

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-109201

(P2017-109201A)

(43) 公開日 平成29年6月22日 (2017.6.22)

(51) Int. Cl.		F I			テーマコード (参考)
B 0 8 B	3/12	(2006.01)	B 0 8 B	3/12	B
B 0 8 B	3/04	(2006.01)	B 0 8 B	3/04	Z
F 0 2 C	7/00	(2006.01)	F 0 2 C	7/00	D
F 0 1 D	25/00	(2006.01)	F 0 2 C	7/00	A
			F 0 1 D	25/00	R
審査請求 有 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 25 頁) 最終頁に続く					

(21) 出願番号	特願2016-235529 (P2016-235529)	(71) 出願人	390041542
(22) 出願日	平成28年12月5日 (2016.12.5)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(31) 優先権主張番号	14/969,041		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(32) 優先日	平成27年12月15日 (2015.12.15)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
(33) 優先権主張国	米国 (US)		番
		(74) 代理人	100137545
			弁理士 荒川 聡志
		(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(74) 代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人
最終頁に続く			

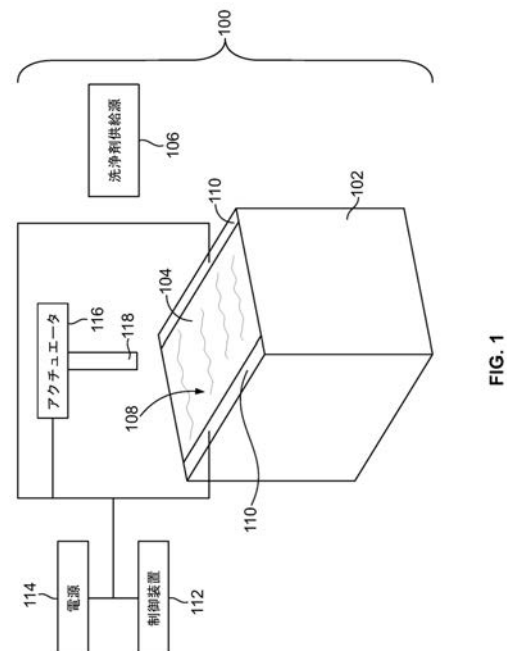
(54) 【発明の名称】 機器洗浄システムおよび方法

(57) 【要約】

【課題】エンジンやタービンなど、多くの別個の部品から組み立てられた機器を洗浄するためのシステムおよび方法を提供すること。

【解決手段】洗浄システムおよび方法は、流体洗浄剤、および、共に接合された複数の独立した構成部品から形成された機器組立体を保持する槽を使用する。1つまたは複数の超音波振動子は、機器組立体が流体洗浄剤と接触している間に、高周波超音波を生成し、流体洗浄剤内に伝播させることにより、機器組立体上の1つまたは複数の堆積物を除去する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

多くの部品から形成されたエンジン組立体(200)を、槽(102)内の流体洗浄剤(104)の中に浸漬するステップと、

前記エンジン組立体(200)を、40kHzよりも大きい周波数を有する超音波に晒すステップと、

前記エンジン組立体(200)を損傷することなく、前記エンジン組立体(200)の1つまたは複数の前記部品上の堆積物を除去するために、前記流体洗浄剤(104)のキャビテーションを生成するステップと

を含む方法。

10

【請求項 2】

前記流体洗浄剤(104)のキャビテーションを生成する前記ステップが、前記堆積物が位置する場所に前記超音波を集束させることなく前記堆積物を除去する、請求項1記載の方法。

【請求項 3】

前記流体洗浄剤(104)がクエン酸洗浄剤(104)を含む、請求項1記載の方法。

【請求項 4】

前記エンジン組立体(200)を前記超音波に晒す前記ステップの前に、遮蔽減衰装置(1500)を前記エンジン組立体(200)と接触させるステップをさらに含み、前記遮蔽減衰装置(1500)は、前記超音波が前記エンジン組立体(200)を損傷することを防止する、請求項1記載の方法。

20

【請求項 5】

機器組立体(200)を流体洗浄剤(104)と接触させるステップと、

前記機器組立体(200)が前記流体洗浄剤(104)と接触している間に、前記機器組立体(200)を、40kHzよりも大きい周波数を有する超音波に晒すことにより、前記機器組立体(200)上の1つまたは複数の堆積物を除去するステップとを含む方法。

【請求項 6】

前記1つまたは複数の堆積物を前記機器組立体(200)から除去する前記ステップが、前記超音波で前記流体洗浄剤(104)内にキャビテーションを発生させるステップを含む、請求項5記載の方法。

30

【請求項 7】

前記1つまたは複数の堆積物を前記機器組立体(200)から除去する前記ステップが、前記1つまたは複数の堆積物が位置する場所に前記超音波を集束させることなく、前記機器組立体(200)を前記超音波に晒すステップを含む、請求項5記載の方法。

【請求項 8】

前記流体洗浄剤(104)がクエン酸を含む洗浄剤(104)を含む、請求項5記載の方法。

【請求項 9】

流体洗浄剤(104)および機器組立体(200)を保持するように構成された槽(102)と、

40

前記機器組立体(200)が前記流体洗浄剤(104)と接触している間に、40kHzよりも大きい周波数を有する超音波を生成し、前記流体洗浄剤(104)内に伝播させることにより、前記機器組立体(200)上の1つまたは複数の堆積物を除去するように構成された1つまたは複数の超音波振動子とを備えるシステム。

【請求項 10】

前記機器組立体(200)が、接合された2つ以上の別個の構成部品から形成されており、前記構成部品を互いに分離することなく、前記1つまたは複数の堆積物が除去される、請求項9記載のシステム。

50

【請求項 1 1】

前記 1 つまたは複数の超音波振動子が、少なくとも 80 kHz の周波数で前記超音波を生成するように構成される、請求項 9 記載のシステム。

【請求項 1 2】

前記 1 つまたは複数の超音波振動子が、前記超音波で前記流体洗浄剤 (104) 内にキャビテーションを発生させることにより、前記 1 つまたは複数の堆積物を前記機器組立体 (200) から除去するように構成される、請求項 9 記載のシステム。

【請求項 1 3】

前記 1 つまたは複数の超音波振動子が、前記 1 つまたは複数の堆積物が位置する場所に前記超音波を集束させることなく、前記機器組立体 (200) を、前記超音波に晒すことにより、前記 1 つまたは複数の堆積物を前記機器組立体 (200) から除去するように構成される、請求項 9 記載のシステム。

10

【請求項 1 4】

前記流体洗浄剤 (104) がクエン酸を含む、請求項 9 記載のシステム。

【請求項 1 5】

前記機器組立体 (200) が、前記槽 (102) 内の前記流体洗浄剤 (104) 内に少なくとも部分的に沈むように、前記槽 (102) が、前記流体洗浄剤 (104) および前記機器組立体 (200) の両方を保持するように構成される、請求項 9 記載のシステム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

20

【0001】

本明細書に開示される主題の実施形態は、エンジンやタービンなど、多くの別個の部品から組み立てられた機器を洗浄するためのシステムおよび方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

エンジンやタービンなどの機器には、堆積物が経時的に蓄積する場合がある。例えば、航空機の翼に結合されたエンジンおよびタービンには、外面および / または内部面上に、堆積物 (例えば、石英、または砂、塵、および / もしくは他の物質から形成される他の堆積物) が蓄積する場合がある。これらの堆積物および他の種類の堆積物は、部品の耐久性およびエンジン性能を低下させるおそれがある。最終的には、堆積物を、エンジンおよびエンジン部品から洗浄しなくてはならない。

30

【0003】

現行の洗浄システムおよび方法では、大型のタービンシステム (例えば航空機) からエンジンおよび / またはタービンを取り外し、その結果、エンジンおよび / またはエンジン部品を洗浄することが可能になる。エンジンおよびタービンは分解されるか、その他の方法で別個の部品の状態まで分離される。これらの別個の部品は、それまで連結されてエンジンおよびタービンを形成していた。別個の部品は、それから洗浄され、エンジンおよびタービンに再び組み立てられる。洗浄され、再度組み立てられたエンジンおよびタービンは、タービンシステムを推進するさらなる作動のためにタービンシステムに戻される。

【0004】

40

航空機のエンジンおよび高性能タービンは、燃焼器およびタービン内のより高いガス温度を許容する、非常に細かい冷却孔を備えている。PM10 レベルで測定される塵など (例えば 10 ミクロン未満の粒子状物質) の微細な塵を含む環境で航空機のエンジンが作動している間に、塵が微細な冷却孔内に蓄積し、エンジンおよびタービンの冷却効率を下げる場合がある。

【0005】

塵は冷却された表面上にも堆積し、そして、この表面と冷却媒体との間に絶縁層を生成し、この絶縁層が、エンジンおよびタービンの冷却効率を下げる場合もある。冷却効率が落ちると、構成部品の作動温度が上昇し、構成部品の使用寿命が短くなるおそれがある。加えて、タービンエンジンおよび冷却経路に入る空気に混入している粒子状物質は、構成

50

部品を腐食し得る硫黄含有種を含む場合がある。

【発明の概要】

【0006】

1つの実施形態では、洗浄方法は、多くの部品から形成された航空機のエンジン組立体を、槽内の流体洗浄剤の中に浸漬するステップと、航空機のエンジン組立体を、40kHzよりも大きい周波数を有する超音波に晒すステップと、航空機のエンジン組立体を損傷することなく、航空機のエンジン組立体の1つまたは複数の部品上の堆積物を除去するために、流体洗浄剤のキャビテーションを生成するステップとを含む。

【0007】

別の実施形態では、別の洗浄方法は、機器組立体を流体洗浄剤と接触させるステップであって、機器組立体が、機器組立体を形成するために共に接合された複数の独立した構成部品から形成されている、ステップと、機器組立体が流体洗浄剤と接触している間に、機器組立体を、高周波超音波に晒すことにより、機器組立体上の1つまたは複数の堆積物を除去するステップとを含む。

10

【0008】

別の実施形態では、洗浄システムは、流体洗浄剤、および、共に接合された複数の独立した構成部品から形成された機器組立体を保持するように構成された槽と、機器組立体が流体洗浄剤と接触している間に、高周波超音波を生成し、流体洗浄剤内に伝播させることにより、機器組立体上の1つまたは複数の堆積物を除去するように構成された1つまたは複数の超音波振動子とを含む。

20

【0009】

以下の記載で本発明の特定の実施形態およびさらなる利益をより詳細に説明する際に、それらが例証されている添付の図面を参照する。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】機器洗浄システムの1つの実施形態の図である。

