

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2015-503045  
(P2015-503045A)

(43) 公表日 平成27年1月29日(2015.1.29)

(51) Int.Cl.

F02C 7/28 (2006.01)  
F16J 15/453 (2006.01)  
F01D 25/00 (2006.01)

F 1

F02C 7/28  
F16J 15/453  
F01D 25/00  
F01D 25/00

B  
E  
L  
Mテーマコード (参考)  
3 J O 4 2

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ロータとシール・ステータとを備えた酸化性環境用シール・システムであって、前記ステータが固体潤滑材又は表面処理を含み前記ロータが硬化されていること、及び前記ロータが前記固体潤滑材又は前記表面処理を含み前記ステータが硬化されていることの一方であり、

前記ステータは、シールを形成するように前記ロータに近接して位置し、前記ロータ及び前記ステータは、当該ステータ及び当該ロータの少なくとも一方が当該ステータと当該ロータとの間に作用間隙を保つのに十分な摩耗速度及び表面粗さを有するように、華氏700度よりも高い温度において堅牢である、シール・システム。

10

**【請求項 2】**

前記作用間隙が約0.0002インチである、シール・システム。

**【請求項 3】**

前記ロータはCrC?NiCr皮膜付きインコネル718から成っている、請求項1に記載のシステム。

**【請求項 4】**

前記ステータはホウ化インコネル718を含んでいる、請求項1に記載のシステム。

**【請求項 5】**

前記ステータは熱間圧縮型六方晶窒化ホウ素を含んでいる、請求項1に記載のシステム。

20

**【請求項 6】**

前記ステータはNASA PS304皮膜付きインコネル718を含んでいる、請求項1に記載のシステム。

**【請求項 7】**

前記ロータ及び前記ステータは耐熱性動流体揚力シールを含んでいる、請求項1に記載のシステム。

**【請求項 8】**

前記ロータ及び前記ステータは航空機エンジン用のサンプ・シールを含んでいる、請求項1に記載のシステム。

**【請求項 9】**

前記ステータの粗さは、華氏約1200度までの温度で約1時間にわたり約3.5 $\mu$ sの負荷を受けるときに12マイクロインチRa未満である、請求項1に記載のシステム。

30

**【請求項 10】**

前記ステータは、約2.0マイクロインチRa未満の表面粗さを含んでいる、請求項1に記載のシステム。

**【請求項 11】**

前記ステータは華氏約1200度までの温度において堅牢である、請求項1に記載のシステム。

**【請求項 12】**

前記ステータは華氏約1000度までの温度において堅牢である、請求項1に記載のシステム。

40

**【請求項 13】**

前記ステータは華氏1200度を超える温度において堅牢である、請求項1に記載のシステム。

**【請求項 14】**

前記ロータは、硬度が少なくともHRC70の硬質皮膜を含んでいる、請求項1に記載のシステム。

**【請求項 15】**

摺動部とシール部とを備えた酸化性環境用シール・システムであって、

50

前記シール部が固体潤滑材又は表面処理を含み前記摺動部が硬化されていること、及び前記摺動部が前記固体潤滑材又は前記表面処理を含み前記シール部が硬化されていることの一方であり、

前記シール部は、シールを形成するように前記摺動部に近接して位置し、前記シール部及び前記摺動部は、当該シール部及び当該摺動部の少なくとも一方が当該シール部と当該摺動部との間に作用間隙を保つのに十分な摩耗速度及び表面粗さを有するように、華氏700度よりも高い温度において堅牢である、シール・システム。

【請求項16】

前記作用間隙は約0.0002インチである、シール・システム。

【請求項17】

前記摺動部はCrC?NiCr皮膜付きインコネル718から成っている、請求項15に記載のシステム。

【請求項18】

前記シール部はホウ化インコネル718を含んでいる、請求項15に記載のシステム。

【請求項19】

前記シール部は熱間圧縮型六方晶窒化ホウ素を含んでいる、請求項15に記載のシステム。

【請求項20】

前記シール部はNASA PS304皮膜付きインコネル718を含んでいる、請求項15に記載のシステム。

【請求項21】

前記摺動部及び前記シール部は耐熱性動流体揚力シールを含んでいる、請求項15に記載のシステム。

【請求項22】

前記摺動部及び前記シール部は、航空機エンジン用のサンプ・シールを含んでいる、請求項15に記載のシステム。

【請求項23】

前記シール部の粗さは、華氏約1200度までの温度で約1時間にわたり約3.5μsの負荷を受けるときに12マイクロインチRa未満である、請求項15に記載のシステム。

【請求項24】

前記シール部は、約2.0マイクロインチRa未満の表面粗さを含んでいる、請求項15に記載のシステム。

【請求項25】

前記シール部は華氏約1200度までの温度において堅牢である、請求項15に記載のシステム。

【請求項26】

前記シール部は華氏約1000度までの温度において堅牢である、請求項15に記載のシステム。

【請求項27】

前記シール部は華氏1200度を超える温度において堅牢である、請求項15に記載のシステム。

【請求項28】

前記摺動部は、硬度が少なくともHRC70の硬質皮膜を含んでいる、請求項15に記載のシステム。

【請求項29】

前記摺動部及びシール部は、動作全体にわたり互いに接触した状態に留まる、請求項15に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

**【0001】**

本開示は一般的には、極端な温度環境に用いられる材料及び応用に関する。

**【背景技術】****【0002】**

炭素系要素を用いた要素が動作を保つことが不可能な多数の高温環境が存在する。典型的な炭素系要素は、華氏( F )約700度以上で何らかの深刻な劣化を蒙る。

**【0003】**

さらに明確に述べると、ピストン装置及びロータ装置を所要の構成要素と共に含む線形又は往復運動応用のような摺動構成要素が、極端な環境での動作を要求されることが増えている。

10

**【0004】**

一例では、動流体(hydrodynamic)面シール及び動流体円周シールが、潤滑油漏れを最小にするシール技術である。動流体シールは非接触態様で主に作用し、従って緊密なシール・クリアランスを保ちつつコンパクトな軸方向空間においてシールの寿命を延ばしました信頼性を高めるので、魅力ある解決法を提供する。動流体面シール及び動流体円周シールの両方とも、可能な限り小さい作用間隙を生成するために、回転シール面と固定シール面との間の圧力プロファイルの展開に頼っている。所要の圧力プロファイルを保存するためには、回転シール面及び固定シール面に良好な表面仕上げが保たれていなければならない。動流体シールは動作の大部分において非接触であるが、ロータの始動時及び停止時には摺動接触を受ける。接触動作の全体を通じて摩耗及び熱による浅割れを最小にし、結果的に高効率の動流体シールを保つために、シール構成要素は一般的には、優れた摩擦特性及び摩耗特性を呈する材料で製造される。

20

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

典型的に炭素で製造される従来の動流体シールは、華氏( F )700度を上回るような温度では激しい劣化性酸化を起こすため、かかる温度での動作には適さない。かかる激しい劣化性酸化条件は、高マッハ・ターボ航空機エンジンのガス・タービン・サンプに生ずる。一旦、シールが劣化したら、サンプ全体が故障し得る。

30

**【0006】**

もう一つの応用では、線形態様で動作するピストンを有するエンジンがリング及びシールを用いるが、上述と同じ問題を有する。

**【0007】**

このように、健全性及び性能を保ちつつ高温動作を考慮したシステム及び動作方法が必要とされている。

**【課題を解決するための手段】****【0008】**

本発明のシステムは一観点では、ロータとシール・ステータとを含む酸化性環境用シール・システムを提供する。ステータが固体潤滑材若しくは表面処理を含みロータが硬化されているか、又はステータが硬化されてロータが固体潤滑材若しくは表面処理を含んでいる。ステータは、シールを形成するようにロータに近接して位置している。ステータ及びロータは、当該ステータ及びロータの少なくとも一方が当該ステータとロータとの間に作用間隙を保つのに十分な摩耗速度及び表面粗さを有するように、華氏( F )700度よりも高い極端な温度において堅牢である。

40

**【0009】**

本発明のシステムは一観点では、摺動部とシール部とを含む酸化性環境用摺動システムを提供する。シール部が固体潤滑材若しくは表面処理を含み摺動部が硬化されているか、又は摺動部が固体潤滑材若しくは表面処理を含みシール部が硬化されている。シール部は、シールを形成するように摺動部に近接して位置している。シール部及び摺動部は、当該シール部及び摺動部の少なくとも一方が当該シール部と摺動部との間に作用間隙を保つの

50

に十分な摩耗速度及び表面粗さを有するように、華氏( F ) 700 度よりも高い温度において堅牢である。

**【図面の簡単な説明】**

**【0010】**

本発明のこれらの特徴、観点及び利点、並びに他の特徴、観点及び利点は、添付図面を参照して以下の詳細な説明を読むとさらに十分に理解されよう。図面全体にわたり、類似の参照符号は類似の部材を表わす。

**【図1】**本発明のシステムの一実施形態による動流体シール・システムの側断面図である。  
。

**【図2】**図1のシステムの一部の拡大図である。

10

**【図3】**一実施形態による動流体面シールの動作の概略図である。

**【図4】**ディスク対リング式試験装置を示す図である。

**【図5】**図4の装置による試験のためにステータ及びロータに用いられた材料の一覧表を示す図である。

**【図6】**図5のロータ及びステータについての試験前及び試験後の表面粗さのグラフ図である。

**【図7】**図5のロータ及びステータについての試験前及び試験後の重量変化のグラフ図である。

**【図8】**図5の材料についての試験時の平均トルクのグラフ図である。

20

**【図9】**図4の装置及び図5の材料による試験についての表データの一覧図である。

**【図10】**フェーズII試験の下で試験されたステータ及びロータの表を示す図である。

**【図11】**図10のロータ及びステータについての試験前及び試験後の表面粗さのグラフ図である。

**【図12】**図10のロータ及びステータについての試験前及び試験後の重量変化のグラフ図である。

**【図13】**図10のステータ及びロータの試験時の平均トルクのグラフ図である。

**【図14】**図10のステータ及びロータの試験結果の表を示す図である。

**【図15】**本発明のシステムの一実施形態によるピストン及びシリンダの上面図である。

**【図16】**図15のシステムの側断面図である。

30

**【発明を実施するための形態】**

**【0011】**

本発明の原理に従って極端な条件で動作するためのシステム及び方法が提供される。一例は、極端な環境での動作を可能にする被覆材料又は母材であって、特に摺動要素のための材料である。

