



**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0001]** Der hierin offenbarte Gegenstand bezieht sich auf einen thermischen Aktuator und, mehr im Besonderen, auf einen thermischen Aktuator mit einem Fluid mit hoher Temperaturstabilität.

**[0002]** Gasturbinen werden im weiten Rahmen in industriellen und kommerziellen Operationen eingesetzt. Eine typische Gasturbine schließt einen Verdichter, eine oder mehrere Brennkammern und eine Turbine ein. Der Verdichter verleiht dem Arbeitsfluid (z.B. Luft) kinetische Energie, um ein verdichtetes Arbeitsfluid in einem energiereichen Zustand zu erzeugen. Das verdichtete Arbeitsfluid tritt aus dem Verdichter aus und strömt zu den Brennkammern, wo es sich mit einem Brennstoff vermischt und entzündet, um Verbrennungsgasen mit hoher Temperatur und hohem Druck zu erzeugen. Die Verbrennungsgase strömen zu der Turbine, wo sie zum Erzeugen von Arbeit expandieren. Folglich ist die Turbine aufgrund der Verbrennungsgase sehr hohen Temperaturen ausgesetzt und infolgedessen müssen die verschiedenen Turbinenkomponenten (wie Mantelringanordnungen, Rotoranordnungen, Laufradhohlräume und dergleichen) typischerweise gekühlt und/oder mit Spülluft versorgt werden. Es besteht daher ein Bedarf danach, Turbinenkühlsysteme und -verfahren bereitzustellen.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0003]** Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist ein thermischer Aktuator geschaffen, der ein Ausdehnungsmaterial enthält, das angeordnet und konfiguriert ist, um ein bewegbares Element gemäß einem Ausdehnungszustand des Ausdehnungsmaterials von einer ersten Position des bewegbaren Elementes zu einer zweiten Position des bewegbaren Elementes zu bewegen. Das Ausdehnungsmaterial enthält eine anorganische Salzmischung oder eine Metalloxidmischung.

**[0004]** Die anorganische Salzmischung kann in einer einzelnen chemischen Zusammensetzung bereitgestellt sein, die bei einer tieferen Temperatur erstarrt als irgendeine andere Zusammensetzung, die aus der Mischung der Bestandteile hergestellt ist.

**[0005]** Das Ausdehnungsmaterial kann einen Schmelzpunkt in dem Bereich von 50°C bis 600°C aufweisen, und sein Volumenkoeffizient der thermischen Ausdehnung kann oberhalb von  $120 \times 10^{-6}/K$  oder sogar oberhalb von  $180 \times 10^{-6}/K$  in einem geschmolzenen Zustand liegen, und es kann oberhalb von 450°C thermisch stabil sein.

**[0006]** Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein thermischer Aktuator geschaffen, der eine Umhüllung, ein bewegbares Element, das mit der Umhüllung gekoppelt und eingerichtet ist, um eine erste und eine zweite Position mit Bezug auf die Umhüllung einzunehmen, wobei das bewegbare Element zu der ersten Position hin vorgespannt ist, und ein Ausdehnungsmaterial enthält, das innerhalb der Umhüllung derart angeordnet ist, dass, wenn sich das Ausdehnungsmaterial ausdehnt, das Ausdehnungsmaterial das bewegbare Element zu der zweiten Position hin bewegt. Das Ausdehnungsmaterial enthält ein anorganische Salzmischung oder eine Metalloxidmischung ein.

**[0007]** In dem vorerwähnten thermischen Aktuator kann das Ausdehnungsmaterial in einer einzigen chemischen Zusammensetzung bereitgestellt sein, die bei einer tieferen Temperatur als irgendeine andere Zusammensetzung erstarrt, die aus der Mischung der Bestandteile hergestellt ist.

**[0008]** In irgendeinem oben erwähnten thermischen Aktuator kann das Ausdehnungsmaterial eine eutektische Salzmischung umfassen.

**[0009]** Das Ausdehnungsmaterial kann einen Schmelzpunkt in dem Bereich von 50°C bis 600°C aufweisen, und sein Volumenkoeffizient der thermischen Ausdehnung kann oberhalb von  $120 \times 10^{-6}/K$  oder sogar oberhalb von  $180 \times 10^{-6}/K$  in einem geschmolzenen Zustand liegen, und es kann oberhalb von 450°C thermisch stabil sein.

**[0010]** In irgendeinem oben erwähnten thermischen Aktuator kann das bewegbare Element linear bewegbar sein.

**[0011]** Der thermische Aktuator irgendeiner Art, die oben erwähnt ist, kann weiter eine Membran, die zwischen dem bewegbaren Element und dem Ausdehnungsmaterial angeordnet ist, wobei die Umhüllung zum

Beschränken einer Bewegung der Membran ausgebildet ist, und einen Stopfen aufweisen, der aus einem nachgiebigen Material ausgebildet und zwischen dem bewegbaren Element und der Membran angeordnet ist.

**[0012]** Gemäß noch einem weiteren Aspekt der Erfindung ist eine Turbinenanordnung geschaffen, die eine Rotor- und Stator-Anordnung, die benachbart zueinander angeordnet sind, um einen Laufradhohlraum zu definieren, feste und einstellbare Öffnungen, die jeweils der Statoranordnung zugeordnet sind, um dem Laufradhohlraum eine Spülluftströmung bzw. eine einstellbare Spülluftströmung zuzuführen, und eine Strömungssteuerungsvorrichtung enthält, die ein Ausdehnungsmaterial aufweist, das konfiguriert ist, um die einstellbare Kühlluftströmung zu dem Laufradhohlraum durch Variation einer Größe der einstellbaren Öffnung gemäß einem Ausdehnungszustand des Ausdehnungsmaterials zu verändern. Das Ausdehnungsmaterial enthält eine anorganische Salzmischung oder eine Metalloxidmischung.

**[0013]** In der vorerwähnten Turbinenanordnung kann das Ausdehnungsmaterial in einer einzigen chemischen Zusammensetzung bereitgestellt sein, die bei einer tieferen Temperatur erstarrt als irgendeine andere Zusammensetzung, die aus der Mischung von Bestandteilen hergestellt ist.

**[0014]** In der Turbinenanordnung irgendeiner oben erwähnten Art kann die Statoranordnung eine Statorwand umfassen, die gebildet ist, einen Statorhohlraum zu definieren, der mit einer Strömung von Verdichter-Extraktionsluft verbindbar ist.

**[0015]** In der Turbinenanordnung irgendeiner oben erwähnten Art können die festen und einstellbaren Öffnungen jeweils in der Statorwand angeordnet sein, und die Strömungssteuerungsvorrichtung kann in dem Statorhohlraum angeordnet sein.

**[0016]** In der Turbinenanordnung der zuvor erwähnten Art können die Spülluftströmung und die einstellbare Kühlluftströmung jeweils Verdichter-Extraktionsluft umfassen.

**[0017]** Die Turbinenanordnung irgendeiner oben erwähnten Art kann weiter einen Temperatursensor umfassen, der dem Laufradhohlraum zugeordnet ist und mit der einstellbaren Öffnung in Verbindung steht.

**[0018]** Die Turbinenanordnung irgendeiner oben erwähnten Art kann weiter eine Zwischenstufendichtung umfassen, die zwischen der Rotoranordnung und der Statoranordnung angeordnet ist.

**[0019]** In der Turbinenanordnung irgendeiner oben erwähnten Art kann das Ausdehnungsmaterial eine eutektische Salzmischung umfassen.