【図2】1つの実施形態による、図1に示す洗浄システムの槽の中に降下された機器組立体の斜視図である。

【図3】1つの実施形態による、図1に示す槽内の流体洗浄剤内にある、図2に示す機器組立体の上面図である。

30

【図4】1つの実施形態による、図1に示す洗浄システムの超音波振動子の部分斜視図である。

【図5】機器組立体を超音波洗浄するための方法の1つの実施形態のフローチャートである。

【図6】本明細書に記載するようにエンジン組立体を洗浄する前後に測定した、異なる航空機のタービンエンジン組立体を通る気流の図である。

【図7】1つの例による、本明細書に記載する洗浄システムおよび方法を用いて洗浄する前の、図2に示す機器組立体のローターディスクのシールの外面の部分図である。

【図8】1つの例による、本明細書に記載する洗浄システムおよび方法を用いて洗浄した後の、図7に示す機器組立体の同じローターディスクのシールの外面の部分図である。

40

【図9】1つの例による、高周波超音波およびクエン酸系洗浄剤で洗浄する前の、航空機のタービンエンジン組立体を表すクーポンの表面の写真（倍率100倍）である。

【図10】1つの例による、より低い周波数の超音波およびクエン酸系洗浄剤で洗浄した後の、航空機のタービンエンジン組立体を表すクーポンの表面の別の写真（倍率100倍）である。

【図11】1つの例による、より高い周波数の超音波およびクエン酸系洗浄剤で洗浄した後の、航空機のタービンエンジン組立体を表すクーポンの表面の別の写真（倍率100倍）である。

【図12】1つの例による、図1に示す振動子によって、80kHzの目標周波数を有するように生成された超音波のスペクトル強度の図である。

50

【図 1 3】 1 つの例による、本明細書に記載する洗浄システムおよび方法を用いて洗浄する前の、図 2 に示す機器組立体のローターディスクのシールの外面の別の部分図である。

【図 1 4】 1 つの例による、本明細書に記載する洗浄システムおよび方法を用いて洗浄した後の、図 1 3 に示す機器組立体の同じローターディスクのシールの外面の別の部分図である。

【図 1 5】 1 つの実施形態による遮蔽減衰装置の斜視図である。

【図 1 6】 1 つの実施形態による、図 1 5 に示す遮蔽減衰装置の別の斜視図である。

【図 1 7】 1 つの実施形態による、図 1 5 に示す遮蔽減衰装置の別の斜視図である。

【図 1 8】 1 つの実施形態による遮蔽減衰装置の断面図である。

【図 1 9】 1 つの例による、図 2 に示す機器組立体上に配設された遮蔽減衰装置の図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0011】

本明細書に記載する本発明の主題の 1 つまたは複数の実施形態は、タービン式動力システム (turbine powered system) (例えば車両) の、エンジンやタービンなど、システムの組立機器 (assembled equipment) を洗浄するためのシステムおよび方法を提供する。このシステムおよび方法では、エンジン、タービン、または他の機器を、エンジン、タービン、または機器が組み立てられたまま洗浄することができる。例えば、機器を形成する異なる部品を互いに分解することなく、機器を超音波洗浄することができる。エンジンおよびエンジン部品を洗浄し、タービンブレード (例えば高圧タービンブレード) のシュラウド、ノズル、ベーン、シール構成部品、バルブシステム、ノズルボックスなどのエンジン部品上の砂の蓄積または他の堆積物を除去することができる。

20

【0012】

1 つの態様では、本明細書に記載するシステムおよび方法は、コーティングを有する構成部品を含む、精巧で複雑な形状の航空機 (または他の車両システム) のエンジンの合金部および構成部品の超音波洗浄を提供するために使用され得る。構成部品およびコーティングを有する構成部品は、タービンブレード、タービンノズル、ディスク、シャフト、およびシールを含むことができる。本明細書に記載され、特許請求される本発明の主題のすべての実施形態が、エンジン、エンジンの合金部、タービンブレード、タービンノズル、ディスク、シャフト、シール、航空機、または車両システムに必ずしも限定されるものではない。他の種類の機器、システムなどに関連し、本発明の主題の少なくとも 1 つの実施形態を使用することができる。

30

【0013】

本明細書に記載するシステムおよび方法は、組立機器を、組立機器の完全性を維持したまま洗浄することができる。組立機器は、いくつかの独立した別個の部品または構成部品から形成されており、これらは、組立機器を形成するために互いに連結されている。すべての構成部品を互いに完全に分離させることなく、機器を洗浄することができる。1 つの態様では、部品は、組立機器を形成する前は互いに分離したものであって、接着剤、留め具、シールなどで共に接合されているものであってもよい。

40

【0014】

1 つの態様では、本明細書に記載するシステムおよび方法は、組立機器を洗浄するために高周波超音波を用いる。この高周波超音波は、内部割れ、外部割れ、くぼみ、粒界酸化、粒界腐食などを引き起こす、または広げることなどにより機器の疲労寿命を損なうことなく、組立機器を洗浄する。この洗浄手法は、構成部品、コーティングを有する構成部品、薄膜コーティング (塗装を含む) を有する構成部品、組立機器のモジュール / 部分組立体を対象とすることができる。他の超音波システムおよび方法のなかには、内部割れ、外部割れ、くぼみ、粒界酸化、粒界腐食などを引き起こす、または広げることにより、機器の部品を損傷するおそれがあるものもある。代替え方法として、組立機器の互いに分離された個々の部品または構成部品を洗浄するために、本明細書に記載する本発明の主題の 1

50

つまたは複数の実施形態を使用することができる。

【0015】

高周波超音波（例えば40kHzより大きい、少なくとも80kHz、100kHzまで、120kHzまでなどの周波数を有する波）をクエン酸系洗浄剤と共に使用し、航空機のエンジンなどの組立機器の中の広範囲にわたる構成部品を洗浄することができる。航空機のエンジン内の航空機のエンジンの構成部品は、精巧な外部形状および複雑な内部形状を有し得、これは、別の面では、構成部品およびエンジンの洗浄を困難にしている。均一な洗浄を実現するため、組立機器は、洗浄剤および超音波振動子が及ぼす洗浄作用の均一性を向上させるように、超音波洗浄中に超音波槽内で回転され、移動されることができる。1つの態様では、1, 1, 1 - トリクロロエタンなどのいかなるクロロフルオロカーボンも使用せずに、組立機器を超音波洗浄することができる。

10

【0016】

図1は、機器洗浄システム100の1つの実施形態を図示する。2つ以上の独立した構成部品から形成された機器などの機器組立体の表面（内部面および/または外部面）を超音波洗浄するために、洗浄システム100を使用することができる。洗浄される機器は、例えば、エンジン、タービン、エンジンの部品、タービンの部品などを含むことができ、この機器の2つ以上の別個の部品は、互いに連結または固着されたままである。1つの実施形態では、洗浄される機器組立体は、タービンパケット、ディスクなどを含むことができ、パケットは、ディスクなどと連結している。

20

【0017】

洗浄システム100は、流体洗浄剤104を保持する槽102を含む。槽102はチャンバを画定し、その中に、洗浄剤の供給源106（図1の「洗浄剤供給源」）などから流体洗浄剤104が配置される。任意選択で、組立体を槽102の内側に取り囲み、洗浄剤104が配置される空間を組立体の周りに提供する、機器組立体を包囲する囲いとして槽102を形成してもよい。例えば、槽102は、組立体を洗浄することを可能にするために、組立体がより大型のシステム（例えば航空機の翼）と連結している間に組立体を包囲する可撓体とすることができる。

【0018】

供給源106は、容器、ホースなどを表すことができ、そこから洗浄剤104が槽102の中に分注される。洗浄剤104は、クエン酸0.1から0.5重量パーセントの洗浄剤などのクエン酸系洗浄剤を含むことができる。洗浄剤104のpHは、7未満とすることができる。クエン酸系洗浄剤は、他の洗浄剤に比べ、機械的に複雑な機器組立体の外部面および内部面をより良好に洗浄することを発明者らは見出している。洗浄剤104は、1つまたは複数の水溶性界面活性剤を含み、これは、機器組立体の表面から堆積物を除去するために堆積物と結びつき、堆積物を溶けやすくする。1つの実施形態では、洗浄剤104および超音波は、コーティングではなく堆積異物を機器組立体から除去する。堆積物およびコーティングの大きさ（例えば表面積）、コーティングに対する堆積物の厚さ、それらが含んでいる化学的性質または無機物などに関して、堆積物はコーティングよりも多様であり得る点で、堆積物はコーティングとは異なり得る。加えて、コーティングは、製造、検査、修理中に機器組立体上に施され得るが、堆積物は、使用することで、または静止していることで経時的に機器組立体上に蓄積するという点で、堆積物はコーティングとは異なり得る。

30

40

【0019】

1つの実施形態では、洗浄剤104は、堆積物内のケイ酸塩物質を物理的に除去しながら、堆積物を形成する異物の成分を選択的に溶解する、試薬組成物を含む。例えば、洗浄剤104は、異物の酸化物系、塩化物系、硫酸塩系、および炭素系の成分の少なくとも1つを選択的に溶解する製剤を有することができる。より具体的に言えば、洗浄剤104は、カルシウム、硫黄、ナトリウム、カリウム、マグネシウム、ケイ素、および/またはアルミニウムを含む異物の酸化物系の成分を選択的に溶解する製剤を有することができる。酸化物系および硫酸塩系成分の例は、限定するものではないが、硫酸カルシウム、硫酸マ

50

グネシウム、二酸化ケイ素（例えば石英）、長石、雲母、および粘土を含む。洗浄剤 104 は、ナトリウムおよび / またはカリウムを含む異物の塩化物系成分も選択的に溶解する。塩化物系成分の例は、限定するものではないが、塩化ナトリウムおよび塩化カリウムを含む。試薬組成物は、カルシウム、酸素、および / またはマグネシウムを含む異物の炭素系成分も選択的に溶解する。炭素系成分の例は、限定するものではないが、炭酸カルシウムおよび炭酸マグネシウムを含む。

【0020】

洗浄剤 104 は、堆積物を形成する異物の酸化物系、塩化物系、硫酸塩系、および炭素系の成分以外の物質と実質的に反応しない製剤を有することもできる。より具体的に言えば、洗浄剤 104 は、限定するものではないが、ニッケル、チタン、アルミニウム、バナジウム、クロム、鉄、およびコバルトなどの金属物質と実質的に反応しないものとして行うことができる。同様に、洗浄剤 104 は、限定するものではないが、希土類セラミック酸化物、セラミックマトリックス複合体、高分子マトリックス複合体、および他の非金属複合物質を含む、本明細書に記載する機器組立体の保護コーティングおよび / または下地を加工するのに使用する、非金属物質と実質的に反応しないものとして行うことができる。したがって、タービンの構成部品の保護コーティングおよび / または下地の損傷は大幅に限定されるか、回避される。

【0021】

1 つの実施形態では、洗浄剤 104 は、洗浄剤 104 の約 25 体積パーセントから約 70 体積パーセントの範囲内の水と、洗浄剤 104 の約 1 体積パーセントから約 50 体積パーセントの範囲内の酸性成分と、洗浄剤 104 の約 1 体積パーセントから 40 体積パーセントの範囲内のアミン成分とを有する試薬組成物を含む。洗浄剤 104 の酸性成分は、堆積物を形成する異物の酸化物系、塩化物系、硫酸塩系、および炭素系の成分を選択的に溶解することを促進する主要な原動力として行うことができる。酸性成分の例は、限定するものではないが、クエン酸、グリコール酸、ポリアクリル酸、およびそれらの組合せを含む。アミン成分は、洗浄剤 104 と、堆積物を形成する異物との間の表面張力を下げることが促進する界面活性剤として作用することができる。そのようなアミン成分の例は、限定するものではないが、モノイソプロパノールアミンおよびトリエタノールアミンを含む。洗浄剤 104 は、本明細書に記載するように、機器組立体を洗浄剤 104 の中に浸漬する前に、試薬組成物を水で希釈することにより形成することができる。1 つの例示的实施形態では、洗浄溶液の pH 値は約 5 未満である。

