



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 22 048 T2 2006.04.20**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 194 509 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 22 048.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/12665**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 932 214.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/69996**

(86) PCT-Anmeldetag: **09.05.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **23.11.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.04.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **17.08.2005**

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

(51) Int Cl.⁸: **C10L 1/12 (2006.01)**

C10L 1/24 (2006.01)

C10L 10/00 (2000.01)

C10L 10/04 (2006.01)

C10L 1/10 (2006.01)

F02C 7/30 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

134183 P 13.05.1999 US

564312 03.05.2000 US

(73) Patentinhaber:

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

(74) Vertreter:

**Luderschmidt, Schüler & Partner, 65189
Wiesbaden**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(72) Erfinder:

**FEITELBERG, S., Alan, Niskayuna, US; PAREEK,
K., Vinod, Niskayuna, US; WHITEHEAD, Alan,
Charlton, US**

(54) Bezeichnung: **TURBINENKRAFTSTOFFZUSAMMENSETZUNG**

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

VERWANDTE ANMELDUNG

[0001] Diese Anmeldung beansprucht die Priorität der vorläufigen U.S.-Anmeldung mit der Nr. 60,134,183, eingereicht 13. Mai 1999, mit dem Titel "Verfahren zur Verlängerung des Turbinenspülungsintervalls beim Verbrennen von Asche hervorbringenden Treibstoffen", Aktenzeichen des Anwalts Nr. RD-27,150PA.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Die Erfindung betrifft im Allgemeinen Kraftstoffzusammensetzungen für Verbrennungsturbinen und insbesondere Kraftstoffzusammensetzungen zum Verfahren zum Verlängern der Zeit zwischen Turbinenspülungen, wenn Treibstoffe verbrannt werden, die Asche hervorbringen.

[0003] Verschiedene anorganische Bestandteile (Asche) in einem Treibstoff können den Betrieb einer Turbine insbesondere bei Verbrennung in der Turbine über einen längeren Zeitraum beeinflussen. Bestimmte Bestandteile in einem Treibstoff können die Korrosion verschiedener Teile der Turbine verursachen. Andere Bestandteile in einem Treibstoff können nicht korrosive Ablagerungen auf verschiedenen Teilen der Turbine bilden. Ablagerungen werden oft in regelmäßigen Abständen innerhalb eines standardmäßigen Turbinenspülungszyklus entfernt.

[0004] Beispielsweise sind Natrium, Kalium und Vanadium bei der Hochtemperaturkorrosion von Interesse. Die Hersteller von Turbinen empfehlen typischerweise weniger als 1 ppm (Teile pro Million) bezogen auf das Gewicht an Natrium und Kalium zusammen, weniger als 0,5 ppm bezogen auf das Gewicht an Vanadium und weniger als 5 ppm bezogen auf das Gewicht an anderen Spurenmetallen. Insbesondere bildet Vanadium in einer Konzentration von größer als 0,5 ppm bezogen auf das Gewicht Vanadiumverbindungen geringen Schmelzpunkts, die mit der Hochtemperaturkorrosion in Verbindung gebracht wurden. In Treibstoffen mit einem Vanadiumgehalt von mehr als 0,5 ppm bezogen auf das Gewicht wurden Magnesiumverbindungen zugefügt, um die vanadiumbedingte Korrosion in Gasturbinen zu reduzieren. Die Magnesiumverbindungen reagieren mit Vanadium unter Bildung von festen Magnesium-Vanadaten und fangen so das Vanadium in einem inerten chemischen Zustand.

[0005] Im Gegensatz hierzu bilden andere Bestandteile des Treibstoffs Ablagerungen auf und verschmutzen dadurch verschiedene Bestandteile wie Turbinendüsen und Schaufeln im Heißgasbereich der Turbine. Bei langen Betriebszeitdauern können die Ablagerungen anwachsen und teilweise die Strömung von heißem Gas durch die Turbine blockieren. Eine typische Turbine kann eine 10-prozentige Blockierung der Strömung von Heißgas durch die Turbine tolerieren, bevor die Turbine aus dem Betrieb genommen werden muss, um sie zu reinigen. Wird die Entfernung der Ablagerungen versäumt, kann dies unter Umständen zu einer Kompressionsschwankung führen, d. h. zu extremen Vibrationen, welche das Abschalten der Turbine bewirken.

