

(19)



(11)

EP 1 980 631 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
15.10.2008 Patentblatt 2008/42

(51) Int Cl.:
C21D 7/06 (2006.01) F01D 5/28 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07007613.8**

(22) Anmeldetag: **13.04.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK RS

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

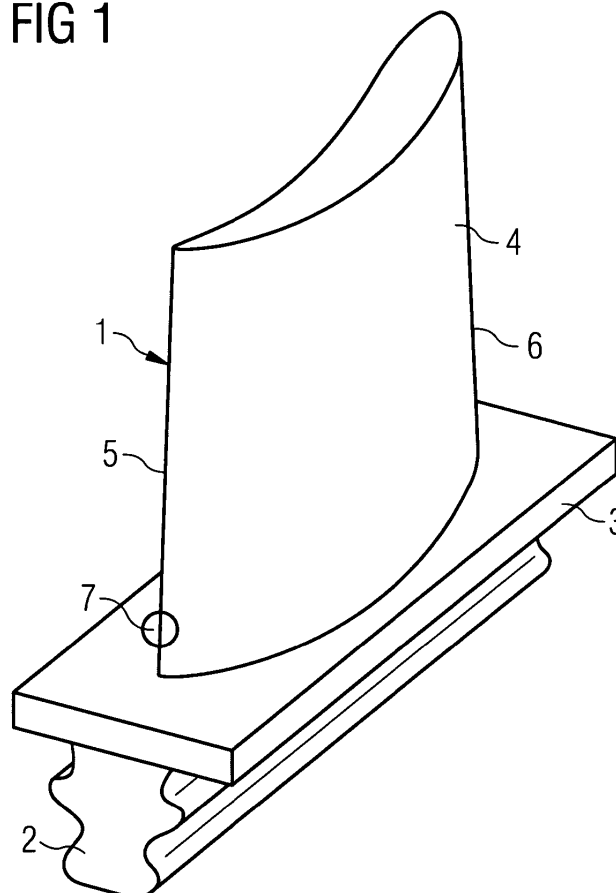
(72) Erfinder:
• **Ahmad, Fathi
41564 Kaarst (DE)**
• **Dankert, Michael, Dr.
63069 Offenbach (DE)**

(54) Verfahren zum Strahlen einer Turbinenschaufel für den Heissbereich einer Gasturbine

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel (1) sowie ein Verfahren zum Strahlen einer Turbinenschaufel (1) mit einem Schaufelfuß (2), einer Schaufelplattform (3) und einem Schaufelblatt (4), die für einen Heißbereich einer Gasturbine ausgelegt ist, bei dem zumindest ein

Bereich des Schaufelblatts (4) der Turbinenschaufel mit einem Strahlgut beschossen wird, um in diesem eine Kompressionsvorspannung zu erzeugen. Vorteilhafterweise wird ein Bereich (7) der Hinterkante (5) und/oder Vorderkante (6) des Schaufelblatts (4) unmittelbar oberhalb der Schaufelplattform (3) beschossen.

FIG 1



EP 1 980 631 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Strahlen einer Turbinenschaufel mit einem Schaufelfuß, einer Schaufelplattform und einem Schaufelblatt, die für den Heißbereich einer Gasturbine ausgelegt ist.

[0002] Gasturbinen weisen einen Kalt- und einen Warmbereich auf, die sich insbesondere durch die hier während des Betriebes herrschenden Temperaturen unterscheiden. Dabei wird der Kompressor mit seinen Kompressorblättern aufgrund der in ihm vorliegenden vergleichsweise niedrigen Betriebstemperatur dem Kaltbereich der Gasturbine zugeordnet. Im Gegensatz hierzu gehört die Brennkammer, in der während des Betriebes Temperaturen von mehr als 600°C auftreten können, zu dem Heißbereich der Gasturbine.

[0003] Im Stand der Technik sind Verfahren zum Strahlen von Kompressorschaukeln beschrieben worden. Bei diesen werden in belasteten Bereichen der Kompressorschaukel, insbesondere im Schaufelblatt, durch Beschuss mit einem Strahlgut oder durch Laserstrahlen Kompressionsvorspannungen erzeugt, die während des Betriebs den auftretenden Zugspannungen entgegenwirken. Auf diese Weise kann die Belastung der Kompressorschaukel vermindert und deren Lebensdauer erhöht werden.

[0004] Ein derartiges Verfahren ist beispielsweise in der EP 0 074 918 A2 beschrieben, wobei hier insbesondere vorgesehen ist, die Vorder- und Hinterkante der Kompressorschaukel mit dem Strahlgut zu beschießen, um in diesem Bereich Kompressionsvorspannungen zu erzeugen.

[0005] Auch die in der Brennkammer angeordneten Turbinenschaufeln sind hohen Belastungen ausgesetzt, wobei insbesondere durch die bei der Rotation auftretenden Zugkräfte Risse entstehen können. Dabei verstärken die hohen Betriebstemperaturen in der Brennkammer zusätzlich die Rissbildung, so dass die Lebensdauer der Turbinenschaufeln insgesamt erheblich reduziert wird.

[0006] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Strahlen einer Turbinenschaufel für den Heißbereich einer Gasturbine bereitzustellen, welches die Belastbarkeit und Haltbarkeit der Turbinenschaufel erhöht.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zumindest ein Bereich des Schaufelblatts der Turbinenschaufel mit einem Strahlgut beschossen wird, um in diesem eine Kompressionsvorspannung zu erzeugen.