【0022】

1 つの実施形態では、洗浄剤 104 を形成するのに使用する第 1 の試薬組成物は、試薬組成物の約 40 体積パーセントから約 60 体積パーセントの範囲内の水と、試薬組成物の約 20 体積パーセントから約 30 体積パーセントの範囲内のジプロピレングリコールモノエチルエーテルと、試薬組成物の約 1 体積パーセントから約 10 体積パーセントの範囲内のプロピレングリコール n - ブチルエーテルと、試薬組成物の約 1 体積パーセントから約 5 体積パーセントの範囲内のモノイソプロパノールアミンと、試薬組成物の約 1 体積パーセントから約 5 体積パーセントの範囲内のグリコール酸とを含む。この実施形態では、試薬組成物は、Luminox（登録商標）（「Luminox」は、ニューヨーク州ホワイトプレインズの Alconox, Inc. の登録商標である）を含む。洗浄剤 104 は、第 1 の試薬組成物を水で約 18 倍まで希釈することにより形成することができ、ナトリウムが限定希釈因子である。

【0023】

別の例では、洗浄剤 104 を形成するのに使用する第 2 の試薬組成物は、試薬組成物の約 25 体積パーセントから約 35 体積パーセントの範囲内の水と、試薬組成物の約 15 体積パーセントから約 25 体積パーセントの範囲内のジプロピレングリコールモノエチルエーテルと、試薬組成物の約 30 体積パーセントから約 40 体積パーセントの範囲内のモノイソプロパノールアミンと、試薬組成物の約 1 体積パーセントから約 5 体積パーセントの範囲内のアルコールアルコキシレートと、試薬組成物の約 5 体積パーセントから約 10 体

積パーセントの範囲内のエチレングリコールブチルエーテルとを含む。この実施形態では、試薬組成物は、D e t e r g e n t 8（登録商標）（「D e t e r g e n t 8」は、ニューヨーク州ホワイトブレインズのA l c o n o x , I n c . の登録商標である）である。洗浄剤 1 0 4 は、第 2 の試薬組成物を水で約 3 倍まで希釈することにより形成することができ、フッ素が限定希釈因子である。

【 0 0 2 4 】

別の例では、洗浄剤 1 0 4 を形成するのに使用する第 3 の試薬組成物は、試薬組成物の約 5 0 体積パーセントから約 7 0 体積パーセントの範囲内の水と、試薬組成物の約 5 体積パーセントから約 1 5 体積パーセントの範囲内のグリコール酸と、試薬組成物の約 5 体積パーセントから約 1 5 体積パーセントの範囲内のクエン酸と、試薬組成物の約 2 体積パーセントから約 7 体積パーセントの範囲内のトリエタノールアミンと、試薬組成物の約 1 体積パーセントから約 5 体積パーセントの範囲内のアルコールアルコキシレートとを含む。この実施形態では、試薬組成物は、C i t r a j e t（登録商標）（「C i t r a j e t」は、ニューヨーク州ホワイトブレインズのA l c o n o x , I n c . の登録商標である）を含むことができる。洗浄剤 1 0 4 は、第 3 の試薬組成物を水で約 3 2 倍まで希釈することにより形成することができ、ナトリウムが限定希釈因子である。

【 0 0 2 5 】

さらに別の例では、洗浄剤 1 0 4 を形成するのに使用する第 4 の試薬組成物は、試薬組成物の約 5 0 体積パーセントから約 7 0 体積パーセントの範囲内の水と、試薬組成物の約 5 体積パーセントから約 1 5 体積パーセントの範囲内のグリコール酸と、試薬組成物の約 5 体積パーセントから約 1 5 体積パーセントの範囲内のクエン酸と、試薬組成物の約 1 体積パーセントから約 5 体積パーセントの範囲内のトリエタノールアミンと、試薬組成物の約 1 体積パーセントから約 5 体積パーセントの範囲内のアルコールアルコキシレートと、試薬組成物の約 1 体積パーセントから約 1 0 体積パーセントの範囲内のイソプロピルアミンスルホネートとを含む。試薬組成物は、C i t r a n o x（登録商標）（「C i t r a n o x」は、ニューヨーク州ホワイトブレインズのA l c o n o x , I n c . の登録商標である）を含むことができる。洗浄剤 1 0 4 は、第 4 の試薬組成物を水で約 3 5 倍まで希釈することにより形成することができ、硫黄が限定希釈因子である。

【 0 0 2 6 】

洗浄剤 1 0 4 を使用することは、航空機のタービンエンジン組立体などの機器組立体上のより多くの堆積物を除去し、アルカリ系の洗浄剤などの他の種類の洗浄剤に組立体を晒した場合よりも、組立体を通る気流を改善する。組立体を高周波超音波に晒さずに、組立体をクエン酸系洗浄剤 1 0 4 の中に浸漬しても、堆積物はほとんどまたは全く除去されず、その結果、組立体を通る気流はほとんどまたは全く改善されない。

【 0 0 2 7 】

槽 1 0 2 は、開口上面 1 0 8 を有する 5 面の箱として示されており、洗浄剤 1 0 4 および / または洗浄対象の機器組立体が、開口上面 1 0 8 を通って導入される。洗浄剤 1 0 4 および機器組立体が、槽 1 0 2 の内側に密閉または包含されず、洗浄剤 1 0 4 が槽 1 0 2 の内側で加圧されないように、槽 1 0 2 を開放したままにしてもよい。代替え方法として、槽 1 0 2 を密閉してもよく、かつ / または、洗浄剤 1 0 4 は、槽 1 0 2 の中で加圧されてもよい。

【 0 0 2 8 】

1 つまたは複数の超音波振動子 1 1 0 が、槽 1 0 2 内に配設される。振動子 1 1 0 は、3 次元よりも 2 次元に沿って大きいものとして示されており、槽 1 0 2 の両側面に沿って配設されている。代替え方法として、別の数の振動子 1 1 0 および / または異なる形状の振動子 1 1 0 を使用してもよい。槽 1 0 2 は、機器組立体が、槽 1 0 2 内の流体洗浄剤 1 0 4 内に少なくとも部分的に沈むように（または完全に沈むように）、流体洗浄剤 1 0 4 および機器組立体の両方を保持するのに十分な大きさである。振動子 1 1 0 は、流体洗浄剤 1 0 4 を通って槽 1 0 2 内の機器組立体に向かって伝播する超音波を生成する。本明細書に記載するように、超音波および洗浄剤 1 0 4 は、組立体または組立体上のコーティン

10

20

30

40

50

グを損傷することなく、機器組立体の内部面および／または外部面から堆積物を洗浄する。

【0029】

振動子110は、制御装置112および電源114に、制御可能に接続されている。制御装置112は、超音波制御装置を表すことができ、この超音波制御装置は、振動子110から超音波が生成されるのを制御する、1つまたは複数のプロセッサ（例えば、マイクロプロセッサ、集積回路、フィールドプログラマブルゲートアレイなど）を有する、かつ／または、そこに接続されているハードウェア回路装置を含む。制御装置112は、電源114から振動子110への電気エネルギー（例えば電圧および／または電流）の流れを指示する。電源114は、電気エネルギーを供給する公共電力網、1つまたは複数の電池などを表すことができる。振動子110は、電源114により励振され（制御装置112が指示したように）、超音波を生成する圧電素子を含む。

10

【0030】

制御装置112は、振動して洗浄剤104の中に高周波超音波を生成するように振動子110に命じることができる。高周波超音波は、40kHzよりも大きい平均周波数またはピーク周波数を有する超音波を含むことができる。任意選択で、これらの波は、少なくとも80kHzの平均周波数またはピーク周波数を有することができる。波は、100kHz、200kHz、300kHz、400kHzなどの上限を超えない周波数を有することができる。高周波超音波は、流体洗浄剤104を通して伝播し、流体洗浄剤104内にキャピテーションを発生させることにより、機器組立体上の堆積物を除去する。堆積物は、機器組立体を使用している間、または機器組立体が露出している間に経時的に機器組立上に積もる塵、砂、または他の物質を含むことができる。

20

【0031】

1つの実施形態では、制御装置112は、80kHzなどの指定された目標周波数の範囲内でピーク強度を有する超音波を生成するように、振動子110に命じることができる。超音波は、すべてが目標周波数と同じ周波数を有さなくてもよいが、最大ピーク強度が、指定された目標周波数にある、または、その範囲内（例えば、5kHz、10kHzなど）にある、いくつかの強度ピークを、異なる周波数において有することができる。

【0032】

図12は、1つの例による、図1に示す振動子110によって、80kHzの目標周波数を有するように生成された超音波のスペクトル強度1200を図示する。超音波の強度1200は、超音波の周波数を表す横軸1202に並んで、および、異なる周波数における超音波の強度を表す（例えばデシベルなどで）縦軸1204に並んで示されている。図12に示すように、超音波は、異なる周波数において強度ピーク1206、1208、1210、1212、1214を有することができる。例えば、ピーク1206は15kHzのあたりに発生し、ピーク1208は31kHzのあたりに発生し、ピーク1210は47kHzのあたりに発生し、ピーク1212は61kHzのあたりに発生し、ピーク1214は78kHzのあたりに発生する。ピークは、異なる周波数で発生するが、最大ピーク1214は、指定された80kHzの目標周波数の範囲内で発生する。したがって、超音波が、様々な異なる周波数を有することができたとしても、最も強い強度、または他のピークの少なくとも指定された割合（例えば80%）より大きい強度を有するピーク周波数が、制御装置112が指示する目標強度である。

30

40

【0033】

図1に示すシステム100の説明に戻ると、制御装置112は、ある特定方向に超音波を集束させるように振動子110に命じなくてよい。例えば、この超音波は、集束超音波とは対照的に、除去対象の堆積物がある場所など、機器組立体または流体洗浄剤104の中のいずれかの場所に集束されることなく振動子110によって生成され得る。非集束の、高周波超音波は、洗浄剤104を通して伝播し、機器組立体のいかなる構成部品にも割れを生成することなく、機器組立体のいかなる構成部品上のコーティングも損傷することなく、かつ／または、機器組立体の2つ以上の構成部品間のいかなるシールも損傷するこ

50

となく、高周波超音波を用いて堆積物を機器組立体から除去することができる。超音波は、機器組立体を損傷することなく堆積物を除去するために、流体洗浄剤のキャビテーションを生成することができる。例えば、超音波は、堆積物、および洗浄剤内の機器組立体の表面において、またはそれらの間に、堆積物を表面から除去するために気泡を発生させることができる。