[0006] Die Turbinenhersteller empfehlen typischerweise, dass der maximale Aschengehalt des Treibstoffs nicht mehr als 50 ppm bezogen auf das Gewicht betragen soll. Es ist beispielsweise bekannt, dass Calcium relativ schwierig zu entfernende Ablagerungen bildet, wobei die Härte der Ablagerungen mit erhöhten Verbrennungstemperaturen ansteigt. Turbinenhersteller empfehlen typischerweise, dass der Calciumgehalt bezogen auf den Gesamtaschengehalt nicht mehr als 2 ppm bezogen auf das Gewicht bei reinen destillierten Brennölen betragen soll und nicht mehr als 10 ppm bezogen auf das Gewicht bei Treibstoffen, die Aschen hervorbringen, z. B. rohen und verschnittenen Resttreibstoffen und schwereren Resttreibstoffen.

[0007] Um diese empfohlenen Grade zu erreichen, werden unerwünschte anorganische Bestandteile in Asche hervorbringenden Treibstoffen zur Verwendung in Turbinen oft durch Waschen mit Wasser und Filtration aus dem Treibstoff entfernt. Es gibt jedoch Asche hervorbringende Treibstoffe, die nicht zur Übereinstimmung mit der Treibstoffspezifikation der Hersteller gebracht werden können, selbst wenn sie mehrfachen Wasserwaschstufen unterzogen werden.

[0008] Es besteht daher ein Bedarf an Treibstoffzusatzstoffen, welche den Spülungsintervall verlängern und die Effektivität der Spülung verbessern, wenn Asche hervorbringende Treibstoffe, die Aschebestandteile enthalten, die im Allgemeinen nicht-korrosiv sind, welche jedoch schwierig zu entfernende Ablagerungen bilden, verbrannt werden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0009] Die vorliegende Erfindung stellt unter einem Gesichtspunkt eine Treibstoffzusammensetzung bereit, welche umfasst:

Einen Asche hervorbringenden Kraftstoff, wobei der Kraftstoff mehr als 25 ppm Asche bezogen auf das Gewicht aufweist und/oder mehr als 2 ppm Calcium, bezogen auf das Gewicht, weniger als 0,5 ppm Vanadium, bezogen auf das Gewicht; und weniger als 1 ppm an vereinigt von Natrium und Kalium, bezogen auf das Gewicht, und ein Additiv aufweisend eine Magnesiumverbindung, wobei das Gewichtsverhältnis von Magnesium zu Asche größer als 0,5 zu 1 ist.

[0010] Unter einem zweiten Gesichtspunkt ein Verfahren zum Betreiben einer Turbine, wobei das Verfahren umfasst:

Bereitstellen der oben definierten Treibstoffzusammensetzung; und Verbrennen der Treibstoffzusammensetzung in der Turbine.

[0011] Unter einem dritten Gesichtspunkt ein Verfahren zum Verlängern der Zeiten zwischen Turbinenspülungen bei Verbrennung von Treibstoffen, die Asche hervorbringen, in einer Turbine, wobei das Verfahren umfasst: Bereitstellen der oben definierten Treibstoffzusammensetzung; und Verbrennen der Treibstoffzusammensetzung in der Turbine.

[0012] Mit Vorteil verbessert der Zusatz eines Additiv umfassend Magnesium zu dem Asche hervorbringenden Treibstoff auch die Effektivität eines standardmäßigen Turbinenspülungszyklus, wenn der Asche hervorbringende Treibstoff in der Turbine verbrannt wird.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0013] [Fig. 1](#) ist ein Graph der relativen offenen Fläche der ersten Stufe eines Turbinensimulators über die Zeit, wenn ein Asche hervorbringender Treibstoff ohne Zusatz eines Additivs enthaltend eine Magnesiumverbindung verbrannt wird; und

[0014] [Fig. 2](#) ist ein Graph der relativen offenen Fläche einer ersten Stufe eines Turbinensimulators über die Zeit, wenn ein Asche hervorbringender Treibstoff unter Zusatz eines Additivs enthaltend eine Magnesiumverbindung verbrannt wird.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0015] Es wurde gefunden, dass ein Additiv, enthaltend eine Magnesiumverbindung, welche einem Asche hervorbringenden Treibstoff hinzugefügt wird, die Intervalle zwischen Turbinenspülungen verlängert, falls der Asche vorbringende Treibstoff in einer Turbine verbrannt wird, verglichen mit dem Fall, wenn der Asche vorbringende Treibstoff ohne Zusatz des Additivs verbrannt wird. Der Zusatz der Magnesiumverbindung verbessert auch die Effektivität eines standardmäßigen Turbinenspülungszyklus, wenn der Asche hervorbringende Treibstoff verbrannt wird. Die vorliegende Erfindung betrifft Asche hervorbringende Treibstoffe mit einem Vanadiumgehalt von weniger als 0,5 ppm (Teile pro Million) bezogen auf das Gewicht, d. h. Treibstoffe, welche den Zusatz einer Magnesiumverbindung zur Verhinderung der Vanadiumkorrosion nicht erforderlich machen.