**[0020]** In der Turbinenanordnung irgendeiner oben erwähnten Art kann das Ausdehnungsmaterial einen Schmelzpunkt in dem Bereich von 50°C bis 600°C aufweisen, und sein volumetrischer Koeffizient der thermischen Ausdehnung kann oberhalb von  $120 \times 10^{-6}/K$  oder sogar oberhalb von  $180 \times 10^{-6}/K$  in einem geschmolzenen Zustand liegen, und es kann oberhalb von 450°C thermisch stabil sein.

**[0021]** In der Turbinenanordnung irgendeiner oben erwähnten Art kann die Strömungssteuerungsvorrichtung ein bewegbares Element umfassen, das gemäß dem Ausdehnungszustand des Ausdehnungsmaterials linear bewegbar ist.

**[0022]** Die Turbinenanordnung der zuvor erwähnten Art kann weiter eine Membran, die zwischen dem bewegbaren Element und dem Ausdehnungsmaterial angeordnet ist, eine Umhüllung, die zum Beschränken einer Bewegung der Membran ausgebildet ist, und einen Stopfen umfassen, der aus einem nachgiebigen Material ausgebildet ist, das zwischen dem bewegbaren Element und der Membran angeordnet ist.

**[0023]** Diese und andere Vorteile und Merkmale werden aus der folgenden Beschreibung in Verbindung mit der Zeichnung deutlicher.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

**[0024]** Der Gegenstand, der als Erfindung angesehen wird, ist besonders und bestimmt in den Ansprüchen am Schluss der Beschreibung ausgeführt und beansprucht. Die vorhergenannten und anderen Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit der beigefügten Zeichnung deutlich, in der:

[0025] Fig. 1 eine Seitenansicht eines thermischen Aktuators gemäß beispielhaften Ausführungsformen ist;

[0026] Fig. 2 eine beispielhafte schematische Ansicht einer Gasturbine gemäß Ausführungsformen ist;

[0027] Fig. 3 eine beispielhafte schematische Querschnittsansicht eines Systems zur Zuführung einer Spülgasströmung und einer einstellbaren Kühlluftströmung zu einem Laufradhohlraum gemäß Ausführungsformen ist;

[0028] Fig. 4 eine beispielhafte schematische Querschnittsansicht eines Systems zur Zuführung einer Spülgasströmung und einer einstellbaren Kühlluftströmung zu einem Laufradhohlraum gemäß Ausführungsformen ist;

[0029] Fig. 5 eine beispielhafte schematische Querschnittsansicht eines Systems zur Zuführung einer einstellbaren Kühlluftströmung zu einem Laufradhohlraum gemäß Ausführungsformen ist und

[0030] Fig. 6 eine beispielhafte schematische Querschnittsansicht eines Systems zur Zuführung einer einstellbaren Kühlluftströmung zu einem Laufradhohlraum gemäß Ausführungsformen ist.

[0031] Die detaillierte Beschreibung erläutert Ausführungsformen der Erfindung zusammen mit Vorteilen und Merkmalen beispielhaft unter Bezugnahme auf die Zeichnungen.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0032] Gasturbinen-Kühlsysteme enthalten häufig thermische Aktuatoren, die auf hohe Temperaturen innerhalb der Gasturbinen durch Öffnen von Kühlsystemkanälen reagieren, um eine Kühlmittelströmung zu gestatten. Diese Kühlmittelströmung führt Wärme von Turbinenkomponenten ab und stellt die erforderliche Kühlung bereit. Die thermischen Aktuatoren können ein Ausdehnungsmedium enthalten, das in heißen Abschnitten von Gasturbinen eingesetzt werden kann, wo Temperaturen etwa 398°C–400°C nicht übersteigen. Zu Beispielen des Ausdehnungsmediums gehören:

Tabelle 1:

Kommerzieller Name	Zusammensetzung	Obere Anwendungstemperatur
Paratherm™ HR	Auf der Grundlage synthetischer alkylierter Aromaten	371°C/700°F
Paratherm™ NF	Auf der Grundlage von Mineralöl	343°C/650°F
Therminol™ 66	Modifiziertes Terphenyl und Polyphenyle	343°C/650°F
Therminol™ VP-1	Biphenyloxid	400°C/750°F
Syltherm™ XLT	Polysiloxan	260°C/500°F
Syltherm™ 800	Polysiloxan-stabilisiertes HFT	400°C/750°F
Duratherm™ S	Polysiloxan	343°C/650°F

[0033] Steigen die Temperaturen jedoch bis über 398°C–400°C an, dann unterliegen sogar die meisten thermisch stabilen organischen Fluide einer Zersetzung. Diese Zersetzung kann zu Fehlfunktionen des thermischen Aktuators führen. Da neue Generationen von Gasturbinen häufig entworfen sind, um bei Temperaturen bis zu mindestens 649°C und darüber zu arbeiten, um verbesserte Wirksamkeiten zu ergeben, führen die begrenzten thermischen Stabilitäten der oben erwähnten Fluide außerdem zu dem Ergebnis, dass sie häufig ungeeignet sind zum Einsatz in thermischen Aktuatoren von Gasturbinen.

[0034] Bezugnehmend auf Fig. 1 ist eine beispielhafte Ausführungsform eines thermischen Aktuators **1** gezeigt. Der thermische Aktuator **1** schließt eine Umhüllung **2**, ein bewegbares Element **3** und ein Ausdehnungsmaterial **4** ein. Die Umhüllung **2** kann ein allgemein langgestrecktes Element **21** sein, das ein geschlossenes Ende **22**, ein offenes Ende **23** und einen zentralen Abschnitt **24** aufweist, das zwischen dem geschlossenen Ende **22** und dem offenen Ende **23** angeordnet ist. Gemäß Ausführungsformen kann das offene Ende **23** im Querschnitt im Wesentlichen elliptisch, kreisförmig oder polygonal sein. Das bewegbare Element **3** ist mit der Umhüllung **2** gekoppelt und angeordnet, um innerhalb des offenen Endes **23** derart bewegbar zu sein, dass

das bewegbare Element **3** konfiguriert ist, um eine erste Position **31** und eine zweite Position **32** relativ zu dem offenen Ende **23** einzunehmen. Ein Abstand zwischen der ersten Position **31** und der zweiten Position **32** ist als der Hub des thermischen Aktuators **1** definiert und er ist gemäß verschiedenen Anwendungen und Designbetrachtungen variabel.

**[0035]** Eine Querschnittsgestalt des bewegbaren Elementes kann, doch muss nicht erforderlich, derjenigen des offenen Endes **23** ähnlich sein. Das bewegbare Element kann auch zu einer von der ersten Position **31** und zweiten Position **32** hin vorgespannt sein. Die auf das bewegbare Element **3** ausgeübte Vorspannung kann durch eine Last bereitgestellt werden, die z.B. gemäß Ausführungsformen der **Fig. 2–Fig. 6** durch Verdichter-Extraktionsluft erzeugt wird, wie weiter unten beschrieben wird.

**[0036]** Das Ausdehnungsmaterial **4** ist allgemein innerhalb des geschlossenen Endes **22** der Umhüllung **2** angeordnet. Wenn sich das Ausdehnungsmaterial **4** in dieser Position aufgrund der Anwesenheit eines Fluids mit hoher oder geringer Temperatur um die Umhüllung **2** herum ausdehnt oder zusammenzieht, dann verursacht das Ausdehnungsmaterial **4** eine Bewegung des bewegbaren Elementes **3** zu der zweiten Position **32** entgegen jeder Vorspannung, die auf das bewegbare Element **3** ausgeübt wird. Das Ausdehnungsmaterial **4** schließt eine Mischung **41** von Bestandteilen ein, die in einer einzigen chemischen Zusammensetzung bereitgestellt wird, die bei einer tieferen Temperatur als jede andere Zusammensetzung erstarrt, die aus der Mischung **41** der Bestandteile hergestellt ist. In diesem Sinn kann das Ausdehnungsmaterial **4** eine anorganische Salzmischung oder insbesondere eine anorganische Salzmischung in einer eutektischen Zusammensetzung enthalten.

