

(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2007-71031

(P2007-71031A)

(43) 公開日 平成19年3月22日(2007.3.22)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO1D 5/28 (2006.01)	FO1D 5/28	3G002
FO4D 29/30 (2006.01)	FO4D 29/30 G	3H033
FO4D 29/38 (2006.01)	FO4D 29/38 F	4K022
C23C 18/52 (2006.01)	C23C 18/52 A	4K024
C25D 15/02 (2006.01)	C25D 15/02 H	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2005-255480 (P2005-255480)
 (22) 出願日 平成17年9月2日(2005.9.2)

(71) 出願人 000006208
 三菱重工業株式会社
 東京都港区港南二丁目16番5号
 (71) 出願人 391028339
 日本カニゼン株式会社
 東京都江東区枝川3丁目11番10号
 (74) 代理人 100089118
 弁理士 酒井 宏明
 (72) 発明者 安井 豊明
 広島市西区観音新町四丁目6番22号 三
 菱重工業株式会社広島研究所内
 (72) 発明者 山田 義和
 広島市西区観音新町四丁目6番22号 三
 菱重工業株式会社広島研究所内

最終頁に続く

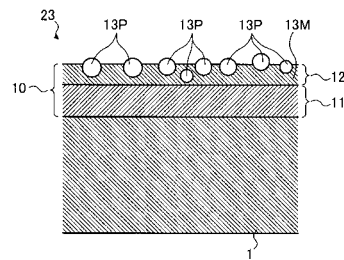
(54) 【発明の名称】 回転機械の部品及び回転機械

(57) 【要約】

【課題】 シリカ、酸化鉄その他の微粒子を含む気体を取り扱う回転機械において、気体中に含まれる微粒子の付着を効果的に抑制すること。

【解決手段】 この動翼23は、蒸気タービンに用いられる。動翼23は、その表面に設けられる金属の中間めっき皮膜11と、この中間めっき皮膜11の表面に設けられるフッ素樹脂含有めっき皮膜12とを含む。フッ素樹脂含有めっき皮膜12は、フッ素樹脂粒子13PがNi基の金属からなるめっきマトリックス13Mに含有され、かつフッ素樹脂粒子13Pの一部は、めっきマトリックス13Mの表面から露出している。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

微粒子を含む気体が接触するとともに回転する、回転機械に用いられる構造体であって

、
フッ素樹脂粒子がめっきマトリックスに含有され、かつ前記フッ素樹脂粒子の一部は、前記めっきマトリックスの表面から露出するフッ素樹脂含有めっき皮膜を含むめっき皮膜が表面に設けられることを特徴とする回転機械の部品。

【請求項 2】

微粒子を含む気体が接触するとともに回転する、回転機械に用いられる構造体であって

、
フッ素樹脂粒子がめっきマトリックスに含有され、かつ前記フッ素樹脂粒子の一部は、前記めっきマトリックスの表面から露出するフッ素樹脂含有めっき皮膜と、

前記フッ素樹脂含有めっき皮膜と前記構造体の表面との間に設けられる、金属の中間めっき皮膜と、

を含むめっき皮膜を表面に備えることを特徴とする回転機械の部品。

【請求項 3】

前記中間めっき皮膜は、電気めっきにより成膜されることを特徴とする請求項 2 に記載の回転機械の部品。

【請求項 4】

前記中間めっき皮膜は、Niであることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の回転機械の部品。

【請求項 5】

前記回転機械の部品の表面には、前記めっき皮膜が形成される部分の疲労強度を向上させる表面改質処理が施されることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の回転機械の部品。

【請求項 6】

前記フッ素樹脂粒子は、ポリテトラフルオロエチレン (P T F E)、テトラフルオロエチレン - ヘキサフルオロプロピレン共重合体 (F E P)、テトラフルオロエチレン - パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体 (P F A)、ポリビリニデンフルオライド (P V D F)、エチレン - クロロトリフルオロエチレン共重合体 (E C T F E)、エチレン - テトラフルオロエチレン共重合体 (E T F E) の少なくとも 1 種類であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の回転機械の部品。

【請求項 7】

前記フッ素樹脂含有めっき皮膜の表面に、ポリテトラフルオロエチレン (P T F E)、テトラフルオロエチレン - ヘキサフルオロプロピレン共重合体 (F E P)、テトラフルオロエチレン - パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体 (P F A)、ポリビリニデンフルオライド (P V D F)、エチレン - クロロトリフルオロエチレン共重合体 (E C T F E)、エチレン - テトラフルオロエチレン共重合体 (E T F E) の少なくとも 1 種類からなるフッ素樹脂皮膜が形成されることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の回転機械の部品。

【請求項 8】

前記めっきマトリックスは、Ni 又は Ni 基の金属であることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の回転機械の部品。

【請求項 9】

平面視において、前記フッ素樹脂粒子の露出した部分が、前記フッ素樹脂含有めっき皮膜の表面を占める面積の割合が 10% 以上であることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の回転機械の部品。

【請求項 10】

前記フッ素樹脂粒子含有めっき皮膜は、無電解めっきにより成膜されることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の回転機械の部品。

10

20

30

40

50

【請求項 1 1】

請求項 1 ~ 1 0 のいずれか 1 項に記載の回転機械の部品を、微粒子を含む気体が接触する回転部分に備えることを特徴とする回転機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、蒸気タービン、圧縮機等の回転機械に関し、さらに詳しくは、微粒子を含む気体がローターや動翼等の回転機械の部品に接触した場合に、微粒子の付着を抑制できる回転機械の部品及び回転機械に関する。

【背景技術】

10

【0002】

蒸気タービンは、作動流体である蒸気がタービンの動翼に噴射されて駆動される。蒸気タービンが備える動翼やローター等の回転機械の部品は、直接蒸気と接触する。また、化学プラント等で各種の気体を圧縮する圧縮機は、外部から動力を与えられてインペラが回転し、前記気体を圧縮する。このような圧縮機では、インペラやローター等の回転機械の部品が直接気体に接触する。

【0003】

蒸気タービンの作動流体である蒸気や、圧縮機の圧縮対象気体である各種気体には、これらに含まれる微粒子状のシリカ、酸化鉄、あるいはヒドロカーボン等の微粒子が含まれている。前記動翼やインペラ等は、直接蒸気や各種気体に接触するので、前記微粒子が動翼やインペラ等に付着して、効率が低下するという問題があった。この対策として、フッ素樹脂を含有する有機塗料を最上層に備える 3 層皮膜を、蒸気タービンの動翼や圧縮機のインペラ等の表面に形成する技術が知られている（例えば非特許文献 1）。