[0016] Wie vorliegend verwendet, betrifft der Ausdruck "Asche hervorbringender Treibstoff" einen Treibstoff, welcher in dem Treibstoff unerwünschte Bestandteile aufweist, d. h. Aschen, welche allgemein mit der Bildung von Ablagerungen und/oder mit Korrosion in Verbindung gebracht werden und welche nicht exklusiv Natrium, Kalium, Calcium, Blei, Eisen und Nickel einschließen und welche das Additiv nicht umfassen.

[0017] Die vorliegende Erfindung betrifft: Asche hervorbringenden Treibstoff, wie flüssiges Erdöldestillat-Brennöl oder Rohöl mit weniger als 0,5 ppm Vanadium bezogen auf das Gewicht, weniger als 1 ppm Natrium und Kalium kombiniert, bezogen auf das Gewicht, und mehr als 25 ppm Asche, bezogen auf das Gewicht und/oder mehr als 2 ppm Calcium, bezogen auf das Gewicht. Typischerweise werden bei Brennöl mit mehr als 25 ppm Aschen, bezogen auf das Gewicht oder mehr als 2 ppm Calcium, bezogen auf das Gewicht, Wasserwaschschritte und/oder eine Filtration durchgeführt, um den Aschengehalt des Treibstoffs vor der Verbrennung des Treibstoffs in einer Gasturbine zu reduzieren.

[0018] Der Zusatz der Magnesiumverbindung hört zu dem Asche vorbringenden Treibstoff ist in wünschenswerter Weise wirksam, die Verlängerung der Intervalle zwischen Spülungsintervallen zu bewirken, insbeson-

dere wenn die Asche hervorbringenden Treibstoffe einen Aschengehalt von mehr als 50 ppm bezogen auf das Gewicht und/oder einen Calciumgehalt von mehr als 10 ppm bezogen auf das Gewicht aufweisen.

[0019] Das erfindungsgemäß verwendbare Additiv umfasst eine Magnesiumverbindung, entweder eine Öl-lösliche Verbindung, z.B. Magnesiumsulfonat, oder eine wasserlösliche Verbindung, z.B. Magnesiumsulfat. Aus der vorliegenden Beschreibung wird den Fachleuten klar werden, dass viele andere chemische Verbindungen, die Magresium enthalten, ebenso verwendet werden können.

[0020] Das Additiv wird mit dem Asche hervorbringenden Treibstoff vermischt, so dass ein Massenverhältnis von Magnesium zu Asche von zwischen 0,5 bis 1 und 3 bis 1 erhalten wird und wünschenswerter Weise 1 bis 1 auf Massenbasis nach Mischung. Entsprechend liegt das dem Treibstoff zugefügte Magnesium typischerweise in dem Bereich zwischen 10 ppm bezogen auf das Gewicht und 1.500 ppm bezogen auf das Gewicht vor und wünschenswerter Weise in dem Bereich zwischen 25 ppm und 250 ppm, bezogen auf das Gewicht.

TESTRESULTATE

[0021] Insbesondere wurde gefunden, dass der Zusatz eines Additivs enthaltend eine Magnesiumverbindung zu dem Asche hervorbringenden Treibstoff die Härte der Ablagerungen, die auf den verschiedenen Teilen der Turbine gebildet werden, wenn der Asche hervorbringende Treibstoff in der Turbine verbrannt wird, verglichen mit den Ablagerungen, die ohne Zusatz der Magnesiumverbindung beim Verbrennen des Asche hervorbringenden Treibstoffs gebildet werden, negativ beeinflusst. Die geringere Härte der Ablagerungen führt dazu, dass Ablagerungen spontan abbrechen, was das Intervall zwischen den Turbinenspülungen verlängert. Zusätzlich können die verbleibenden Ablagerungen in einem standardmäßigen Turbinenspülungszyklus leichter entfernt werden.