**[0037]** Gemäß Ausführungsformen hat das Ausdehnungsmaterial **4** eine relativ hohe thermische Stabilität als ein Fluid in dem thermischen Aktuator **1**. Wenn der thermische Aktuator **1** zum Einsatz in einer Gasturbine vorgesehen ist, die voraussichtlich bei Temperaturen gut oberhalb von 398°C–400°C oder darüber betrieben werden soll, dann kann das Ausdehnungsmaterial **4** anorganische Verbindungen, wie Metallsalze, deren Mischungen ebenso wie potenziell einige niedrig schmelzende Metalloxide und deren Mischungen, enthalten. Diese Klassen von Materialien haben Schmelzpunkte in einem weiten Temperaturbereich von etwa 20°C bis etwa 1000°C. In einigen Ausführungsformen haben die Materialien Schmelzpunkte unterhalb von etwa 600°C, und in weiteren Ausführungsformen haben die Materialien Schmelzpunkte unterhalb von etwa 500°C.

**[0038]** Detaillierter kann das Ausdehnungsmaterial **4** einen Volumenkoeffizienten der thermischen Ausdehnung (VCTE) im geschmolzenen Zustand aufweisen, der signifikant höher ist als der VCTE von Stahl (VCTE von Inconel –  $38 \times 10^{-6}/K$ , Hastelloy C –  $34 \times 10^{-6}/K$ ). D.h., gemäß Ausführungsformen kann der VCTE des Ausdehnungsmaterials **4** oberhalb von  $100 \times 10^{-6}/K$  liegen. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann der VCTE des Ausdehnungsmaterials **4** oberhalb von  $180 \times 10^{-6}/K$  liegen, und gemäß weiteren Ausführungsformen kann der VCTE des Ausdehnungsmaterials **4** oberhalb von  $220 \times 10^{-6}/K$  liegen. Außerdem sollte verständlich sein, dass das Ausdehnungsmaterial **4** gute thermische Stabilität, geringe Toxizität und eine relativ geringe Neigung zur Verursachung von Korrosion von hochwertigen Legierungen (z.B. Inconel, Hastelloy C) zeigen sollte, wenn es in einer sauerstoff- und feuchtigkeitsfreien Umgebung erhitzt wird.

**[0039]** Gemäß noch weiteren Ausführungsformen hat das Ausdehnungsmaterial **4** einen Schmelzpunkt in dem Bereich von etwa 50°C bis etwa 600°C, einen VCTE oberhalb von  $180 \times 10^{-6}/K$ , und es ist thermisch stabil oberhalb von 450°C.

**[0040]** Zu Beispielen des Ausdehnungsmaterials **4** gehören:

Tabelle 2

Name	Zusammensetzung	Obere Temperatur	Schmelzpunkt [°C]	Volumetrisches CTE [ $10^{-6}/K$ ]
Hitec™-Salz	Kaliumnitrat, Natriumnitrit und Natriumnitrat	538°C/1000°F	142	310
Hitec™ Solar	Kaliumnitrat und Natriumnitrat	565°C/1050°F	220	340
Dynalene™ MS-1	Kaliumnitrat und Natriumnitrat	565°C/1050°F	225	307

Dynalene™ MS-2	Kaliumnitrat, Lithiumnitrat und Natriumnitrat	485°C/905°F	130	369
Saltstream™ 500	Kaliumnitrat, Lithiumnitrat, Cäsiumnitrat, Calciumnitrat und Natriumnitrat	500°C/932°F	65	
Saltstream™ 565	Primär Nitrate	565°C/1050°F	246	378
Saltstream™ 700	Primär Chloride	700°C/1292°F	257	282
Haloglass™ CK	Stabile Oxide	1200°C/2192°F	400	
Bortrioxid	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1200°C/2192°F	450	260

**[0041]** In dem Maße, in dem das offene Ende **23** der Umhüllung **2** eine lineare Region definiert, in der das bewegbare Element **3** angeordnet ist, kann die Bewegung des bewegbaren Elementes **3** im Wesentlichen linear sein. Dies ist jedoch nicht erforderlich und es sollte verstanden werden, dass auch Ausführungsformen existieren, bei denen die Bewegung des bewegbaren Elementes **3** nicht-linear ist. In ähnlicher Weise kann eine Beziehung zwischen der Strecke, die durch das bewegbare Element **3** aufgrund des Ausdehnungszustandes des Ausdehnungsmaterials **4** zurückgelegt wird, und der Ausdehnung des Ausdehnungsmaterials **4** linear oder proportional sein.

**[0042]** Gemäß Ausführungsformen kann eine Membran **5** zwischen dem bewegbaren Element **3** und dem Ausdehnungsmaterial **4** in dem zentralen Abschnitt **24** des länglichen Elementes **21** angeordnet sein. Die Membran **5** kann an die Umhüllung **2** angehängt, befestigt oder angeklebt sein. Alternativ kann die Umhüllung **2**, wie in **Fig. 1** gezeigt, Schulterabschnitte **6** enthalten, die gebildet sind, eine Bewegung der Membran **5** zu beschränken. Ein Stopfen **7** kann auch zwischen der Membran und dem bewegbaren Element **3** vorgesehen sein. Der Stopfen kann aus einem nachgiebigen Material ausgebildet sein, das sich gemäß dem Ausdehnungszustand des Ausdehnungsmaterials **4** verformt, wie in **Fig. 1** gezeigt.

**[0043]** Der thermische Aktuator **1** von **Fig. 1** kann in verschiedenen Industrien und Anwendungen eingesetzt werden. Als ein Beispiel kann der thermische Aktuator **1** mit Bezug auf die **Fig. 2** bis **Fig. 6** in einer Gasturbine zum Leiten einer einstellbaren Strömung von Kühlluft zu einem Laufradhohlraum und/oder einem Statorhohlraum verwendet werden.

**[0044]** **Fig. 2** zeigt eine beispielhafte schematische Ansicht einer Gasturbine **100**. Die Gasturbine **100** kann eine Gasturbine mit einem Verdichter **102** enthalten. Der Verdichter **102** verdichtet Luft **104** und ist konfiguriert, um die verdichtete Luft **104** danach an eine Brennkammer **106** zu liefern. Die Brennkammer **106** vermischt den verdichteten Luftstrom **104** mit einem unter Druck stehenden Strom von Brennstoff **108** und zündet die Mischung, um einen Strom von Verbrennungsgasen **110** zu erzeugen. Obwohl nur eine einzige Brennkammer **106** gezeigt ist, kann die Gasturbine **100** jede beliebige Anzahl von Brennkammern **106** enthalten. Der Strom von Verbrennungsgasen **110** kann einer Turbine **112** derart zugeführt werden, dass der Strom von Verbrennungsgasen **110** die Turbine **112** zum Verrichten mechanischer Arbeit antreibt. Die mechanische Arbeit kann den Verdichter **102** über eine Welle **114** und eine äußere Last **116**, wie einen elektrischen Generator oder dergleichen, antreiben.