【0034】

図示した実施形態では、洗浄システム100は、槽102内の洗浄剤104の中で機器組立体を動かすように作動する、攪拌機116を含む。攪拌機116は、ピストン、ロッド、クランプなどの結合機構118を含むことができ、結合機構118は、機器組立体と係合し、攪拌機116が槽102の中で機器組立体を動かすことを可能にする。攪拌機116は、1つまたは複数のモーター、ベルト、ギヤなどを含むことができ、これらは、電源114（または他の電源）により動力が供給され、機器組立体を回転、下降、上昇させる、またはその他の方法で、槽102の中に、槽102から、かつ／もしくは槽102の中で移動させるように制御装置112によって制御される。制御装置112は、機器組立体のあらゆる表面から堆積物を除去するために、槽102の中で機器組立体を回転させる、またはその他の方法で移動させるように攪拌機116に命じることができる。

【0035】

1つの態様では、攪拌機116および結合機構118は、機器組立体が、槽102の1つまたは複数の内部面と接触することを防止することができる。攪拌機116および結合機構118は、機器組立体が、超音波振動子110、槽102の内側の底面、または槽102の内縦面または側面に触れるのを防止する場所で、槽102の上方に位置決めすることができる。

【0036】

図2は、1つの実施形態による洗浄システム100の槽102の中に降下された機器組立体200の斜視図である。図2に続けて参照すると、図3は、1つの実施形態による槽102内の流体洗浄剤104内にある、機器組立体200の上面図である。機器組立体200は、タービンディスク202、およびディスク202と連結したいくつかのタービンブレード204から形成された、タービンエンジンのモジュール組立体である。攪拌機116（図1に図示）および結合機構118によって、機器組立体200全体を、槽102の中に下降させることができる。洗浄剤104を含む浴内に機器組立体200が浸漬されると、振動子110は励振され、洗浄剤104内で高周波超音波を生成することができる。機器組立体200は、洗浄を試みる領域の少なくとも一部が浴内にあるときに、浴内で浸漬され得る。代替え方法として、機器組立体200は、機器組立体200の少なくとも半分が浴内にあるときに、浴内で浸漬され得る。代替え方法として、機器組立体200は、機器組立体200のすべてが浴内にあるときに、浴内で浸漬され得る。

【0037】

これらの超音波は、流体洗浄剤104を通して伝播し、機器組立体200上の堆積物上に、またはその周りにキャビテーションを発生させることができる。このキャビテーションは、堆積物を機器組立体200から除去する。機器組立体200の洗浄後に、機器組立体200は、槽102から取り出され、乾燥され、タービンシステム（例えば航空機）に戻されることができ、そこで機器組立体200はさらに有用に作動する。本明細書に記載するように、ディスク202からブレード204を取り外し、ブレード204および／またはディスク202を別々に洗浄するなどして機器組立体200を分解することなく、機器組立体200をこのように洗浄することができる。

【0038】

図4は、1つの実施形態による洗浄システム100の超音波振動子110のうちの1つの部分斜視図である。振動子110は、図4に示す1つまたは複数のケーブル400によって電源114および／または制御装置112と導電結合されることができる。図4に示す振動子110は、板状振動子と呼ばれることもあり、これは、振動子110が、第3の直交方向（例えば図4に示すz方向に沿った方向）よりも、直交する二方向（例えば図4

に示す x y 方向に沿った方向)において、より大きい超音波放射表面 4 0 2 を有するためである。振動子 1 1 0 は、表面 4 0 2 から振動子 1 1 0 を離れ、槽 1 0 2 内の洗浄剤 1 0 4 を通って伝播する超音波を生成することができる。超音波は、表面 4 0 2 の表面領域のすべて、または過半数以上の領域から放射され得、この超音波は集束超音波でなくてよい。機器組立体を洗浄するために超音波を機器組立体に向かって伝播させるように、表面 4 0 2 は、機器組立体が置かれている槽 1 0 2 の内側に面する。

【 0 0 3 9 】

図 5 は、機器組立体を超音波洗浄するための方法 5 0 0 の 1 つの実施形態のフローチャートである。方法 5 0 0 は、いくつかの共に接合された構成部品（例えばブレード）から形成された機器組立体の、1 つまたは複数の外部面および / または内部面上の堆積物を、構成部品を連結したままでエンジン組立体の中で除去するために使用され得る。1 つの実施形態において、方法 5 0 0 は、図 1 に示す洗浄システム 1 0 0 の 1 つまたは複数の実施形態で実行することができる。

10

【 0 0 4 0 】

5 0 2 では、機器組立体を流体洗浄剤と接触させる。機器組立体は、流体洗浄剤を保持する槽内に浸漬され得、その結果、流体洗浄剤が、機器組立体の内部チャンバの中に入ることができ、かつ / または、その他の方法で、堆積物が位置する機器組立体の表面に接触することができる。5 0 4 では、高周波超音波が洗浄剤内で生成される。超音波は、機器組立体を洗浄する他のシステムで用いられるものより大きな周波数を有することができる。例えば、超音波は、4 0 k H z よりも大きい周波数、少なくとも 8 0 k H z の周波数、または別の周波数を有することができる。

20

【 0 0 4 1 】

5 0 6 では、機器組立体上の堆積物の周りにキャビテーションが生成される。超音波は、洗浄剤内でキャビテーションを生成し、機器組立体の表面から堆積物を取り去る (l i f t) のを支援することができる。5 0 8 では、任意選択で、洗浄剤を保持している槽の中で機器組立体が動かされる。超音波を伝播させ、機器組立体の多くの異なる表面の周りでキャビテーションを生成させるために、機器組立体を、回転させる、移動させる、上昇させる、下降させることなどを行うことができる。代替え方法として、機器組立体は、槽内の洗浄剤内で静止したままでもよい。

【 0 0 4 2 】

5 1 0 では、機器組立体から堆積物が除去されたかどうかの判定が行われる。1 つの実施形態では、この判定は、洗浄剤内の超音波に機器組立体が晒された時間の長さに基づき自動的に行われることができる。例えば、機器組立体を、洗浄剤内に指定された期間とどまらせ、この期間の完了後に洗浄剤から取り出すことができる。代替え方法として、堆積物が除去されことを目視検査および目視確認した後に、機器組立体を洗浄剤から取り出すことができる。

30

【 0 0 4 3 】

堆積物が除去された場合、方法 5 0 0 のフローは、5 1 2 へ進むことができる。しかし、まだ他に堆積物が残っている（または、機器組立体を洗浄する期間が終了していない）場合、方法 5 0 0 のフローは、機器組立体を追加洗浄するために 5 0 4 へ戻ることができる。5 1 2 では、洗浄剤から機器組立体が取り出される。機器組立体を、洗浄剤を保持している槽から上昇させ、乾燥し、またはその他の方法で、タービン式動力システムなどの、より大型の動力システムで使用するために準備することができる。

40

【 0 0 4 4 】

航空機のタービンエンジン組立体の表面から堆積物を除去し、組立体を通る気流を改善するために、本明細書に記載する洗浄システムおよび方法を使用することができる。本明細書に記載するように洗浄する前に（例えば、エンジン組立体の内部面および / または外部面上に堆積物がある状態で）、そして、本明細書に記載するように洗浄した後に、タービンエンジン組立体を通して流れる空気の体積および / または速度として、気流を測定することができる。

50

【 0 0 4 5 】

図 6 は、本明細書に記載するようにエンジン組立体を洗浄する前後に測定した、異なる航空機のタービンエンジン組立体を通る気流 6 0 0、6 0 2（例えば気流 6 0 0 A ~ G、6 0 2 A ~ G）を図示する。気流 6 0 0、6 0 2 は、異なるエンジン組立体を表す横軸 6 0 4、および、エンジン組立体上および / またはその内側に堆積物があることで低減されている気流の割合を表す縦軸 6 0 6 に並んで示されている。気流 6 0 0、6 0 2 の各群（例えば、気流 6 0 0 A、6 0 2 A が 1 つの群、気流 6 0 0 B、6 0 2 B が別の群など）は、洗浄前後の低減されている気流を（割合で）表す。気流 6 0 0 は、洗浄前に低減されていた気流を表し、気流 6 0 2 は、洗浄後に低減されている気流を表す。異なるエンジン組立体を洗浄するのに用いた超音波は、8 0 k H z の周波数で放射された。

10

【 0 0 4 6 】

図 6 に示すように、気流は、本明細書に記載する洗浄システムおよび方法の 1 つまたは複数の実施形態にしたがって洗浄した後は、異なるエンジン組立体のそれぞれについて改善されている。例えば、気流 6 0 0 A、6 0 2 A に関連するエンジン組立体は、低減されている気流が、洗浄前のおよそ - 5 . 2 5 %（例えば気流 6 0 0 A）から洗浄後のおよそ - 1 . 7 5 %（例えば気流 6 0 2 A）に減少したという点で、洗浄により気流を改善した。気流 6 0 0 D、6 0 2 D の群、気流 6 0 0 E、6 0 2 E の群、気流 6 0 0 F、6 0 2 F の群に関連するエンジン組立体などの他のエンジン組立体では、洗浄後の気流にさらに大きな改善が見られる。

【 0 0 4 7 】

20

図 7 は、1 つの例による、本明細書に記載する洗浄システム 1 0 0 および方法を用いて洗浄する前の、図 2 に示す機器組立体 2 0 0 のローターディスクのシールの外面の部分図である。図 8 は、1 つの例による、本明細書に記載する洗浄システム 1 0 0 および方法を用いて洗浄した後の、図 7 に示す機器組立体 2 0 0 の同じローターディスクのシールの外面の部分図である。洗浄前のローターディスクの外側には、いくつかの堆積物 7 0 0（図 7 に図示）が存在しているが、それらは除去され、きれいな表面 8 0 0（図 8 に図示）が残っている。堆積物 7 0 0 は、クエン酸系洗浄剤の存在下で高周波超音波を用いることにより、機器組立体 2 0 0 の表面を損傷することなく除去される。

【 0 0 4 8 】

図 9 から図 1 1 は、いくつかの例による航空機のタービンエンジン組立体を表すクーボンの表面の写真 9 0 0、1 0 0 0、1 1 0 0 である。写真 9 0 0、1 0 0 0、1 1 0 0 は、超音波を生成するために異なる周波数を用いたときにエンジン組立体の表面に発生した損傷（例えば腐食）を図示する、1 0 0 倍の倍率の写真である。図 9 から図 1 1 に示す表面は、すべて同じ合金コーティングを含む。写真 9 0 0 では、撮影された表面は、本明細書に記載する洗浄システム 1 0 0 または方法で超音波洗浄されていない。写真 1 0 0 0 では、撮影された表面は、クエン酸系洗浄剤 1 0 4 を伴う槽 1 0 2 内にエンジン組立体を配置し、4 0 k H z 以下の周波数を有する超音波にエンジン組立体を晒すことにより超音波洗浄されている。写真 1 1 0 0 では、撮影された表面は、写真 1 0 0 0 と同じクエン酸系洗浄剤 1 0 4 を伴う同じ槽 1 0 2 内にエンジン組立体を配置し、ただし、8 0 k H z の周波数を有する超音波にエンジン組立体を晒して超音波洗浄されている。

