



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 702 243 A2

(51) Int. Cl.: G01N 29/12 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

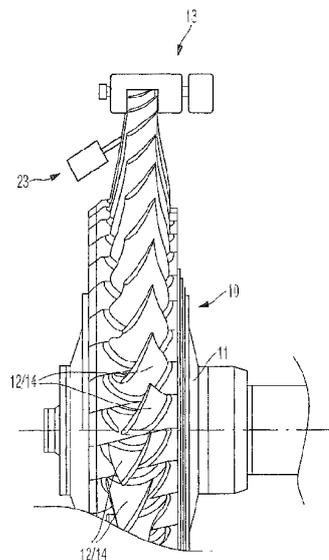
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 01393/10	(71) Anmelder: MAN Diesel & Turbo SE, Stadtbachstrasse 1 86153 Augsburg (DE)
(22) Anmeldedatum: 26.08.2010	(72) Erfinder: Marcel Rulewski, 86502 Laugna (DE)
(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.05.2011	
(30) Priorität: 18.11.2009 DE 10 2009 046 804.8	(74) Vertreter: E. Blum & Co. AG Patent- und Markenanwälte VSP, Vorderberg 11 8044 Zürich (CH)

(54) Verfahren zur Rissprüfung an Schaufeln eines Rotors einer Strömungsmaschine.

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Rissprüfung an Schaufeln (12) eines Rotors (10) einer Strömungsmaschine, wobei ein Rotor mit an einem Rotorgrundkörper (11) montierten Schaufeln (12) bereitgestellt wird, wobei Schaufeln (12), die zur Rissprüfung am Rotorgrundkörper (11) montiert bleiben, einzeln für sich, zeitlich nacheinander und kontinuierlich zu Schwingungen angeregt werden, wobei dabei für jede angeregte Schaufel (12) ein sich ausbildendes Frequenzspektrum aufgezeichnet wird, wobei aus den aufgezeichneten Frequenzspektren ein Mittelwert berechnet wird, und wobei die aufgezeichneten Frequenzspektren mit dem Mittelwert derart verglichen werden, dass dann, wenn ein Frequenzspektrum einer Schaufel unzulässig vom Mittelwert abweicht, auf eine gerissene oder möglicherweise gerissene Schaufel (12) geschlossen wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Rissprüfung an Schaufeln eines Rotors einer Strömungsmaschine.

[0002] Ein Rotor einer Strömungsmaschine, so zum Beispiel ein Rotor einer Gasturbine oder Dampfturbine, verfügt über einen Rotorgrundkörper sowie mehrere am Rotorgrundkörper montierte Schaufeln. Die am Rotorgrundkörper montierten Schaufeln eines Rotors werden auch als Laufschaufeln bezeichnet. Jede Schaufel verfügt über einen Schaufelfuss sowie ein Schaufelblatt und ist mit dem Schaufelfuss in einer entsprechenden Ausnehmung des Rotorgrundkörpers montiert.

[0003] Bei der Wartung von Rotoren müssen die Schaufeln einer Rissprüfung unterzogen werden. Zur Rissprüfung haben sich in der Praxis Farbpenetrationsverfahren und Magnetflussverfahren bewährt. Diese Verfahren verfügen jedoch über den Nachteil, dass eine Schaufel, die einer Rissprüfung unterzogen werden soll, zwingend vom Rotorgrundkörper entfernt und vor der Rissprüfung einer gründlichen Reinigung unterzogen werden muss. Weder mit Farbpenetrationsverfahren noch mit Magnetflussverfahren ist demnach eine schnelle, effiziente Rissprüfung einer ungereinigten, am Rotorgrundkörper montierten Schaufel möglich.

[0004] Verfahren zur Rissprüfung von Schaufeln, die auf einer Ultraschallprüfung beruhen, sind aus der DE 102 005 020 469 A1, aus der EP 1 610 122 A1 sowie aus der DE 3 530 595 A1 bekannt. So betrifft die DE 10 2005 020 469 A1 ein Verfahren, mithilfe dessen Schaufelblätter von Schaufeln mithilfe einer Ultraschallprüfung zerstörungsfrei auf Defekte überprüft werden können. Die DE 3 530 595 A1 betrifft hingegen ein Verfahren zur Ultraschallprüfung der Schaufelfüsse von Schaufeln.