[0008] Grundgedanke der Erfindung ist es also, bei einer Turbinenschaufel für den Heißbereich einer Gasturbine, zumindest in einem Bereich des hoch belasteten Schaufelblatts eine Kompressionsvorspannung durch Beschuss mit einem Strahlgut zu erzeugen. Dazu wird der entsprechende Bereich der Oberfläche des Schaufelblatts mit hoher Geschwindigkeit mit einem Strahlgut beschossen. Das auf dem Schaufelblatt auftreffende

Strahlgut überträgt dann einen Teil seiner kinetischen Energie, wodurch die Kompressionsvorspannungen erzeugt werden. Diese Vorspannungen wirken beim Betrieb der bestrahlten Turbinenschaufel den auftretenden Zugkräften entgegen, so dass die Belastung gesenkt wird und die Wahrscheinlichkeit der Rissbildung abnimmt. Dies gilt insbesondere auch bei den hohen Temperaturen, denen die Turbinenschaufel in der Brennkammer der Gasturbine während des Betriebs ausgesetzt ist.

[0009] Gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass ein Bereich der Hinterkante und/oder der Vorderkante des Schaufelblatts mit dem Strahlgut beschossen wird. Diese Bereiche des Schaufelblatts sind während des Betriebes besonderen Belastungen ausgesetzt, so dass das Erzeugen von Kompressionsvorspannungen hier sehr effizient ist, um die Lebensdauer der Turbinenschaufel insgesamt zu erhöhen. Dabei hat sich insbesondere gezeigt, dass das Vorhandensein von Kompressionsvorspannungen in der Hinterkante des Schaufelblatts wesentlich dafür ist, die Rissbildung in der Turbinenschaufel während des Betriebes zu verhindern.

[0010] Weiterhin ist es möglich, einen Bereich der Hinterkante und/oder Vorderkante des Schaufelblatts unmittelbar oberhalb der Schaufelplattform mit dem Strahlgut zu beschießen. Hierbei wird dem Umstand Rechnung getragen, dass der an die Verbindungsstelle zwischen Schaufelblatt und Schaufelplattform angrenzende Bereich des Schaufelblatts während des Betriebs besonders hohen Belastungen ausgesetzt ist, was das selektive Erzeugen von Kompressionsvorspannungen hier besonders effizient macht, um die Gesamtlebensdauer der Turbinenschaufel zu erhöhen. Dies gilt vor allem für die Hinterkante des Schaufelblatts, da hier im Bereich des Schaufelblatts unmittelbar oberhalb der Schaufelplattform Belastungsspitzen auftreten.

[0011] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen eine Kompressionsvorspannung von 10 bis 500 MPa durch Beschuss mit Strahlgut zu erzeugen. Wenn die Kompressionsspannung unter 10 MPa beträgt, ist sie zu schwach, um signifikant den während des Betriebes auftretenden Zugspannungen entgegen zu wirken. Umgekehrt können bei der Erzeugung von Kompressionsvorspannungen im Bereich größer 500 MPa Beschädigungen des Schaufelblatts beim Strahlen auftreten. Bevorzugt wird eine Kompressionsvorspannung im Bereich von 10 bis 200 MPa insbesondere von 50 bis 150 MPa erzeugt. Die Spannungen in diesem Bereich wirken den auftretenden Zugspannungen effizient entgegen, ohne das bei ihrer Erzeugung durch Strahlen die Gefahr einer Beschädigung des Schaufelblatts besteht.

[0012] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß ebenfalls durch eine Turbinenschaufel mit den Merkmalen des Anspruchs 5 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Turbinenschaufel sind in den Unteransprüchen 6 bis 9 beschrieben.

[0013] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines

Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die Zeichnung näher beschrieben.

[0014] In der Zeichnung zeigt:

- Figur 1 eine schematische Ansicht einer Turbinenschaufel für den Heißbereich einer Gasturbine.
- Figur 2 eine Ansicht einer experimentell untersuchten Probe;
- Figur 3 eine Auftragung des gemessenen Potentialgefälles gegen den Zyklus bei der Probe "sNS9ct1";
- Figur 4 eine Auftragung des gemessenen Potenzialgefälles gegen den Zyklus bei der Probe "sNS9ct1";
- Figur 5 eine Auftragung der inelastischen Überlastung bei der Probe "sNS9ct2";
- Figur 6 eine Auftragung des gemessenen Potentialgefälles gegen den Zyklus bei der Probe "sNS9ct2";
- Figur 7 eine Auftragung des gemessenen Potenzialgefälles gegen den Zyklus bei der Probe "sNS9ct2"; und
- Figur 8 eine Darstellung eines Vergleiches der Rissbildungsgeschwindigkeit bei den Proben mit und ohne inelastische Überlastung.

[0015] In der Figur 1 ist schematisch eine Turbinenschaufel 1, mit einem Schaufelfuß 2, einer Schaufelplattform 3 und einem Schaufelblatt 4 dargestellt, die für den Heißbereich einer Gasturbine, d.h. für deren Brennkammer vorgesehen ist.

[0016] Dabei ist in der Zeichnung die Hinterkante des Schaufelblatts 4 vorne und die Vorderkante des Schaufelblatts 4 hinten dargestellt.