20

【0004】

【非特許文献 1】 PERFORMANCE MAINTENANCE OF CENTRIFUGAL COMPRESSORS THROUGH THE USE OF COATINGS TO REDUCE HYDROCARBON FOULING BY RONALD CHOW NOVACOR CHEMICALS, BRUCE McMORDIE SERMATECH INTERNATIONAL, RICHARD WIEGAND ELLIOTT COMPANY

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

30

しかしながら、非特許文献 1 に開示された技術では、シリカ、酸化鉄等の微粒子の付着を抑制するという点で不十分であり、改善の余地がある。そこで、この発明は、上記に鑑みてなされたものであって、シリカ、酸化鉄その他の微粒子を含む気体を取り扱う回転機械において、気体中に含まれる微粒子の付着を効果的に抑制できる回転機械の部品及び回転機械を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る回転機械の部品は、微粒子を含む気体が接触するとともに回転する、回転機械に用いられる構造体であって、フッ素樹脂粒子がめっきマトリックスに含有され、かつ前記フッ素樹脂粒子の一部は、前記めっきマトリックスの表面から露出するフッ素樹脂含有めっき皮膜を含むめっき皮膜が表面に設けられることを特徴とする。

40

【0007】

この回転機械の部品は、蒸気タービンや圧縮機等の回転機械に用いられる、動翼やインペラ等の部品である。そして、めっきマトリックスに含有されるフッ素樹脂粒子の一部が、前記めっきマトリックスから露出するフッ素樹脂含有めっき皮膜を備える。これによって、シリカや酸化鉄等の微粒子を含む気体が接触しても、フッ素樹脂含有めっき皮膜の表面から露出したフッ素樹脂粒子によって、前記微粒子の付着が効果的に抑制できる。

【0008】

次の本発明に係る回転機械の部品は、微粒子を含む気体が接触するとともに回転する、

50

回転機械に用いられる構造体であって、フッ素樹脂粒子がめっきマトリックスに含有され、かつ前記フッ素樹脂粒子の一部は、前記めっきマトリックスの表面から露出するフッ素樹脂含有めっき皮膜と、前記フッ素樹脂含有めっき皮膜と前記構造体の表面との間に設けられる、金属の中間めっき皮膜と、を含むめっき皮膜を表面に備えることを特徴とする。

【0009】

この回転機械の部品は、蒸気タービンや圧縮機等の回転機械に用いられる、動翼やインペラ等の部品である。そして、めっきマトリックスに含有されるフッ素樹脂粒子の一部が、前記めっきマトリックスから露出するフッ素樹脂含有めっき皮膜を備える。これによって、シリカや酸化鉄等の微粒子を含む気体が接触しても、フッ素樹脂含有めっき皮膜の表面から露出したフッ素樹脂粒子によって、前記微粒子の付着が効果的に抑制できる。また、この回転機械の部品では、フッ素樹脂含有めっき皮膜は、回転機械の部品の表面に成膜された金属の中間めっき皮膜の表面に成膜される。これによって、フッ素樹脂含有めっき皮膜と回転機械の部品の基材との密着性を向上させて、フッ素樹脂含有めっき皮膜の割れに対する耐性（耐割れ性）を向上させることができる。その結果、フッ素樹脂含有めっき皮膜の脱落を抑制できる。また、フッ素樹脂含有めっき皮膜の割れを起点として、回転機械の部品を構成する基材の疲労強度が低下するが、この回転機械の部品ではフッ素樹脂含有めっき皮膜の耐割れ性が向上するので、回転機械の部品を構成する基材の疲労強度低下も抑制できる。

10

【0010】

次の本発明に係る回転機械の部品は、前記回転機械の部品において、前記中間めっき皮膜は、電気めっきにより成膜されることを特徴とする。

20

【0011】

この回転機械の部品は、前記回転機械の部品と同様の構成を備えるので、前記回転機械の部品と同様の作用、効果を奏する。さらに、この回転機械の部品では、中間めっき皮膜を電気めっきにより成膜する。これによって、フッ素樹脂含有めっき皮膜の耐割れ性をさらに向上させることができる。

【0012】

次の本発明に係る回転機械の部品は、前記回転機械の部品において、前記中間めっき皮膜は、Niであることを特徴とする。

【0013】

この回転機械の部品は、前記回転機械の部品と同様の構成を備えるので、前記回転機械の部品と同様の作用、効果を奏する。さらに、この回転機械の部品では、中間めっき皮膜をNiとする。これによって、フッ素樹脂含有めっき皮膜と回転機械の部品の基材との密着性をさらに向上させて、フッ素樹脂含有めっき皮膜の耐割れ性をさらに向上させることができる。

30

【0014】

次の本発明に係る回転機械の部品は、前記回転機械の部品において、前記回転機械の部品の表面には、前記中間めっき皮膜が形成される部分の疲労強度を向上させる表面改質処理が施されることを特徴とする。

【0015】

この回転機械の部品は、前記回転機械の部品と同様の構成を備えるので、前記回転機械の部品と同様の作用、効果を奏する。さらに、この回転機械の部品では、回転機械の部品の表面に、前記中間めっき層あるいはフッ素樹脂含有めっき皮膜が形成される部分の疲労強度を向上させる表面改質処理が施される。一般に、めっきを施した基材は疲労強度が低下するが、この回転機械の部品は、めっき皮膜を成膜する前に、予め基材の疲労強度を向上させるので、めっき皮膜を成膜することによって疲労強度が低下しても、その影響を最小限に抑えることができる。ここで、表面改質処理には、例えば窒化処理やショットピーニング処理がある。

40

【0016】

次の本発明に係る回転機械の部品は、前記回転機械の部品において、前記フッ素樹脂粒

50

子は、ポリテトラフルオロエチレン (P T F E)、テトラフルオロエチレン - ヘキサフルオロプロピレン共重合体 (F E P)、テトラフルオロエチレン - パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体 (P F A)、ポリビリニデンフルオライド (P V D F)、エチレン - クロロトリフルオロエチレン共重合体 (E C T F E)、エチレン - テトラフルオロエチレン共重合体 (E T F E) の少なくとも 1 種類であることを特徴とする。この発明において、フッ素樹脂含有めっき皮膜を構成する前記フッ素樹脂粒子には、これらの材料を用いることができる。

【 0 0 1 7 】

次の本発明に係る回転機械の部品は、前記回転機械の部品において、前記フッ素樹脂含有めっき皮膜の表面に、ポリテトラフルオロエチレン (P T F E)、テトラフルオロエチレン - ヘキサフルオロプロピレン共重合体 (F E P)、テトラフルオロエチレン - パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体 (P F A)、ポリビリニデンフルオライド (P V D F)、エチレン - クロロトリフルオロエチレン共重合体 (E C T F E)、エチレン - テトラフルオロエチレン共重合体 (E T F E) の少なくとも 1 種類からなるフッ素樹脂皮膜が形成されることを特徴とする。

