehend, dass die Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung **20**

mittels eines unterschiedlichen Verfahrens an der Turbinenschaufel **10** befestigt wird und ein Mikrometer **40** anstelle der Feinmesseinrichtung (dial gauge) verwendet wird. Bei dieser modifizierten Ausführungsform ist die Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung **20** durch ein Drei-Punkt-Halterungsverfahren gehaltert, unter Verwendung eines ersten feststehenden Endes **41**, das mit einer flachen oberen Oberfläche des stromabseitigen Endes des inneren Deckrings **10a** in Kontakt steht, eines zweiten feststehenden Endes **42** mit einer Spitze, die in eine Vertiefung **10c1** eingesetzt ist, welche in der stromabseitigen Kante des Schaufelabschnitts **10c** und nahe dem äußeren Deckring **10b** ausgebildet ist, und eines dritten befestigten Endes **43**, das zwischen dem ersten befestigten Ende **41** und dem zweiten befestigten Ende **42** so positioniert ist, dass es mit der stromabseitigen Kante des Schaufelabschnitts **10c** in Kontakt steht. Zusätzlich können die Messergebnisse durch das Mikrometer **40** über eine Skalenmarke **40a** angegeben werden.

[0046] Die modifizierte Ausführungsform der Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung **20**, wie sie in Fig. 5 gezeigt ist, unterscheidet sich von der oben erwähnten Ausführungsform insbesondere darin, dass die Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung **20** an der Turbinenschaufel **10** mittels eines unterschiedlichen Verfahrens befestigt ist, und das Mikrometer **50** anstelle der Feinmessvorrichtung **24** vorgesehen ist. Das heißt, in der vorliegenden modifizierten Ausführungsform wird die Turbinenschaufel-Kriechdehnungsbelastungs-Messvorrichtung **20** durch ein erstes befestigtes Ende **51** gehaltert, das eine Spitze aufweist, welche in eine Vertiefung **10a1** eingesetzt ist, die in der stromabseitigen Kante des inneren Deckrings **10a** ausgebildet ist, und ein zweites befestigtes Ende **52**, das eine Spitze aufweist, die in eine Vertiefung **10c1** eingesetzt ist, welche in der stromabseitigen Kante des Schaufelabschnitts **10c** und nahe dem äußeren Deckring **10b** ausgebildet ist. Außerdem können die Messergebnisse durch das Mikrometer **50** durch eine Skalenmarke **50a** angegeben werden.

[0047] Dabei können bevorzugt genauere Ergebnisse erhalten werden, wenn ein Messvorgang unter Bedingungen durchgeführt wird, dass ein Einfluss einer Wärmedehnung in der Turbine in der obigen Ausführungsform und modifizierten Ausführungsformen berücksichtigt wird.

[0048] Das heißt, dass bei einer ersten Messung, bei der eine Kriechdehnungsverformung 0 ist, eine Temperatur in einer Wand der Turbinenschaufel **10** aufgezeichnet wird (vorzugsweise werden die obige Longitudinalrichtungsdimension L und die Temperatur in einer Wand an dem inneren Deckring **10a** an der Turbinenschaufel **10** markiert). Infolgedessen werden eine Temperatur in einer Wand und die Longitudinalrichtungsdimension L beim Bewerten einer Ermüdungslebensdauer der Turbinenschaufel **10** gemessen. Solange die Temperatur in einer Wand die gleiche ist wie die Temperatur in der Wand bei einer ersten Messung, ist es nicht nötig, die Temperatur zu korrigieren. Wenn ein Unterschied zwischen den gemessenen Temperaturen besteht, wird eine Korrektur unter Berücksichtigung des Wärmedehnungsbetrags vorgenommen. Das heißt, eine notwendige Korrektur wird durch Berechnen des Wärmedehnungsbetrags gemäß Rohdaten der Turbinenschaufel **10** bestimmt. Außerdem wird ein solcher Wärmedehnungsbetrag von dem Messergebnis der Longitudinalrichtungsdimension L abgezogen. Somit ist es möglich, die Wandtemperaturbedingung mit derjenigen bei der ersten Messung zu synchronisieren. Es ist auch akzeptabel, die Wandtemperatur bei jeder Messung gemäß der bei der ersten Messung erhaltenen Temperatur einzustellen. In einem solchen Fall ist es möglich, einen Korrekturvorgang des Wärmedehnungsbetrags zu übergehen.