**【0012】**

一例では、シール・システムは気密シールを提供し、高温環境において摩耗及び表面粗さを低くした状態で微小間隙を保つ。

**【0013】**

図1に示す実施形態の一例では、動流体シール・システム10がロータ20とシール30とを含んでおり、ロータ20は硬質皮膜で被覆されており、シール30は、華氏700度を超える温度において堅牢である固体潤滑材(例えばホウ化インコネル718)で構成されている。一例では、温度範囲は華氏( F )約1200度に達する。「堅牢( robust )」とは本書では、ステータとロータとの間の作用間隙を約0.0002インチに保つに十分な摩耗速度及び表面粗さを有することと定義される。

**【0014】**

オイル及びガス業界のような産業界で通常ドライ・ガス・シールと呼ばれる動流体面シールは、座( seat )又はロータ(例えばロータ20)として知られる回転リングと、面( face )又はステータ(例えばシール30)として知られる固定リングとから成っている。一例では、各々の面シールの表面仕上がりは0.1 μm程度である。さらに他の例では、ロータの形状は、図3に示すようにシール面の中心から外径まで延在する半径方向溝20

40

50

0を含んでいる。これらの溝の目的は、回転しつつ作動流体（典型的には気体状炭化水素又は乾燥窒素）に入り込み、結果的に動流体圧を溝の半径方向内側部分 210へ向けて増大させて、二つのシール面を分離させることにある。動作時には、動流体シール部分は分離される（例えば作用間隙だけ）ことができ、分離されると、座（例えばロータ20）は図3に示すように面（例えばシール30）の上で気体クッションに乗る。上で示されているように、シールの各部は、特定のロータの始動時及び停止時には互いに接触し得る。一例によれば、座の溝は約 6 μm 深さであり、面と座との間の間隙は約 3 μm である。

#### 【0015】

システム10は、極端な温度例えば華氏(F)700度よりも高く一例では華氏(F)約1200度までの温度で酸化性環境において堅牢である先進型動流体シールである。かかるシール・システムは、例えば図1から図2に示すような高マッハ・ターボ航空機エンジンのサンプ（例えばサンプ40）に用いられ得る。サンプ40は、軸受け50、シール油切り60、シール戻り(windback)ねじ山70、及びシール・ハウジング80を含み得る。固定シール90及び回転ラビリング・シール100も図示されている。シール30とロータ20との間には作用間隙110が存在している。シール30は、華氏(F)1000度を上回り少なくとも華氏(F)1200度までの温度で堅牢であるホウ化インコネル718のような表面処理を含み得る。動流体シールの適当な動作には、動作全体にわたり低い表面粗さを保つシール面が必要である。硬質ロータ皮膜（例えばロックウェル値がHRC70以上）と、適当な表面処理（例えばホウ化インコネル718）を含むシール構成要素との組み合わせによって、低摩擦係数、低摩耗速度、及び動作全体にわたり許容可能な表面仕上げを保つ能力が得られる。もう一つの例では、ロータが所載のような表面処理材料を含み、シール構成要素が硬質皮膜を有するか又はロックウェル値がHRC70以上となるように他の方法で硬化されたものであってもよい。

10

20

30

40

#### 【0016】

本書に記載されているように、従来の動流体シールは典型的には炭素で製造され、華氏(F)700度を上回る温度での動作について、シールの突発的故障を招く激しい劣化性酸化の開始のため適さない。炭素よりも高温において堅牢な固体潤滑材から動流体シールを製造すると、動作温度を少なくとも華氏(F)1200度に到達させることができる。

#### 【0017】

一例では、高マッハ・ターボ航空機エンジンの前方サンプ、中央サンプ、及び後方サンプは、マッハ3におけるラムジェットへの移行段階に近付くと華氏(F)1000度から華氏(F)約1200度という極端な温度に達する。かかる極端な温度は動流体シール製造者の現在の設計経験を大幅に超えている。上述のように、炭素から作製される現在のシールは、700°Fを超える温度では酸化が速まる。

#### 【0018】

サンプ・シール（例えば高マッハ・ターボ航空機エンジン用のサンプ）のための様々な基材及び皮膜が華氏(F)1200度での動作のために研究された。この環境で用いられるべき動流体シールについてのパラメータには、例えば華氏(F)1200度での耐摩耗性、低摩擦係数、及び摺動境界面における低発熱等が含まれる。本書に記載されているように、従来の炭素シールでは華氏(F)700度を超える温度で激しい劣化性酸化が典型的に生ずる。かかるシールに用いられる材料は、少なくとも華氏(F)700度、華氏(F)1000度及び華氏(F)1200度の範囲において耐えて、低い漏れを与え、オイル環境に不感受性であることが望ましい。シミュレートされた試験は、動作領域に基づく定常状態漏れ（性能）を予測し、熱歪み及び性能に対する影響を予測し、性能に対する表面粗さの影響を特性決定した。

#### 【0019】

図4に示すように間隙150を挟んでロータ・ディスク130及びステータ・リング140を含む摺動摩耗試験機において高温材料試験が行なわれた。この摺動摩耗試験機はリング対ディスク試験用に設計されたものであり、この試験機ではロータが回転し、ステータ（シール）が固定している。この試験は、高マッハ・ターボ航空機エンジンのサンプ・

50

シールのような高温（例えば1200°Fまで）の環境において、エンジンの始動時及び停止時すなわち動流体揚力が生ずる前又は生じた後に生成する実際の条件（例えば温度及び速度）を模擬する。

#### 【0020】

シール（試験設定では固定ステータ）は一例では、図5に列挙した材料から成っていた。従来の動流体シール及び炭素シールに見られる材料を模擬するために、WC-Co皮膜付きインコネル718ディスクをM-45電気黒鉛に対して試験した。華氏(F)1200度の動作温度を達成するために、CrC?NiCrロータ皮膜（華氏(F)1650度まで抗酸化性）を、現在用いられているWC?Co皮膜（華氏(F)1000度まで抗酸化性）の代わりに置き換えた。図5は、タスク3及びタスク4で試験された材料をまとめている。

10

#### 【0021】

試験は二段階（フェーズ1及びフェーズ2）に分けて行なわれた。第一の試験フェーズは、可能性のあるシール材料候補を識別するために用いられた。フェーズ2試験は、構成要素の動作範囲の全体にわたる多数の等温線において行なわれた。フェーズ1試験は、275 ft/sの線速度（試験標本の外径における線速度）で行なわれた。摺動境界面での温度は華氏(F)1000度であった。試験全体を通じて接触圧は3.5 psiに保たれ、この圧力は従来のシール製造業者によって指定されている典型的な接触圧である。第二の試験フェーズも275 ft/sにおいて行なわれ、華氏(F)72度、華氏(F)400度、華氏(F)600度、華氏(F)800度、華氏(F)1000度、及び華氏(F)1200度の等温線において行なわれた。

20

#### 【0022】

成功する材料候補を識別するのに評価された特性は、1)低摩擦係数、2)良好な耐摩耗性（表面粗さの劣化及び摩耗屑の型によって定量化される）、及び3)摺動境界面での低発熱であった。これらの特性が組み合わさって、シールの寿命にわたり指示された温度においてロータとステータとの間に適当な作用間隙（例えば0.0002インチ）を生成する。従って、材料性能を比較するための特定的な試験測定規準は、1)摩擦係数データ、2)摩耗及び酸化によって生ずるような表面仕上げ劣化を評価するための形状測定、3)摺動境界面での温度レベル、並びに4)質量損（摩耗を評価するため）であった。

30

#### 【0023】

幾つかの材料が、フェーズ1条件すなわちチェンバ温度が華氏(F)1000度、最大表面速度が275 ft/s、摩耗面の負荷が3.5 psi、及び試験時間が1時間との条件の下で試験された。図6は、ロータ及びステータについて試験1から試験10についての試験前及び試験後の表面粗さ（マイクロインチ $R_a$ ）のグラフである。図7は、ロータ及びステータについての試験前及び試験後の重量変化のグラフであり、図8は、試験の各々での平均トルクのグラフである。図9は、試験からの表データを掲げる。

#### 【0024】

試験1は、M-45電気黒鉛ステータ対WC?Coロータ（現在最新の材料の組み合わせ）の基準試験である。この材料の組み合わせの性能は、1時間摩耗試験時には優れていたが、望まれる温度では電気黒鉛ステータ材料が急速に酸化して長期動作には適さない。

40

#### 【0025】

試験2の材料の組み合わせは、動作条件に耐えることができなかった。選択されたSiC材料は優れた摩耗特性を提供するが、低摩擦係数を与えず、ステータの温度が急速に上昇した。2分後に、熱衝撃のため脆性のSiCステータが粉々になった。

#### 【0026】

試験3の材料の組み合わせはESKEkastictic T窒化ケイ素及びCrCNiCr皮膜付きロータであって、基準以外の材料の組み合わせから最良の試験結果を与えた。試験3のトルク（摩擦）レベルは試験1のレベルに極く近く、試験3の重量損の値は試験1の値よりも良好である。この材料の組み合わせからのフェーズ1の結果は極めて有望であり、フェーズ2の動作条件の下での試験のために選択された。