**[0045]** Wie in **Fig. 3** gezeigt, kann die Turbine **112** eine Rotoranordnung **118** und eine Statoranordnung **120** enthalten. Die Statoranordnung **120** kann benachbart zu der Rotoranordnung **118** angeordnet sein, um einen Laufradhohlraum **122** zwischen der Rotoranordnung **118** und der Statoranordnung **120** zu definieren. In einigen Fällen kann eine Zwischenstufendichtung **121** zwischen der Rotoranordnung **118** und der Statoranordnung **120** angeordnet sein. Die Statoranordnung **120** kann eine Statorwand **124** enthalten. Die Statorwand **124** kann einen Statorhohlraum **126** darin definieren, der mit einer Strömung von Verdichter-Extraktionsluft **128** in Verbindung stehen kann. Die Strömung der Verdichter-Extraktionsluft **128** kann den Statorhohlraum **126** zumindest teilweise füllen.

**[0046]** Eine feste Spülluftöffnung **130** und eine einstellbare Kühlluftöffnung **132** können in der Statorwand **124** angeordnet sein. Die feste Spülluftöffnung **130** kann konfiguriert sein, um eine Spülluftströmung **134** zu dem Laufradhohlraum **122** zu liefern, und die einstellbare Kühlluftöffnung **132** kann konfiguriert sein, um eine einstellbare Kühlluftströmung **136** zu dem Laufradhohlraum **122** zu liefern. Z.B. kann die Strömung von Verdichter-Extraktionsluft **128** in den Statorhohlraum **126** eintreten, und ein erster Teil (d.h. die Spülluftströmung **134**) davon kann durch die feste Spülluftöffnung **130** hindurchtreten, und ein zweiter Teil (d.h. die einstellbare Kühlluftströmung **136**) davon kann durch die einstellbare Kühlluftöffnung **132** hindurchtreten. Die Spülluftströ-

mung **134** kann den Laufradhohlraum **122** spülen, und die einstellbare Kühlluftströmung **136** kann die Rotoranordnung **118** kühlen.

**[0047]** In einigen Fällen kann eine Strömungssteuervorrichtung **138**, wie der thermische Aktuator **1** von **Fig. 1**, innerhalb des Statorhohlraumes **126** angeordnet sein. Die Strömungssteuervorrichtung **138** kann auch der einstellbaren Kühlluftöffnung **132** zugeordnet und konfiguriert sein, um die Kühlluftströmung **136** zu dem Laufradhohlraum **122** zu variieren. In einem Beispiel kann die Strömungssteuervorrichtung **138** die Kühlluftströmung **136** zu dem Laufradhohlraum **122** durch Verändern der Größe der einstellbaren Kühlluftöffnung **132** variieren. In anderen Fällen kann die Strömungssteuervorrichtung **138** einen ventilartigen Mechanismus oder einen Aktuator enthalten, der der einstellbaren Kühlluftöffnung **132** zugeordnet ist, um die Kühlluftströmung **136** zu dem Laufradhohlraum **122** zu verändern.

**[0048]** In gewissen Ausführungsformen kann ein Temperatursensor **140** dem Laufradhohlraum **122** und/oder der Statoranordnung **120** zugeordnet sein. Der Temperatursensor **140** kann ein Teil der Strömungssteuervorrichtung **138** oder eine separate Komponente sein. Der Temperatursensor **140** und/oder der Aktuator kann mit der Strömungssteuervorrichtung **138** in Verbindung stehen und kann an der Statorwand **124** montiert sein, um zumindest teilweise in den Laufradhohlraum **122** hineinzuragen. In Abhängigkeit von der Temperatur des Laufradhohlraumes **122**, der Statoranordnung **120** und/oder der Rotoranordnung **118** (wie durch den Temperatursensor **140** bestimmt) kann die Strömungssteuervorrichtung **138** den Kühlluftströmung **136**, die durch die einstellbare Kühlluftöffnung **132** in den Laufradhohlraum **122** eintritt, mittels eines temperaturabhängigen Aktuators oder dergleichen vergrößern oder verringern. In gewissen Ausführungsformen kann jedoch, unabhängig von der Temperatur des Laufradhohlraumes **122**, die feste Spülluftöffnung **130** eine konstante zugemessene Spülluftströmung **134** zu dem Laufradhohlraum **122** liefern.

**[0049]** **Fig. 4** zeigt schematisch ein System **300** zur Zuführung einer Spülluftströmung **322** und einer einstellbaren Kühlluftströmung **324** zu einem Laufradhohlraum **306**. So kann das System **300**, z.B., eine Statoranordnung **302** enthalten, die benachbart zu einer Rotoranordnung **304** angeordnet ist. Der Laufradhohlraum **306** kann zwischen der Rotoranordnung **304** und der Statoranordnung **302** ausgebildet sein. In einigen Fällen kann eine Zwischenstufendichtung **307** zwischen der Rotoranordnung **304** und der Statoranordnung **302** angeordnet sein.

**[0050]** Die Statoranordnung **302** kann mindestens einen Spülluftkreislauf **306** und mindestens einen Kühlluftkreislauf **310** enthalten. Sowohl der Spülluftkreislauf **308** als auch der Kühlluftkreislauf **310** können mit dem Laufradhohlraum **306** und einer Strömung von Verdichter-Extraktionsluft **312** in Verbindung stehen. In einigen Fällen kann eine Strömungssteuervorrichtung **314**, wie der thermische Aktuator **1** von **Fig. 1**, mit dem Kühlluftkreislauf **310** verbunden und zum Variieren der Kühlluftströmung zu dem Laufradhohlraum **306** konfiguriert sein. So kann sie Strömungssteuervorrichtung **314**, z.B., ein Ventil **316** in Verbindung mit dem Kühlluftkreislauf **310** enthalten. In dieser Weise kann der Kühlluftkreislauf **310** einen Strömungskreislauf enthalten, der eine Strömung von Verdichter-Extraktionsluft **312** durch ein Rohr oder einen Schlauch zu dem Laufradhohlraum **306** leitet. Das Ventil **316** kann die Kühlströmung zu dem Laufradhohlraum **306** durch Ansprechen auf die Temperatur des Laufradraumes, der Statoranordnung und/oder der Rotoranordnung modulieren, wie sie durch ein oder mehrere Überwachungsinstrumente, wie einen Temperatursensor **320** in Verbindung mit dem Ventil **316**, gemessen wird/werden. In einigen Fällen kann/können der Temperatursensor **320** und/oder ein Aktuator mit dem Ventil **316** in Verbindung stehen und an die Statorwand montiert sein und zumindest teilweise in den Laufradhohlraum **306** vorragen. In einigen Fällen kann das Ventil **316** außerhalb der Gasturbine angeordnet sein.

**[0051]** Wie oben beschrieben, sind die feste Spülluftöffnung **130** (z.B. Löcher) von **Fig. 3** und/oder der Spülluftkreislauf **308** von **Fig. 4** unveränderlich und bemessen, um die erforderliche Spülluftströmung **134** oder **322** bereitzustellen, um Spülanforderungen in dem Laufradhohlraum **122** in **Fig. 3** und **306** in **Fig. 4** zu erfüllen. Die Rotorkühlströmung der Kühlluft **136** oder **324**, die durch die einstellbare Kühlluftöffnung **132** von **Fig. 3** und/oder den Kühlluftkreislauf **310** von **Fig. 4** bereitgestellt wird, kann moduliert werden. So kann, z.B., während kalter Umgebungsbedingungen weniger Kühlluft **136** oder **324** erforderlich sein, um die Temperatur des Laufradhohlraumes aufrechtzuerhalten. In diesem Falle kann die Strömungssteuervorrichtung **138**, **314** die Kühlluftströmung **136** oder **324** beschränken oder beenden. Während heißer Umgebungsbedingungen kann mehr Kühlluft **136** oder **324** erforderlich sein, um die Temperatur des Laufradhohlraumes unter der Auslegungsgrenze zu halten. Unter diesen Bedingungen kann die Strömungssteuervorrichtung **138**, **314** mehr Strömung von Kühlluft **136** oder **324** zulassen. Entsprechend kann die Strömungssteuervorrichtung **138**, **314** direkt auf die Temperatur des Laufradhohlraumes ansprechen und die Strömung von Kühlluft **136** oder **324** wie erforderlich einstellen, um die Rotortemperatur innerhalb von Auslegungsgrenzen aufrechtzuerhalten.