30

40

【 0 0 4 9 】

写真 9 0 0、1 0 0 0、1 1 0 0 の比較により示されるように、写真 9 0 0 の表面を 4 0 k H z 未満の周波数を有する超音波に晒すと、表面の剥離（s p a l l）1 0 0 2（図 1 0 に図示）を生成することなどにより、表面を損傷する結果となる場合がある。剥離 1 0 0 2 は、表面上のコーティングが超音波により損傷されたことを示す。対照的に、少なくとも 8 0 k H z の周波数を有する超音波に表面を晒すことは、図 1 1 に示すように洗浄後の表面上に剥離または他の損傷がないという点で、コーティングを損傷しない。

【 0 0 5 0 】

図 1 3 は、1 つの例による、本明細書に記載する洗浄システム 1 0 0 および方法を用いて洗浄する前の、図 2 に示す機器組立体 2 0 0 のローターディスクのシールの外面の別の

50

部分図である。図 1 4 は、1 つの例による、本明細書に記載する洗浄システム 1 0 0 および方法を用いて洗浄した後の、図 1 3 に示す機器組立体 2 0 0 の同じローターディスクのシールの外面の別の部分図である。図 1 3 および図 1 4 に示すローターディスクは、超音波を何ら遮蔽する、または減衰させることなく、4 0 k H z の目標周波数を用いて洗浄された。図 1 4 に示すように、4 0 k H z の目標周波数による洗浄は、ローターディスクのコーティングに何らかの許容できない剥離 1 4 0 0 をもたらすおそれがある。この剥離 1 4 0 0 は、ローターディスクを使用に戻す前に修理が必要となり得る、ローターディスクのコーティングへの損傷を示す。

【 0 0 5 1 】

超音波洗浄中に機器組立体を損傷することを防止するために、1 つまたは複数の遮蔽減衰装置を使用することができる。この遮蔽減衰装置を、コーティングを有する構成部品を含む、精巧で複雑な形状を有する航空機のエンジンの合金部および構成部品を超音波洗浄するために使用することができる。構成部品およびコーティングを有する構成部品は、タービンブレード、タービンノズル、ディスク、シャフト、およびシールを含むことができる。遮蔽減衰装置は、損傷を与える超音波の共振が、洗浄中に構成部品のいかなる部位においても励振されないことを確実にし、さもなければ、超音波の共振は、構成部品および/またはコーティングの損傷を引き起こすことになるであろう。

10

【 0 0 5 2 】

遮蔽減衰装置は、金属製構成部品、ボンドコート、耐食部、シール、および熱コーティングの完全性を、構成部品規模、および圧縮歪み下の組み立てられている規模の両方で効果的に保護する。遮蔽減衰装置は、1 リットルあたり 1 から 2 0 ワットなどのパワー密度の範囲、および、室温から摂氏 8 5 度（または別の温度）の温度にわたり効果がある。遮蔽減衰装置は、ほぼ中性 p H の流体に対し化学的耐性を有する。

20

【 0 0 5 3 】

図 1 5 から図 1 7 は、1 つの実施形態による遮蔽減衰装置 1 5 0 0 の斜視図である。装置 1 5 0 0 は、機器組立体 2 0 0 の上に配置され、機器組立体 2 0 0 の超音波洗浄中に機器組立体 2 0 0 と接触した状態を維持することができる。装置 1 5 0 0 は、超音波内の目標周波数の共振周波数が、機器組立体 2 0 0 へ達することを防止し、かつ/または、機器組立体 2 0 0 の金属製構成部品、ボンドコート、耐食部、シール、および熱コーティングが剥離する、割れる、くぼむことなどを防止することなどにより、機器組立体 2 0 0 を損傷することを防止する。

30

【 0 0 5 4 】

装置 1 5 0 0 は、ゴム、ネオプレン、ブチルゴム、天然ゴムなどの可撓性の、エラストマー材料から形成することができる。代替え方法として、装置 1 5 0 0 を、熱可塑性高分子などの硬質材料または半硬質材料から形成してもよい。装置 1 5 0 0 は、機器組立体の外周または周辺部を囲んで延在するために環状に形成される。ケーブル、クランプ（例えばホースクランプ）などの結合機構 1 5 0 2 は、装置 1 5 0 0 を機器組立体に固定することができる。

【 0 0 5 5 】

図 1 8 は、1 つの実施形態による装置 1 5 0 0 の断面図である。装置 1 5 0 0 は、機器組立体 2 0 0 に面する内面 1 8 0 0 を含む。図 1 8 に示すように、内面 1 8 0 0 は、機器組立体 2 0 0 の外面 1 8 0 2 に対し相補的な形状を有する。例えば、外面 1 8 0 2 は、装置 1 5 0 0 の内面 1 8 0 0 の谷部分の中に受け入れられる突出環を有することができる。内面 1 8 0 0 の相補的な形状は、装置 1 5 0 0 が機器組立体 2 0 0 の外面 1 8 0 2 に当接することを可能にする。

40

【 0 0 5 6 】

図 1 9 は、1 つの例による機器組立体 2 0 0 上に配設された装置 1 5 0 0 を図示する。機器組立体 2 0 0 を超音波浴の中に浸漬させる前、または浸漬中に、機器組立体 2 0 0 の周りに装置 1 5 0 0 を配置することができる。それから、機器組立体 2 0 0 を洗浄するために、本明細書に記載する高周波超音波に機器組立体 2 0 0 を晒すことができる。図 1 9

50

に示すように、装置 1 5 0 0 は、機器組立体 2 0 0 全体を覆わなくてよい。そのかわり、装置 1 5 0 0 は、機器組立体 2 0 0 のすべてではないが、ある程度の領域上またはその周囲に配置され得る。装置 1 5 0 0 が覆っている機器組立体 2 0 0 の領域も含めて機器組立体 2 0 0 を洗浄するために、機器組立体 2 0 0 を損傷することを回避しながら、機器組立体 2 0 0 および装置 1 5 0 0 を高周波超音波に晒すことができる。

【 0 0 5 7 】

1 つの実施形態では、洗浄方法は、多くの部品から形成された航空機のエンジン組立体を、槽内の流体洗浄剤の中に浸漬するステップと、航空機のエンジン組立体を、4 0 k H z よりも大きい周波数を有する超音波に晒すステップと、航空機のエンジン組立体を損傷することなく、航空機のエンジン組立体の 1 つまたは複数の部品上の堆積物を除去するために、流体洗浄剤のキャビテーションを生成するステップとを含む。

10

【 0 0 5 8 】

1 つの態様では、超音波は、少なくとも 8 0 k H z の周波数を有する。

【 0 0 5 9 】

1 つの態様では、流体洗浄剤のキャビテーションを生成するステップは、堆積物が位置する場所に超音波を集束させることなく堆積物を除去する。

【 0 0 6 0 】

1 つの態様では、流体洗浄剤はクエン酸洗浄剤を含む。

【 0 0 6 1 】

別の実施形態では、別の洗浄方法は、機器組立体を流体洗浄剤と接触させるステップであって、機器組立体が、機器組立体を形成するために共に接合された複数の独立した構成部品から形成されている、ステップと、機器組立体が流体洗浄剤と接触している間に、機器組立体を、高周波超音波に晒すことにより、機器組立体上の 1 つまたは複数の堆積物を除去するステップとを含む。

20

【 0 0 6 2 】

1 つの態様では、高周波超音波は、4 0 k H z より大きい周波数を有する。

【 0 0 6 3 】

1 つの態様では、高周波超音波は、少なくとも 8 0 k H z の周波数を有する。

【 0 0 6 4 】

1 つの態様では、1 つまたは複数の堆積物を機器組立体から除去するステップは、超音波で流体洗浄剤内にキャビテーションを発生させるステップを含む。

30

【 0 0 6 5 】

1 つの態様では、1 つまたは複数の堆積物を機器組立体から除去するステップは、1 つまたは複数の堆積物が位置する場所に高周波超音波を集束させることなく、機器組立体を高周波超音波に晒すステップを含む。

【 0 0 6 6 】

1 つの態様では、流体洗浄剤はクエン酸を含む。

【 0 0 6 7 】

1 つの態様では、機器組立体を流体洗浄剤と接触させるステップは、機器組立体を、少なくとも部分的に流体洗浄剤で満たされた槽の中に浸漬するステップを含む。

40

【 0 0 6 8 】

1 つの態様では、1 つまたは複数の堆積物は、機器組立体のいかなる構成部品にも割れを生成することなく、機器組立体のいかなる構成部品上のコーティングも損傷することなく、そして、機器組立体の 2 つ以上の構成部品間のいかなるシールも損傷することなく、高周波超音波を用いて機器組立体から除去される。

【 0 0 6 9 】

1 つの態様では、機器組立体は、タービンエンジンのモジュール組立体を含む。

【 0 0 7 0 】

別の実施形態では、洗浄システムは、流体洗浄剤、および、共に接合された複数の独立した構成部品から形成された機器組立体を保持するように構成された槽と、機器組立体が

50

流体洗浄剤と接触している間に、高周波超音波を生成し、流体洗浄剤内に伝播させることにより、機器組立体上の１つまたは複数の堆積物を除去するように構成された１つまたは複数の超音波振動子とを含む。

【００７１】

１つの態様では、１つまたは複数の超音波振動子は、４０ｋＨｚより大きい周波数で高周波超音波を生成するように構成される。

【００７２】

１つの態様では、１つまたは複数の超音波振動子は、少なくとも８０ｋＨｚの周波数で高周波超音波を生成するように構成される。

【００７３】

１つの態様では、１つまたは複数の超音波振動子は、超音波で流体洗浄剤内にキャビテーションを発生させることにより、１つまたは複数の堆積物を機器組立体から除去するように構成される。

【００７４】

１つの態様では、１つまたは複数の超音波振動子は、１つまたは複数の堆積物が位置する場所に高周波超音波を集束させることなく、機器組立体を、高周波超音波に晒すことにより、１つまたは複数の堆積物を機器組立体から除去するように構成される。

【００７５】

１つの態様では、流体洗浄剤はクエン酸を含む。

【００７６】

１つの態様では、機器組立体が、槽内の流体洗浄剤内に少なくとも部分的に沈むように、槽は、流体洗浄剤および機器組立体の両方を保持するように構成される。

【００７７】

１つの態様では、１つまたは複数の超音波振動子は、機器組立体のいかなる構成部品にも割れを生成することなく、機器組立体のいかなる構成部品上のコーティングも損傷することなく、そして、機器組立体の２つ以上の構成部品間のいかなるシールも損傷することなく、高周波超音波を用いて機器組立体から１つまたは複数の堆積物を除去するように構成される。