50

## 【0027】

試験4及び試験5のステータ材料は六方晶窒化ホウ素で部分的に構成されていた。この材料は摩擦係数が低い（例えば華氏(F)1000度よりも高温で0.2未満である）が、黒鉛の摩擦係数はこの温度よりも高温では顕著に増大する（例えば0.8を上回る）。これらの材料の高温摩擦データは有望であるが、試験4及び試験5の材料の組み合わせはフェーズ1の試験条件の下では良好な成果を挙げなかつた。これらの材料はフェーズ2試験には選択されなかつた。

## 【0028】

試験6の材料の組み合わせはTriboloy T-800皮膜及びCrC-NiCr皮膜付きロータであり、表面粗さ及び重量損に関して辛うじて成功と言える結果を与えた。試験6のトルク（摩擦）レベルは、試験されたタスク4皮膜の他のものよりも高く、フェーズ2試験には選択されなかつた。

10

## 【0029】

試験7の材料の組み合わせはホウ化インコネル及びCrC-NiCr皮膜付きロータであり、ステータ粗さが望まれるよりも増大したことを考慮すると表面粗さに関して辛うじて成功と言える結果を与えた。このことにも拘わらず、試験7のトルク（摩擦）レベルは試験1（炭素黒鉛）からの基準トルクよりも低かつた。この材料の組み合わせからのこの低いトルク・レベルは極めて有望であり、フェーズ2試験のために選択された。

## 【0030】

試験8の材料の組み合わせはAlcrona皮膜付きステータ及びCrC-NiCr皮膜付きロータであり、表面粗さ、重量損、及びトルクに関して辛うじて成功と言える結果を与えた。この材料の組み合わせはフェーズ2試験には選択されなかつた。

20

## 【0031】

試験9の材料の組み合わせはNASA PS304皮膜付きステータ及びCrC-NiCr皮膜付きロータであり、表面粗さに関しては優れた結果を与え、重量損については限界的な(marginal)結果を与えた。試験9のトルク（摩擦）レベルは、試験1（炭素黒鉛）からの基準トルクよりも低かつた。この低いトルク・レベル及び低い粗さ変化のため、この材料の組み合わせはフェーズ2試験のために選択された。

## 【0032】

試験10の材料の組み合わせはTiAl合金皮膜付きステータ及びCrC-NiCr皮膜付きロータであり、表面粗さ、重量損、及びトルクに関して辛うじて成功と言える結果を与えた。この材料の組み合わせはフェーズ2試験には選択されなかつた。

30

## 【0033】

図10に掲げられた材料の組み合わせがフェーズ2条件すなわちチェンバ温度が華氏(F)1200度まで変化し、最大表面速度が275 ft/sであり、摩耗面の負荷が3.5 psiであり、試験時間が1時間との条件の下で試験された。図11は、ロータ及びステータについての試験前及び試験後の表面粗さのグラフであり、図12は、ロータ及びステータについての試験前及び試験後の重量変化のグラフであり、図13は、試験の各々での平均トルクのグラフである。図14は、試験11、12、13及び11Aに対する表データを掲げる。

40

## 【0034】

試験11の材料の組み合わせはホウ化インコネル・ステータ及びCrC-NiCr皮膜付きロータであり、フェーズ2の全試験マトリクスに耐えることができた。表面粗さ及び標本が受けた重量変化は、フェーズ1において測定されたものと類似している。華氏(F)1000度等温線において測定された平均トルクは、0.57 in·lbであり、フェーズ1試験における同じ等温線で測定された平均トルク(0.13 in·lb)よりも遥かに高い。このずれは、試験機の再構成の後の変動による可能性がある。

## 【0035】

試験12及び試験13において試験された材料の組み合わせは、華氏(F)72度等温線を越えると試験に耐えることができなかつた。両試験とも、試験機シャフトの過剰な振

50

れのため停止された。これらの失敗が材料性能によるものであり試験機の再構成によるものではないことを確認するために、試験 11 の材料の組み合わせを再試験して試験 11A とした。11A から収集されたデータは試験 11 からのデータと非常によく似ていた。この一致から、試験機は試験 12 及び試験 13 の失敗には寄与しなかったことが確かめられる。

#### 【0036】

フェーズ 2 の試験結果に基づくと、ホウ化インコネル 718 及び CrC-NiCr 皮膜付きインコネル 718 がそれぞれステータ又はシール（例えばシール 30）及びロータ（例えばロータ 20）に適している。具体的には、平均トルクは試験 11A において他の材料よりも低く、一方ホウ化インコネル 718 の粗さの増大は図 14 に列挙された他のステータのうち最小であった。このように、議論されたように用いられたこれらの材料は、高温適合性、良好な摩耗特性（突発的とは対照的に漸次的）、及び良好な表面仕上げを保つ能力を提供した。ステータに適した他の材料としては、六方晶窒化ホウ素及び NASA PS 304 皮膜付きインコネル 718 がある。フェーズ 2 試験における NASA PS 304 皮膜の品質は試験ステータの小形状のため限界的であり、この形状がフェーズ 2 試験における重量損についての限界的な結果に寄与したと考えられる。フェーズ 1 からのデータは、この材料がステータ（例えばシール 30）としての利用に適することを示している。利用可能な高温摩擦係数データに基づくと、六方晶窒化ホウ素も高温応用におけるシール（例えばシール 30）について炭素黒鉛の代わりとなる適当な置換物であるようである。例えば、シール又はステータは、六方晶窒化ホウ素のような固体潤滑材を埋め込んだ結合剤で完全に製造され得る。動流体シールのステータに含まれる材料は、華氏 (F) 1200 度までの動作温度（例えば上述のような高温航空機エンジン）において適当な作用間隙（例えば 0.0002 インチまで）の保持を可能にするものとする。さらに、ロータ及びステータについての材料の選択は、各々の特定の状況ではステータ材料がロータに用いられ、ロータからの材料がステータに用いられ得るように反転させてもよい。

10

20

30

40

#### 【0037】

図 15 及び図 16 に示されるもう一つの例では、摺動要素 100（例えばエンジンのピストン）が、間隙 120 によって離隔されているシール部 110（例えばエンジンのシリンドラ内壁）に対して移動自在であり得る。システム 10 に対して上で述べたように、これらの要素は、当該摺動要素及び / 又はシール要素が上述の材料で形成されて当該摺動要素ヒシール要素との間の作用間隙を約 0.0002 インチに保つのに十分な摩耗速度及び表面粗さを有し得るように極端な温度環境において用いられ得る。例えば、摺動要素は CrC-NiCr で形成されるか又は被覆されていてよく、シール要素は、例えばホウ化インコネル 718、六方晶窒化ホウ素又は NASA PS 304 皮膜付きインコネル 718 を含み得る。代替的には、シール要素対摺動要素のこれらの材料選択を反転させてもよい。

#### 【0038】

当業者には、所載の材料は、低い漏れ及びオイル環境への不感受性、低耐摩耗性、低摩擦係数、並びに摺動境界面における低発熱を有しつつ、華氏 (F) 700 度よりも高い温度、華氏 (F) 約 1000 度、華氏 (F) 約 1200 度及び華氏 (F) 1200 度よりも高い温度のような極端な環境に晒される摺動境界面（線形又は回転）に適することが理解されよう。

50

#### 【0039】

以上の記載は例示説明のためのものであって制限するものではないことを理解されたい。例えば、上述の各実施形態（及び / 又は各実施形態の諸観点）を互いに組み合わせて用いてよい。加えて、本発明の範囲を逸脱することなく、特定の状況又は材料を様々な実施形態の教示に合わせて適応構成する多くの改変を施すことができる。本書に記載されている材料の寸法及び形式は、様々な実施形態の各パラメータを定義するためのものであるが、限定するものではなく例示する実施形態である。以上の記載を吟味すれば、当業者には他の多くの実施形態が明らかとなろう。従って、様々な実施形態の範囲は、特許請求の範囲に関連して、かかる特許請求の範囲が網羅する均等構成の全範囲と共に決定されるもの

50

とする。特許請求の範囲では、「including包含する」との用語は「comprising含む」の標準英語の同義語として、また「in whichこのとき」との用語は「whereinここで」の標準英語の同義語として用いられている。さらに、以降の特許請求の範囲では、「第一」、「第二」及び「第三」等の用語は単にラベルとして用いられており、これらの用語の目的語に対して数値的要件を課すものではない。さらに、以降の特許請求の範囲の制限は、「手段プラス機能(means-plus-function)」形式で記載されている訳ではなく、かかる特許請求の範囲の制限が、「～のための手段」に続けて他の構造を含まない機能の声明を従えた文言を明示的に用いていい限り、合衆国法典第35巻第112条第6パラグラフに基づいて解釈されるべきではない。上述のような全ての目的又は利点が任意の特定の実施形態に従って必ずしも達成される訳ではないことを理解されたい。従って、例えば当業者は、本書に記載されるシステム及び手法が、本書に教示するような一つ又は一群の利点を達成する又は最適化するような態様で具現化され又は実施され得るのであって、本書に教示され又は示唆され得るような他の目的又は利点を必ずしも達成しない場合もあることを認められよう。

#### 【0040】

発明を限られた数の実施形態にのみ関連して詳細に記載したが、本発明はかかる開示された実施形態に限定されないことが容易に理解されよう。寧ろ、本発明は、本書では記載されていないが発明の要旨及び範囲に沿った任意の数の変形、変更、置換又は均等構成を組み入れるように改変され得る。加えて、発明の様々な実施形態について記載したが、発明の各観点は所載の実施形態の幾つかのみを含み得ることを理解されたい。従って、本発明は、以上の記載によって制限されると看做されるべきではなく、特許請求の範囲によってのみ制限されるものとする。

#### 【0041】

この書面の記載は、最適な態様を含めて発明を開示し、また任意の装置又はシステムを製造して利用すること及び任意の組み込まれた方法を実行することを含めてあらゆる当業者が発明を実施することを可能にするように実例を用いている。特許付与可能な発明の範囲は特許請求の範囲によって画定されており、当業者に想到される他の実例を含み得る。かかる他の実例は、特許請求の範囲の書字言語に相違しない構造要素を有する場合、又は特許請求の範囲の書字言語と非実質的な相違を有する等価な構造要素を含む場合には、特許請求の範囲内にあるものとする。