[0017] Die Turbinenschaufel 1 besteht aus einer Superlegierung. Hierbei kann es sich besonders um eine Nickel-Superlegierung und insbesondere um RENE80 handeln.

[0018] Erfindungsgemäß wird der unmittelbar über der Schaufelplattform 3 liegende Bereich 7 der Hinterkante 5 des Schaufelblatts 4 mit einem Strahlgut beschossen. Dabei können die im Stand der Technik bekannten, beispielsweise in der EP 0074 918 A2 beschriebenen Strahlmaterialien und Verfahrensparameter verwendet werden. Auf diese Weise wird in dem Bereich 7 des Schaufelblatts 4 eine Kompressionsvorspannung von 10 bis 500 MPa erzeugt.

[0019] Alternativ können andere Bereiche des Schaufelblatts 4 bestrahlt werden. So können beispielsweise die gesamte Hinterkante 5 und/oder die gesamte Vor-

derkante 6 mit Strahlgut beschossen werden.

[0020] Es ist ebenfalls möglich lediglich Teilbereiche der Vorderkante 6, beispielsweise den Bereich unmittelbar über der Schaufelplattform 3 zu strahlen.

[0021] Es hat sich gezeigt, dass die erfindungsgemäß bestrahlte Turbinenschaufel 1 beim Betrieb in der Brennkammer einer Gasturbine eine längere Lebensdauer als eine unbestrahlte Turbinenschaufel aufweist. Insbesondere ist dabei die Rissbildung aufgrund der beim Betrieb wirkenden Zugspannungen reduziert. Dies ist durch die durchgeführten Vergleichstests belegt worden.

[0022] Bei diesen wurde die Wachstumsgeschwindigkeit der Ermüdungsrisse von Proben aus RENE80 mit und ohne zuvor eingebrachte Kompressionsvorspannung bei 900°C untersucht. Zur Vorbereitung des Tests wurden zwei Proben hergestellt, wobei deren Symmetrie in der Figur 2 gezeigt ist ($W=40\text{mm}$, $B=10\text{mm}$, $a_{\text{nur } 0}=8,0\text{mm}$). Die Startkerbe wurde erodiert.

[0023] Die anschließende Messung der Wachstumsgeschwindigkeit der Ermüdungsrisse ist in Übereinstimmung mit der ASTM E 647-2005 durchgeführt worden. Hier würde die Wachstumsgeschwindigkeit der Ermüdungsrisse dA/dA (ΔK_I) durch Erhöhen von ΔK_I bestimmt, wobei diese Tests auf einer Hochfrequenzmaschine durchgeführt wurden. Das Verhältnis R betrug 0,1 und die Frequenz 10 Hz. Die Bestimmung der Risslänge wurde durch Potenzialgefällemessungen bestimmt, wobei das Potenzialgefälle mit der endgültigen Risslänge korreliert wurde.

[0024] In den Figuren 3 und 4 ist die Auftragung des Potenzialgefälles gegen den Zyklus für die CT-Probe ohne inelastische Überlastung (sNS9ct1) gezeigt. Bei $\Delta K_{10}=10\text{ MPa m}^{1/2}$ trat kein Risswachstum auf. Daher wurde ΔK_{10} auf $15\text{ MPa m}^{1/2}$ erhöht.

[0025] Für die inelastische Überlastung wurde die CT-Probe sNS9ct2 auf 25 kN geladen und bei 900°C entladen (Figur 5). Die Ergebnisse des nachfolgenden Ermüdungsrisstests für diese CT-Probe sind in den Figuren 6 und 7 dargestellt. Bei diesem Test wurde der Bereich der Belastungsintensität ΔK_{10} von 15 auf $20\text{ MPa m}^{1/2}$ erhöht, um ein Ermüdungsrissswachstum zu erhalten.

[0026] Alle Ergebnisse sind in Form einer Auftragung dA/dN (ΔK_I) in der Figur 8 dargestellt. Aus der Datenauswertung ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den Risswachstumsdaten der Proben mit und ohne inelastische Überlastung. Wie es zu erwarten war, führt die inelastische Überlastung zur größeren ΔK_I -Werten bei einer vorgegebenen Risswachstumsrate.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Strahlen einer Turbinenschaufel (1) mit einem Schaufelfuß (2), einer Schaufelplattform (3) und einem Schaufelblatt (4), die für den Heißbereich einer Gasturbine ausgelegt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Bereich (7) des Schaufelblatts (4) der

Turbinenschaufel (1) mit einem Strahlgut beschossen wird, um in diesem eine Kompressionsvorspannung zu erzeugen.