[0022] Es wurden zwei Tests durchgeführt, einer nur mit einem Asche hervorbringenden Treibstoff, z.B. ohne Zusatz einer Magnesiumverbindung, und der andere mit einem Asche hervorbringenden Treibstoff und unter Zusatz einer Magnesiumverbindung. Die Tests wurden unter Verwendung eines Turbinensimulators durchgeführt, welcher ein Flammrohr und Strömungsbuchsen, eine Düsenvorrichtung ausschließlich für flüssige Treibstoffe, ein Brennrrohr und mit schwenkbarem ausgestalteten Ende, zwei Düsensegmenten erster Stufe, welche drei Passagen bildeten, und einem Übergangsstück, welches zwischen dem Brennrrohr und den zwei Erststufendüsensegmenten angeordnet war. Die Asche hervorbringende Treibstoffzusammensetzung, welche in den beiden Tests verwendet wurde, umfasste No.-2-Öl und zusätzliche Asche hervorbringende Bestandteile wie unten diskutiert. Die anfängliche Zusammensetzung des No.-2-Öls ist in Tabelle 1 unten gezeigt.

Tabelle 1

Bestandteile	Länge bezogen auf das Gewicht
Aschen	10 ppm
Natrium	0,2 ppm
Nickel	< 0,1 ppm
Eisen	0,1 ppm
Calcium	0,2 ppm

[0023] Um einen Asche hervorbringenden Treibstoff zu simulieren, wurden Calcium, Eisen und Nickel zu dem Nr. 2 Öl unter Verwendung eines konventionell erhältlichen Öl-löslichen Treibstoffzusatzstoffs mit 1,05 % Calcium, bezogen auf das Gewicht, 0,75 % Eisen, bezogen auf das Gewicht und 1,65 % Nickel, bezogen auf das Gewicht, hinzugefügt. Das Calcium lag in Form von Calciumsulfonat vor und das Eisen und das Nickel lag in Form der Carboxylate vor.

[0024] Das Nr. 2 Öl und der Treibstoffzusatzstoff wurden vereinigt, um ein Asche hervorbringenden Treibstoff mit einer Calciumkonzentration von etwa 42 ppm, bezogen auf das Gewicht, einer Eisenkonzentration von etwa 30 ppm, bezogen auf das Gewicht, und einer Nickelkonzentration von etwa 67 ppm, bezogen auf das Gewicht, zu simulieren. Der entstehende simulierte Asche hervorbringende Treibstoff umfasst einen Gesamtschengehalt von etwa 139 ppm, bezogen auf das Gewicht.

[0025] Bis auf den Zusatz der Magnesiumverbindung zu dem Treibstoff während des zweiten Tests, waren die beiden Tests vollständig identisch. Im zweiten Test wurde ein kommerziell erhältlicher Magnesium enthaltender Treibstoffzusatzstoff, enthaltend 2,5 % Magnesium, bezogen auf das Gewicht, verwendet, z. B. Magnesium in Form des Magnesiumsulfonats in einem Erdöldestillat. Die Konzentration des Magnesiums in dem ver-

schnittenen Treibstoff wurde so angesetzt, dass sie der Summe an Eisen- und Nickelkonzentrationen auf Gewichtsbasis gleich war, z. B. etwa 93 ppm, bezogen auf das Gewicht.

[0026] Das Verhältnis von Magnesium zur Gesamtasche war etwa 0,65. Eine Lufttemperatur von etwa 371° C (700 Grad Fahrenheit) und eine Verbrennungsausstrittstemperatur von etwa 1.171 ° C (2.140 Grad Fahrenheit) wurden gewählt, um typische Turbinenbetriebsbedingungen zu simulieren.

[0027] Die Testbedingungen sind in der unteren Tabelle 2 zusammengefasst und dargestellt.