#### 【符号の説明】

#### 【0042】

- 10：動流体シール・システム
- 20：ロータ
- 30：シール
- 40：サンプ
- 50：軸受け
- 60：シール油切り
- 70：シール戻りねじ山
- 80：シール・ハウジング
- 90：固定シール
- 100(図1)：回転ラビリンス・シール
- 100(図15、図16)：摺動要素
- 110(図1)：作用間隙
- 110(図15、図16)：シール部
- 120：間隙
- 130：ロータ・ディスク
- 140：ステータ・リング
- 150：間隙
- 200：半径方向溝

10

20

30

40

50

2 1 0 : 半径方向内側部分

【図1】

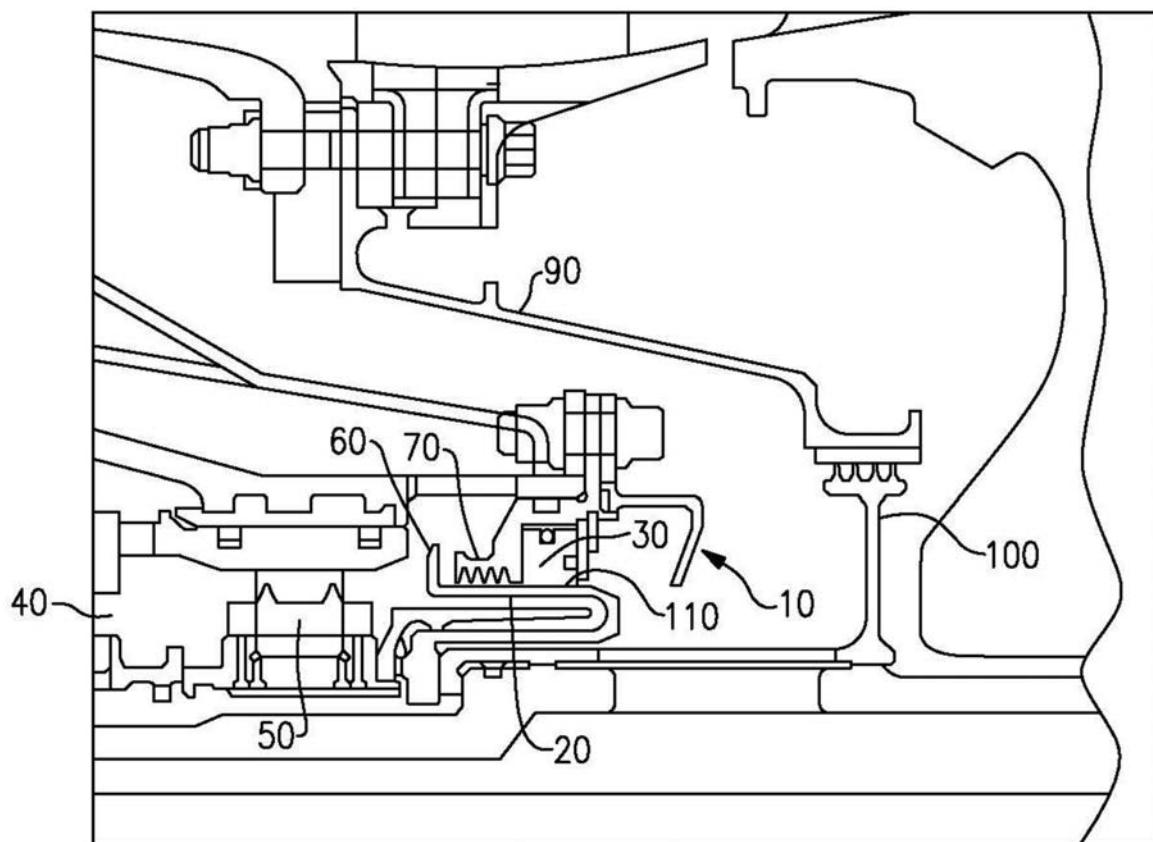


FIG.1

【図2】

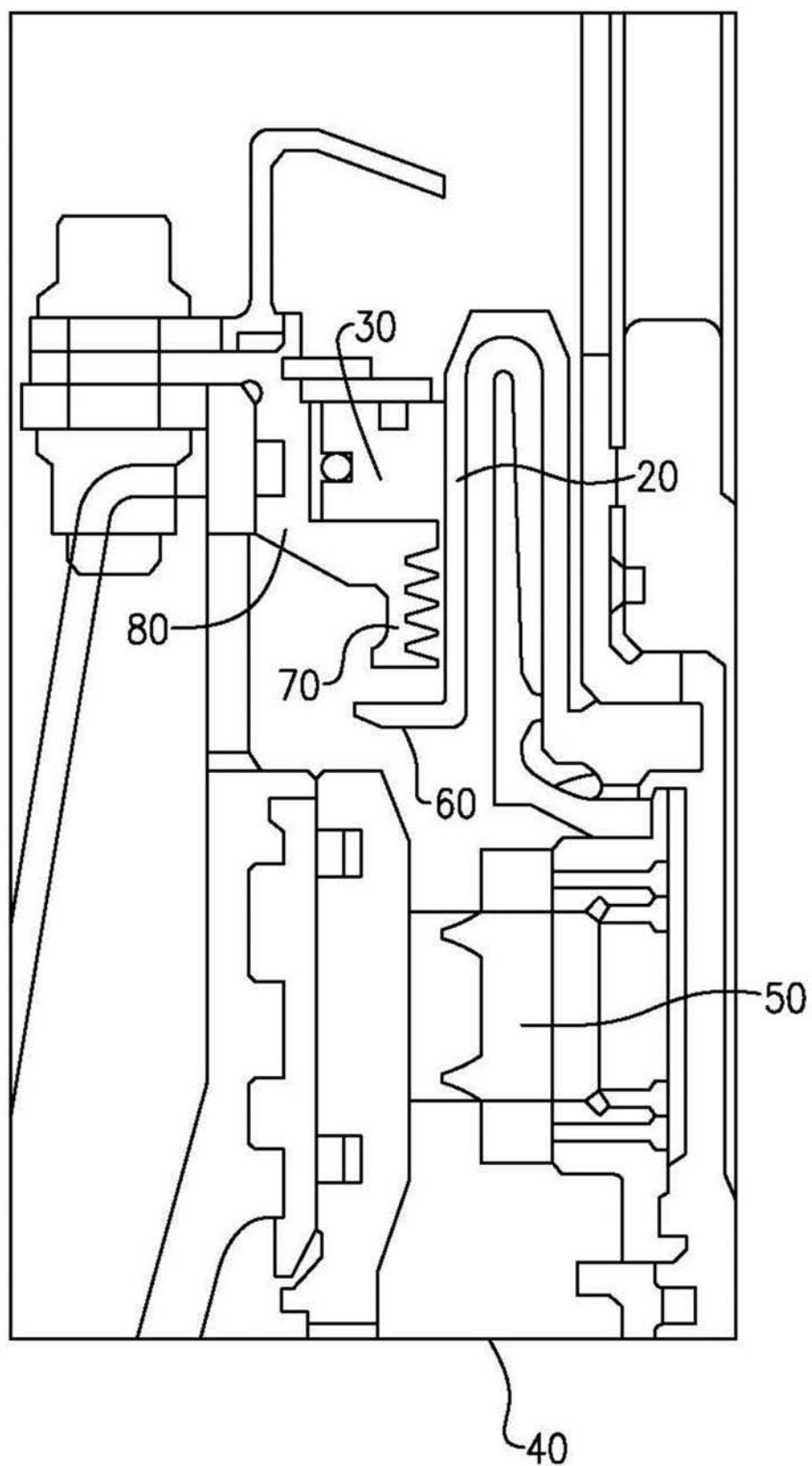


FIG.2

【図3】

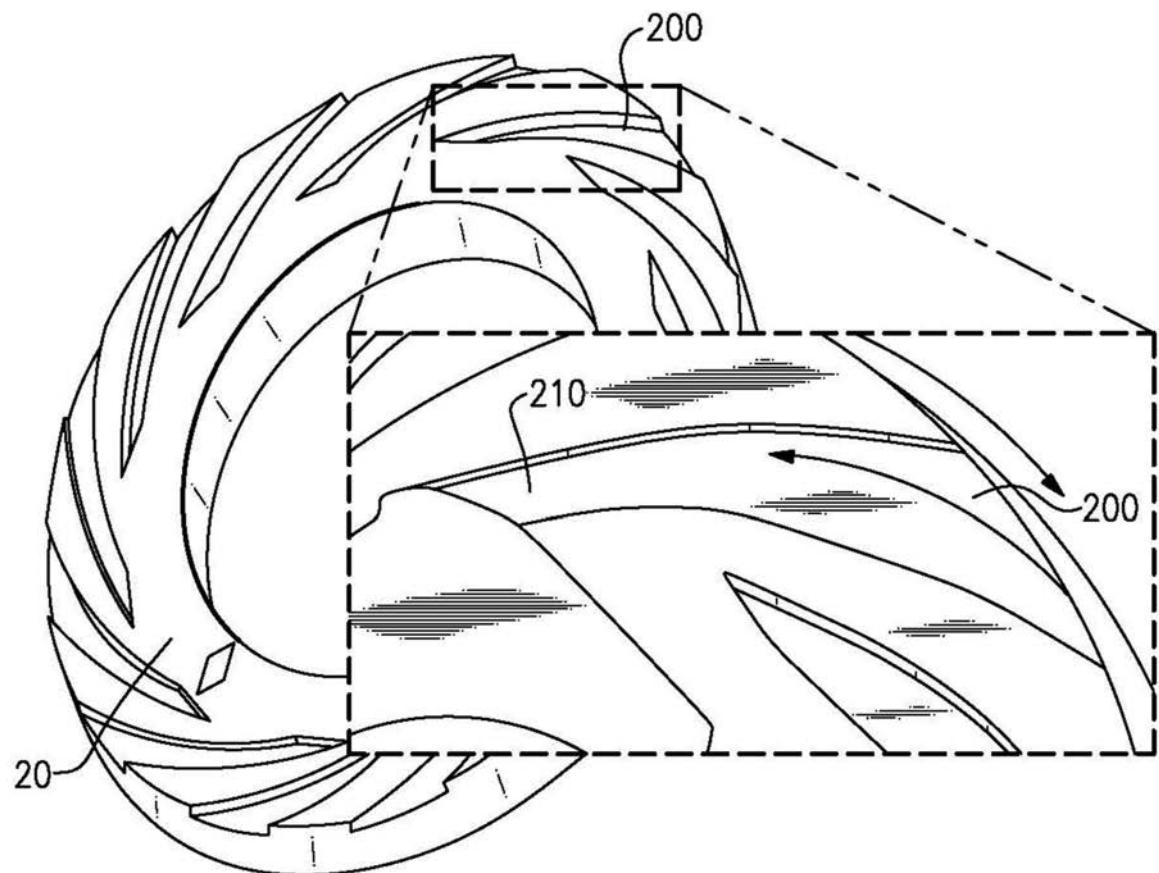
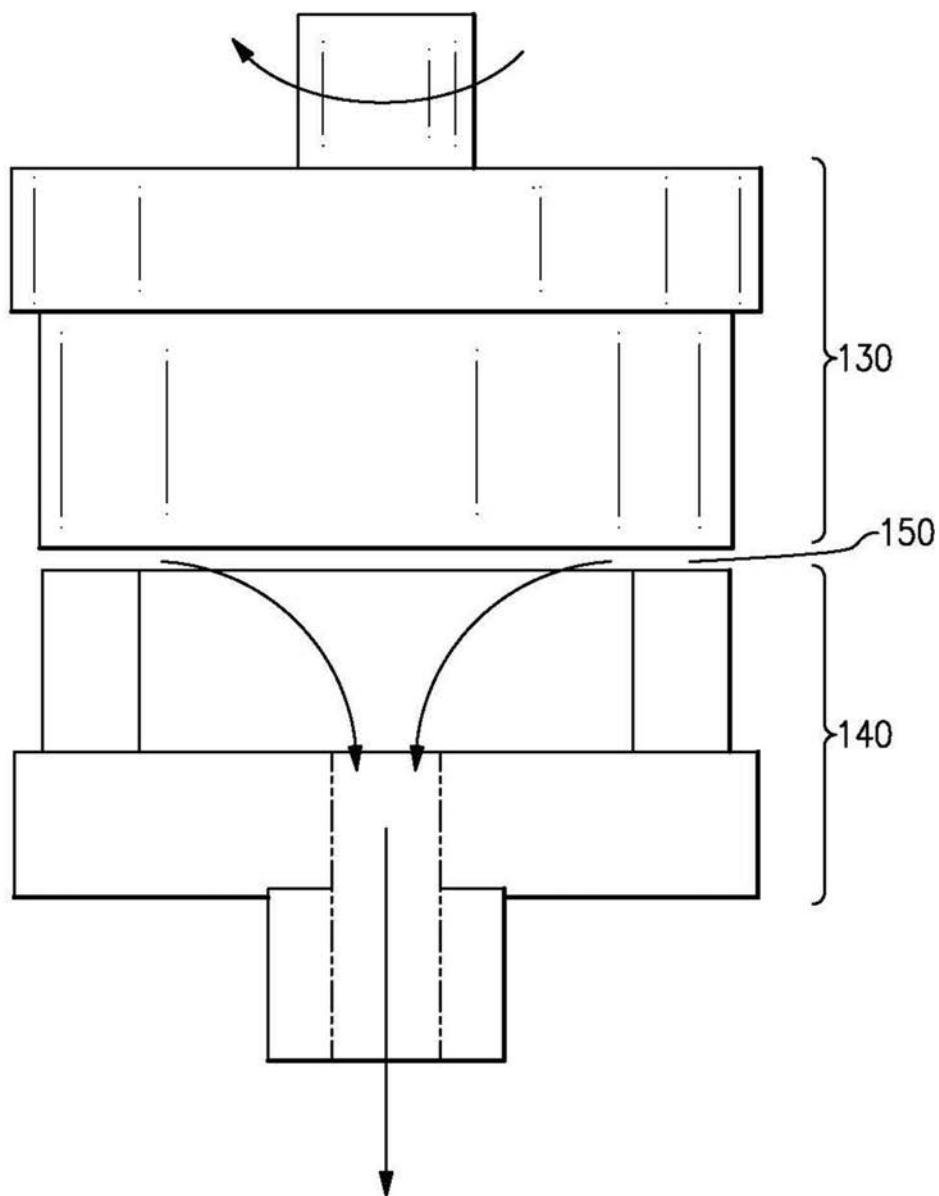


FIG.3

【図4】

FIG.4

【図5】

タスク3及びタスク4のフェーズ1において試験された材料のまとめ

タスク3