Ein variabler Strömungsbereich und die Fähigkeit, den effektiven Strömungsbereich des Kühlkreislaufes zu variieren, ergeben den zusätzlichen Vorteil, dass die Rückströmungsdifferenz verbessert wird.

**[0052]** Es kann eine beliebige Anzahl fester und/oder variabler Löcher und/oder Kreisläufe hierin verwendet werden. Die festen und/oder variablen Löcher und/oder die Kreisläufe können eine beliebigen Größe, Gestalt und/oder Konfiguration aufweisen. Außerdem müssen die variablen Strömungslöcher und/oder die Kreisläufe nicht notwendigerweise in Übereinstimmung arbeiten. Das heißt, einige können öffnen und einige können schließen. Darüber hinaus können die variablen Strömungslöcher und/oder die Kreisläufe in Abhängigkeit von irgendeinem Parameter, wie bspw., darauf jedoch nicht beschränkt, Temperatur, Leistungsabgabe, Umgebungsbedingungen, Kosten usw. eingestellt werden.

**[0053]** Fig. 5 und Fig. 6 zeigen schematisch eine beispielhafte Querschnittsansicht eines Systems **400** zur Zuführung einer einstellbaren Strömung von Kühlluft zu einem Laufradhohlraum **406**. So kann das System **400**, z.B., eine Statoranordnung **402** enthalten, die benachbart zu einer Rotoranordnung **404** angeordnet ist. Die Statoranordnung **402** kann eine Statorwand **405** enthalten, die einen Statorhohlraum **407** definiert. Der Laufradhohlraum **406** kann zwischen der Rotoranordnung **404** und der Statoranordnung **402** ausgebildet sein. In einigen Fällen kann eine Zwischenstufendichtung **408** zwischen der Rotoranordnung **404** und der Statoranordnung **402** angeordnet sein.

**[0054]** In gewissen Ausführungsformen kann das System **400** konfiguriert sein, um die Temperatur innerhalb des Laufradhohlraumes **406** durch Erhöhen oder Vermindern einer einstellbaren Strömung von Kühlluft **412** zu dem Laufradhohlraum **406** zu erfassen, zu kontrollieren und/oder zu modulieren. So kann das System **400**, z.B., mindestens einen Kühlluftdurchgang **410** enthalten, der konfiguriert ist, um die einstellbare Kühlluftströmung **412** aus dem Statorhohlraum **407** zu dem Laufradhohlraum **406** zu liefern. Der Kühlluftdurchgang **410** kann irgendeine Öffnung oder irgendeinen Durchgang zwischen dem Statorhohlraum **407** und dem Laufradhohlraum **406** enthalten. Die einstellbare Kühlluftströmung **412**, die durch den Kühlluftdurchgang **410** zu dem Laufradhohlraum **406** geliefert wird, kann durch eine Strömungssteuerungsvorrichtung **414** gesteuert werden. In dieser Weise kann die Strömungssteuerungsvorrichtung **414** den thermischen Aktuator **1** von Fig. 1 enthalten und kann mit dem Kühlluftdurchgang **410** verbunden, aber nicht notwendigerweise innerhalb des Kühlluftdurchganges **410** positioniert sein, um die einstellbare Kühlluftströmung **412** zu modulieren, die dem Laufradhohlraum **406** durch den Kühlluftdurchgang **410** zugeführt wird. In einigen Fällen können Teile der Strömungssteuerungsvorrichtung **414** an der Statorwand **405** montiert sein.

**[0055]** Um die einstellbare Kühlluftströmung **412**, die dem Laufradhohlraum **406** durch den Kühlluftdurchgang **410** zugeführt wird, zu steuern, kann die Strömungssteuerungsvorrichtung **414** ein Ventil **418** enthalten, das konfiguriert ist, um zu öffnen und zu schließen und dadurch die einstellbare Kühlluftströmung **412**, die dem Laufradhohlraum **406** durch den Kühlluftdurchgang **410** zugeführt wird, zu verstärken oder zu vermindern. Wie in Fig. 5 gezeigt, befindet sich das Ventil **418**, z.B., in der geschlossenen Position und verhindert und/oder begrenzt dadurch die einstellbare Kühlluftströmung **412** am Eintreten in den Laufradhohlraum **406**. Im umgekehrten Fall, wie in Fig. 6 gezeigt, befindet sich das Ventil **418** in der offenen Position und gestattet somit der einstellbaren Kühlluftströmung **412**, in den Laufradhohlraum **406** einzutreten.

**[0056]** In gewissen Ausführungsformen kann ein temperaturabhängiger Aktuator **420** (z.B. der thermische Aktuator **1** von Fig. 1) mit dem Ventil **418** in mechanischer Verbindung stehen. Der temperaturabhängige Aktuator **420** kann konfiguriert sein, um das Ventil **418** zu öffnen und zu schließen. So kann der temperaturabhängige Aktuator **420**, z.B., zumindest teilweise innerhalb des Laufradhohlraumes **406** angeordnet sein, um zumindest teilweise dem Laufradhohlraum **406** ausgesetzt zu sein. Auf diese Weise kann der temperaturabhängige Aktuator **420** die Temperatur innerhalb des Laufradhohlraumes **406** erfassen und/oder darauf reagieren. In Reaktion kann der temperaturabhängige Aktuator **420** das Ventil **418** öffnen oder schließen, um die Temperatur innerhalb des Laufradhohlraumes **406** zu regulieren. In gewissen Ausführungsformen kann der temperaturabhängige Aktuator **420** ein Aktuatorgehäuse **422** enthalten. In einigen Fällen kann das Aktuatorgehäuse **422** zumindest teilweise innerhalb des Laufradhohlraumes **406** und/oder zumindest teilweise innerhalb des Statorhohlraumes **407** angeordnet sein. D.h., das Aktuatorgehäuse **422** kann zumindest teilweise dem Laufradhohlraum **406** ausgesetzt sein. Zusätzlich kann ein temperaturabhängiges Element **424** (z.B. das Ausdehnungsmaterial **4** von Fig. 1) innerhalb des Aktuatorgehäuses **422** angeordnet sein. Das temperaturabhängige Element **424** kann konfiguriert sein, um sich in Abhängigkeit von einer Temperatur des Laufradhohlraumes **406** auszudehnen oder zusammenzuziehen. Dehnt sich, z.B., das temperaturabhängige Element **424** aus, dann kann es einen Stab **426** (z.B. das bewegbare Element **3** von Fig. 1 oder eine andere mechanische Verbindung), der an dem Ventil **418** angebracht ist, schieben und dadurch das Ventil **418** öffnen und es der einstellbaren Kühlluftströmung **412** gestatten, über den Kühlluftdurchgang **410** in den Laufradhohlraum **406**

einzutreten. Wenn sich das temperaturabhängige Element **424** umgekehrt zusammenzieht, dann kann es den Stab **426** (oder eine andere mechanische Verbindung), der an dem Ventil **418** angebracht ist, ziehen und dadurch das Ventil **418** schließen und die einstellbare Kühlluftströmung daran hindern oder begrenzen, über den Kühlluftdurchgang **410** in den Laufradhohlraum **406** einzutreten.