[0005] Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zugrunde, ein Verfahren zur Rissprüfung an Schaufeln eines Rotors einer Strömungsmaschine zu schaffen, das eine einfache und effiziente Rissprüfung erlaubt. Dieses Problem wird durch ein Verfahren gemäss Anspruch 1 gelöst. Erfindungsgemäss wird ein Rotor mit an einem Rotorgrundkörper montierten Schaufeln bereitgestellt, wobei Schaufeln, die zur Rissprüfung am Rotorgrundkörper montiert bleiben, einzeln für sich, zeitlich nacheinander und kontinuierlich zu Schwingungen angeregt werden, wobei dabei für jede angeregte Schaufel ein sich ausbildendes Frequenzspektrum aufgezeichnet wird, wobei aus den aufgezeichneten Frequenzspektren ein Mittelwert berechnet wird, und wobei die aufgezeichneten Frequenzspektren mit dem Mittelwert derart verglichen werden, dass dann, wenn ein Frequenzspektrum einer Schaufel unzulässig vom Mittelwert abweicht, auf eine gerissene oder möglicherweise gerissene Schaufel geschlossen wird.

[0006] Mithilfe des erfindungsgemässen Verfahrens kann effizient eine Rissprüfung an Schaufeln erfolgen, die zur Rissprüfung am Rotorgrundkörper montiert bleiben. Zur Rissprüfung ist keine Reinigung des Rotors erforderlich. Vielmehr erfolgt die Rissprüfung bei ungereinigtem Rotor. Aus Frequenzspektren, die als Reaktion auf die Schwingungsanregung von am Rotorgrundkörper montierten Schaufeln erfasst werden, wird ein Mittelwert berechnet, der für den jeweiligen Rotor als Vergleichswert dient und auf Grundlage dessen auf einen Schaufeldefekt geschlossen wird. Erfindungsgemäss wird demnach kein fixer Referenzwert vorgegeben, vielmehr wird für jeden Rotor, dessen Schaufeln einer Rissprüfung zu unterziehen sind, aus erfassten Frequenzspektren ein individueller Mittelwert als Vergleichswert berechnet. Dies erlaubt eine einfache und effiziente Rissprüfung von ungereinigten, am Rotorgrundkörper montierten Schaufeln eines Rotors.

[0007] Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1: einen Ausschnitt aus einem Rotor einer Strömungsmaschine zur Verdeutlichung des erfindungsgemässen Verfahrens;

Fig. 2: ein Detail der Anordnung der Fig. 1; und

Fig. 3: das Detail der Fig. 1 in Draufsicht.

[0008] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Rissprüfung an Schaufeln eines Rotors einer Strömungsmaschine, wie zum Beispiel einer Gasturbine oder Dampfturbine.

[0009] Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einem Rotor 10 einer Strömungsmaschine, wobei der Rotor 10 einen Rotorgrundkörper 11 sowie mehrere am Rotorgrundkörper 11 montierte Schaufeln 12 aufweist. Die hier vorliegende Erfindung betrifft nun ein Verfahren, mithilfe dessen die Schaufeln 12 eines solchen Rotors 10 effizient und einfach auf Risse überprüft werden können, und zwar bei am Rotorgrundkörper 11 montierten, ungereinigten Schaufeln 12. Zur Rissprüfung der Schaufeln 12 bleiben dieselben demnach am Rotorgrundkörper 11 des Rotors 10 montiert.

[0010] Zur Rissprüfung der Schaufeln 12 wird so vorgegangen, dass die am Rotorgrundkörper 11 montierten Schaufeln 12 einzeln für sich, zeitlich nacheinander zu Schwingungen angeregt werden, nämlich mithilfe eines Erregers 13, der die jeweilige Schaufel 12 kontinuierlich zu Schwingungen anregt. Dabei wird einzeln für jede individuell zur Schwingung angeregte Schaufel 12 ein sich in Folge der kontinuierlichen Schwingungsanregung ausbildendes Frequenzspektrum aufgezeichnet. Aus den für jede Schaufel 12 aufgezeichneten Frequenzspektren wird dann über alle Schaufeln 12 ein Mittelwert berechnet, der als Vergleichswert für die erfindungsgemässe Rissprüfung dient, wobei der über alle Schaufeln 12 berech-

nete Mittelwert mit den aufgezeichneten, schaufelindividuellen Frequenzspektren derart verglichen wird, dass dann, wenn ein aufgezeichnetes Frequenzspektrum einer Schaufel 12 unzulässig vom über alle Schaufeln 12 berechneten Mittelwert abweicht, auf eine gerissene oder möglicherweise gerissene Schaufel 12 geschlossen wird.