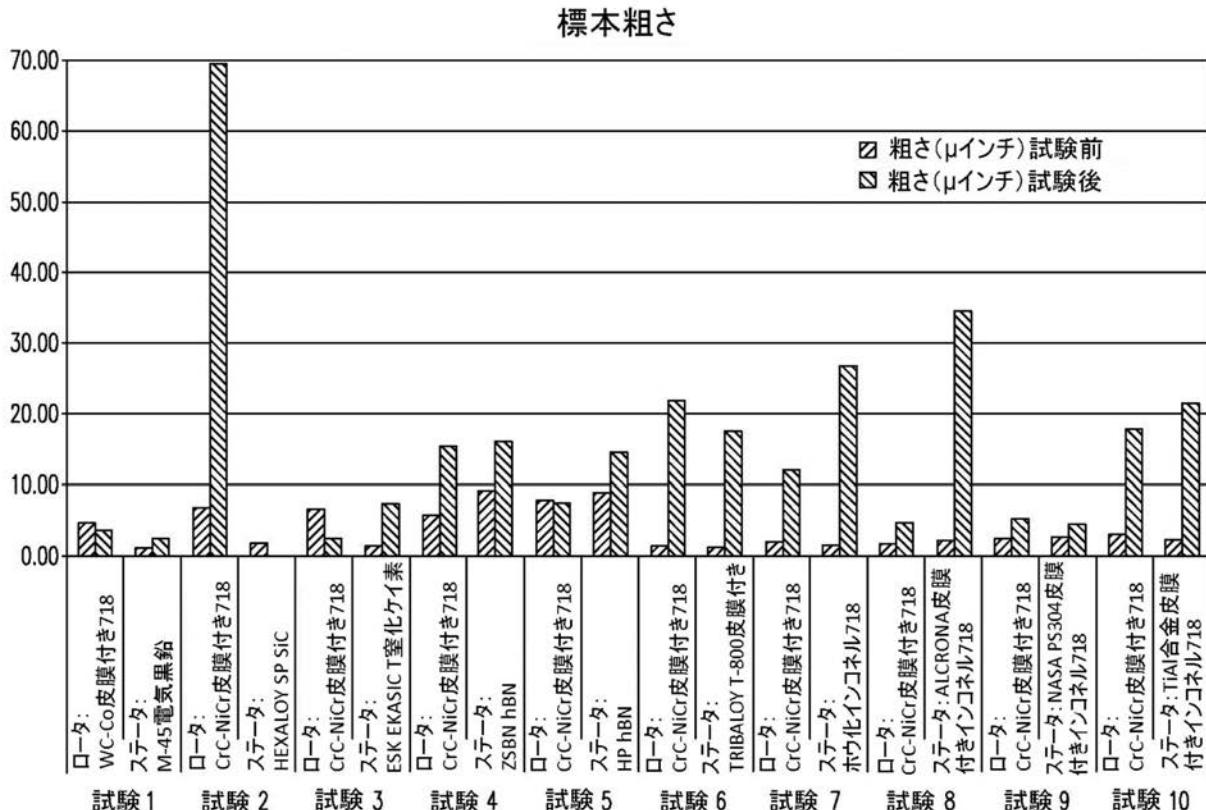
試験番号	ステータ	ロータ
1	METCAR M-45 電気黒鉛	WC-CO皮膜付きインコネル718
2	SAINT GOBAIN HEXOLY SP SiC	CrC-NiCr皮膜付きインコネル718
3	CERADYNE EKASIC T Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	CrC-NiCr皮膜付きインコネル718
4	SAINT GOBAIN ZSBN 六方晶窒化ホウ素	CrC-NiCr皮膜付きインコネル718
5	SAINT GOBAIN HP 六方晶窒化ホウ素	CrC-NiCr皮膜付きインコネル718

タスク4

試験番号	ステータ	ロータ
6	TRIBALOY T-800 皮膜付きインコネル718	CrC-NiCr皮膜付きインコネル718
7	ホウ化インコネル718	CrC-NiCr皮膜付きインコネル718
8	ALCRONA 皮膜付きインコネル718	CrC-NiCr皮膜付きインコネル718
9	NASA PS304 皮膜付きインコネル718	CrC-NiCr皮膜付きインコネル718
10	TiAl ALLOY 皮膜付きインコネル718	CrC-NiCr皮膜付きインコネル718