dadurch gekennzeichnet, dass

sie aus einer Superlegierung, besonders aus einer Nickel-Superlegierung und insbesondere aus RENE80 besteht.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Bereich (7) der Hinterkante (5) und/oder Vorderkante (6) des Schaufelblatts (4) mit dem Strahlgut beschossen wird.
5
10
3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Bereich (7) der Hinterkante (5) und/oder Vorderkante (6) des Schaufelblatts (4) unmittelbar oberhalb der Schaufelplattform (3) mit dem Strahlgut beschossen wird.
15
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Kompressionsvorspannung von 10 bis 500 MPa, bevorzugt von 10 bis 200 MPa und insbesondere von 50 bis 150 MPa, durch das Beschießen mit dem Strahlgut erzeugt wird.
20
25
5. Turbinenschaufel (1) für den Heißbereich einer Gasturbine, mit einem Schaufelfuß (2), einer Schaufelplattform (3) und einem Schaufelblatt (4),
dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest in einem Bereich (7) des Schaufelblatts (4) eine Kompressionsvorspannung vorhanden ist, die durch Beschießen mit einem Strahlgut erzeugt wurde.
30
35
6. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
in einem Bereich (7) der Hinterkante (5) und/oder Vorderkante (6) des Schaufelblattes (4) eine Kompressionsvorspannung vorhanden ist.
40
7. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
in einem Bereich (7) der Hinterkante (5) und/oder Vorderkante (6) des Schaufelblattes (4) unmittelbar oberhalb der Schaufelplattform (3) eine Kompressionsvorspannung vorhanden ist.
45
8. Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Kompressionsvorspannung von 10 bis 500 MPa, bevorzugt von 10 bis 200 MPa und insbesondere von 50 bis 150 MPa, vorhanden ist.
50
55
9. Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 8,