**[0057]** In einigen Fällen kann das Ventil **418** einen Ventilkörper **428** und eine Ventilscheibe **430** enthalten. So kann der Ventilkörper **428**, z.B., eine Öffnung **432** zu dem Statorhohlraum **407** enthalten, und die Ventilscheibe **430** kann konfiguriert sein, um die Öffnung **432** zu öffnen und zu schließen. D.h., die Ventilscheibe **430** kann konfiguriert sein, um in Abhängigkeit von dem Ausdehnen oder Zusammenziehen des temperaturabhängigen Aktuators **420** zu öffnen oder zu schließen. Auf diese Weise kann die Position der Ventilscheibe **430** über der Öffnung **432** die einstellbare Kühlluftströmung **412** bestimmen, der durch den Kühlluftdurchgang **410** dem Laufradhohlraum **406** zugeführt wird.

**[0058]** In gewissen Ausführungsformen kann der Kühlluftdurchgang **410** stromaufwärts des temperaturabhängigen Aktuators **420** angeordnet sein, um die einstellbare Kühlluftströmung **412** stromaufwärts des temperaturabhängigen Aktuators **420** zu liefern. D.h., der Fluidstrom **436** innerhalb des Laufradhohlraumes **406** kann radial nach außen verlaufen. In gewissen Ausführungsformen kann die Strömungssteuerungsvorrichtung **416** nicht direkt an dem Kühlluftdurchgang **410** montiert sein.

**[0059]** Während die Erfindung detailliert in Verbindung mit nur einer begrenzten Anzahl von Ausführungsformen beschrieben wurde, sollte klar sein, dass die Erfindung auf solche offenbarten Ausführungsformen nicht beschränkt ist. Die Erfindung kann vielmehr modifiziert werden, um irgendeine Anzahl von Variationen, Änderungen, Substitutionen oder äquivalenten Ausführungsformen, die bisher nicht beschrieben wurden, die jedoch mit dem Wesen und Umfang der Erfindung im Einklang stehen, einzubeziehen. Während verschiedene Ausführungsformen der Erfindung beschrieben wurden, sollte klar sein, dass Aspekte der Erfindung nur einige der beschriebenen Ausführungsformen einzuschließen brauchen. Die Erfindung ist daher nicht als durch die vorhergehende Beschreibung beschränkt anzusehen, sondern sie ist nur durch den Umfang der beigefügten Ansprüche begrenzt.

**[0060]** Ein thermischer Aktuator ist geschaffen und enthält ein Ausdehnungsmaterial, das angeordnet und eingerichtet ist, um ein bewegbares Element gemäß einem Ausdehnungszustand des Ausdehnungsmaterials von einer ersten Position des bewegbaren Elementes zu einer zweiten Position des bewegbaren Elementes zu bewegen. Das Ausdehnungsmaterial enthält eine anorganische Salzmischung.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Thermischer Aktuator
<b>2</b>	Umhüllung
<b>21</b>	Längliches Element
<b>22</b>	Geschlossenes Ende
<b>23</b>	Offenes Ende
<b>24</b>	Zentraler Abschnitt
<b>3</b>	Bewegbares Element
<b>31</b>	Erste Position
<b>32</b>	Zweite Position
<b>4</b>	Ausdehnungsmaterial
<b>41</b>	Mischung der Bestandteile
<b>5</b>	Membran
<b>6</b>	Schulterabschnitte
<b>7</b>	Stopfen
<b>100</b>	Gasturbine
<b>102</b>	Verdichter
<b>104</b>	Luft
<b>106</b>	Brennkammer
<b>108</b>	Brennstoff
<b>110</b>	Verbrennungsgase
<b>112</b>	Turbine
<b>114</b>	Welle
<b>116</b>	Äußere Last
<b>118</b>	Rotoranordnung

120	Statoranordnung
121	Zwischenstufendichtung
122	Laufradhohlraum
124	Statorwand
126	Statorhohlraum
128	Extraktionsluft
130	Feste Spülluftöffnung
132	Einstellbare Kühlluftöffnung
134	Spülluft
136	Kühlluft
138	Strömungssteuerungsvorrichtung
140	Temperatursensor
300	System
302	Statoranordnung
304	Rotoranordnung
306	Laufradhohlraum
307	Zwischenstufendichtung
308	Spülluftkreislauf
310	Kühlluftkreislauf
312	Extraktionsluft
314	Strömungssteuerungsvorrichtung
316	Ventil
320	Temperatursensor
322	Spülluft
324	Kühlluft
400	System
402	Statoranordnung
404	Rotoranordnung
405	Statorwand
406	Laufradhohlraum
407	Statorhohlraum
410	Kühlluftdurchgang
412	Kühlluft
414	Strömungssteuerungsvorrichtung
418	Ventil
420	Aktuator
422	Aktuatorgehäuse
424	Temperaturabhängiges Element
426	Stab
428	Ventilkörper
430	Ventilscheibe
432	Öffnung
436	Fluidströmung

### Patentansprüche

1. Thermischer Aktuator (1), der aufweist:  
ein Ausdehnungsmaterial (4), das angeordnet und eingerichtet ist, um ein bewegbares Element (3) gemäß einem Ausdehnungszustand des Ausdehnungsmaterials (4) von einer ersten Position (31) des bewegbaren Elementes zu einer zweiten Position (32) des bewegbaren Elementes zu bewegen,  
wobei das Ausdehnungsmaterial (4) eine anorganische Salzmischung oder eine Metalloxidmischung aufweist.
2. Thermischer Aktuator (1) nach Anspruch 1, worin die anorganische Salzmischung in einer einzigen chemischen Zusammensetzung bereitgestellt ist, die bei einer tieferen Temperatur erstarrt als irgendeine andere Zusammensetzung, die aus der Mischung von Bestandteilen hergestellt ist.
3. Thermischer Aktuator (1) nach Anspruch 1 oder 2, worin das Ausdehnungsmaterial (4) einen Schmelzpunkt in dem Bereich von 50°C bis 600°C aufweist und sein Volumenkoeffizient der thermischen Ausdehnung oberhalb von  $120 \times 10^{-6}/K$  in einem geschmolzenen Zustand liegt und es oberhalb von 450°C thermisch stabil ist.

4. Thermischer Aktuator (1), der aufweist:

eine Umhüllung (2);

ein bewegbares Element (3), das mit der Umhüllung (2) gekoppelt und eingerichtet ist, um eine erste und eine zweite Position (31, 32) relativ zu der Umhüllung (2) einzunehmen, wobei das bewegbare Element (3) zu der ersten Position (31) hin vorgespannt ist; und

ein Ausdehnungsmaterial (4), das innerhalb der Umhüllung (2) derart angeordnet ist, dass, wenn sich das Ausdehnungsmaterial (4) ausdehnt, das Ausdehnungsmaterial (4) das bewegbare Element (3) zu der zweiten Position (32) hin bewegt,

wobei das Ausdehnungsmaterial (4) eine anorganische Salzmischung oder eine Metalloxidmischung aufweist.

5. Thermischer Aktuator (1) nach Anspruch 4, worin das Ausdehnungsmaterial (4) in einer einzigen chemischen Zusammensetzung bereitgestellt ist, die bei einer tieferen Temperatur erstarrt als irgendeine andere Zusammensetzung, die aus der Mischung von Bestandteilen hergestellt ist.

6. Thermischer Aktuator (1) nach Anspruch 4 oder 5, worin das Ausdehnungsmaterial (4) eine eutektische Salzmischung aufweist.