FIG.5

【図6】

FIG.6

【図7】

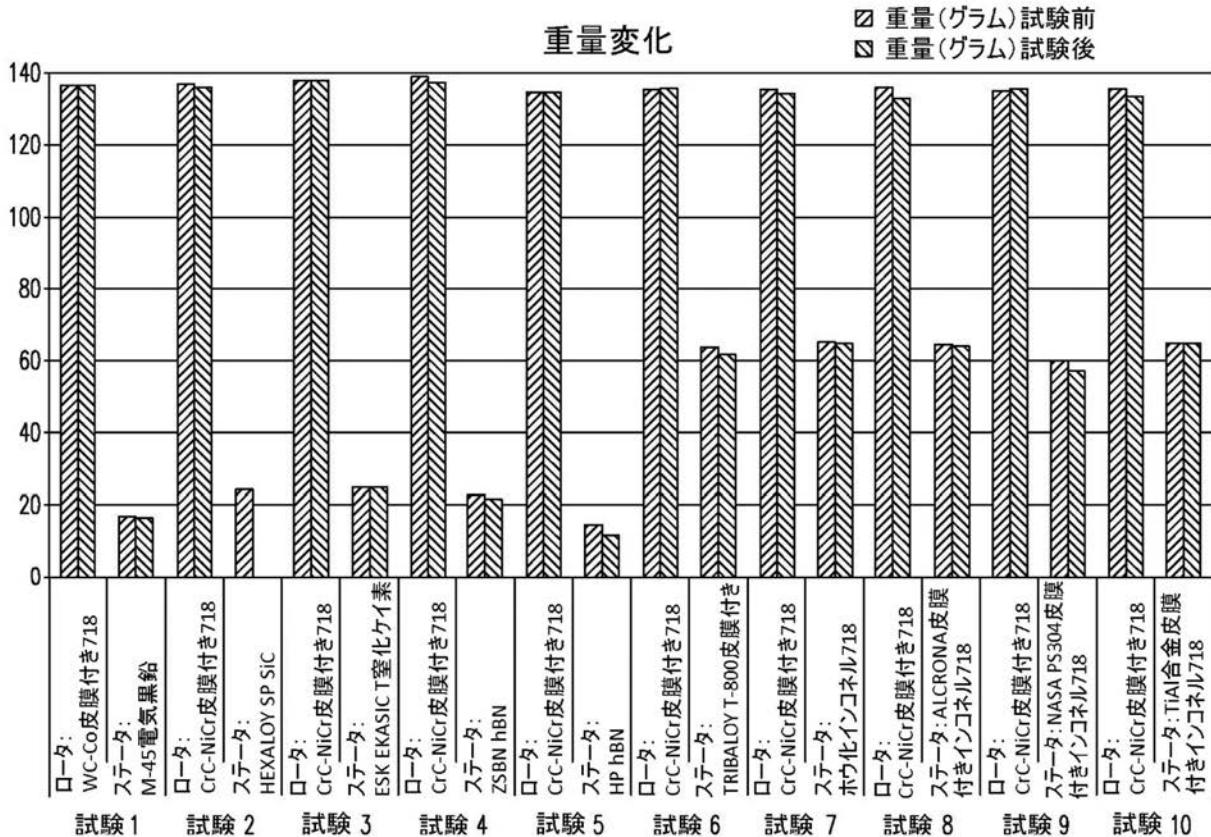


FIG.7

【図8】

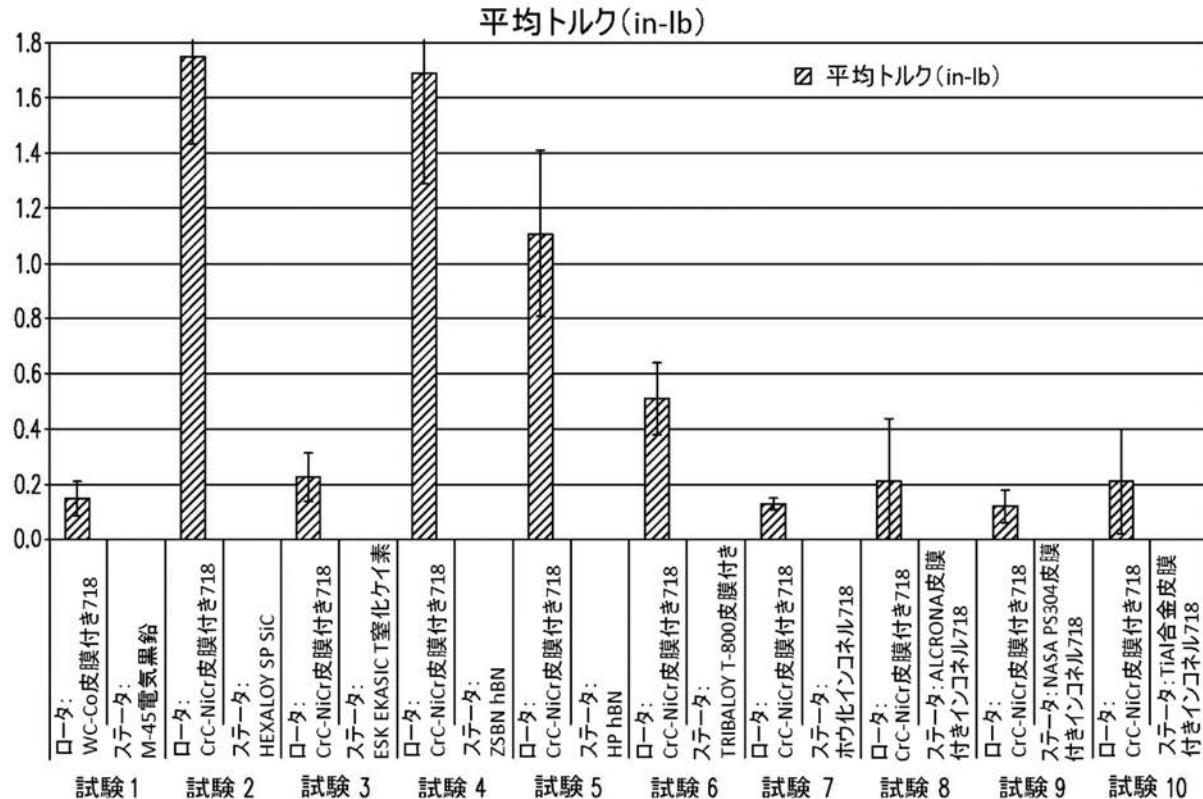


FIG.8

【図9】

		粗さ(μインチ)		重量(グラム)		平均トルク(in-lb)	標準偏差	ステータ最高温度
		試験前	試験後	試験前	試験後			
試験1	ロータ:WC-Co皮膜付き718	4.65	3.62	136.92	136.99	0.15	0.06	1097degF
	ステータ:M-45電気黒鉛	1.18	2.55	16.89	16.62			
試験2	ロータ:CrC-NiCr皮膜付き718	6.78	69.48	136.85	136.19	1.75	0.32	1317degF
	ステータ:HEXALOY SP SiC	1.82	NA	24.53	NA			
試験3	ロータ:CrC-NiCr皮膜付き718	6.49	2.47	138.19	138.13	0.23	0.09	1105degF
	ステータ:ESK EKASIC T窒化ケイ素	1.41	7.36	25.27	25.27			
試験4	ロータ:CrC-NiCr皮膜付き718	5.78	15.45	139.30	137.45	1.69	0.40	1561degF
	ステータ:ZSBN hBN	9.12	15.93	22.86	21.63			
試験5	ロータ:CrC-NiCr皮膜付き718	7.74	7.45	135.07	135.08	1.11	0.30	1404degF
	ステータ:HP hBN	8.86	14.40	14.77	11.53			
試験6	ロータ:CrC-NiCr皮膜付き718	1.43	21.76	135.47	135.91	0.51	0.13	1192degF
	ステータ:TRIBALOY T-800皮膜付き	1.10	17.55	63.88	61.99			
試験7	ロータ:CrC-NiCr皮膜付き718	2.13	12.12	135.49	134.34	0.13	0.02	1346degF
	ステータ:ホウ化インコネル718	1.54	26.87	65.18	64.96			
試験8	ロータ:CrC-NiCr皮膜付き718	1.67	4.73	136.24	133.31	0.21	0.23	1233degF
	ステータ:ALCRONA皮膜付きインコネル718	2.24	34.50	64.63	64.40			
試験9	ロータ:CrC-NiCr皮膜付き718	2.56	5.11	135.27	135.73	0.12	0.06	1195degF
	ステータ:NASA PS304皮膜付きインコネル718	2.59	4.42	60.05	57.16			
試験10	ロータ:CrC-NiCr皮膜付き718	3.05	17.82	135.82	133.98	0.21	0.19	1228degF
	ステータ:TiAl合金皮膜付きインコネル718	2.17	21.34	65.09	64.89			