Tabelle 2

Parameter	Test 1	Test 2
Nominale Testdauer (Stunden)	50	100
Lufttemperatur (° F) ° C	(701±3) 372	(703±2) 373
Treibstoff	Nr. 2 Öl	Nr. 2 Öl
Verbrennungsausstrittstemperatur (° F) ° C	(2.138±15) 1.170±8	(2.139±14) 1.171±8
Treibstoff Ca-Konzentration (ppmw)	42±6	43±4
Treibstoff-Fe-Konzentration (ppmw)	30±4	31±3
Treibstoff Ni-Konzentration (ppmw)	66±9	68±6
Treibstoff Mg-Konzentration (ppmw)	0	93±11
Luftfluss zum Kühlen der Düsen 1. Stufe (lb _m /s) kg/s	(1,3±0,02) 0,590	(1,2±0,03) 0,544
Verbrennungsgasfluss (lb _m /s)	(11,5±0,2) 5,21±0,09	(11,3±0,2) 5,13±0,09

[0028] Der Turbinensimulator basierte auf eine MS6001B-Gasturbine hergestellt von General Elektrik Power Systems. Der gesamte Massenstrom durch die Verbrennungskammer war etwa 1/3 des vollen Stroms der MS6001B-Gasturbine. Ausgehend von der vorliegenden Erfindung werden die Fachleute sich vorstellen können, dass diese Testresultate mit Leichtigkeit an den vollständigen Massenstrom bei einem Turbinenbetrieb unter Vollast bei vollem Massenstrom angepasst werden können.

[0029] Es wurde gefunden, dass die relative offene Fläche ein vertrauenswürdiger und nachvollziehbarer Messpunkt für den effektiven Fläche der Düse erster Stufe in dem Turbinensimulator ist. Wie erwartet, nimmt die relative offene Fläche ab, wenn sich Ablagerungen auf den Luftschaufeln der Düse bilden. Die relative offene Fläche der Turbinendüsen der ersten Stufe wurde kontinuierlich während der Tests überwacht und aus der gemessenen Strömungsrate für die Verbrennungsluft, der Verbrennungslufttemperatur und dem Verbrennungsdruck wie folgt bestimmt:

$$\text{Relative offene Fläche } \alpha = \frac{\text{Strömungsrate des Verbrennungsgases} \times \sqrt{T_{\text{Verbrennungsgas}}}}{P_{\text{Verbrennungsgas}}}$$

[0030] Ein Vergleich der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) zeigt die offenen Fläche in Prozent der ersten Stufe über die Zeit für Test 1 (50 Stunden) bzw. Test 2 (100 Stunden). Aus der Beobachtung von [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) verlangsamte der Zusatz von Magnesium (Test 2) zu dem Asche hervorbringenden Treibstoff die Gesamtrate der Ablagerung und Blockierung der Düse der ersten Stufe verglichen mit dem Asche verbrennenden Treibstoff, welcher Ma-

gnesium nicht umfasste (Test 1), wesentlich.

[0031] Die Gesamtverschmutzungsgeschwindigkeit wird beispielsweise aus der Steigung der Ausgleichsgerade für die in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gezeigten Graphen bestimmt. In Test 1 nahm die relative offene Fläche mit einer Geschwindigkeit von etwa 9,0 % pro 100 Stunden ab.

[0032] In Test 2 mit Zusatz von Magnesium nahm der offene relative Arbeitsbereich mit einer Geschwindigkeit von etwa 5,2 % pro 100 Stunden ab. Der Zusatz der Magnesiumverbindung verlängerte die Zeit zwischen den Spülungen von etwa 192 Stunden auf etwa 111 Stunden.

[0033] Aus der vorliegenden Beschreibung werden die Fachleute entnehmen können, dass der Zusatz des eine Magnesiumverbindung umfassenden Zusatzstoffes die Verlängerung des Spülintervalls bewirkt, wenn Asche hervorbringende Treibstoffe mit Aschekonzentrationen über einen Bereich von etwa 25 ppm bis etwa 500 ppm verbrannt werden. Bei Asche hervorbringenden Treibstoffen mit ähnlichen Aschebestandteilen und ähnlichen Verhältnissen unter den unterschiedlichen Bestandteilen, aber unterschiedlichen Gesamtkonzentrationen an Aschebestandteilen in den Asche hervorbringenden Treibstoffen, wird das vorgesehene Spülintervall für die Asche hervorbringenden Treibstoffe mit einem geringeren Aschegehalt länger sein und kürzer für Asche hervorbringenden Treibstoff mit größerem Aschegehalt. Beispielsweise würde bei einem Asche hervorbringenden Treibstoff mit gleichen Aschebestandteilen, und gleichen Verhältnissen unter den verschiedenen Bestandteilen, aber mit einem um einem Faktor 10 geringeren totalen Aschegehalt als der totale Aschegehalt aus den Tests 1 und 2 (z. B. ein Asche hervorbringender Treibstoff mit 4,2 ppm Calcium, bezogen auf das Gewicht, 3,0 ppm Eisen, bezogen auf das Gewicht, und 6,7 ppm Nickel, bezogen auf das Gewicht) in einem geplanten Spülintervall resultieren, welches 10 Mal länger ist, bzw. etwa 1.900 Betriebsstunden unter Zusatz des Additivs verglichen mit etwa 1.100 Betriebsstunden, wenn der Asche hervorbringende Treibstoff ohne dass Additiv verbrannt wird.