10

【 0 0 1 8 】

この回転機械の部品は、前記回転機械の部品と同様の構成を備えるので、前記回転機械の部品と同様の作用、効果を奏する。さらに、この回転機械の部品では、フッ素樹脂含有めっき皮膜の表面に、フッ素樹脂からなるフッ素樹脂皮膜が形成される。これによって、シリカや酸化鉄等の微粒子の付着を、さらに効果的に抑制できる。

20

【 0 0 1 9 】

次の本発明に係る回転機械の部品は、前記回転機械の部品において、前記めっきマトリックスは、Ni 又は Ni 基の金属であることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

この回転機械の部品は、前記回転機械の部品と同様の構成を備えるので、前記回転機械の部品と同様の作用、効果を奏する。さらに、この回転機械の部品では、フッ素樹脂含有めっき皮膜のめっきマトリックスに、Ni 又は Ni 基の金属を用いる。これにより、耐腐食性を向上させることができる。

【 0 0 2 1 】

次の本発明に係る回転機械の部品は、前記回転機械の部品において、平面視において、前記フッ素樹脂粒子の露出した部分が、前記フッ素樹脂含有めっき皮膜の表面を占める面積の割合が 10 % 以上であることを特徴とする。

30

【 0 0 2 2 】

この回転機械の部品は、前記回転機械の部品と同様の構成を備えるので、前記回転機械の部品と同様の作用、効果を奏する。さらに、この回転機械の部品では、平面視において、フッ素樹脂含有めっき皮膜の全面積に対して、フッ素樹脂粒子が前記フッ素樹脂含有めっき皮膜の表面から露出した部分が占める面積の割合が 10 % 以上とする。これにより、シリカや酸化鉄等の微粒子の付着を、効果的に抑制できる。

【 0 0 2 3 】

次の本発明に係る回転機械の部品は、前記回転機械の部品において、前記フッ素樹脂粒子含有めっき皮膜は、無電解めっきにより成膜されることを特徴とする。

40

【 0 0 2 4 】

この回転機械の部品は、前記回転機械の部品と同様の構成を備えるので、前記回転機械の部品と同様の作用、効果を奏する。さらに、この回転機械の部品では、フッ素樹脂粒子含有めっき皮膜を、無電解めっきにより成膜する。これによって、回転機械の部品が複雑な 3 次元形状であっても、均一にフッ素樹脂粒子含有めっき皮膜を形成できる。

【 0 0 2 5 】

次の本発明に係る回転機械は、前記回転機械の部品を、微粒子を含む気体が接触する回転部分に備えることを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

50

この回転機械は、前記回転機械の部品を備えるので、シリカ、酸化鉄その他の微粒子を含む気体を取り扱う回転機械において、気体中に含まれる微粒子の付着を効果的に抑制できる。

【発明の効果】

【0027】

説明したように、この発明に係る回転機械の部品及び回転機械は、シリカ、酸化鉄その他の微粒子を含む気体を取り扱う回転機械において、気体中に含まれる微粒子の付着を効果的に抑制できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、この発明につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、この発明を実施するための最良の形態によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施例における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。

【実施例1】

【0029】

この実施例に係るめっき皮膜で被覆した回転機械の回転機械の部品は、フッ素樹脂の粒子をめっきマトリックスに含有させたフッ素樹脂含有めっき皮膜が表面に形成される点に特徴がある。

【0030】

図1は、この実施例に係るフッ素樹脂粒子含有めっき皮膜で表面を被覆した動翼を備える蒸気タービンのタービン室周辺を示す断面図である。この実施例に係る回転機械である蒸気タービン20は、蒸気入口弁21で開閉制御される蒸気供給管25から供給される蒸気の蒸気圧力を、回転動力に変換するものである。回転動力は、減速機を介して発電機等に使用される。回転動力を取り出すためのローター軸22には、タービンディスク26が複数取り付けられる。タービンディスク26の外周には、複数の動翼23が一行に取り付けられて動翼列を形成する。動翼23は、上記蒸気供給管25から供給される蒸気を受けてローター軸22を回転させる。

【0031】

動翼23間には、複数のノズルベーンを備えるノズル仕切り板24が配置され、ノズルベーンを蒸気が通過する際に、当該蒸気を整流して動翼23に効率よく当てる。図1に示すように、蒸気タービン20が複数の動翼列を備える場合は、ノズルベーンも複数枚設けられる。この場合、各ノズル仕切り板24が個々に有するノズルベーンの枚数、大きさは異なることが多いが、どれも同様の構成である。

【0032】

図2は、この実施例に係るフッ素樹脂粒子含有めっき皮膜で表面を被覆した、蒸気タービンの動翼を示す斜視図である。図3は、図2のA-A断面図である。回転機械である蒸気タービン20の回転機械の部品である動翼23は、ベース23Bに翼23Wが取り付けられている。また、ベース23Bの翼23Wとは反対側に、翼固定部23Tが設けられる。翼固定部23Tは、タービンディスク26の外周部に形成される、翼固定部23Tと同形状の翼取り付け溝にはめ込まれて、タービンディスク26に取り付けられる。

【0033】

蒸気タービン20が備える動翼23は、高温、高圧の蒸気が動翼23へ噴射されて、タービンディスク26とともに回転する。このため、動翼23には、大きな遠心加速度が作用するとともに、高温にさらされる。したがって、動翼23は、高強度、かつ耐熱性を有する材料で製造される。この実施例において、動翼23は、マルテンサイト系のステンレス鋼で製造される。

【0034】

蒸気タービン20において、動翼23の表面23Sやノズルベーンの表面には、蒸気に含まれるSiO₂や酸化鉄(Fe₃O₄)等の微粒子が付着する。また、圧縮機のような回転機械でも、圧縮対象の気体に含まれる hidrocarbon (HC) やシリカ等の微粒子等

10

20

30

40

50

が、気体の接触する部品の表面に付着する。そして、長期間の運転により、前記微粒子が動翼 23 の表面 23 S やノズルベーン の表面等に体積して、蒸気タービンの熱効率や、圧縮機の圧縮効率を低下させてしまう。

【0035】

かかる問題を解決するため、この実施例においては、動翼 23 の表面 23 S に、フッ素樹脂の粒子を含有するめっき皮膜で被覆する。これによって、蒸気中の微粒子が、動翼 23 の表面 23 S に付着することを抑制する。次に、この実施例に係るめっき皮膜について説明する。