FIG.9

【図 10】

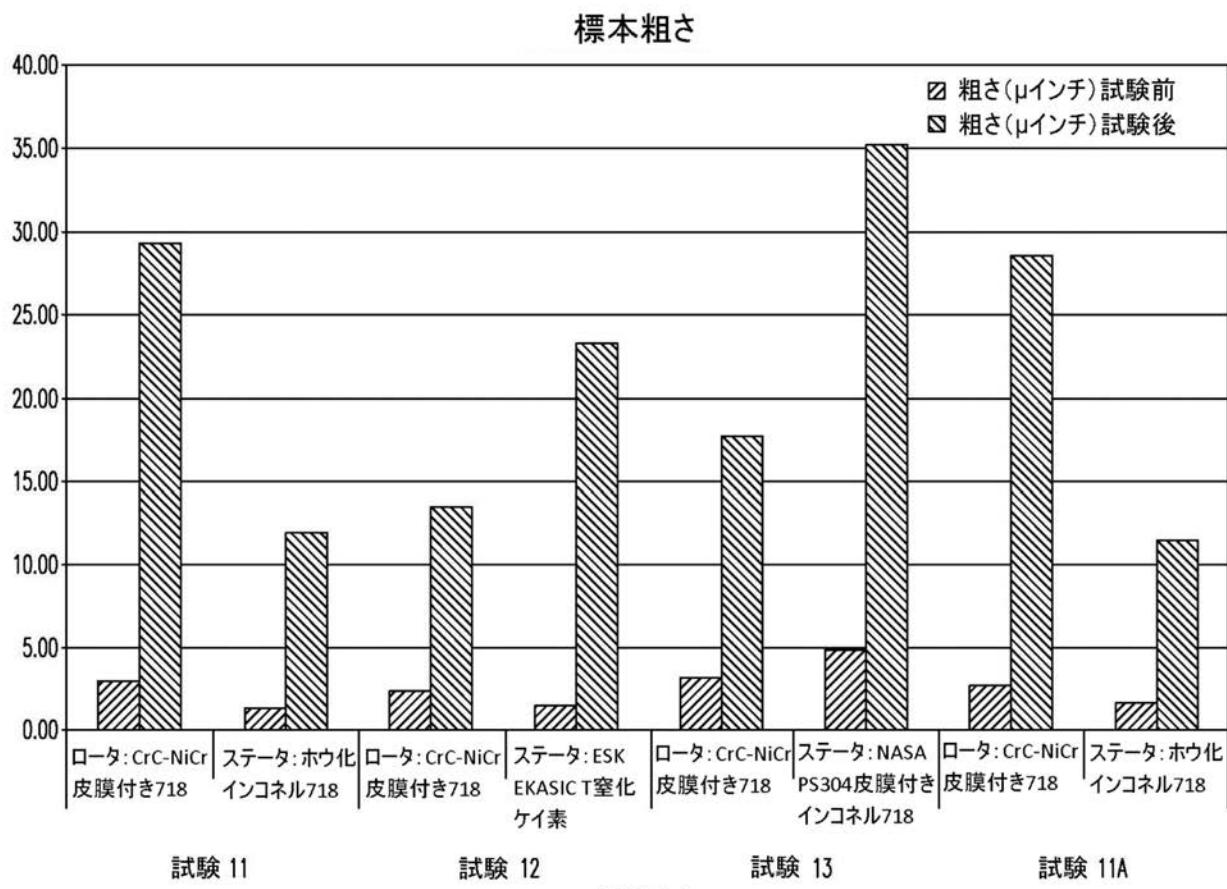
## タスク3及びタスク4のフェーズ2において試験された材料のまとめ

タスク3

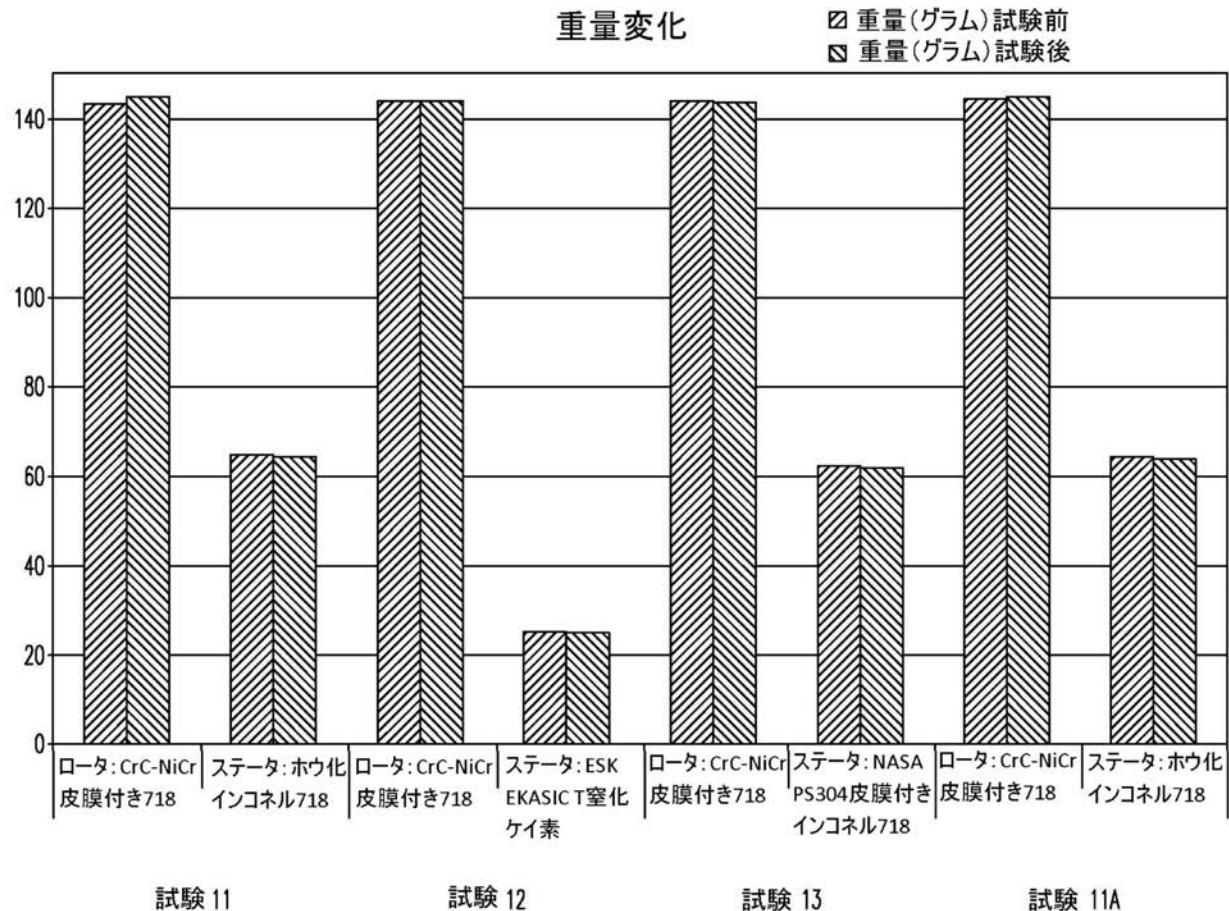
試験番号	ステータ	ロータ
11	ホウ化インコネル718	CrC-NiCr皮膜付きインコネル718
12	CERADYNE EKASIC T Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	CrC-NiCr皮膜付きインコネル718
13	TRIBALOY T-800皮膜付きインコネル718	CrC-NiCr皮膜付きインコネル718
11A	ホウ化インコネル718	CrC-NiCr皮膜付きインコネル718