[0034] Der Zusatz der Magnesiumverbindung änderte die Entwicklung der relativen oben offenen Fläche über die Zeit qualitativ. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, nahm die offene Fläche wie in Test 1 in mehr oder weniger gleichförmiger Weise ab. Diese gleichförmige Abnahme wird durch die relativ gute Annäherung der offenen Fläche über die Zeit mit einer geraden Linie reflektiert. In Test 2 gab es jedoch eine deutlich größere Variation der relativen offenen Fläche über die Zeit, und die lineare Regression über den gesamten Test ist nicht so gut. Insbesondere gab es zwei abgegrenzte Zeitperioden von etwa 8,2 Stunden bis etwa 16,2 Stunden und von etwa 52,5 Stunden bis etwa 63,2 Stunden, währenddessen die relative offene Fläche sehr schnell abnahm. Am Ende dieser Zeiträume vergrößerte sich die relativ offene Fläche plötzlich und begann dann erneut abzusinken, jedoch mit wesentlich geringerer Geschwindigkeit. Diese plötzlichen Anstiege der relativen offenen Fläche korrelierte nicht mit irgendwelchen Änderungen bezüglich der übrigen Betriebsbedingungen.

[0035] Es wird daher angenommen, dass die plötzlichen Anstiege der relativen offenen Fläche auftraten, wenn brüchige Ablagerungen von den Düsenblättern abbrachen. In Test 2 bauten die Ablagerungen an der Führungskante sowohl der linken als auch der rechten Luftblätter Messerschneiden auf. Die Untersuchung ergab, dass ein Anteil der Führungskante des rechten Luftflügels blank war und wahrscheinlich entblößt wurde, als ein Teil der Ablagerungen abbrach. Die Kanten der bloßen Fläche waren scharf begrenzt, wie es zu erwarten ist, wenn eine brüchige Ablagerung abbricht und neues Material noch nicht die Zeit gefunden hat, sich abzulagern.

[0036] Proben, die von dem Brennrrohr und dem Übergangsstück nach Test 1 gesammelt wurden, enthielten CaSO_4 , wobei NiFe_2O_4 -Spinell und NiO als geringfügige Phasen vorhanden waren. Etwa 50 % jeder Probe war wasserlöslich. Proben von den Düsensegmenten der ersten Stufe nach Test 1 enthielten die identischen drei Phasen und enthielten ebenso eine kleinere Phase: Ein CaFe_2O_5 Spinell, welches hart und einigermaßen gleichförmig war. Die Bildung von zusätzlichen Spinellen ist signifikant, da bekannt ist, dass Spinelle schwieriger zu entfernen sind mit einem Standardspülungszyklus. Nur etwa 37 % der Erststufendüsenablagerungen, die in Test 1 gesammelt wurden, waren wasserlöslich.

[0037] Die Proben, welche von dem Brennrrohr und dem Übergangsstück nach Test 2 gesammelt wurden, enthielten vier identifizierbare Phasen: $(\text{Mg}, \text{Ni})\text{O}$, $\text{CaMg}_3(\text{SO}_4)_4$, CaSO_4 und NiFe_2O_4 . Die Hauptphase war $(\text{Mg}, \text{Ni})\text{O}$, eine Kombination aus zwei getrennten, aber ähnlichen Phasen: MgO und MgNiO_2 . Etwa 50 % der Ablagerungen des Brennrrohrs, aber nur 40 % der Ablagerungen des Übergangsstückes waren wasserlöslich. Proben, welche von den Düsensegmenten der ersten Stufe nach Test 2 gesammelt wurden, enthielten drei dieser vier Phasen: $\text{CaMg}_3(\text{SO}_4)_4$ war nicht vorhanden. Etwa 33 % der Ablagerung des Segments der ersten Stufen-düse war wasserlöslich.

[0038] Der Mechanismus durch den Magnesium den Spülungsintervall verlängert (indem die Ablagerungen brüchiger werden), ist fundamental unterschiedlich von dem Mechanismus durch den Magnesium die Vanadium-Korrosion durch Reaktion mit Vanadium unter Bildung von Magnesium-Vanadaten inhibiert.