【0036】

図 4 は、この実施例に係る動翼の表面を示す模式図である。この図は、この実施例に係る動翼 23 の表面 23 S を拡大して（図 3 の B で囲んだ部分）、これを模式的に表したものである。この実施例に係る動翼 23 は、基材（この実施例ではマルテンサイト系ステンレス鋼）1 の表面に、めっき皮膜 10 が成膜されている。このめっき皮膜 10 は、動翼 23 の基材 1 の上に成膜される、フッ素樹脂粒子を含有しない中間めっき皮膜 11 と、この中間めっき皮膜 11 の上に成膜される、フッ素樹脂粒子 13 P がめっきマトリックス 13 M で包含されるフッ素樹脂含有めっき皮膜 12 とで構成される。フッ素樹脂含有めっき皮膜 12 は、図 4 に示すように、表面にフッ素樹脂粒子 13 P の一部が露出している。

10

【0037】

この実施例において、フッ素樹脂含有めっき皮膜 12 のめっきマトリックス 13 M は、Ni 基の金属であり、例えば、Ni P や Ni B が用いられる。この実施例においては、Ni P が用いられる。また、この実施例においては、フッ素樹脂粒子を含有しない中間めっき皮膜 11 を設けることにより、基材 1 とフッ素樹脂含有めっき皮膜との密着性を向上させる。ここで、フッ素樹脂粒子を含有しない中間めっき皮膜 11 は、フッ素樹脂含有めっき皮膜 12 のめっきマトリックス 13 M と同様に Ni 基の金属であり、例えば、Ni P や Ni B が用いられる。また、中間めっき皮膜 11 は、Ni めっきとしてもよい。

20

【0038】

図 5 は、この実施例に係るめっき皮膜を生成する手順を示すフローチャートである。まず、被めっき部材である動翼 23 の表面に、電解めっきによって中間めっき皮膜 11 を成膜する（ステップ S 101）。中間めっき皮膜 11 は、電気 Ni めっき液を用いて、ワット浴等の電気めっきにより作製することが好ましい。これにより、めっき皮膜 10 の耐割れ性が向上する。

30

【0039】

特に、蒸気タービン 20 の動翼 23 ような、回転機械の回転機械の部品においては強度が要求されるが、電気めっきを用いて中間めっき皮膜 11 を Ni で成膜すると、めっき皮膜 10 の耐割れ性を向上させることができるので好ましい。また、中間めっき皮膜 11 は、Ni で成膜した方が、Ni P で成膜するよりも、フッ素樹脂含有めっき皮膜 12 の密着性が向上するので、好ましい。

【0040】

なお、中間めっき皮膜 11 は、Ni P 等の無電解めっき液を用いた無電解めっき（例えば、次に説明する周期律表の第 8 属金属の自己触媒作用を利用する方法）により作製してもよい。このようにすれば、3次元形状に対しても、均一に中間めっき皮膜 11 を形成できる。また、この実施例において、中間めっき皮膜 11 の厚さは特に限定されるものではないが、0.5 μm ~ 10 μm 程度が適当である。

40

【0041】

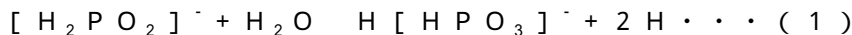
次に、中間めっき皮膜 11 上にフッ素樹脂含有めっき皮膜 12 を成膜する。フッ素樹脂含有めっき皮膜 12 は、めっき液中にフッ素樹脂粒子 13 P を添加し、このめっき液を用いて動翼 23 に無電解めっきすることにより作製する。この無電解めっきは、例えば、次に説明する、周期律表の第 8 属金属（Ni）の自己触媒作用を利用する方法が用いられる。まず、Ni の中間めっき皮膜 11 を成膜した動翼 23 の表面を、アルカリ脱脂する（ス

50

テップS102)。次に、動翼23の表面を酸洗いして(ステップS103)、その後、電解洗浄する(ステップS104)。酸洗い、及び電解洗浄は、フッ素樹脂含有めっき皮膜12を成膜する中間めっき皮膜11の表面を活性化させるために行われる。

【0042】

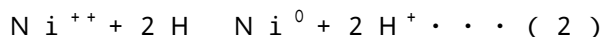
次に、動翼23の表面に成膜された中間めっき皮膜11上に、フッ素樹脂含有めっき皮膜12を成膜する(ステップS105)。このめっきは、めっき液中の次亜リン酸陰イオンが、周期律表の第8族金属(この実施例では中間めっき皮膜11であり、Ni)に対してある特定条件で接触すると、その金属が触媒となって、式(1)のように脱水素分解を起こさせる。なお、このめっき液中には、フッ素樹脂粒子13Pが添加されている。



10

【0043】

式(1)に示す反応によって生成した水素原子は、触媒金属(この実施例では中間めっき皮膜11)表面に吸着されて、いわゆるCondensed Layerとなって活性化し、これがめっき液中のNi陽イオンに接触すると、式(2)に示す反応によって、Niを金属に還元して触媒金属(この実施例では中間めっき皮膜11であり、Ni)表面に析出させる。



【0044】

また触媒金属表面の活性化した水素原子は、めっき液中の次亜リン酸陰イオンと反応して、次亜リン酸陰イオンの含有するPを還元してNiと合金を作る。これによって析出したニッケルが触媒となって、式(1)、式(2)で示した反応と同様なニッケルの還元めっき反応が継続して進行する。すなわちニッケルの自己触媒作用によりめっきが継続進行する。めっき液中のNiが上記反応によって析出する過程で、めっき液中に添加されているフッ素樹脂粒子13Pは中間めっき皮膜11上に付着し、析出したNiによって保持される。

20

【0045】

この実施例では、周期律表の第8族金属の自己触媒作用を利用する方法によってフッ素樹脂含有めっき皮膜12を成膜するが、電気めっきによってフッ素樹脂含有めっき皮膜12を成膜してもよい。なお、周期律表の第8族金属の自己触媒作用を利用する方法によってフッ素樹脂含有めっき皮膜12を成膜すると、3次元形状に対しても、均一にフッ素樹脂含有めっき皮膜12を形成できる。また、この実施例において、フッ素樹脂含有めっき皮膜12の厚さは特に限定されるものではないが、1μm以上50μm以下程度が適当である。

30

【0046】

上記手順によって、被めっき部材である動翼23に、中間めっき皮膜11及びフッ素樹脂含有めっき皮膜12を備えるめっき皮膜10が成膜される。なお、めっき皮膜10を成膜したら(ステップS105)、めっき皮膜10を成膜した動翼23を、300～350に所定時間保持する熱処理を施す(ステップS106)。この熱処理により、フッ素樹脂含有めっき皮膜12中のフッ素樹脂分を軟化・固着させる。これによって、フッ素樹脂粒子13Pの脱落が抑制でき、粒子の付着性抑制効果が長期にわたって維持できる。