[0011] Der Erfindung liegt demnach die Erkenntnis zugrunde, die Schaufeln 12 eines Rotors 10 ungereinigt im am Rotorgrundkörper 11 montierten Zustand dadurch einer Rissprüfung zu unterziehen, dass zunächst die Schaufeln 12 einzeln für sich und demnach zeitlich nacheinander und kontinuierlich zu Schwingungen angeregt werden. Aus den aufgezeichneten Antwort-Frequenzspektren wird sodann ein Mittelwert berechnet, der als Vergleichswert dient. Über einen Vergleich des Mittelwerts mit den aufgezeichneten Frequenzspektren wird sodann festgestellt, ob eine Schaufel beschädigt ist oder nicht.

[0012] Wie bereits erwähnt, dient zur individuellen Schwingungsanregung einer Schaufel 12 ein Erreger 13, der gemäss Fig. 2 und 3 die jeweilige anzuregende Schaufel 12 radial aussen am Schaufelblatt 14 derselben im Bereich einer Schaufelspitze 15 des Schaufelblatts 14 zu Schwingungen anregt. Der Erreger 13 verfügt hierzu gemäss Fig. 2 und 3 über einen Schwingungsgenerator 16, der ein an der Schaufelspitze 15 der jeweiligen Schaufel 12 angreifendes Joch 17 zu Schwingungen anregt, wobei das Joch 17 die Schwingungen des Generators 16 auf die Schaufel 12, nämlich auf die radial äussere Schaufelspitze 15 und damit auf das Schaufelblatt 14 derselben, überträgt. Die Schaufel 12 wird dabei gemäss Fig. 2, 3 im Bereich ihrer Schaufelspitze 15 über das Joch 17 und einen mit dem Joch 17 zusammenwirkenden Reiter 18, der relativ zum Joch 17 verlagert werden kann, an einer Strömungseintrittskante 19 und einer Strömungsaustrittskante 20 geklemmt, wobei der Reiter 18 an der Strömungseintrittskante 19 der Schaufel 12 im Bereich der Schaufelspitze 15 angreift.

[0013] Abhängig von der konkreten geometrischen Abmessung einer zu überprüfenden Schaufel 12 wird der Reiter 18 relativ zum Joch 17 verlagert und über eine Feststellschraube 21 gegen die Strömungseintrittskante 19 der zu überprüfenden Schaufel 12 gedrückt. Ein Abstandhalter 22 verhindert, dass die mithilfe des Erregers 13 bzw. Schwingungsgenerators 16 zu Schwingungen angeregte Schaufel 12 bei der Rissprüfung durch das Joch 17 beschädigt wird.

[0014] Wie bereits ausgeführt, greift der Erreger 13, nämlich das Joch 17 und der Reiter 18 desselben, radial aussen im Bereich der Schaufelspitze 15 an der jeweiligen zur Schwingungen anzuregenden Schaufel 12 an, wobei der Erreger 13 die jeweilige Schaufel 12, nämlich das Schaufelblatt 14 derselben, kontinuierlich zu Schwingungen anregt.

[0015] Mithilfe eines Sensors 23 wird das sich durch die Schwingungsanregung ausbildende Frequenzspektrum der jeweiligen Schaufel 12 messtechnisch erfasst und aufgezeichnet. Der Sensor 23 greift dabei an einem zweiten Bereich des Schaufelblatts 14 der Schaufel 12 an, der im gezeigten Ausführungsbeispiel bezogen auf den ersten Bereich der Schaufel 12, nämlich bezogen auf die Schaufelspitze 15, an welchem der Erreger 13 angreift, radial innen liegt.

[0016] Die Schwingungsanregung der jeweiligen zur Schwingung anzuregenden Schaufel 12 erfolgt derart, dass ausschliesslich die jeweilige anzuregende Schaufel 12 jedoch nicht der Rotorgrundkörper 10 zu Schwingungen angeregt wird. Im Falle von Dampfturbinen mit entsprechend grossen Schaufeln muss das gesamte Frequenzspektrum nutzbar sein. Im Falle der Turbinenbauarten der Anmelderin erfolgt die Schwingungsanregung der jeweiligen Schaufel 12 vorzugsweise im Ultraschallfrequenzbereich. Die genaue Frequenz ist von der Bauform des Rotors abhängig und wird vorzugsweise empirisch ermittelt.