7. Thermischer Aktuator (1) nach einem beliebigen der Ansprüche 4 bis 6, wobei das Ausdehnungsmaterial (4) einen Schmelzpunkt in dem Bereich von 50°C bis 600°C aufweist und sein Volumenkoeffizient der thermischen Ausdehnung oberhalb von  $120 \times 10^{-6}/K$  in einem geschmolzenen Zustand liegt und es oberhalb von 450°C thermisch stabil ist.

8. Thermischer Aktuator (1) nach einem beliebigen der Ansprüche 4 bis 7, wobei das bewegbare Element (3) linear bewegbar ist.

9. Thermischer Aktuator (1) nach einem beliebigen der Ansprüche 4 bis 8, weiter aufweisend:

eine Membran (5), die zwischen dem bewegbaren Element (3) und dem Ausdehnungsmaterial (4) angeordnet ist, wobei die Umhüllung (2) zum Beschränken einer Bewegung der Membran (5) ausgebildet ist; und

einen aus einem nachgiebigen Material ausgebildeten Stopfen (7), der zwischen dem bewegbaren Element (3) und der Membran (5) angeordnet ist.

10. Turbinenanordnung, die aufweist:

eine Rotor- und Stator-Anordnung (118, 120), die benachbart zueinander angeordnet sind, um einen Laufradhohlraum (122) zu definieren;

feste und einstellbare Öffnungen (130, 132), die jeweils der Statoranordnung (120) zugeordnet sind, um dem Laufradhohlraum (122) eine Spülluftströmung (134) bzw. eine einstellbare Kühlluftströmung (136) zuzuführen; und

eine Strömungssteuerungsvorrichtung (138), die ein Ausdehnungsmaterial (4) aufweist und eingerichtet ist, um die einstellbare Kühlluftströmung (136) zu dem Laufradhohlraum (122) durch Verändern einer Größe der einstellbaren Öffnung (132) gemäß einem Ausdehnungszustand des Ausdehnungsmaterials (4) zu variieren, wobei das Ausdehnungsmaterial (4) eine anorganische Salzmischung oder eine Metalloxidmischung aufweist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