【0047】

このように、フッ素樹脂含有めっき皮膜12を蒸気と接する動翼23の表面23Sに設けることにより、前記表面23Sに付着する、蒸気に含まれるSiO₂や酸化鉄(Fe₃O₄)等の微粒子の量を低減できる。

40

【0048】

ここで、平面視において、フッ素樹脂粒子13Pの露出部分が、前記フッ素樹脂含有めっき皮膜12の所定範囲における表面を占める割合(表面占有率)は、10%以上とすることが好ましい。表面占有率が10%よりも小さいと、動翼23の表面23Sに付着する、蒸気に含まれるSiO₂や酸化鉄(Fe₃O₄)等の微粒子の量が多くなるが、前記範囲であれば、前記微粒子の付着量を効果的に低減できる。前記微粒子の付着量を低減させる観点から、表面占有率は、20%以上とすることがより好ましい。このように、前記微粒

50

子の付着量を低減させる観点では、表面占有率はできるだけ大きい方がよい。しかし、表面占有率が大きくなりすぎると、めっきマトリックス13Mによるフッ素樹脂粒子13Pの保持能力が低下して、フッ素樹脂粒子13Pが脱落するおそれがある。かかる観点から、表面占有率は40%以下とすることが好ましい。このようにすれば、フッ素樹脂粒子13Pをフッ素樹脂含有めっき皮膜12のめっきマトリックス13Mで確実に保持できる。

【0049】

フッ素樹脂粒子13Pの直径は、めっき液中への分散性、表面占有率考慮を考慮すると、 $0.1\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$ 程度が好ましい。ここで、フッ素樹脂粒子13Pの直径は、例えば、フッ素樹脂粒子13Pを分級する際に用いるメッシュの粗さにより規定する。すなわち、メッシュが正方形である場合、前記メッシュの1辺の長さがフッ素樹脂粒子13Pの直径に相当する。また、フッ素樹脂粒子13Pの直径は、平均値である。

10

【0050】

また、フッ素樹脂粒子13Pは、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、テトラフルオロエチレン-ヘキサフルオロプロピレン共重合体(FEP)、テトラフルオロエチレン-パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体(PFA)、ポリビリニデンフルオライド(PVDF)、エチレン-クロロトリフルオロエチレン共重合体(ECTFE)、エチレン-テトラフルオロエチレン共重合体(ETFE)のうち少なくとも1種類を含んで構成される。

【0051】

(変形例1)

図6-1、図6-2は、この実施例の第1変形例に係る動翼の表面を示す模式図である。この変形例は、上記実施例と略同様の構成であるが、めっき皮膜を成膜する動翼の表面に、疲労強度を向上させる表面改質処理を施した点異なる。他の構成は上記実施例と同様なので、説明を省略する。なお、上記実施例の構成は、適宜この変形例に適用できる。

20

【0052】

中間めっき皮膜11及びフッ素樹脂含有めっき皮膜12により構成されるめっき皮膜10を成膜した動翼は、めっき皮膜10の成膜過程で基材の疲労強度が低下する。図6-1に示すように、蒸気中に含まれる粒子の衝突によりめっき皮膜10が割れ、めっき皮膜10にはクラック3が生ずることがある。クラック3が基材1aまで到達した場合、クラック3の先端部3tが接する基材1aの部分に大きな応力が作用する。この部分が破壊の起点となって、基材1aの疲労を進行させてしまう。

30

【0053】

図6-1、図6-2に示す動翼23a、23bは、基材1a、1bの疲労強度を向上させるため、基材1a、1bの表面に中間めっき皮膜11を形成する前に、基材1a(動翼23a)等の表面に、予め疲労強度を向上させる表面改質処理を施す。図6-1に示す動翼23aでは、基材1aの表面に窒化処理を施すことにより、窒化層2を形成する。これによって、基材1aの疲労強度を予め向上させる。そして、窒化層2の上に、中間めっき皮膜11、フッ素樹脂含有めっき皮膜12の順に成膜して、めっき皮膜10を形成する。

【0054】

また、図6-2に示す動翼23bでは、基材1bの表面にショットピーニング加工を施す。これによって、基材1bの疲労強度を予め向上させる。そして、ショットピーニング加工した基材1bの表面に、中間めっき皮膜11、フッ素樹脂含有めっき皮膜12の順に成膜して、めっき皮膜10を形成する。このように、動翼を構成する基材の表面に中間めっき皮膜11を形成する前に、基材の表面に、予め疲労強度を向上させる表面改質処理を施すので、めっき皮膜10に生じたクラックが基材1a、1bまで到達した場合であっても、基材1a、1bの疲労進行を抑制できる。また、窒化は基材の耐食性がやや低下するが、ショットピーニングによれば、窒化と比較して、基材1bの耐食性低下は少ないという利点もある。

40

【0055】

この変形例では、基材の疲労強度を向上させる表面改質処理として、窒化及びショット

50

ピーニングを説明したが、基材の疲労強度を向上させる表面改質処理として、例えば浸炭や表面焼入れ等を適用してもよい。なお、窒化やショットピーニングを用いると、基材 1 a、1 b と、中間めっき皮膜 1 1 やフッ素樹脂含有めっき皮膜 1 2 との密着性を向上できるので好ましい。

【0056】

(変形例 2)

図 7 は、この実施例の第 2 変形例に係る動翼の表面を示す模式図である。この変形例は、上記実施例と略同様の構成であるが、フッ素樹脂含有めっき皮膜の表面に、さらに、日本カニゼン(株)製カニフロン(登録商標)用フッ素粒子分散液に代表されるフッ素樹脂の皮膜を設ける点が異なる。他の構成は上記実施例と同様なので、説明を省略する。なお、上記実施例及びその変形例の構成は、適宜この変形例に適用できる。

【0057】

この動翼 2 3 c が備えるめっき皮膜 1 0 c は、フッ素樹脂含有めっき皮膜 1 2 の上に、さらにフッ素樹脂皮膜 1 4 が形成される。このフッ素樹脂皮膜 1 4 は、直径がサブミクロンオーダーのフッ素樹脂からなる。フッ素樹脂皮膜 1 4 は、直径がサブミクロンオーダーのフッ素樹脂を界面活性剤で分散させた塗工液を、フッ素樹脂含有めっき皮膜 1 2 に塗布することにより形成される。これにより、めっき皮膜 1 0 c におけるフッ素樹脂の面積占有率をさらに向上させることができるので、蒸気や圧縮対象の気体に含まれる SiO_2 等の微粒子の付着をより効果的に抑制できる。ここで、フッ素樹脂皮膜 1 4 を構成するフッ素樹脂は、前記フッ素樹脂粒子 1 3 P と同じ材料を用いることができる。

【0058】

(変形例 3)