[0017] Wie bereits ausgeführt, werden vorzugsweise alle Schaufeln 12 des Rotors 10 zeitlich nacheinander für sich und demnach unabhängig von den anderen Schaufeln 12 mithilfe des Erregers 13 kontinuierlich zu Schwingungen angeregt, wobei dabei für jede Schaufel 12 ein sich ausbildendes Frequenzspektrum individuell aufgezeichnet wird. Aus diesen individuellen Frequenzspektren wird, wie ebenfalls bereits ausgeführt, der Mittelwert errechnet, mit dem die individuellen Frequenzspektren der einzelnen Schaufeln 12 verglichen werden, um so bei einer unzulässigen Abweichung vom Mittelwert auf eine gerissene oder möglicherweise gerissene Schaufel 12 zu schliessen.

[0018] Deutliche Abweichungen vom Mittelwert bis hin zu hohen Frequenzen oder kleinen Amplituden lassen auf eine gerissene oder möglicherweise gerissene Schaufel 12 schliessen.

[0019] Nur die Schaufeln 12, die auf Grundlage dieser Rissprüfung am Rotor als gerissen oder möglicherweise gerissen erkannt werden, müssen vom Rotorgrundkörper 10 demontiert werden, um dieselben nach der Demontage einer weiteren Rissprüfung und/oder einer Reparatur zu unterziehen.

[0020] Als weitere Rissprüfung kann dann ein Farbpenetrationsverfahren oder ein Magnetflussverfahren zum Einsatz kommen, mithilfe dessen die Rissprüfung genauer bzw. detaillierter erfolgen kann.

[0021] Mithilfe des erfindungsgemässen Verfahrens ist es demnach möglich, an einem ungereinigten Rotor einer Strömungsmaschine bei montierten Schaufeln 12 die Schaufeln 12 einer effizienten Rissprüfung zu unterziehen. Die Schaufeln 12 bleiben hierbei am Rotorgrundkörper 10 montiert. Nur dann, wenn bei dieser Rissprüfung auf eine möglicherweise gerissene Schaufel geschlossen wird, wird dieselben vom Rotorgrundkörper 10 demontiert. Es können insbesondere Risse im Schaufelblatt 14 der Schaufeln 12 erkannt werden.

Bezugszeichenliste

[0022]

10 Rotor

- 11 Rotorgrundkörper
- 12 Schaufel
- 13 Erreger
- 14 Schaufelblatt
- 15 Schaufelspitze
- 16 Schwingungsgenerator
- 17 Joch
- 18 Reiter
- 19 Strömungseintrittskante
- 20 Strömungsaustrittskante
- 21 Feststellschraube
- 22 Abstandhalter
- 23 Sensor

Patentansprüche

1. Verfahren zur Rissprüfung an Schaufeln eines Rotors einer Strömungsmaschine, wobei ein Rotor mit an einem Rotorgrundkörper montierten Schaufeln bereitgestellt wird, wobei Schaufeln, die zur Rissprüfung am Rotorgrundkörper montiert bleiben, einzeln für sich, zeitlich nacheinander und kontinuierlich zu Schwingungen angeregt werden, wobei dabei für jede angeregte Schaufel ein sich ausbildendes Frequenzspektrum aufgezeichnet wird, wobei aus den aufgezeichneten Frequenzspektren ein Mittelwert berechnet wird, und wobei die aufgezeichneten Frequenzspektren mit dem Mittelwert derart verglichen werden, dass dann, wenn ein Frequenzspektrum einer Schaufel unzulässig vom Mittelwert abweicht, auf eine gerissene oder möglicherweise gerissene Schaufel geschlossen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine anzuregende Schaufel derart zu Schwingungen angeregt wird, dass zwar die jeweilige anzuregende Schaufel jedoch nicht der Rotorgrundkörper des Rotors, an dem die Schaufel montiert ist, zu Schwingungen angeregt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine anzuregende Schaufel mit Hilfe eines Erregers derart zu Schwingungen angeregt wird, dass der Erreger auf die anzuregende Schaufel an einem ersten Bereich derselben einwirkt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Frequenzspektrum für die jeweilige angeregte Schaufel mit Hilfe eines Sensors erfasst wird, der an der angeregten Schaufel an einem zweiten Bereich derselben angreift.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine anzuregende Schaufel radial aussen im Bereich einer Schaufelspitze eines Schaufelblatts zu Schwingungen angeregt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Frequenzspektrum bezogen auf die Schaufelspitze weiter radial innen am Schaufelblatt der jeweiligen angeregten Schaufel erfasst wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass alle Schaufeln, die zur Rissprüfung am Rotorgrundkörper montiert bleiben, einzeln für sich, zeitlich nacheinander und kontinuierlich zu Schwingungen angeregt werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass dann, wenn auf eine gerissene oder möglicherweise gerissene Schaufel geschlossen wird, die jeweilige Schaufel vom Rotorgrundkörper demontiert und nachfolgend einer weiteren Rissprüfung und/oder Reparatur unterzogen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die weitere Rissprüfung über Farbpenetrationsverfahren oder Magnetflussverfahren erfolgt.