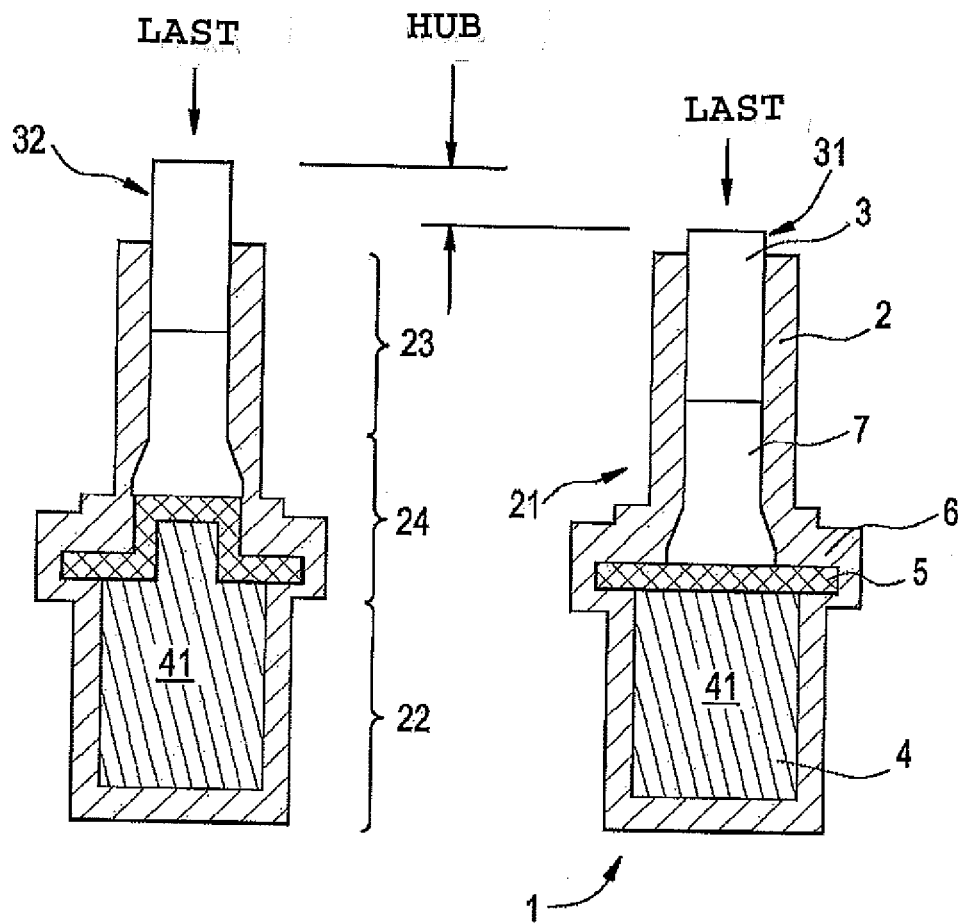


FIG. 2

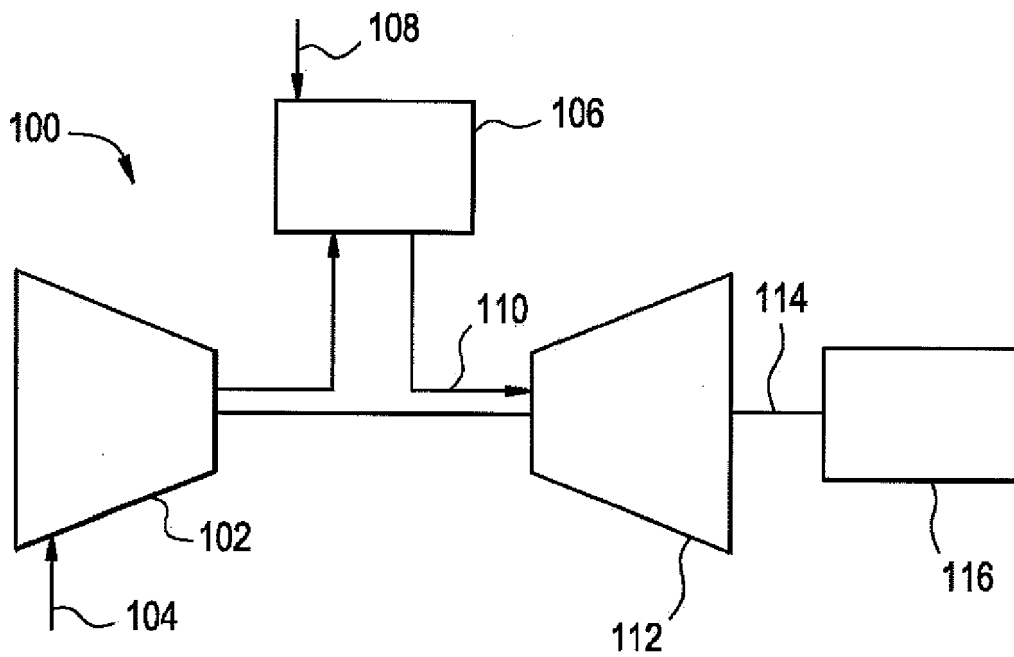


FIG. 3

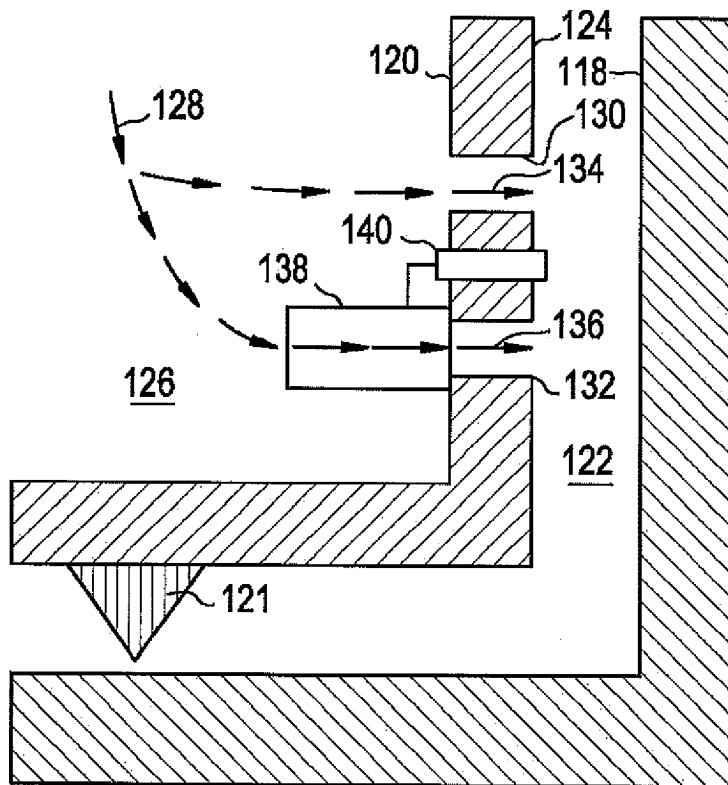


FIG. 4

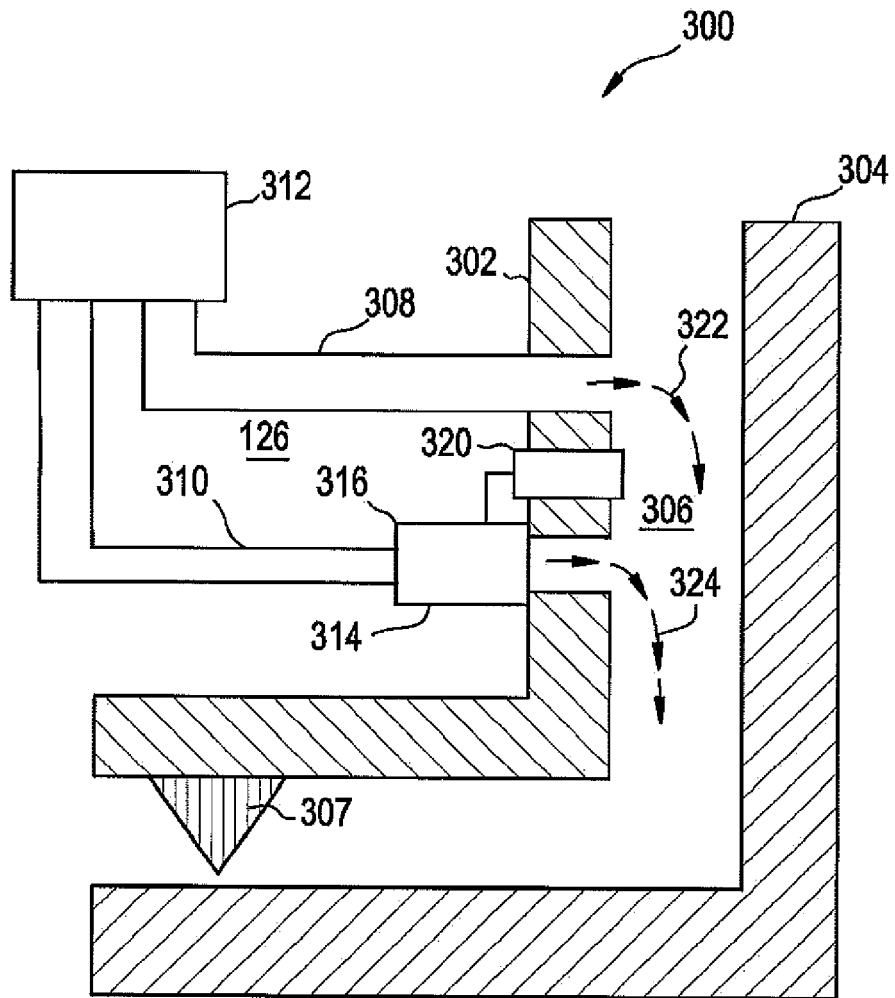


FIG. 5

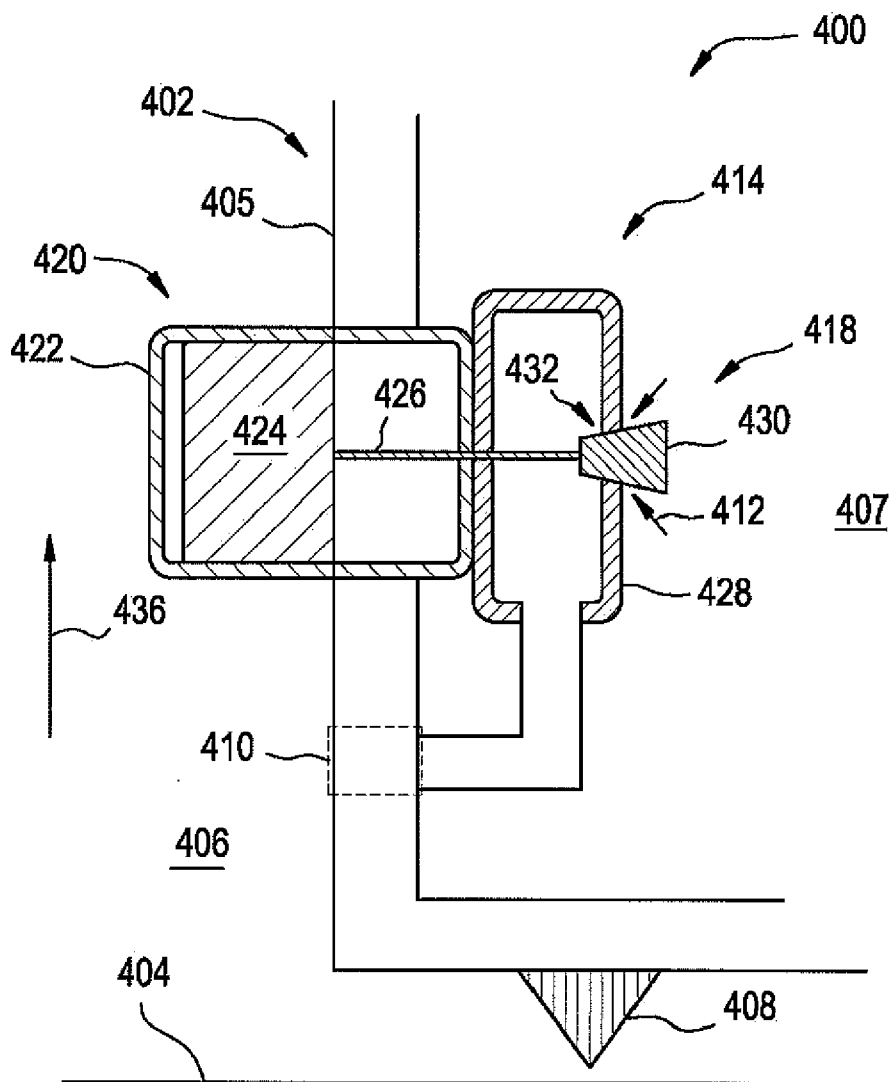


FIG. 6