FIG 1

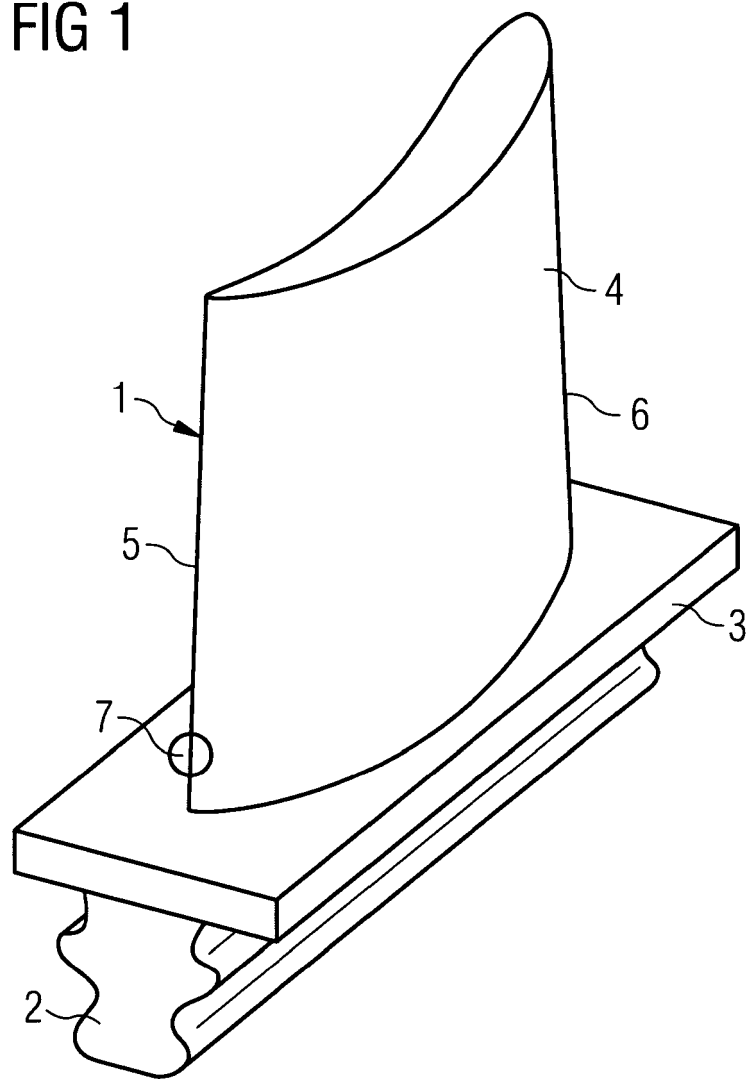


FIG 2

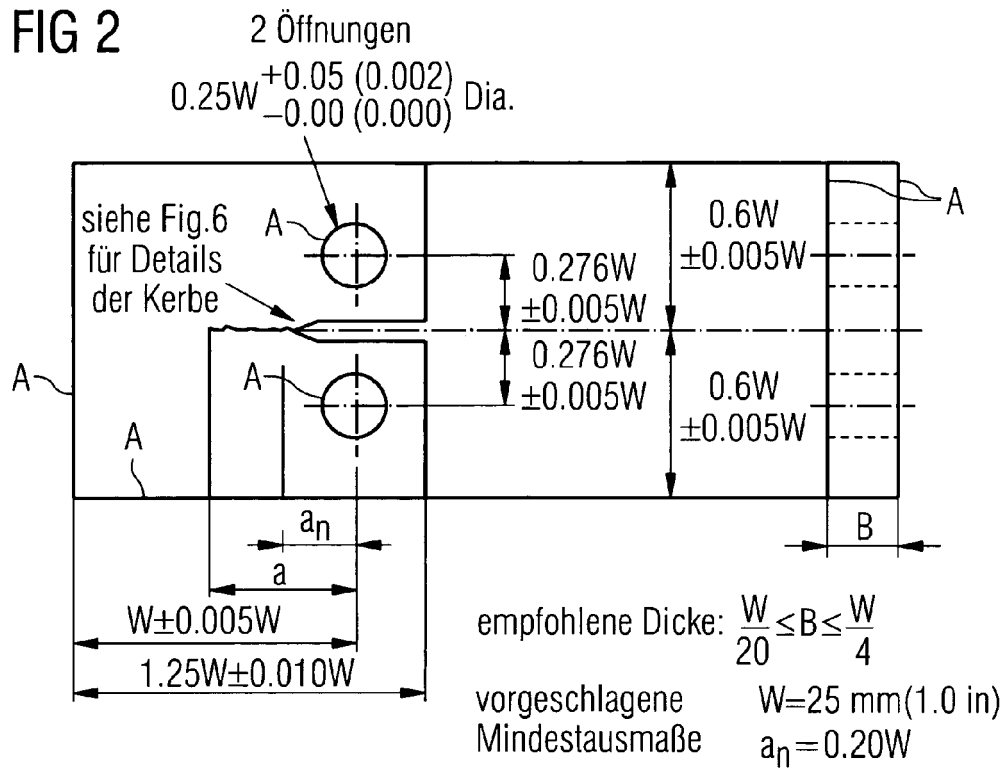


FIG 3

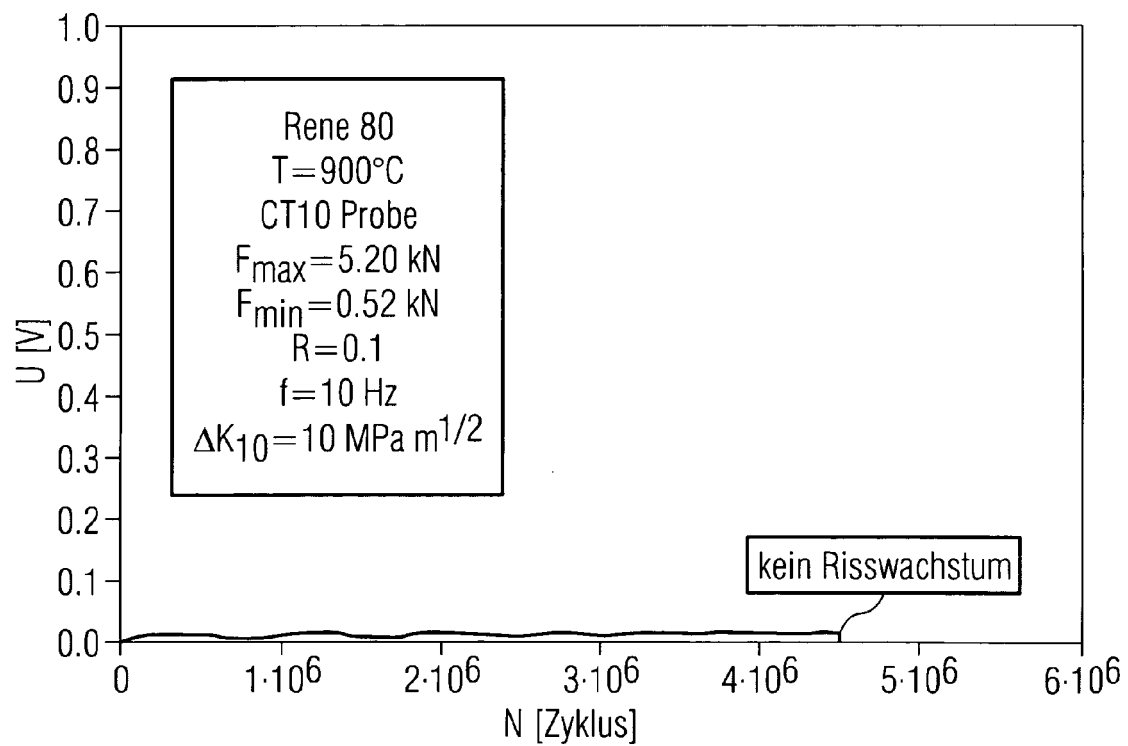