【００７８】

１つの態様では、機器組立体は、タービンエンジンのモジュール組立体を含む。

【００７９】

上記の説明は、制限的ではなく、例示的であることが意図されていることを理解されたい。例えば、上述の実施形態（および／またはそれらの態様）は、互いに組み合わせて使用することができる。加えて、特定の状況または材料を、本発明の主題の教示に、その範囲を逸脱することなく適合させるように多くの修正を加えることができる。本明細書に記載する材料の寸法および種類は、本発明の主題のパラメータを規定することが意図されているが、それらは決して限定するものではなく、例示的な実施形態である。上記の説明を検討すると、多くの他の実施形態が当業者に明らかになるであろう。したがって、本発明の主題の範囲は、そのような特許請求の範囲が権利を有する均等物の全範囲と共に添付の特許請求の範囲に関連して決定されるべきである。添付の特許請求の範囲において、「含む」および「それに」という用語は、「備える」および「それにおいて」というそれぞれの用語の平易な英語の同義語として使用される。さらに、以下の特許請求の範囲において、「第１の」、「第２の」、および「第３の」などの用語は、単に表示として使用され、それらの対象に数値的な要件を課すことは意図されていない。さらに、以下の特許請求の範囲の限定は、ミーンズプラスファンクション形式で書かれておらず、そのような特許請求の範囲の限定が、さらなる構造がない機能のステートメントが後に続く「のための手段」という語句を明確に使用しない限り、米国特許法第１１２条（ｆ）に基づいて解釈されることが意図されていない。

【００８０】

この書面による説明は、本発明の主題のいくつかの実施形態を開示するために、また、

10

20

30

40

50

当業者が、任意の装置またはシステムの製作および使用ならびに任意の組み込まれた方法の実行を含む、本発明の主題の実施形態を实践することを可能にするために、例を使用している。本発明の主題の特許可能な範囲は、当業者に思いつく他の例を含むことができる。そのような他の例は、それらが特許請求の範囲の文字通りの言語と異なる構造的要素を有する場合、またはそれらが特許請求の範囲の文字通りの言語とわずかに異なるにすぎない同等の構造的要素を含む場合、特許請求の範囲内にいることが意図されている。

【0081】

本発明の主題のある特定の実施形態の先の説明は、添付の図面と併せて読むことで、より理解が深まるであろう。図が様々な実施形態の機能ブロックの図を例示する範囲において、機能ブロックは、必ずしもハードウェア回路装置間の分割を示していない。したがって、例えば、機能ブロックの1つまたは複数（例えば、プロセッサまたはメモリ）は、単一のハードウェア（例えば、汎用信号プロセッサ、マイクロコントローラ、ランダムアクセスメモリ、ハードディスクなど）で実装することができる。同様に、プログラムは、独立型プログラムでもよく、オペレーティングシステムにサブルーチンとして組み込まれてもよく、インストールされたソフトウェアパッケージでの機能であってもよいなどである。様々な実施形態は、図面に示す構成および手段に限定されない。

10

【0082】

本明細書で使用する時、単数で記載され、「1つの」という単語が先行する要素またはステップは、該要素またはステップの複数を除外しないものと理解すべきである。ただし、そのような除外が明示的に記述されていない場合に限る。さらに、本発明の主題の「ある実施形態」または「1つの実施形態」の言及は、記載した特徴も組み込む、追加の実施形態の存在を除外するものと解釈されることが意図されていない。さらに、明示的に反対の記述がない限り、特定の特性を有する要素または複数の要素を「備える」、「含む」、または「有する」実施形態は、その特性を有さない追加のそのような要素を含むことができる。

20

【0083】

本明細書に含まれる本発明の主題の趣旨および範囲から逸脱することなく、上述のシステムおよび方法において、特定の変更がなされ得るため、上記の主題、または、添付の図面に示す主題のすべては、本明細書における本発明の概念を示す単なる例として解釈され、本発明の主題を限定すると解釈されるべきではないことが意図されている。

30

【0084】

本明細書で使用する時、タスクまたは操作を実行するように「構成された」構造、制限、または要素は、特に、タスクまたは操作に対応する様式で、構造的に形成され、構築され、プログラムされ、適合される。明確にするために、そして、疑いを避けるために、タスクまたは操作を実行するように、単に修正することができるオブジェクトは、本明細書で使用するタスクまたは操作を実行するように「構成されている」ものとしなない。代わりに、本明細書で使用する「構成された」の使用は、構造的な適応もしくは特性、タスクもしくは操作を実行するようにプログラムされていない「既製の」構造または要素と異なる様式で、対応するタスクまたは操作を実行するための構造あるいは要素のプログラミングを表し、かつ/または、タスクもしくは操作を実行する「ように構成されて」いるとして記載されている任意の構造、制限、または要素の構造的な要件を表す。

40

【0085】

最後に、代表的な実施態様を以下に示す。

[実施態様1]

多くの部品から形成されたエンジン組立体(200)を、槽(102)内の流体洗浄剤(104)の中に浸漬するステップと、

前記エンジン組立体(200)を、40kHzよりも大きい周波数を有する超音波に晒すステップと、

前記エンジン組立体(200)を損傷することなく、前記エンジン組立体(200)の1つまたは複数の前記部品上の堆積物を除去するために、前記流体洗浄剤(104)のキ

50

ャピテーションを生成するステップと
を含む方法（５００）。

[実施態様２]

前記超音波が、少なくとも８０ｋＨｚの周波数を有する、実施態様１に記載の方法（５００）。

[実施態様３]

前記流体洗浄剤（１０４）のキャピテーションを生成する前記ステップが、前記堆積物が位置する場所に前記超音波を集束させることなく前記堆積物を除去する、実施態様１に記載の方法（５００）。

[実施態様４]

前記流体洗浄剤（１０４）がクエン酸洗浄剤（１０４）を含む、実施態様１に記載の方法（５００）。

[実施態様５]

前記エンジン組立体（２００）を前記超音波に晒す前記ステップの前に、遮蔽減衰装置（１５００）を前記エンジン組立体（２００）と接触させるステップをさらに含み、前記遮蔽減衰装置（１５００）は、前記超音波が前記エンジン組立体（２００）を損傷することを防止する、実施態様１に記載の方法（５００）。

[実施態様６]

機器組立体（２００）を流体洗浄剤（１０４）と接触させるステップと、

前記機器組立体（２００）が前記流体洗浄剤（１０４）と接触している間に、前記機器組立体（２００）を、４０ｋＨｚよりも大きい周波数を有する超音波に晒すことにより、前記機器組立体（２００）上の１つまたは複数の堆積物を除去するステップと
を含む方法（５００）。

[実施態様７]

前記機器組立体（２００）が、前記機器組立体（２００）を形成するために共に接合された複数の独立した構成部品から形成される、実施態様６に記載の方法（５００）。

[実施態様８]

前記超音波が、少なくとも８０ｋＨｚの周波数を有する、実施態様６に記載の方法（５００）。

[実施態様９]

前記１つまたは複数の堆積物を前記機器組立体（２００）から除去する前記ステップが、前記超音波で前記流体洗浄剤（１０４）内にキャピテーションを発生させるステップを含む、実施態様６に記載の方法（５００）。

[実施態様１０]

前記１つまたは複数の堆積物を前記機器組立体（２００）から除去する前記ステップが、前記１つまたは複数の堆積物が位置する場所に前記超音波を集束させることなく、前記機器組立体（２００）を前記超音波に晒すステップを含む、実施態様６に記載の方法（５００）。

[実施態様１１]

前記流体洗浄剤（１０４）がクエン酸を含む洗浄剤（１０４）を含む、実施態様６に記載の方法（５００）。

[実施態様１２]

前記機器組立体（２００）を前記流体洗浄剤（１０４）と接触させる前記ステップが、前記機器組立体（２００）を、少なくとも部分的に前記流体洗浄剤（１０４）で満たされた槽（１０２）の中に浸漬するステップを含む、実施態様６に記載の方法（５００）。

[実施態様１３]

前記１つまたは複数の堆積物は、前記機器組立体（２００）のいかなる構成部品にも割れを生成することなく、前記機器組立体（２００）のいかなる前記構成部品上のコーティングも損傷することなく、そして、前記機器組立体（２００）の２つ以上の前記構成部品間のいかなるシールも損傷することなく、前記超音波を用いて前記機器組立体（２００）

10

20

30

40

50

から除去される、実施態様 6 に記載の方法 (5 0 0)。

[実施態様 1 4]

前記機器組立体 (2 0 0) が、タービンエンジンのモジュール組立体 (2 0 0) を含む、実施態様 6 に記載の方法 (5 0 0)。

[実施態様 1 5]

前記機器組立体 (2 0 0) を前記超音波に晒す前に、遮蔽減衰装置 (1 5 0 0) を前記機器組立体 (2 0 0) と接触させるステップをさらに含み、前記遮蔽減衰装置 (1 5 0 0) は、前記超音波が前記機器組立体 (2 0 0) を損傷することを防止する、実施態様 6 に記載の方法 (5 0 0)。

[実施態様 1 6]

流体洗浄剤 (1 0 4) および機器組立体 (2 0 0) を保持するように構成された槽 (1 0 2) と、

前記機器組立体 (2 0 0) が前記流体洗浄剤 (1 0 4) と接触している間に、4 0 k H z よりも大きい周波数を有する超音波を生成し、前記流体洗浄剤 (1 0 4) 内に伝播させることにより、前記機器組立体 (2 0 0) 上の 1 つまたは複数の堆積物を除去するように構成された 1 つまたは複数の超音波振動子 (1 1 0) とを備えるシステム (1 0 0)。

[実施態様 1 7]

前記機器組立体 (2 0 0) が、共に接合された 2 つ以上の別個の構成部品から形成されており、前記構成部品を互いに分離することなく、前記 1 つまたは複数の堆積物が除去される、実施態様 1 6 に記載のシステム (1 0 0)。

[実施態様 1 8]

前記 1 つまたは複数の超音波振動子 (1 1 0) が、少なくとも 8 0 k H z の周波数で前記超音波を生成するように構成される、実施態様 1 6 に記載のシステム (1 0 0)。

[実施態様 1 9]

前記 1 つまたは複数の超音波振動子 (1 1 0) が、前記超音波で前記流体洗浄剤 (1 0 4) 内にキャビテーションを発生させることにより、前記 1 つまたは複数の堆積物を前記機器組立体 (2 0 0) から除去するように構成される、実施態様 1 6 に記載のシステム (1 0 0)。

[実施態様 2 0]

前記 1 つまたは複数の超音波振動子 (1 1 0) が、前記 1 つまたは複数の堆積物が位置する場所に前記超音波を集束させることなく、前記機器組立体 (2 0 0) を、前記超音波に晒すことにより、前記 1 つまたは複数の堆積物を前記機器組立体 (2 0 0) から除去するように構成される、実施態様 1 6 に記載のシステム (1 0 0)。

[実施態様 2 1]

前記流体洗浄剤 (1 0 4) がクエン酸を含む、実施態様 1 6 に記載のシステム (1 0 0)。

[実施態様 2 2]