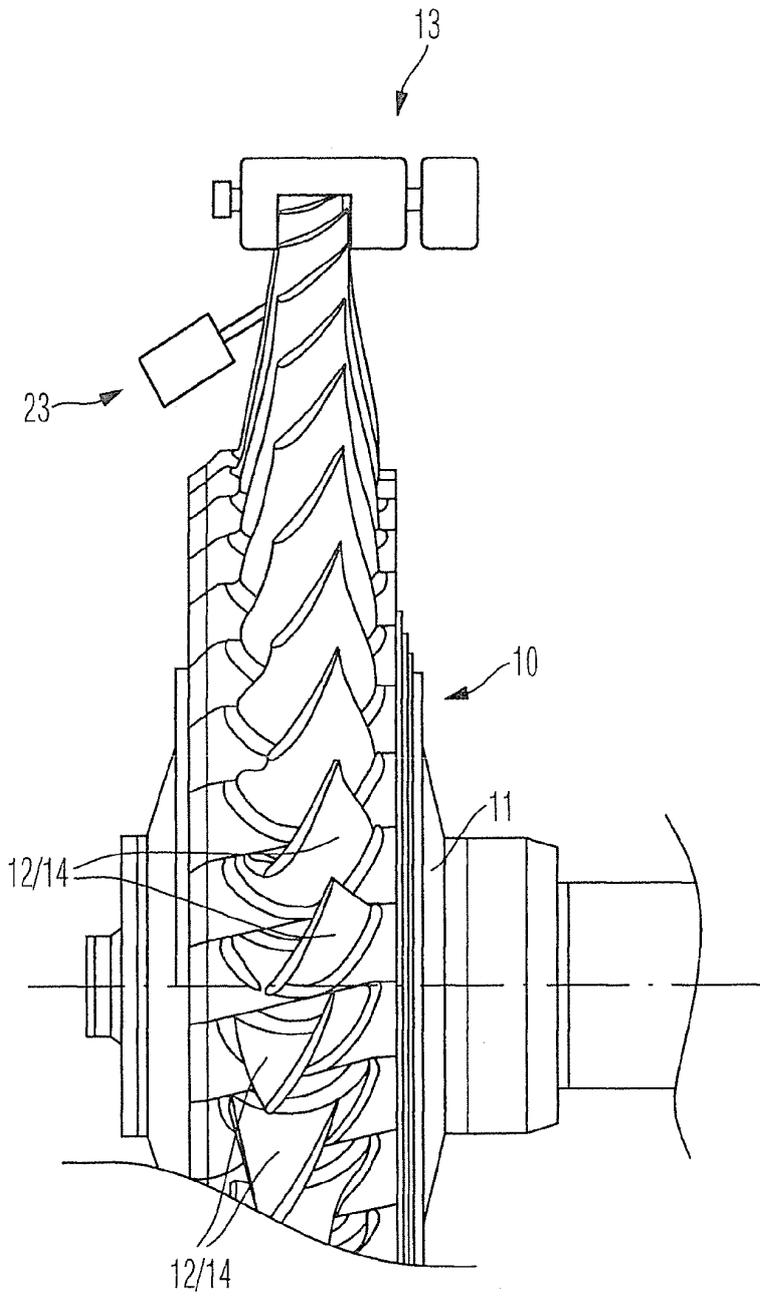


Fig. 1

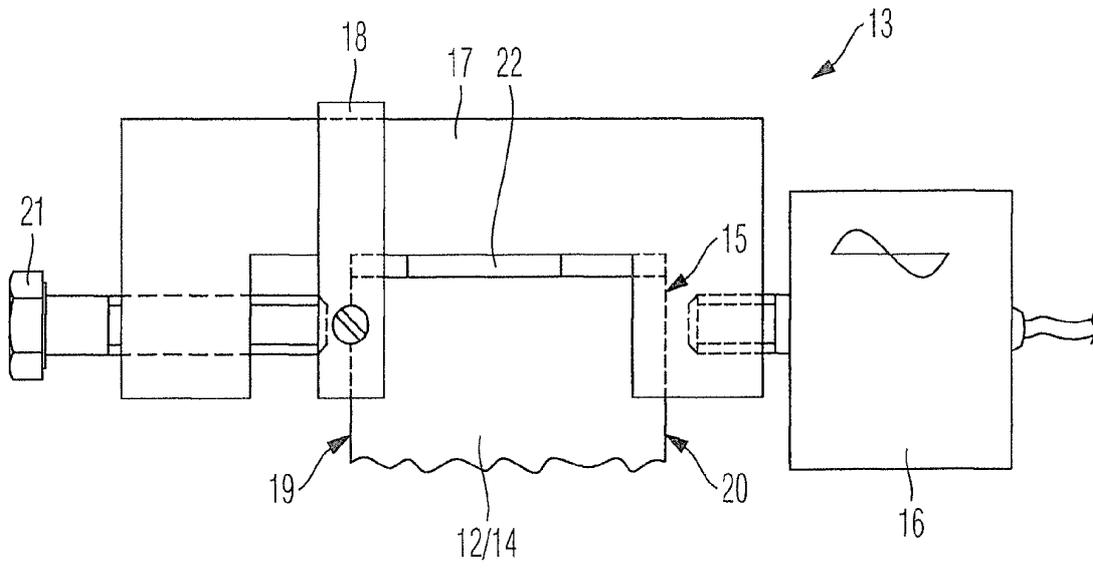