FIG 4

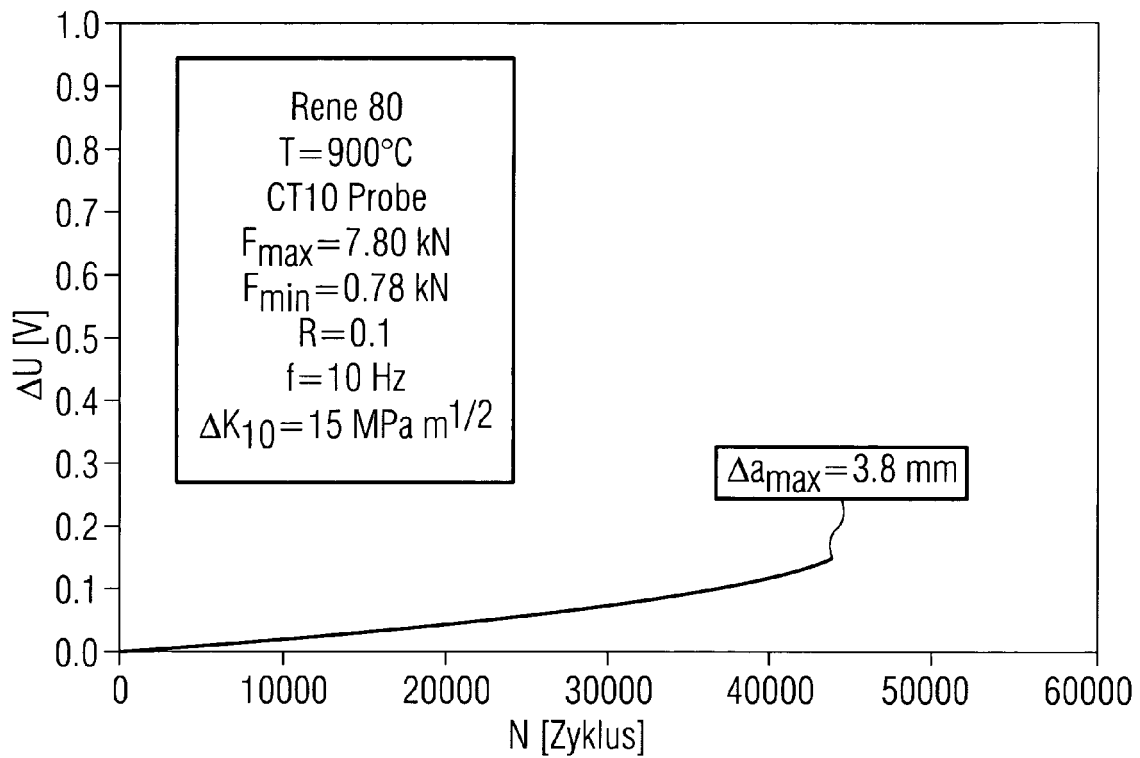


FIG 5

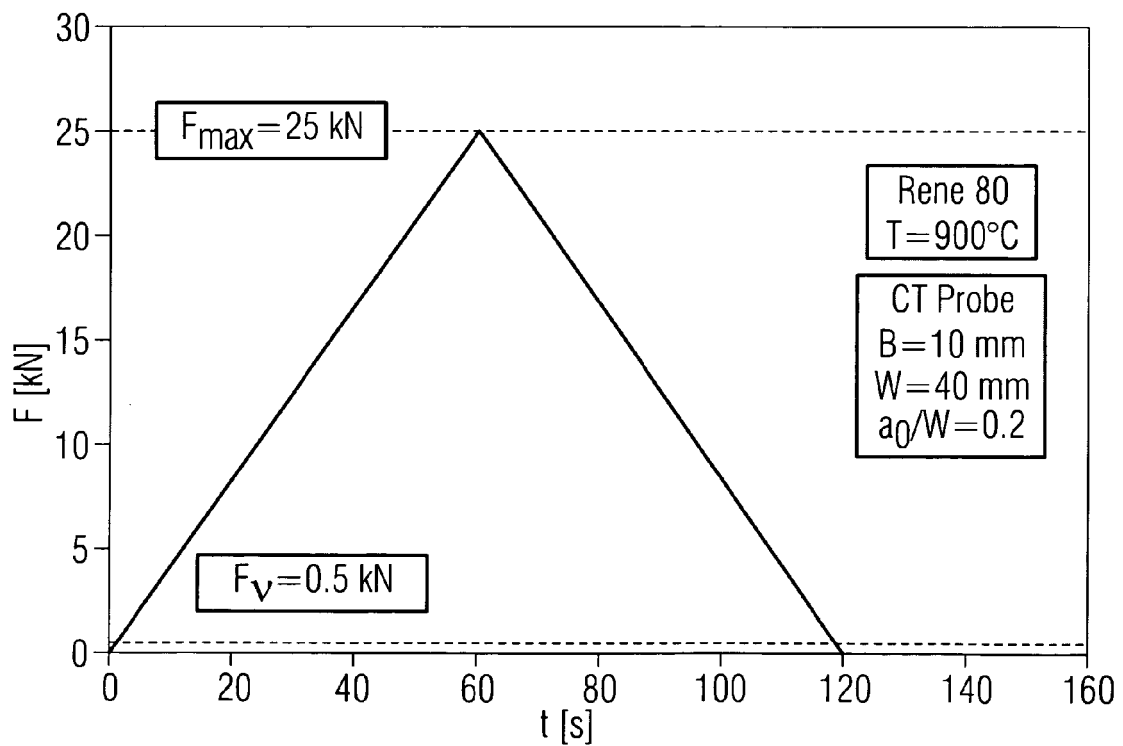


FIG 6