図 8 は、この実施例の第 3 変形例に係る動翼の表面を示す模式図である。この変形例は、上記実施例と略同様の構成であるが、基材の上に中間めっき皮膜を介在させずに、直接フッ素樹脂含有めっき皮膜を成膜した点が異なる。他の構成は上記実施例と同様なので、説明を省略する。なお、上記実施例及びその変形例の構成は、適宜この変形例に適用できる。

【0059】

この動翼 2 3 d が備えるめっき皮膜 1 0 d は、基材 1 の表面に、直接フッ素樹脂含有めっき皮膜 1 2 を成膜して構成される。このようにしても、めっき皮膜 1 0 d の表面に露出するフッ素樹脂粒子 1 3 P によって、蒸気や圧縮対象の気体に含まれる SiO_2 等の微粒子の付着をより効果的に抑制できる。フッ素樹脂含有めっき皮膜 1 2 を、周期律表の第 8 属金属の自己触媒作用を利用する方法により作製する場合、基材 1 の表面をアルカリ脱脂し、その後、基材 1 の表面 1 S を酸洗い、電解洗浄することによって活性化させる。その後、前記方法によりフッ素樹脂含有めっき皮膜 1 2 を成膜する。なお、フッ素樹脂含有めっき皮膜 1 2 は、ワット浴等の電気めっきによっても成膜することができる。

【0060】

(評価例)

本発明に係るめっき皮膜を成膜した試験片を作製し、粒子付着を評価した。本発明に係るフッ素樹脂含有めっき皮膜を成膜するにあたり、フッ素樹脂粒子として、PTFE 及び PFA を使用し、めっきマトリックスの材料として Ni-P、Ni-B、Ni を用いたフッ素樹脂含有めっき皮膜を、基材(SUS410J1)上に成膜した試験片を作製した。それぞれのフッ素樹脂含有めっき皮膜は、Ni-P の無電解めっき、Ni-B の無電解めっき、Ni の電解めっきにより成膜した。さらに、基材の上に、フッ素樹脂を含有しない中間めっき皮膜を成膜して、その表面にフッ素樹脂含有めっき皮膜を成膜した試験片も作製した。いずれの試験片が備えるフッ素樹脂含有めっき皮膜においても、フッ素樹脂粒子表面占有率は 10% 以上とした。なお、フッ素樹脂粒子表面占有率は、フッ素樹脂含有めっき皮膜の表面拡大写真から求めた。

【0061】

比較例として、フッ素樹脂含有めっき皮膜のフッ素樹脂粒子の表面占有率が 7% の試験

10

20

30

40

50

片を作製した。また、従来例としてフッ素樹脂含有有機塗料を前記ステンレス鋼の基材にコーティングした試験片、及び前記ステンレス鋼の基材のみ（いずれのめっき皮膜なし）の試験片を作製した。本発明に係るフッ素樹脂含有めっき皮膜を成膜した試験片、及び比較例に係る試験片皮膜構成は、表 1 に示す通りである。

【 0 0 6 2 】

【表 1】

表 1

	No	皮 膜 構 成				シリカ粒子付着倍率
		フッ素材 質	フッ素樹脂含有めっき皮膜に おけるフッ素樹脂の表面占有 率 (%)	マトリック ス	中間めっき層の有無及 び材質	
本 発 明	1	PTFE	10	無電解 Ni-P	なし	0.52
	2	PTFE	20	無電解 Ni-P	なし	0.32
	3	PTFE	20	無電解 Ni-B	なし	0.33
	4	PTFE	20	無電解 Ni-P	あり/無電解 Ni-P	0.32
	5	PTFE	20	無電解 Ni-P	あり/電気 Ni	0.33
	6	PTFE	20	電気 Ni	なし	0.35
	7	PFA	20	無電解 Ni-P	あり/無電解 Ni-P	0.38
比 較 例	8		7	無電解 Ni-P	なし	0.95
従 来 例	9	基材 SUS410J1 (コーティングなし)				1.0
	10	フッ素樹脂含有有機塗料				0.80

【 0 0 6 3 】

(フッ素樹脂含有めっき皮膜の成膜方法)

フッ素樹脂含有めっき皮膜は、次の手順により基材表面に成膜した。

(1) 無電解めっき液中に界面活性剤を使用し、平均粒子径 $0.3 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$ のフッ素樹脂粒子を分散させた。

(2) 上記めっき液を 90°C に保持し、 $20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ の試験片 (SUS410J1) を浸漬し、フッ素樹脂含有めっき皮膜 (カニフロン：登録商標) を成膜した。めっき皮膜の厚さは、フッ素樹脂含有めっき皮膜が $10 \mu\text{m}$ で、中間めっき皮膜 (フッ素樹脂粒子を含有しないめっき皮膜) が $2 \mu\text{m}$ である。

(3) その後、 $300 \sim 350^\circ\text{C}$ で加熱処理を施した。

(4) 電気めっきの場合は、上記めっき液をワット浴とし、同様にフッ素樹脂粒子を分散させ、温度 50°C 、電流密度 $5 \text{ A} / \text{dm}^2$ の条件下でフッ素樹脂含有めっき皮膜を成膜した。上記試作材を供試材として、粒子付着評価試験装置により粒子付着性を評価した。

【 0 0 6 4 】

(粒子付着評価試験方法)

図 9 は、粒子付着評価試験に用いる試験装置を示す装置構成図である。この試験装置 30 は、上記手順によって作製した試験片 36 を、ドラム 31 に嵌め込んで、粒子付着評価試験に供する。粒子付着評価試験は、ドラム 31 を回転させながら、窒素 (N_2) ガスにより搬送されたシリカ (SiO_2) の超微粒子を試験片 36 の表面に吹き付け、付着させる試験である。窒素ガスは、ノズル 33 を通って噴射され、シリカ粒子は、粒子供給装置 32 からノズル 33 の出口近傍に供給される。ドラム 31 の下方には、水タンク 34 が設置されている。水タンク 34 内の水は、 100°C で沸騰させられており、前記試験片 36

に水分が供給される。また、試験片 36 はドラム 31 の内側に設置したヒーター 35 により加熱される。

【0065】

(試験条件)

ドラム 31 の回転数は 10 rpm とし、試験片 36 も、ドラム 31 と同じ回転数で回転する。シリカ粒子は、日本アエロジル製のフュームドシリカ (グレード 50) を用いた。試験片 36 の加熱温度は 80 とした。また、シリカ粒子の衝突速度は 300 m/sec とし、試験時間は 80 時間とした。

【0066】

(評価方法)