Patentansprüche

1. Messvorrichtung für eine Turbinenschaufel-Kriechdehnungsverformung mit
einer ersten Stange (**31**) mit einem ersten Ende (**21**), das an einem Ende einer Turbinenschaufel zu befestigen ist, und einem ersten konkaven Abschnitt (**31a**) an einem entgegengesetzten Ende,
einer zweiten Stange (**32**) mit einem zweiten Ende (**22**), das an einem anderen Ende der Turbinenschaufel zu befestigen ist, mit einem zweiten konkaven Abschnitt (**32a**) an einem entgegengesetzten Ende und mit einem Schaft (**32b**), wobei der erste konkave Abschnitt (**31a**) in dem zweiten konkaven Abschnitt (**32a**) angeordnet und verschiebbar geführt ist, und der Schaft (**32b**) in dem ersten konkaven Abschnitt (**31a**) angeordnet und verschiebbar geführt ist, so dass die erste und zweite Stange (**31**, **32**) relativ zueinander verschiebbar sind, und
einer Messvorrichtung (**24**) zum Messen eines Abstandes (L) zwischen dem ersten und dem zweiten Ende (**21**, **22**).

2. Messvorrichtung gemäß Anspruch 1, mit einem Vorbelastungselement (**32c**), das zwischen der ersten und der zweiten Stange (**31**, **32**) angeordnet ist und die ersten und zweiten Enden (**21**, **22**) zueinander vorbelastet.

3. Messvorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei das Vorbelastungselement eine Feder (**32c**), vorzugsweise eine Druckfeder umfasst.

4. Messvorrichtung gemäß Anspruch 3, wobei die Feder (**32c**) in dem ersten konkaven Abschnitt (**31a**) angeordnet ist.

5. Messvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Messvorrichtung eine Feinmesseinheit (**24a**) umfasst.

6. Messvorrichtung gemäß Anspruch 5, wobei ein Kontaktabschnitt (**24b**) an der ersten oder der zweiten Stange (**31**, **32**) befestigt ist und mit einer Nadel (**24a1**) der Feinmesseinheit (**24a**) in Kontakt steht, und die Feinmesseinheit (**24a**) an der jeweils anderen, der zweiten oder der ersten Stange (**31**, **32**) befestigt ist.

7. Messvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei eine Buchse (**31b**, **31c**) in dem ersten konkaven Abschnitt (**31a**) angeordnet ist und die Bewegung des Schafts (**32b**) führt.

8. Messvorrichtung gemäß Anspruch 7 in Verbindung mit Anspruch 2 oder 3, wobei das Vorbelastungselement (**32c**) zwischen einer Buchse (**31b**, **31c**), vorzugsweise über einen Kragen (**31d**), und einem Anschlag (**32b1**) an einem Ende des Schafts (**32b**) so angeordnet ist, dass es die ersten und zweiten Enden (**21**, **22**) zueinander vorbelastet.

9. Messvorrichtung gemäß Anspruch 7 oder 8, wobei zwei Buchsen (**31b**, **31c**) zur Führung des Schafts (**32b**) vorgesehen sind.

10. Messvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das erste und das zweite Ende (**21**, **22**) jeweils mit einer annähernden „L"-Form, von der Seite aus betrachtet, ausgebildet ist.

11. Messvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das erste Ende (**21**) an einem inneren Deckring (**10a**) der Turbinenschaufel befestigbar ist und das zweite Ende (**22**) an einem äußeren Deckring (**10b**) der Turbinenschaufel befestigbar ist.

12. Verfahren zum Bewerten einer Turbinenschaufel-Ermüdungslebensdauer, mit den Schritten:
Messen einer anfänglichen Länge (L) der Turbinenschaufel zwischen zwei Enden in der Longitudinalrichtung derselben mittels einer Messvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11,
Messen einer aktuellen Länge (L) zwischen den zwei Enden mittels der Messvorrichtung,
Bestimmen, dass die Turbinenschaufel innerhalb ihrer Ermüdungslebensdauer liegt, falls die Kriechdehnung in der gemessenen aktuellen Länge (L) weniger als 0,5% der anfänglichen Länge beträgt, und
Bestimmen, dass die Turbinenschaufel ihre Ermüdungslebensdauer überschreitet, wenn die Kriechdehnung in der gemessenen aktuellen Länge (L) 0,5% oder mehr der anfänglichen Länge beträgt.

13. Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei die Messung der anfänglichen Länge (L) und die Messung der aktuellen Länge (L) bei gleicher Wandtemperatur der Turbinenschaufel durchgeführt werden.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

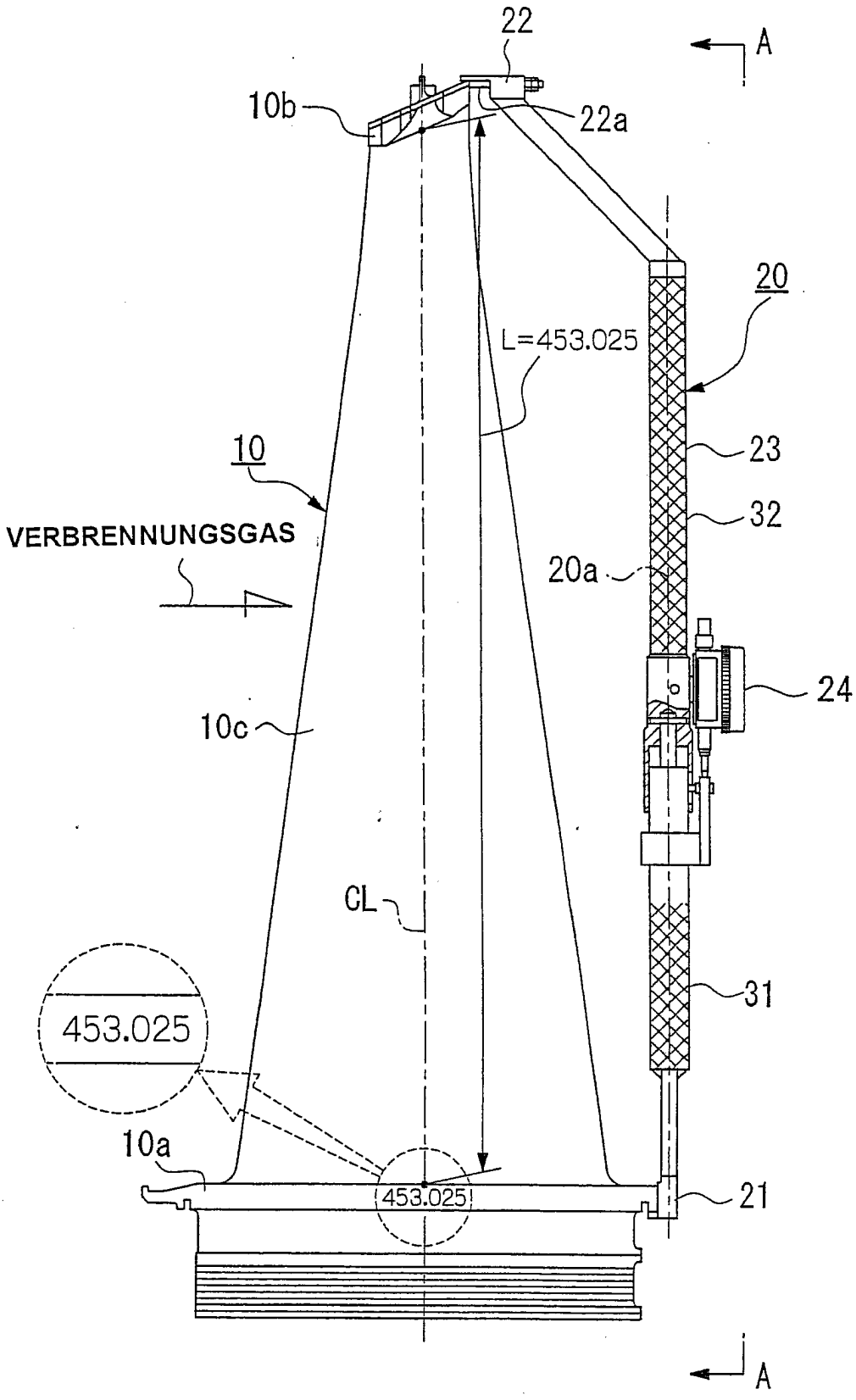


FIG. 2

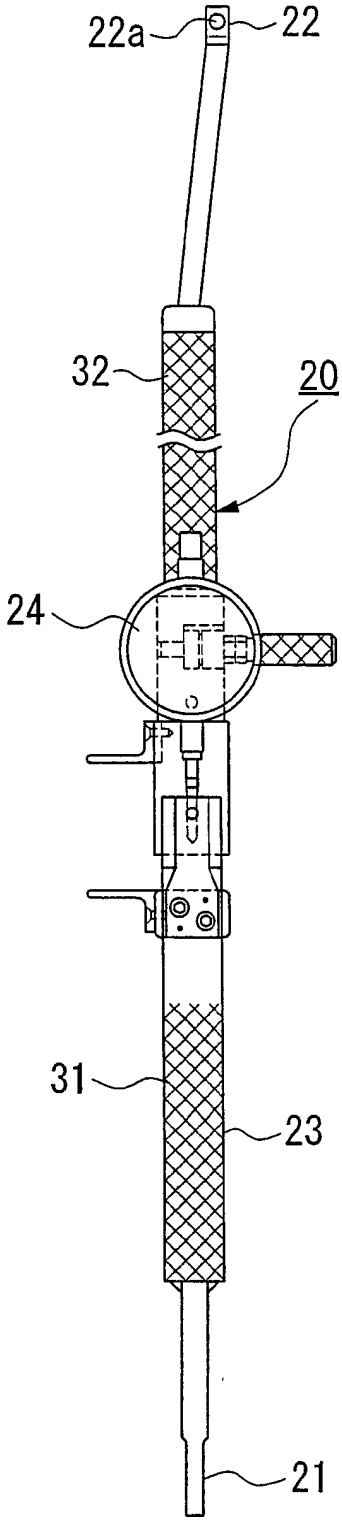


FIG. 3

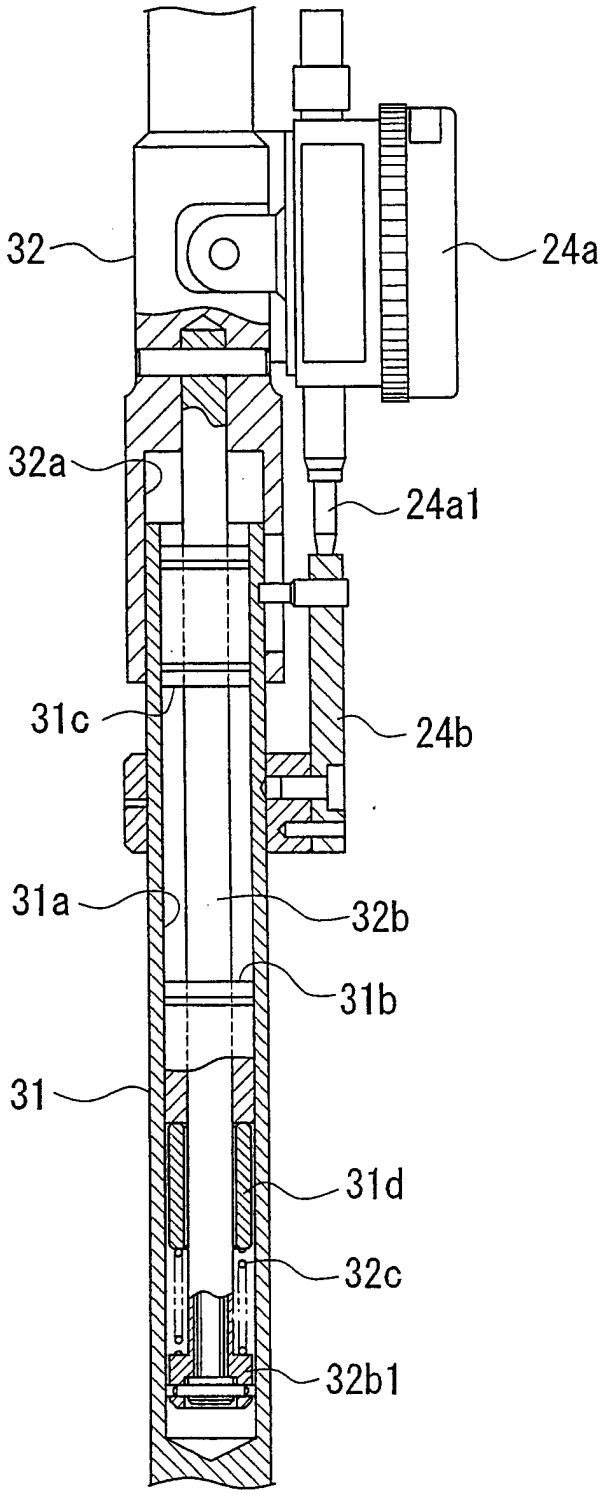