[0039] Zusätzlich hierzu wurde ein Standardturbinenspülungszyklus nach jedem Test simuliert. Heißes, 66–82° C (150–180° Fahrenheit), Wasser wurde in den Teststand durch einen zerstäubenden Druckluftkreislauf in einer Fließgeschwindigkeit von etwa 1,58 l/s (25 GPM (Gallonen pro Minute)) für etwa 10 Minuten bis etwa 15 Minuten eingespritzt. Der Turbinensimulator wurde danach wieder angefeuert und dann inspiziert.

[0040] Die offene Fläche wurde während des Wiederaufheizens gemessen, um die Effektivität des Spülvorgangs nach sowohl Test 1 als auch Test 2 zu messen. Der nach Test 1 durchgeführte Spülvorgang stellte 40 % der verlorenen offenen Fläche wieder her, während der Spülvorgang nach Test 2 54 % der verloren gegangenen offenen Fläche wiederherstellte. Die verbesserte Spülungseffektivität ist ein weiterer durch den Zusatz einer Magnesiumverbindung zu dem Asche hervorbringenden Treibstoff geleisteter Vorteil.

Patentansprüche

1. Eine Kraftstoffzusammensetzung aufweisend:

Einen Asche hervorbringenden Kraftstoff, wobei der Kraftstoff mehr als 25 ppm Asche bezogen auf das Gewicht aufweist und/oder mehr als 2 ppm Calcium, bezogen auf das Gewicht, weniger als 0,5 ppm Vanadium bezogen auf das Gewicht; und weniger als 1 ppm an vereinigt von Natrium und Kalium, bezogen auf das Gewicht, und ein Additiv aufweisend eine Magnesiumverbindung, wobei das Gewichtsverhältnis von Magnesium zu Asche größer als 0,5 zu 1 ist.

2. Zusammensetzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um eine flüssige Mineralöl Asche hervorbringende Kraftstoffzusammensetzung zur Verlängerung der Zeit zwischen den Turbinenspülungen handelt, wenn man Asche hervorbringende Kraftstoffe verbrennt.

3. Zusammensetzung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Asche hervorbringende Kraftstoff mehr als 25 ppm Asche, bezogen auf das Gewicht, und mehr als 2 ppm Calcium, bezogen auf das Gewicht, umfasst.

4. Zusammensetzung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Asche hervorbringende Kraftstoff mehr als 50 ppm Asche, bezogen auf das Gewicht, umfasst.

5. Zusammensetzung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Asche hervorbringende Kraftstoff mehr als 10 ppm Calcium, bezogen auf das Gewicht, umfasst.

6. Zusammensetzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gewichtsverhältnis von Magnesium zu Asche kleiner als 3 zu 1 ist.

7. Zusammensetzung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Gewichtsverhältnis 1 zu 1 ist.

8. Zusammensetzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusammensetzung zwischen 10 ppm und 1500 ppm Magnesium, bezogen auf das Gewicht, umfasst.

9. Zusammensetzung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusammensetzung zwischen 25 ppm und 500 ppm Magnesium, bezogen auf das Gewicht, umfasst.

10. Zusammensetzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Asche hervorbringende Kraftstoff Asche aufweist, welche im Wesentlichen Calcium, Eisen und Nickel umfasst.

11. Zusammensetzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnesiumverbindung wenigstens eine Magnesiumsulfonatverbindung und/oder eine Magnesiumsulfatverbindung umfasst.

12. Zusammensetzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Asche hervorbringende Kraftstoff einen auf flüssigem Mineralöl basierenden Kraftstoff umfasst.

13. Verfahren zum Betreiben einer Turbine, bei welchem Verfahren man: die Kraftstoffzusammensetzung wie in Anspruch 1 definiert bereit stellt; und

die Kraftstoffzusammensetzung in der Turbine verbrennt.

14. Verfahren zur Verlängerung der Zeit zwischen Turbinenspülungen, wenn man Asche hervorbringende Kraftstoffe in einer Turbine verbrennt, bei welchen Verfahren man: die Kraftstoffzusammensetzung wie in Anspruch 1 definiert bereit stellt; und die Kraftstoffzusammensetzung in der Turbine verbrennt.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Asche hervorbringende Kraftstoff mehr als 25 ppm Asche, bezogen auf das Gewicht, und mehr als 2 ppm Calcium, bezogen auf das Gewicht, umfasst.