試験前後における試験片 36 の質量差から、シリカ粒子の付着量を測定した。それぞれの試験片の表面に付着したシリカ粒子の付着量 Y (g) と、試験片の基材 (SUS410J1) そのものの表面 (表面粗さ $Rz = 3.5 \mu m$) に付着したシリカ粒子の付着量 X (g) との比を、シリカ粒子付着倍率 Z として式 (3) により算出した。

$$Z = Y / X \cdots (3)$$

【0067】

上記試験の結果を表 1 に示す。なお、次の説明における No. は、表 1 中の試験片 No. に対応する。表 1 に示すように、本発明に係るフッ素樹脂含有めっき皮膜を成膜した試験片 (No. 1 ~ No. 7) のシリカ粒子付着倍率は、最も大きいもので 0.52 である (No. 1)。この結果からわかるように、本発明に係るフッ素樹脂含有めっき皮膜は、
 基材そのもの (No. 9) に対して、シリカ粒子付着量がおよそ半分以下である。フッ素樹脂含有有機塗料 (No. 10) に対しては、シリカ粒子付着量がおよそ 6 割以下である。このように、本発明は、従来のものに対して格段に優れた粒子付着量低減効果を奏する。

【0068】

本発明に係るフッ素樹脂含有めっき皮膜においては、フッ素樹脂粒子表面占有率が 10% (No. 1) になると、従来例 (フッ素樹脂含有有機塗料、No. 10) に対して、シリカ粒子付着量が 6 割程度となる。本発明に係るフッ素樹脂含有めっき皮膜において、フッ素樹脂粒子表面占有率が 20% になると、従来例 (フッ素樹脂含有有機塗料、No. 10) に対して、シリカ粒子付着量がおよそ 5 割以下となり (No. 2 ~ No. 7)、その
 中では大きな違いは見られない。

【0069】

中間めっき皮膜の有無により、シリカ粒子付着倍率は影響を受けない。また、フッ素樹脂は、PFA (No. 7) よりも、PTFE (No. 1 ~ No. 6) の方が、シリカ粒子付着倍率はやや小さくなる。さらに、フッ素樹脂含有めっき皮膜の成膜方法 (無電解めっきか電気めっき) の違いによるシリカ粒子付着倍率の違いは、ほとんどない。ただし、電気 Ni めっきでの硬度は Hv で 150 ~ 300 であるのに対し、無電解 Ni-P めっき (フッ素樹脂含有無電解 Ni-P めっき) での硬度は、Hv で 250 ~ 300 (非晶質)、めっき後、300 ~ 350 での加熱処理をした場合には、Hv で 450 ~ 600 (結晶質) である。割れ感受性は硬度に強い相関があり、電気 Ni めっきの方が無電解 Ni-P めっきよりも軟らかく、割れにくい。次に、窒化の有無が疲労強度に与える影響について説明する。

【0070】

図 10 は、応力振幅と破断繰り返し数との関係を示す説明図である。試験片の基材の材料は SUS410J1、試験片は平滑試験片を用い、疲労強度を向上させる表面改質処理として窒化処理をした試験片、及び窒化処理をしない試験片にフッ素樹脂含有めっき皮膜 (Ni-P) を形成した。窒化はラジカル窒化を用いた。そして、回転曲げ疲労試験により試験片の破断繰り返し数を求めた。繰り返し速度は 3600 rpm (Revolution Per Minute)、試験温度は室温とした。比較対象として、SUS410J1 のみの試験片 (めっきなし) も試験した。

10

20

30

40

50

【0071】

図10に示すように、窒化処理をしない試験片にフッ素樹脂含有めっき皮膜(Ni-P)を形成した試験片は、 10^5 程度の繰り返し数で試験片が破断している。一方、窒化処理をした試験片にフッ素樹脂含有めっき皮膜(Ni-P)を形成した試験片は、 10^7 程度の繰り返し数を経過した後も試験片の破断はない。このように、基材に疲労強度を向上させる表面改質処理を施すと、めっき皮膜を形成した基材の疲労強度が向上し、単に基材のみの場合よりも大きな応力振幅に耐えられることがわかる。なお、疲労強度を向上させる表面改質処理は、ショットピーニングでも窒化の場合と同様の結果を示す。

【産業上の利用可能性】

【0072】

以上のように、本発明に係る回転機械の部品及び回転機械は、蒸気タービンや圧縮機等の回転機械が備える回転機械の部品に有用であり、特に、回転機械の部品に付着する、蒸気や圧縮対象の気体に含まれる微粒子の量を低減することに適している。