前記機器組立体 (2 0 0) が、前記槽 (1 0 2) 内の前記流体洗浄剤 (1 0 4) 内に少なくとも部分的に沈むように、前記槽 (1 0 2) が、前記流体洗浄剤 (1 0 4) および前記機器組立体 (2 0 0) の両方を保持するように構成される、実施態様 1 6 に記載のシステム (1 0 0)。

[実施態様 2 3]

前記洗浄剤 (1 0 4) が、前記超音波用の超音波結合媒体である、実施態様 1 6 に記載のシステム (1 0 0)。

[実施態様 2 4]

前記機器組立体 (2 0 0) を前記超音波に晒す前に、前記機器組立体 (2 0 0) と接触させるように構成された遮蔽減衰装置 (1 5 0 0) をさらに備え、前記遮蔽減衰装置 (1 5 0 0) は、前記超音波が前記機器組立体 (2 0 0) を損傷することを防止する、実施態様 1 6 に記載のシステム (1 0 0)。

10

20

30

40

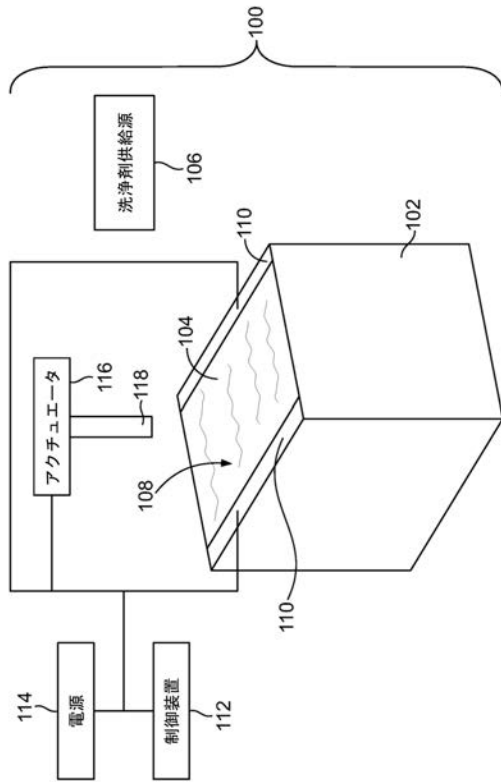
50

【符号の説明】

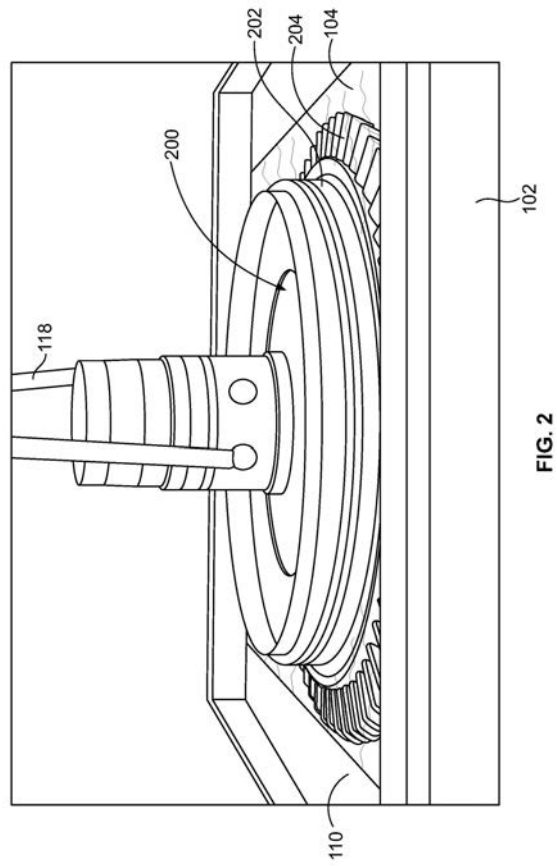
【0086】

100	洗浄システム	
102	槽	
104	流体洗浄剤	
106	洗浄剤の供給源	
108	開口上面	
110	超音波振動子	
112	制御装置	
114	電源	10
116	攪拌機	
118	結合機構	
200	機器組立体	
202	タービンディスク	
204	タービンブレード	
400	ケーブル	
402	超音波放射表面	
500	方法	
600	気流	
602	気流	20
700	堆積物	
800	表面	
900	写真	
1000	写真	
1002	剥離	
1100	写真	
1200	スペクトル強度	
1206	強度ピーク	
1208	強度ピーク	
1210	強度ピーク	30
1212	強度ピーク	
1214	最大ピーク	
1400	剥離	
1500	遮蔽減衰装置	
1502	結合機構	
1800	内面	
1802	外面	

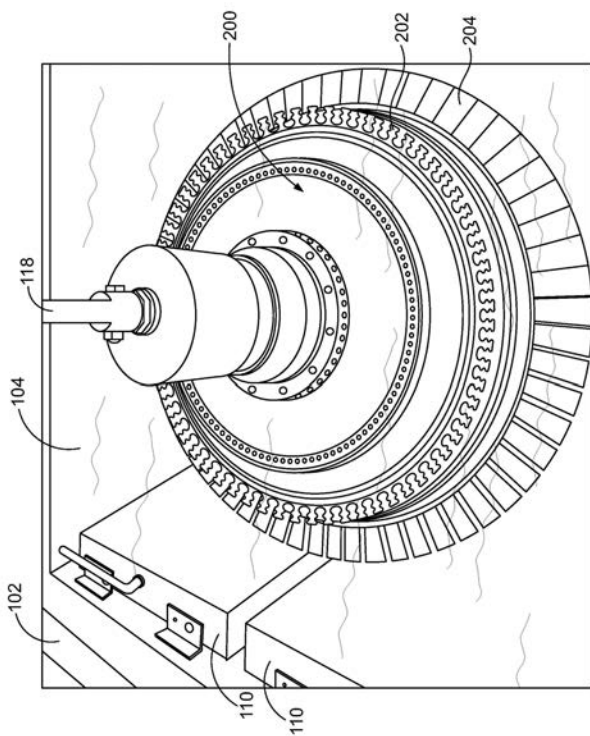
【図 1】



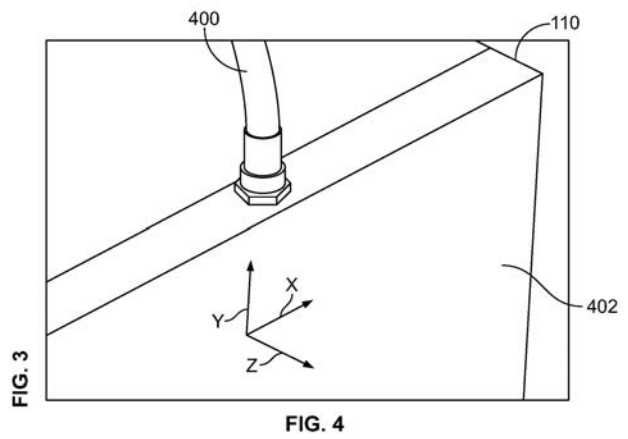
【図 2】



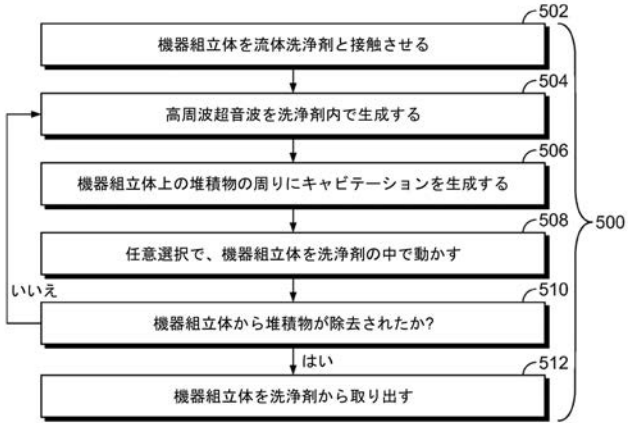
【図 3】



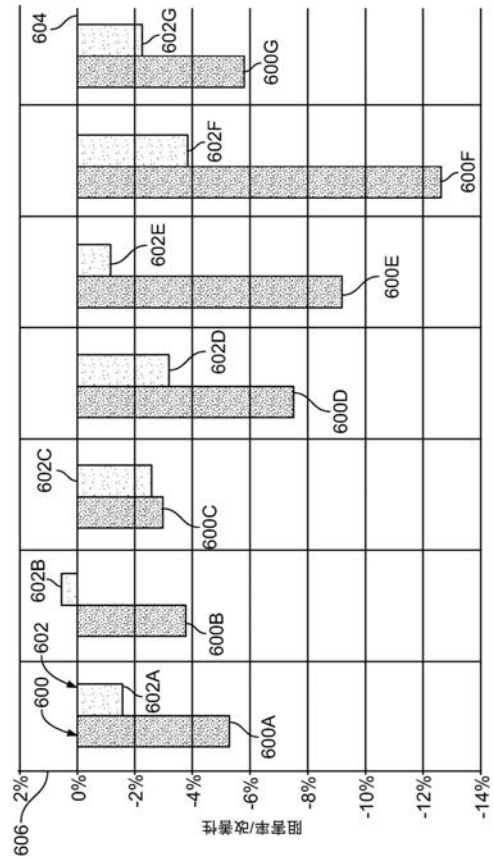
【図 4】



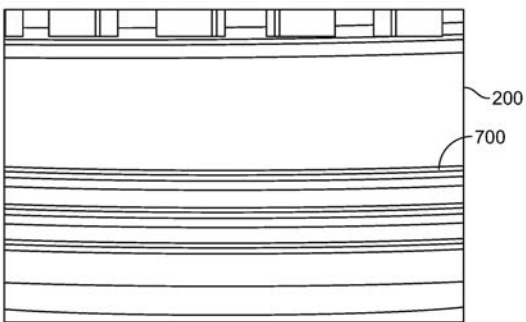
【 図 5 】



【 図 6 】



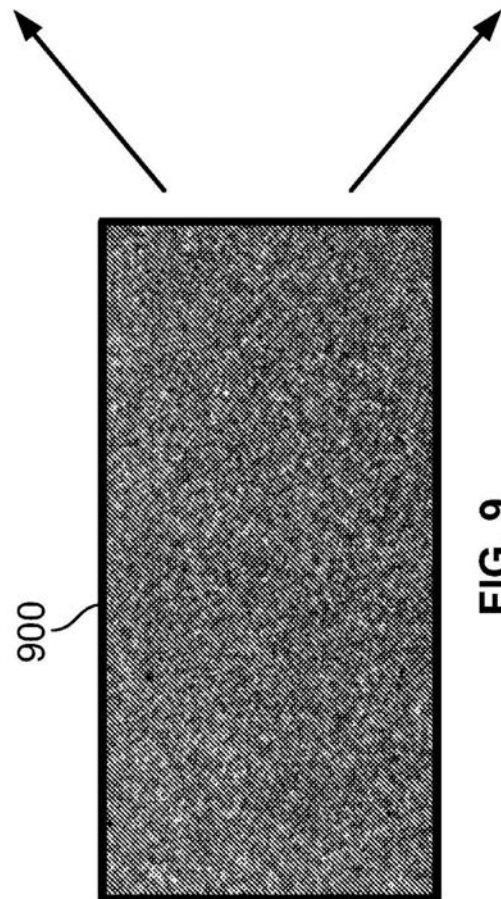
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