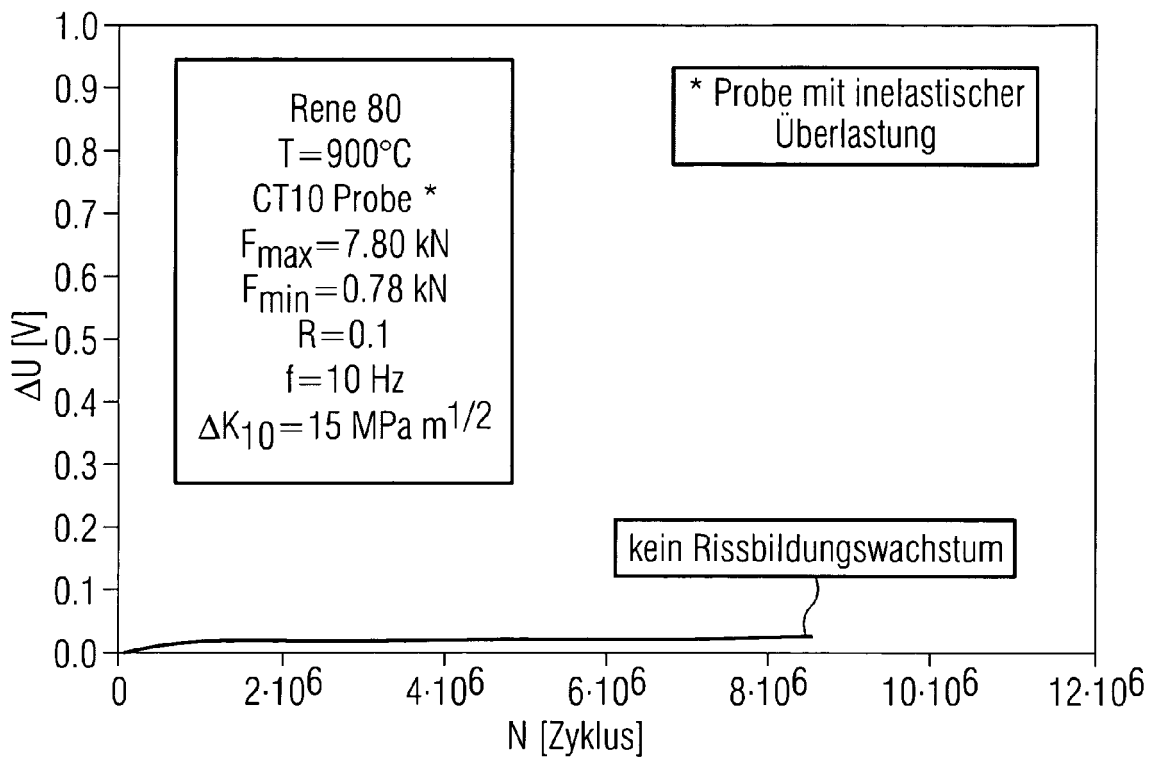


FIG 7

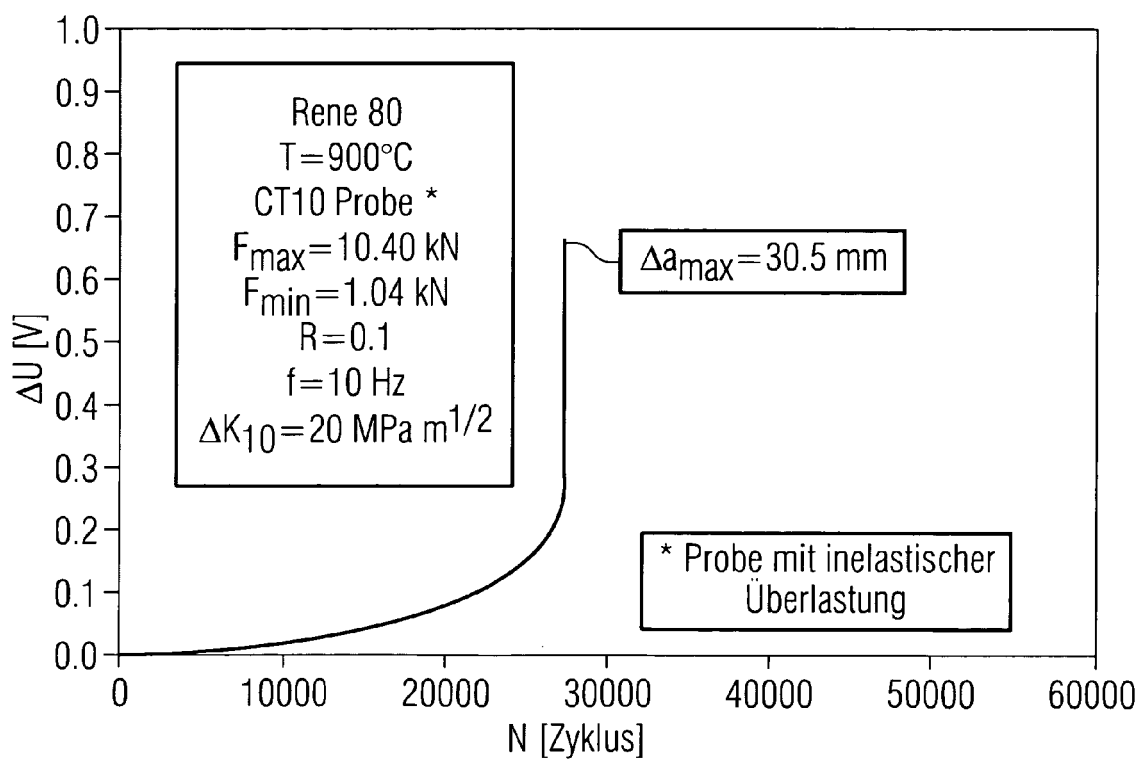
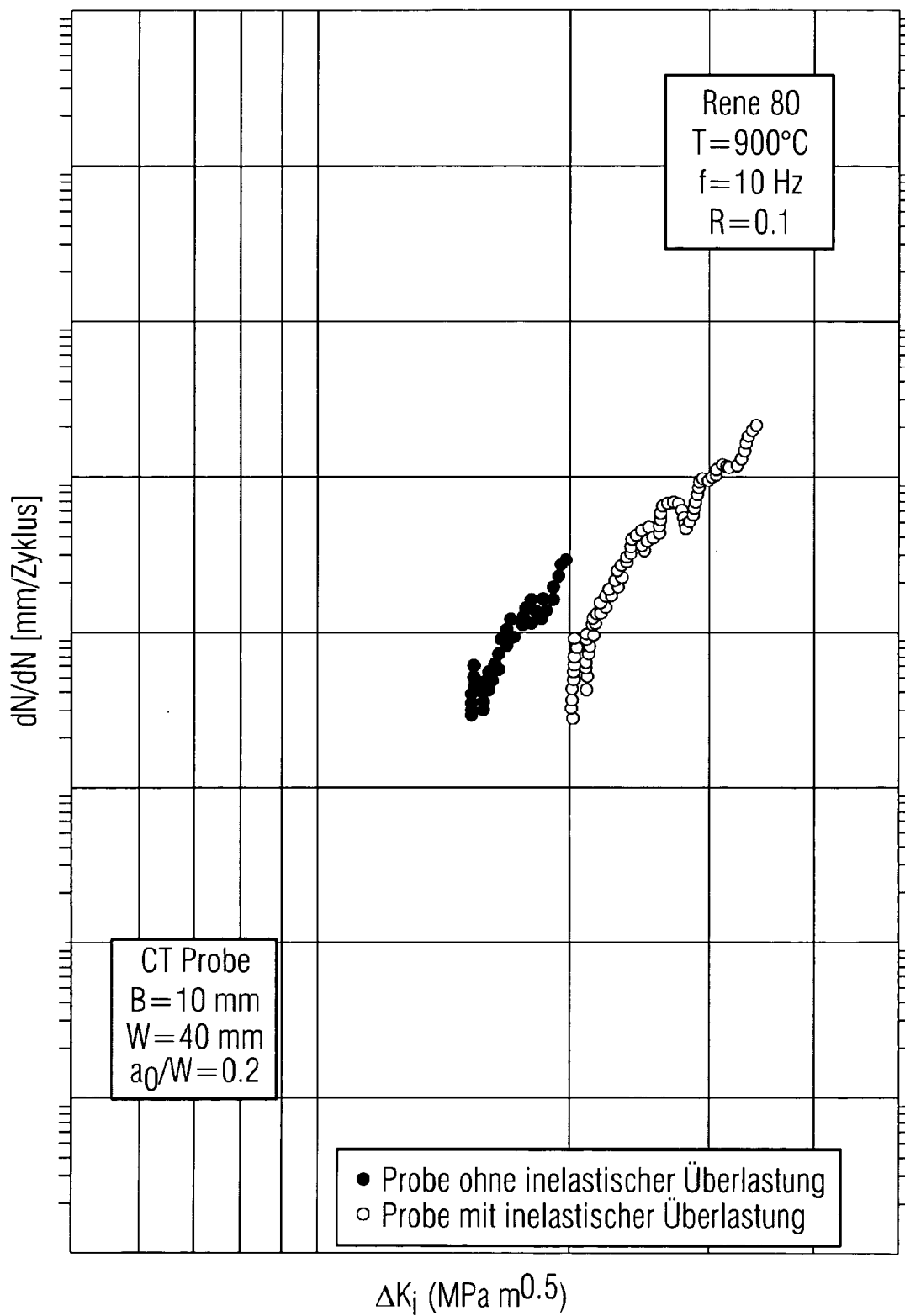