【図面の簡単な説明】

【0073】

【図1】この実施例に係るフッ素樹脂粒子含有めっき皮膜で表面を被覆した動翼を備える蒸気タービンのタービン室周辺を示す断面図である。

【図2】この実施例に係るフッ素樹脂粒子含有めっき皮膜で表面を被覆した、蒸気タービンの動翼を示す斜視図である。

【図3】図2のA-A断面図である。

【図4】この実施例に係る動翼の表面を示す模式図である。

【図5】この実施例に係るめっき皮膜を生成する手順を示すフローチャートである。

【図6-1】この実施例の第1変形例に係る動翼の表面を示す模式図である。

【図6-2】この実施例の第1変形例に係る動翼の表面を示す模式図である。

【図7】この実施例の第2変形例に係る動翼の表面を示す模式図である。

【図8】この実施例の第3変形例に係る動翼の表面を示す模式図である。

【図9】粒子付着評価試験に用いる試験装置を示す装置構成図である。

【図10】応力振幅と破断繰り返し数との関係を示す説明図である。

【符号の説明】

【0074】

1、1a、1b 基材

2 窒化層

3 クラック

10、10c、10d めっき皮膜

11 中間めっき皮膜

12 フッ素樹脂含有めっき皮膜

13P フッ素樹脂粒子

13M めっきマトリックス

14 フッ素樹脂皮膜

20 蒸気タービン

23、23a、23b、23c、23d 動翼

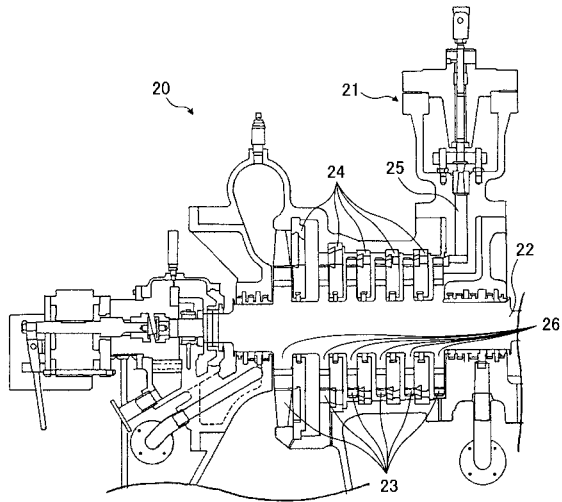
10

20

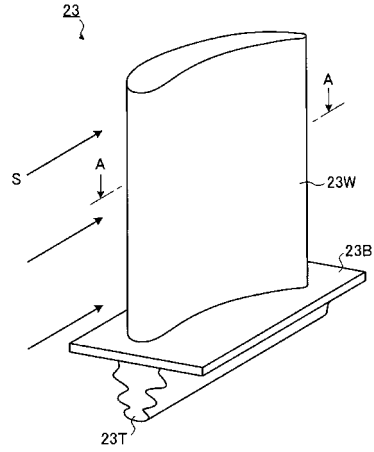
30

40

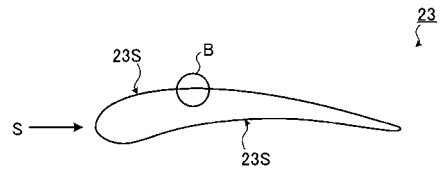
【 図 1 】



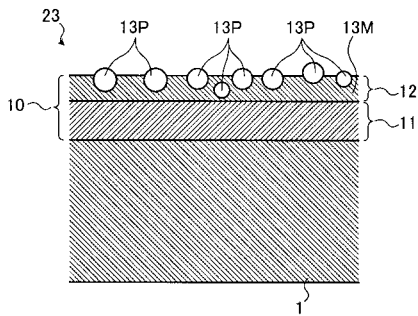
【 図 2 】



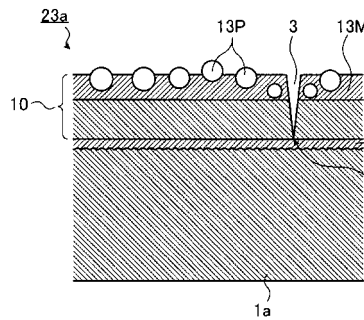
【 図 3 】



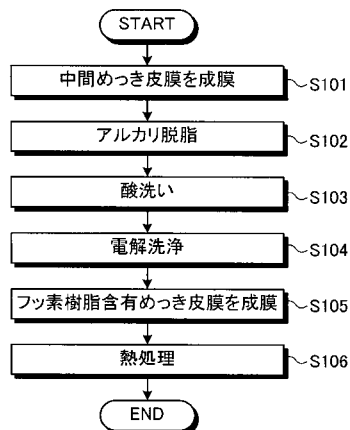
【 図 4 】



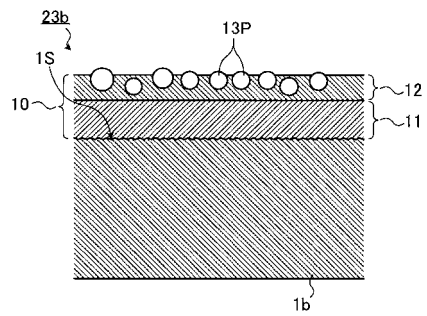
【 図 6 - 1 】



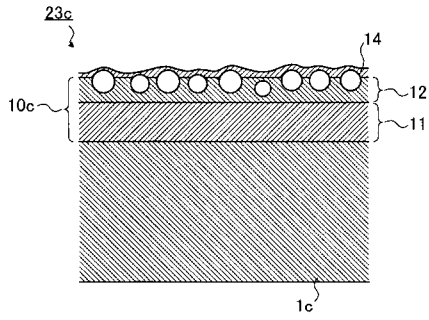
【 図 5 】



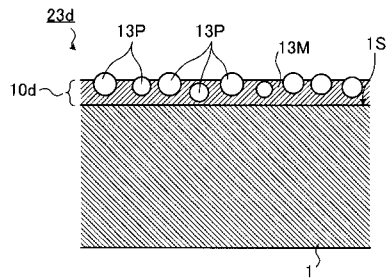
【 図 6 - 2 】



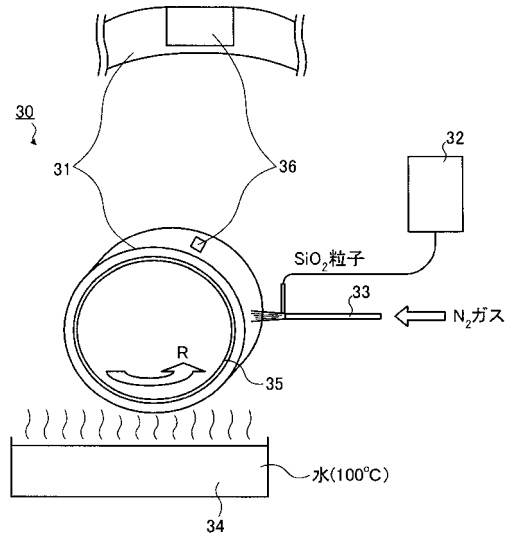
【 図 7 】



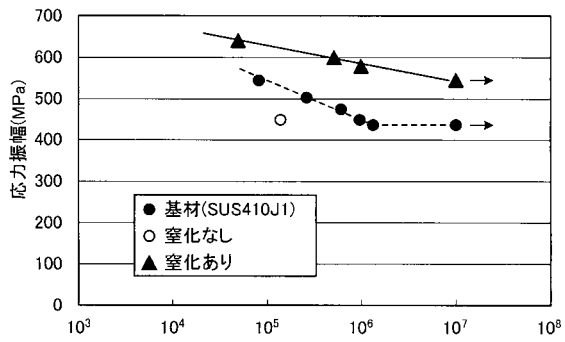
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
C 2 5 D 7/00 (2006.01) C 2 5 D 7/00 A

- (72)発明者 花中 勝保
 広島市西区観音新町四丁目6番22号 三菱重工業株式会社広島研究所内
- (72)発明者 秦 聰
 広島市西区観音新町四丁目6番22号 三菱重工業株式会社広島製作所内
- (72)発明者 津留崎 有三
 広島市西区観音新町四丁目6番22号 三菱重工業株式会社広島製作所内
- (72)発明者 伊住 修
 広島市西区観音新町四丁目6番22号 三菱重工業株式会社広島製作所内
- (72)発明者 齋藤 一秀
 東京都江東区枝川3丁目11番10号 日本カニゼン株式会社内
- (72)発明者 根本 憲一
 東京都江東区枝川3丁目11番10号 日本カニゼン株式会社内
- (72)発明者 鈴木 友喜治
 東京都江東区枝川3丁目11番10号 日本カニゼン株式会社内

Fターム(参考) 3G002 EA04 EA05 EA07 EA09
 3H033 AA02 AA03 AA12 BB05 BB06 BB08 CC01 DD01 DD02 DD03
 DD26 EE11
 4K022 AA02 AA48 BA04 BA14 BA16 BA31 BA32 BA34 BA36 CA28
 DA01 EA01
 4K024 AA03 AB02 AB12 AB15 AB17 BA01 BB04 DB01 DB10 GA03
 GA16