【図 10】

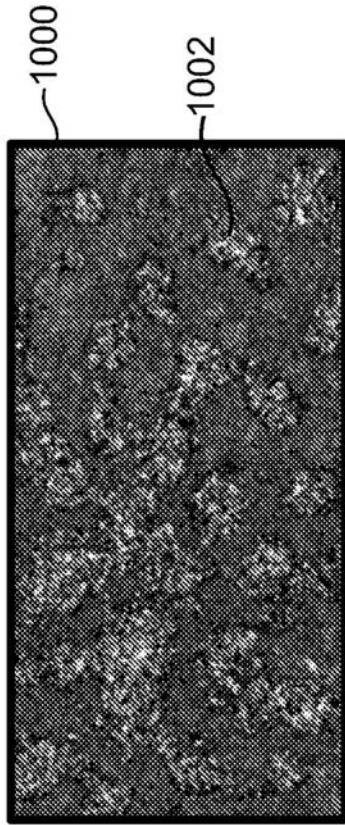


FIG. 10

【図 11】

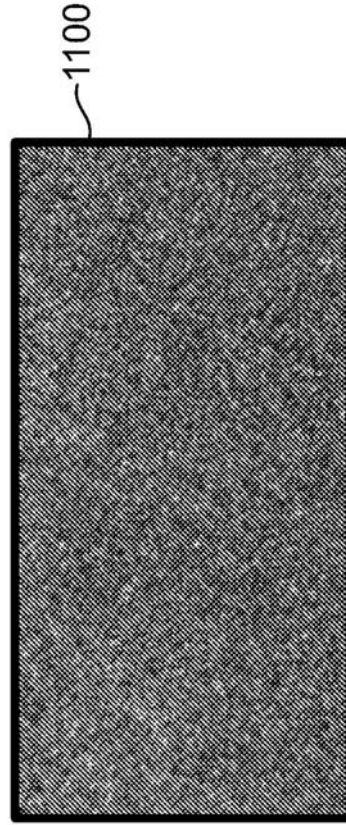


FIG. 11

【図 12】

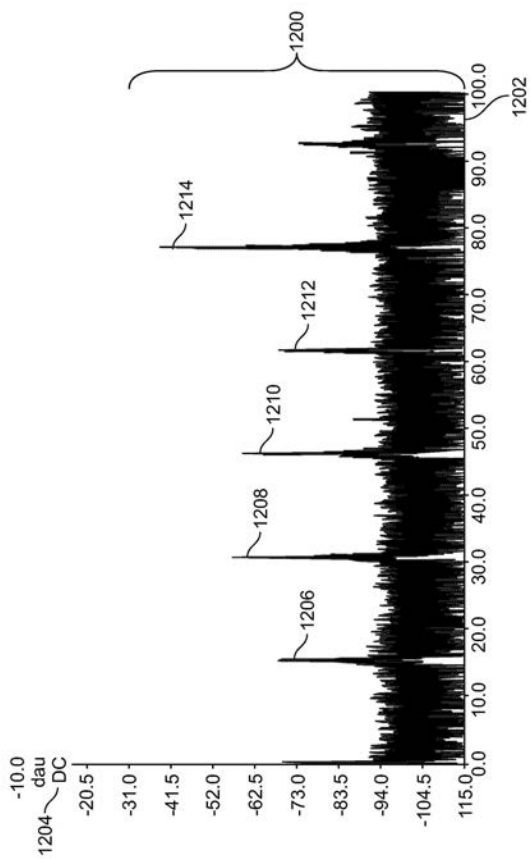


FIG. 12

【図 13】

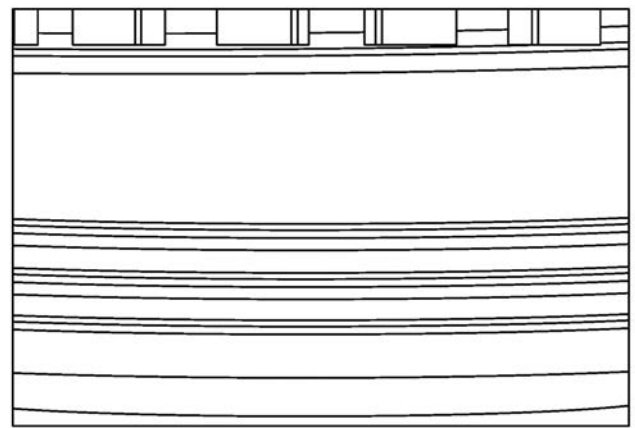


FIG. 13

【図 14】

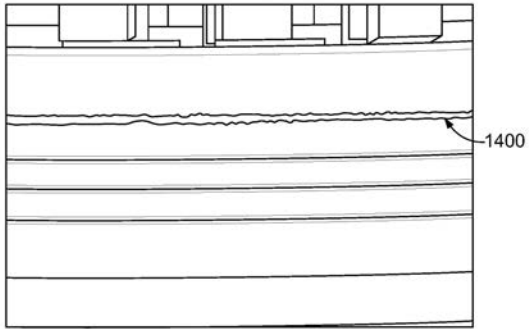


FIG. 14

【図 15】

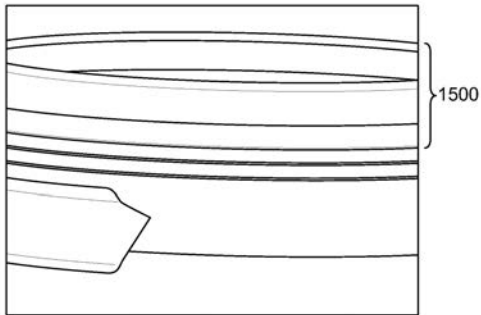


FIG. 15

【図 16】

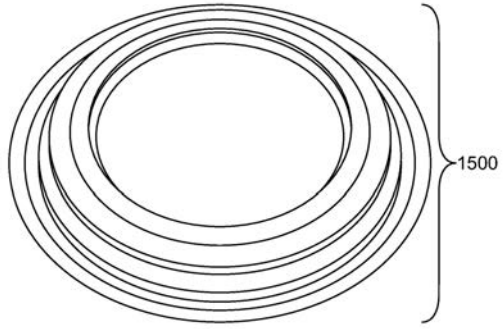


FIG. 16

【図 17】

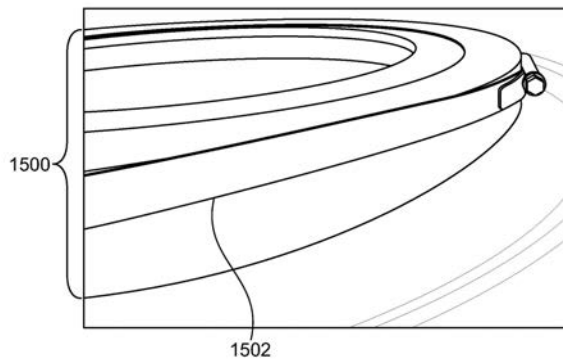


FIG. 17

【図 18】

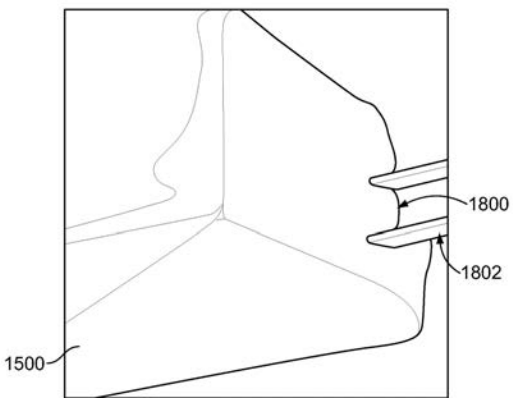


FIG. 18

【図 19】

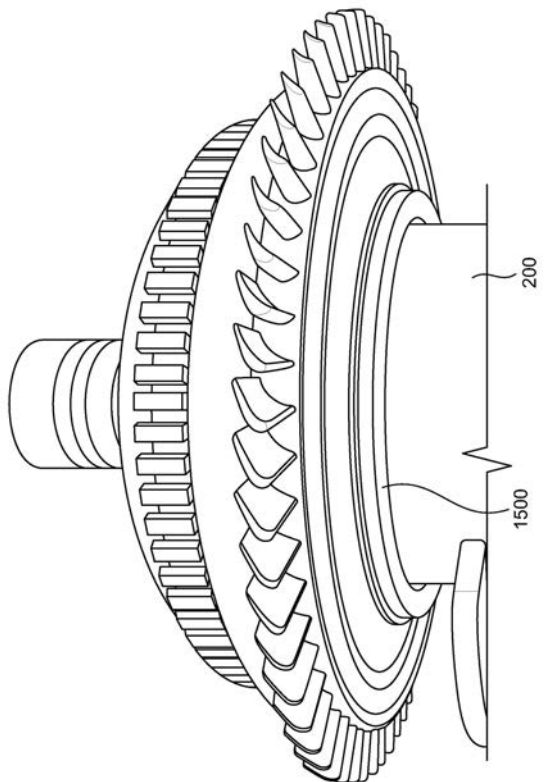


FIG. 19

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
F 0 1 D 25/00 X

- (72)発明者 ニコール・ティベッツ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・ 1 2 3 0 9、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル・ビルディング、ケイ 1 - 3 エイ 5 9
- (72)発明者 パーナード・パトリック・ピューレイ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・ 1 2 3 0 9、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル・ビルディング、ケイ 1 - 3 エイ 5 9
- (72)発明者 ショーン・ロバート・キース
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・ 1 2 3 0 9、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル・ビルディング、ケイ 1 - 3 エイ 5 9
- (72)発明者 バイロン・アンドリュー・プリチャード, ジュニア
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・ 1 2 3 0 9、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル・ビルディング、ケイ 1 - 3 エイ 5 9
- (72)発明者 ブライアン・カルブ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・ 1 2 3 0 9、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル・ビルディング、ケイ 1 - 3 エイ 5 9
- (72)発明者 エヴァン・ジャレット・ドリー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・ 1 2 3 0 9、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル・ビルディング、ケイ 1 - 3 エイ 5 9
- (72)発明者 アンドリュー・ジェームズ・ジェンキンス
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・ 1 2 3 0 9、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル・ビルディング、ケイ 1 - 3 エイ 5 9
- (72)発明者 アリステア・シアリング
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・ 1 2 3 0 9、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル・ビルディング、ケイ 1 - 3 エイ 5 9
- (72)発明者 スティーブン・フランシス・ルトコウスキー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・ 1 2 3 0 9、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル・ビルディング、ケイ 1 - 3 エイ 5 9

F ターム(参考) 3B201 AA47 AB03 AB44 BB02 BB83 BB85 BB92 BB93 BB94 BB95
BB96 CD43

【外国語明細書】
2017109201000001.pdf