16. Verfahren nach Anspruch 13 oder Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Asche hervorbringende Kraftstoff mehr als 50 ppm Asche, bezogen auf das Gewicht, umfasst.

17. Verfahren nach Anspruch 13 oder Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Asche hervorbringende Kraftstoff mehr als 10 ppm Calcium, bezogen auf das Gewicht, umfasst.

18. Verfahren nach Anspruch 13 oder Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Gewichtsverhältnis kleiner als 3 zu 1 ist.

19. Verfahren nach Anspruch 13 oder Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Gewichtsverhältnis 1 zu 1 ist.

20. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Mischen des Asche hervorbringenden Kraftstoffs und der Additive umfasst, dass man den Asche hervorbringenden Kraftstoff und die Additive so mischt, dass die Mischung zwischen 10 ppm und 1500 ppm Magnesium, bezogen auf das Gewicht, umfasst.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Mischen des Asche hervorbringenden Kraftstoffs und der Additive umfasst, dass man den Asche hervorbringenden Kraftstoff und die Additive so mischt, dass die Mischung zwischen 25 ppm und 250 ppm Magnesium, bezogen auf das Gewicht, umfasst.

22. Verfahren nach Anspruch 13 oder Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Asche hervorbringende Kraftstoff Asche aufweist, die im Wesentlichen Calcium, Eisen und Nickel umfasst.

23. Verfahren nach Anspruch 13 oder Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnesiumverbindung wenigstens eine Magnesiumsulfonatverbindung und/oder eine Magnesiumsulfatverbindung aufweist.

24. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Asche hervorbringende Kraftstoff einen auf flüssigem Mineralöl basierenden Kraftstoff aufweist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

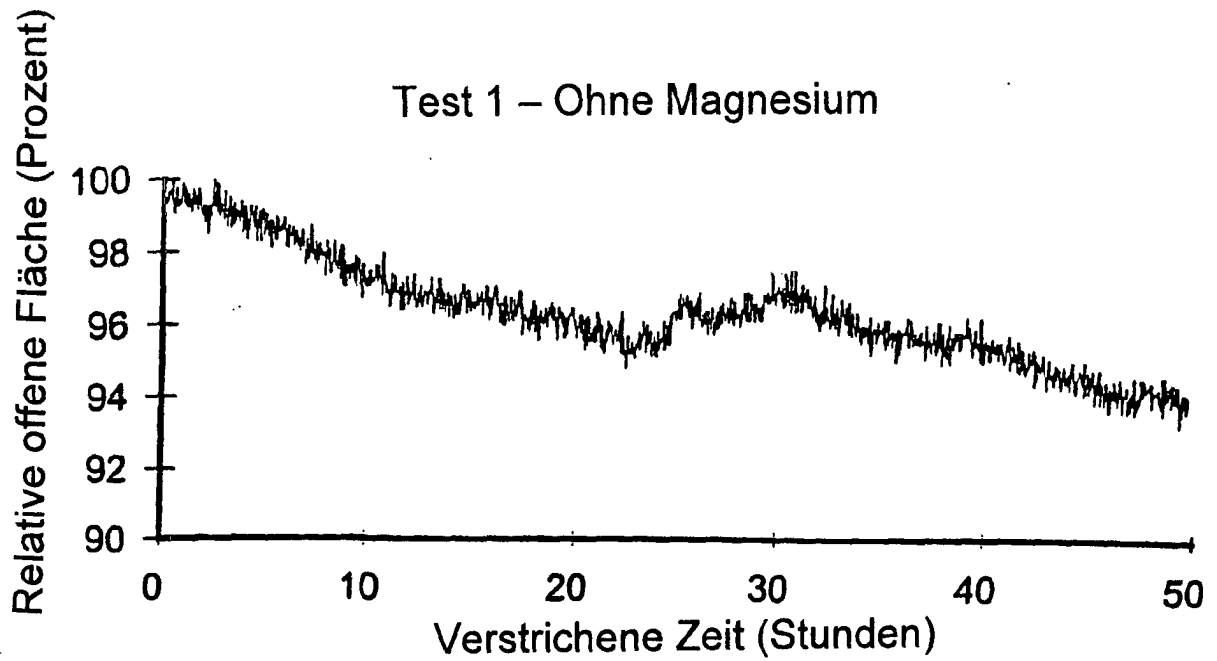


FIG. 1