FIG 8





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 00 7613

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
D,X	EP 0 074 918 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 23. März 1983 (1983-03-23) * das ganze Dokument *	1-9	INV. C21D7/06 F01D5/28
X	US 2005/039511 A1 (PREVEY PAUL S [US] ET AL) 24. Februar 2005 (2005-02-24) * das ganze Dokument *	1-9	
X	EP 1 741 796 A (GEN ELECTRIC [US]) 10. Januar 2007 (2007-01-10) * das ganze Dokument *	1-3,5-7,9	
X	EP 1 752 234 A (SNECMA [FR]) 14. Februar 2007 (2007-02-14) * Absätze [0001], [0002], [0004], [0011], [0016], [0017] *	1-8	
A	EP 0 924 306 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 23. Juni 1999 (1999-06-23) * das ganze Dokument *	1-3,5-7,9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C21D C22F B24C F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 7. September 2007	Prüfer Koch, Rafael
KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 07 00 7613

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

07-09-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0074918	A2	23-03-1983	AU	556101 B2	23-10-1986
			AU	8813982 A	17-03-1983
			BR	8205191 A	16-08-1983
			DE	3276662 D1	06-08-1987
			IE	53894 B1	12-04-1989
			IL	66717 A	31-07-1985
			IN	157173 A1	01-02-1986
			SG	69287 G	19-02-1988

US 2005039511	A1	24-02-2005	KEINE		

EP 1741796	A	10-01-2007	JP	2007009915 A	18-01-2007
			US	2007003418 A1	04-01-2007

EP 1752234	A	14-02-2007	CA	2555113 A1	12-02-2007
			CN	1911598 A	14-02-2007
			FR	2889669 A1	16-02-2007
			JP	2007050504 A	01-03-2007
			US	2007107807 A1	17-05-2007

EP 0924306	A2	23-06-1999	CN	1220934 A	30-06-1999
			DE	69805946 D1	18-07-2002
			DE	69805946 T2	23-01-2003
			JP	3628891 B2	16-03-2005
			JP	11254157 A	21-09-1999
			US	6005219 A	21-12-1999

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0074918 A2 [0004] [0018]