Fig. 2

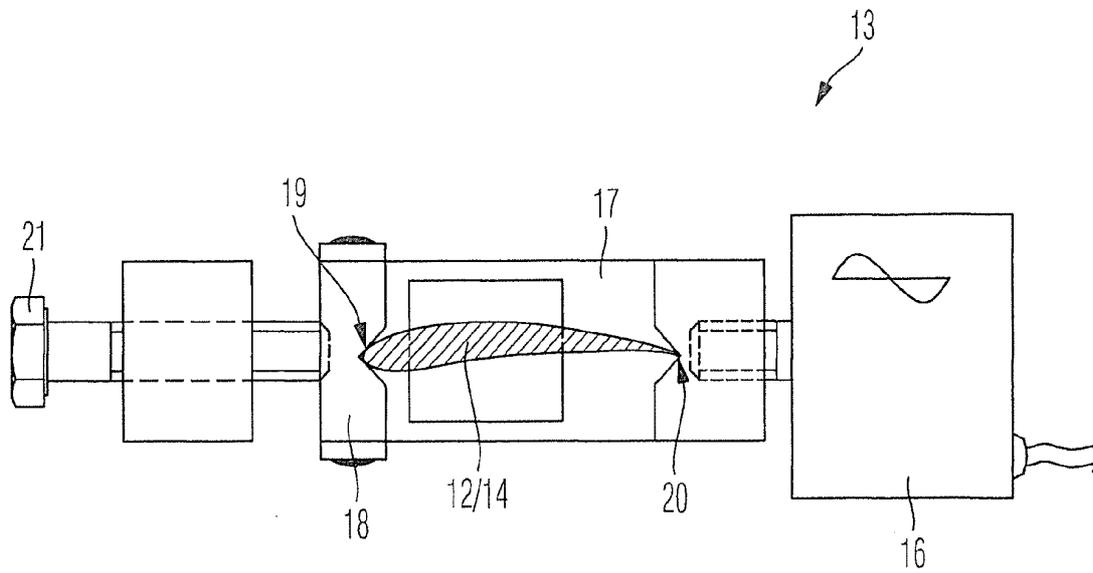


Fig. 3