FIG. 4

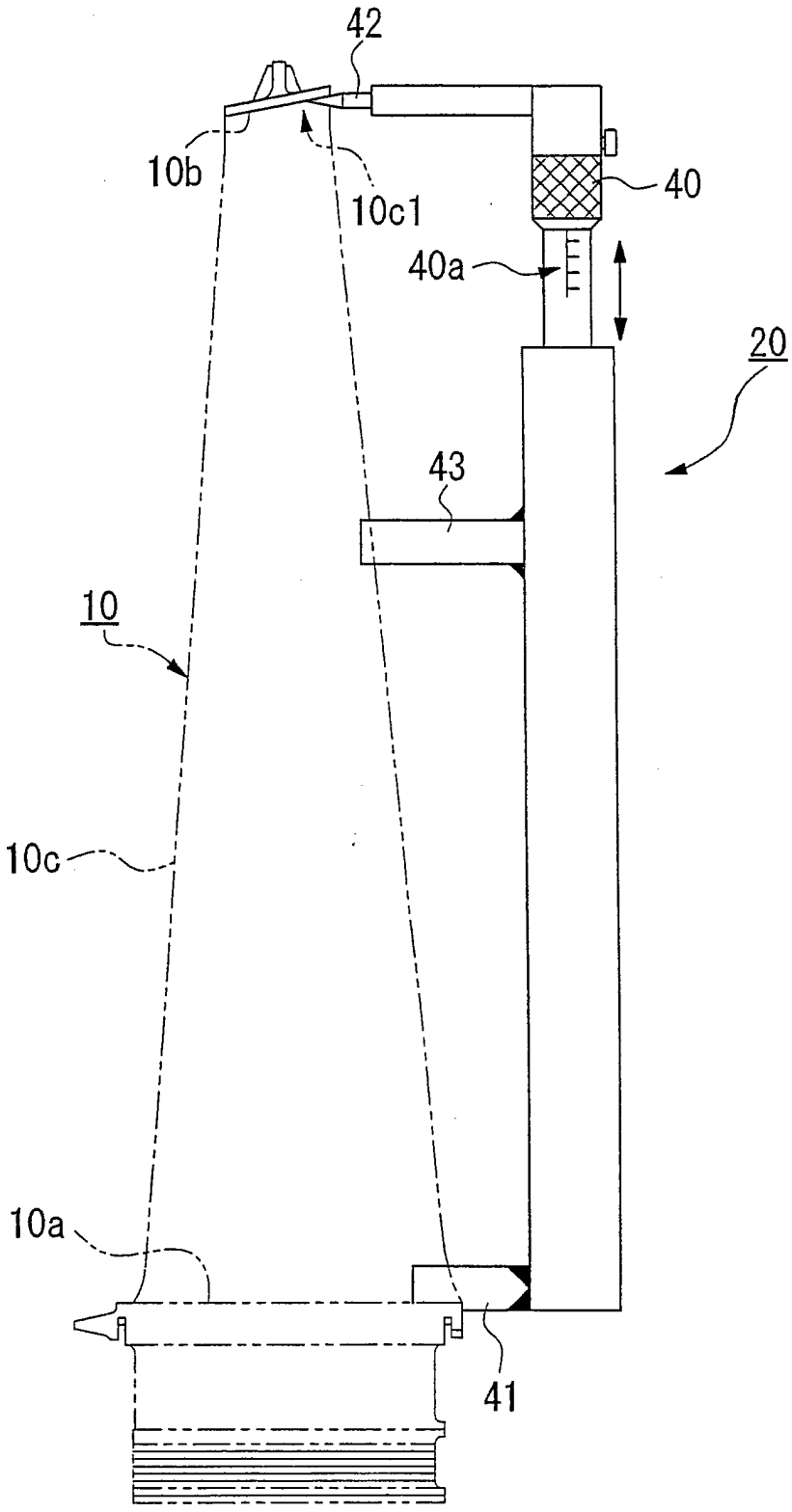


FIG. 5

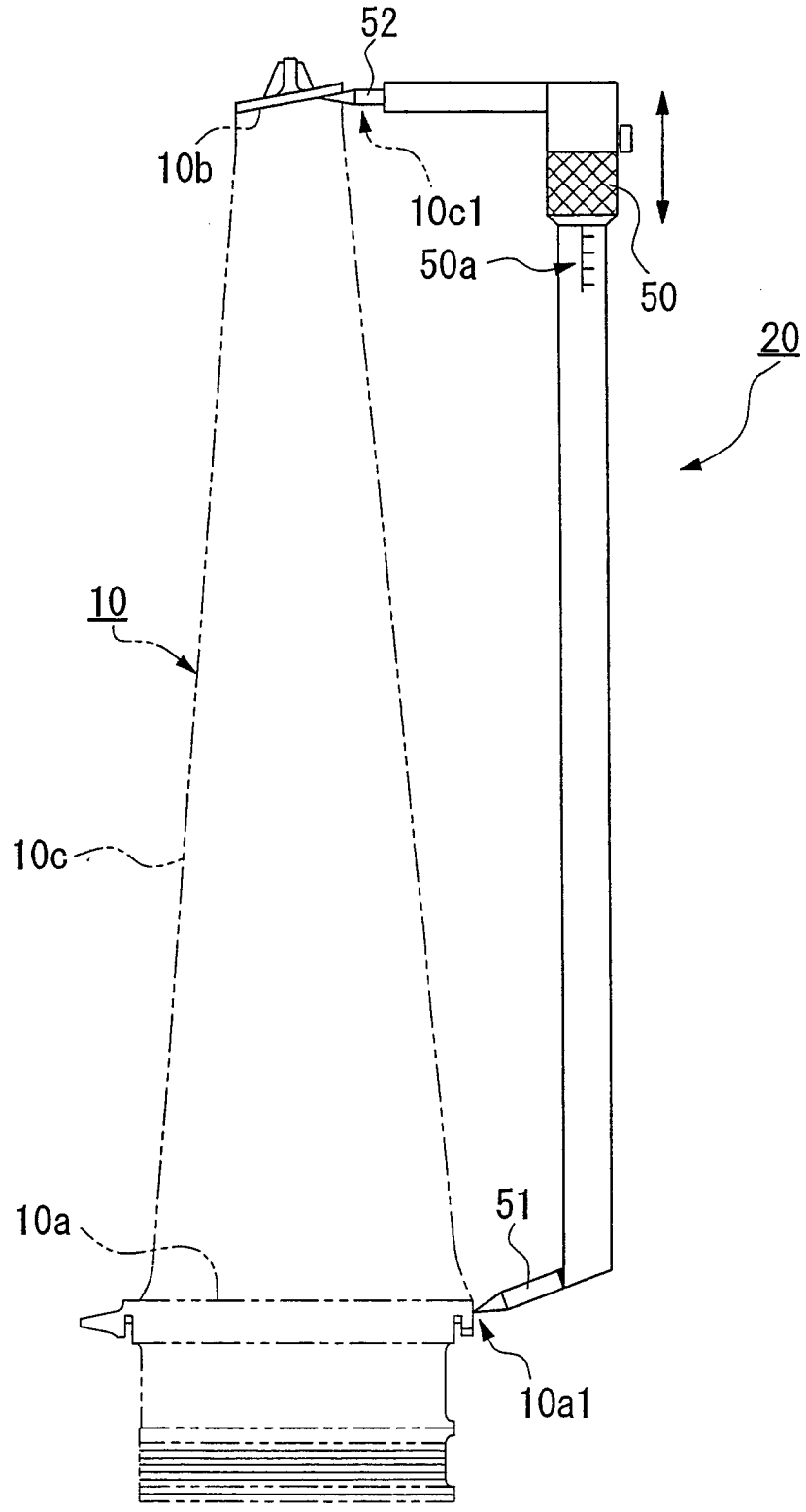


FIG. 6