FIG.10

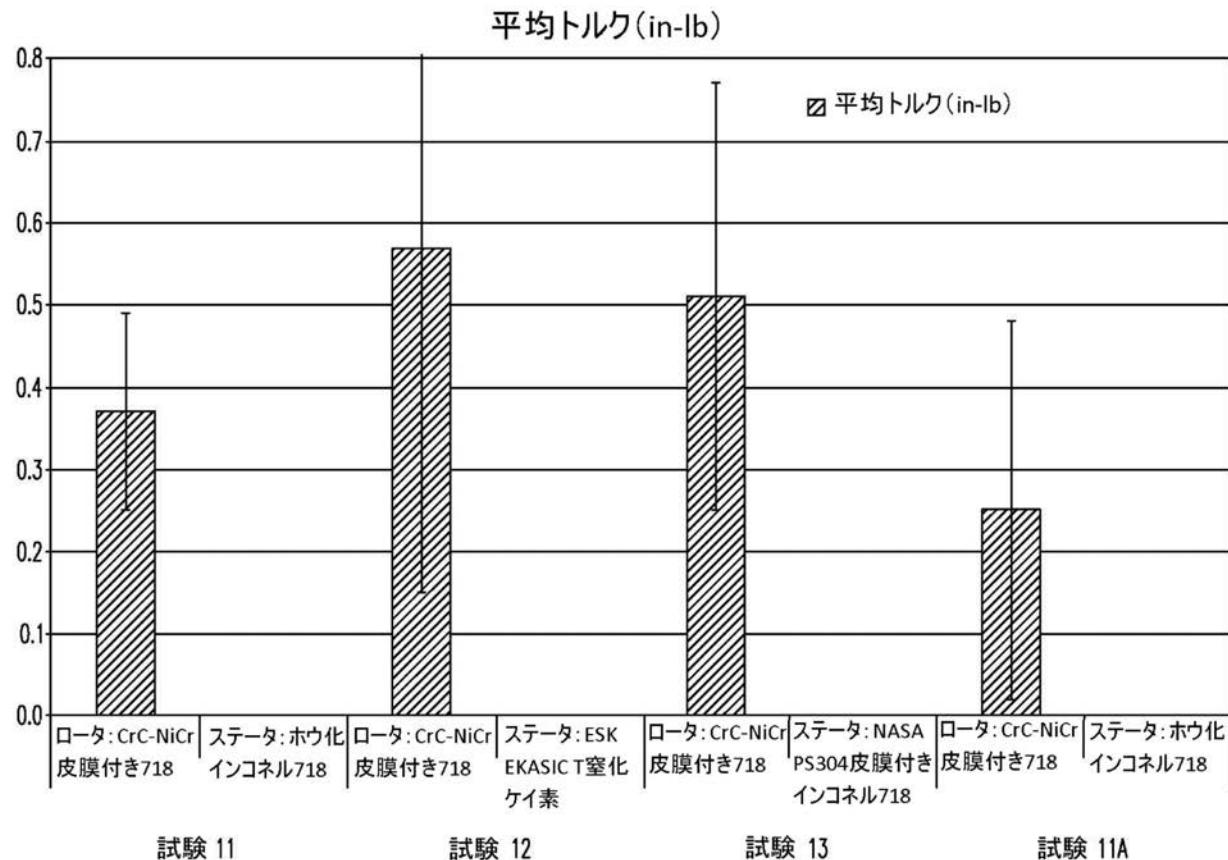
【図 11】

FIG.11

【図 12】

**FIG.12**

【図 13】

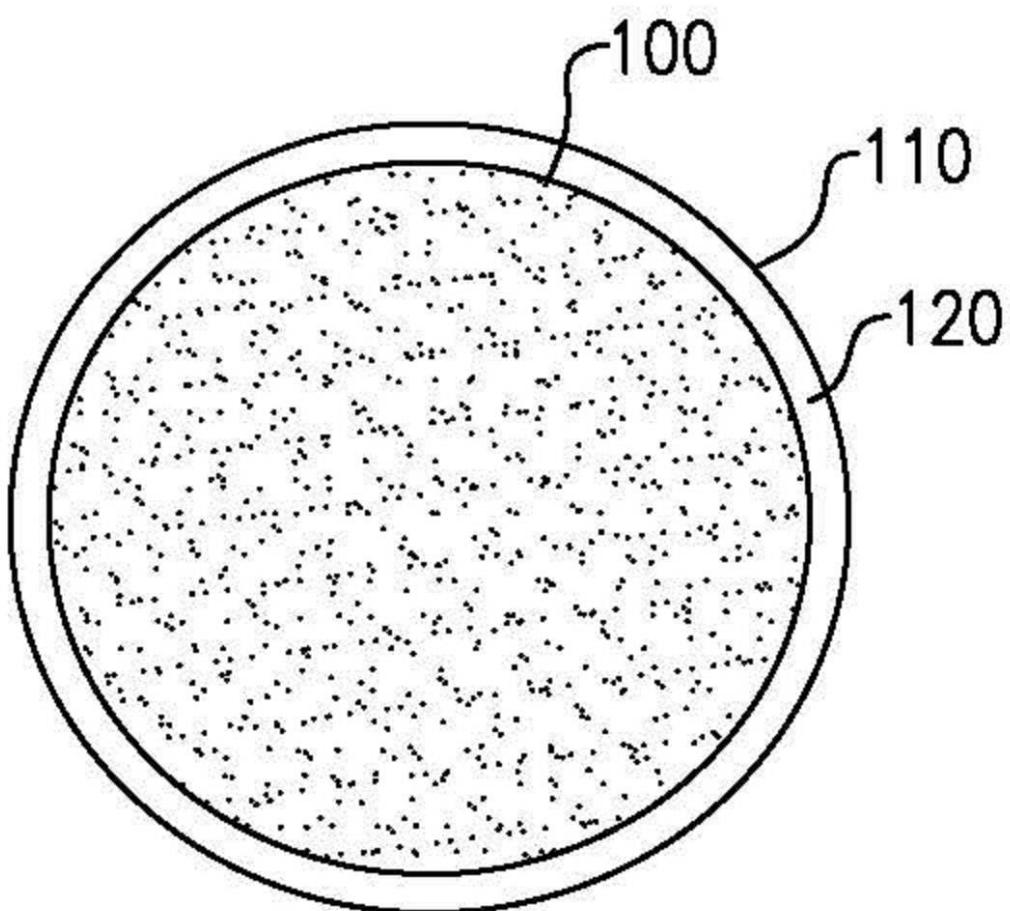
FIG.13

【図14】

		粗さ(μインチ)		重量(グラム)		平均トルク(in-lb)	標準偏差
		試験前	試験後	試験前	試験後		
試験 10	ロータ:CrC-NiCr 皮膜付き718	2.97	29.24	143.46	145.03	0.37	0.12
	ステータ:ホウ化 インコネル718	1.36	11.92	64.6787	64.54		
試験 12	ロータ:CrC-NiCr 皮膜付き718	2.45	13.42	144.01	144.01	0.57	0.12
	ステータ: ESK EKASIC T窒化ケイ素	1.51	23.25	25.12	25.11		
試験 13	ロータ:CrC-NiCr 皮膜付き718	3.14	17.60	144.18	143.86	0.51	0.26
	ステータ:NASA PS304皮膜付き インコネル718	4.87	35.2	62.27	61.92		
試験 11A	ロータ:CrC-NiCr 皮膜付き718	2.76	28.50	144.84	145.03	0.25	0.23
	ステータ:ホウ化 インコネル718	1.66	11.4	64.40	63.86		

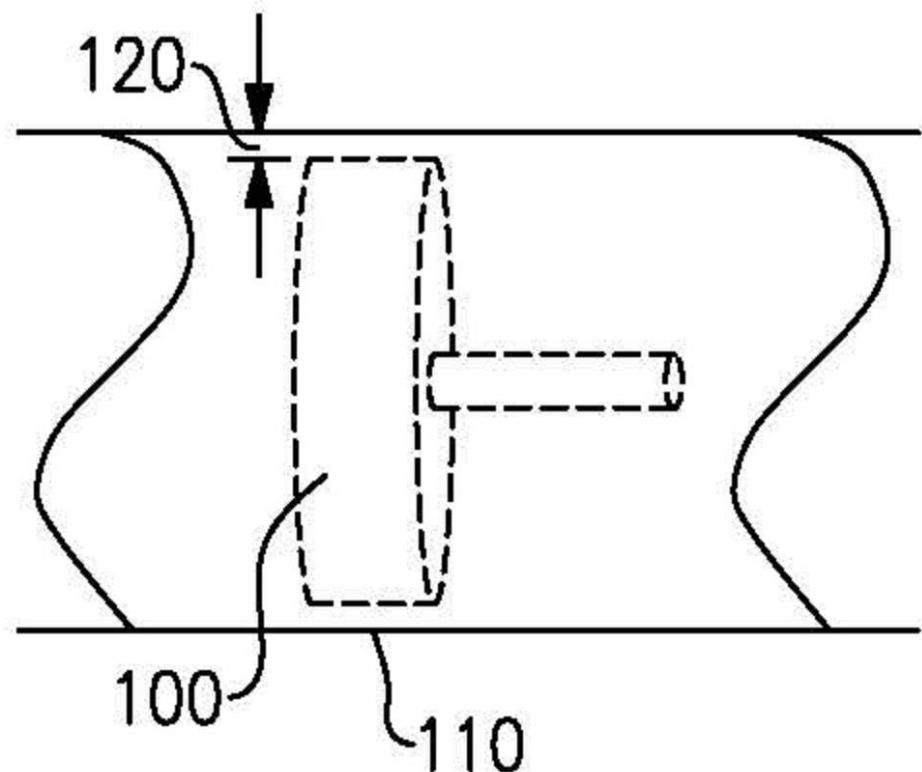
FIG.14

【図15】



**FIG.15**

【図16】

**FIG.16**

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2012/051783

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. F01D11/02 F16J15/453  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
F01D F16J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 7 703 774 B2 (AWTAR SHORYA [US] ET AL) 27 April 2010 (2010-04-27) column 4, lines 8-18 -----	1-3, 15-17 5,19
Y	WO 2011/111433 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]; UEHARA HIDEKAZU [JP]; SHINOHARA TANEHIR) 15 September 2011 (2011-09-15) abstract & US 2012/261884 A1 (UEHARA HIDEKAZU [JP] ET AL) 18 October 2012 (2012-10-18) paragraphs [0096], [0102] - [0104]; figures 3,6 -----	5,19
X	US 2003/098132 A1 (MANSDORFER GARY A [US]) 29 May 2003 (2003-05-29) paragraphs [0023], [0024]; figure 3 -----	1,15
Y	----- - / --	2-14, 16-29

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier application or patent but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

\*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

16 November 2012

22/11/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Steinhausen, Udo

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2012/051783
---

## C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 505 837 B1 (HESHMAT HOOSHANG [US]) 14 January 2003 (2003-01-14) column 3, lines 27-38; figure 1 column 6, lines 35-49 -----	1,15
Y	US 2010/213674 A1 (GARRISON GLENN M [US] ET AL) 26 August 2010 (2010-08-26) paragraphs [0048], [0055] - [0057]; figure 1 -----	2-14, 16-29
X	GB 1 201 949 A (UNITED AIRCRAFT CORP [US]) 12 August 1970 (1970-08-12) page 4, lines 76-104; figure 4 -----	1,15
X	GB 455 474 A (GUSTAV HUHN) 21 October 1936 (1936-10-21) page 2, line 126 - page 3, line 23; figure 3 -----	1,15
A	US 5 755 445 A (ARORA GULSHAN K [US]) 26 May 1998 (1998-05-26) column 6, lines 24-46; figures 2,5 -----	1-29
A	EP 2 056 004 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 6 May 2009 (2009-05-06) paragraph [0017]; figure 2 -----	1-29

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No
PCT/US2012/051783

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 7703774	B2	27-04-2010	AT CN EP JP US	472069 T 101144542 A 1900983 A1 2008069968 A 2008061513 A1		15-07-2010 19-03-2008 19-03-2008 27-03-2008 13-03-2008
WO 2011111433	A1	15-09-2011	CN JP KR US WO	102667067 A 2011185219 A 20120092162 A 2012261884 A1 2011111433 A1		12-09-2012 22-09-2011 20-08-2012 18-10-2012 15-09-2011
US 2003098132	A1	29-05-2003		NONE		
US 6505837	B1	14-01-2003		NONE		
US 2010213674	A1	26-08-2010	EP US US US WO	2401491 A2 2010213674 A1 2011057396 A1 2012056383 A1 2010099193 A2		04-01-2012 26-08-2010 10-03-2011 08-03-2012 02-09-2010
GB 1201949	A	12-08-1970	DE FR GB SE US	1576987 A1 1548701 A 1201949 A 326071 B 3367628 A		21-05-1970 06-12-1968 12-08-1970 13-07-1970 06-02-1968
GB 455474	A	21-10-1936		NONE		
US 5755445	A	26-05-1998	EP US WO	0918964 A2 5755445 A 9808010 A2		02-06-1999 26-05-1998 26-02-1998
EP 2056004	A1	06-05-2009		NONE		

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,R,S,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RW,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN

(72)発明者 スティーン , トーマス・ローウェル

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-3エイ59  
、ワン・リサーチ・サークル

(72)発明者 ルッジエロ , エリック・ジョン

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-3エイ59  
、ワン・リサーチ・サークル

(72)発明者 コラティイル , バラ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-3エイ59  
、ワン・リサーチ・サークル

F ターム(参考) 3J042 AA04 CA01 CA10 DA06 DA20