

(43) 国際公開日
2006 年 3 月 2 日 (02.03.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/021983 A1(51) 国際特許分類⁷: C23C 4/00, B23K 9/04, 9/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/012061

(22) 国際出願日: 2004 年 8 月 23 日 (23.08.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP). 村田ボーリング技研株式会社 (MURATA BORING GIKEN CO.) [JP/JP]; 〒4210106 静岡県静岡市北丸子 1-3 0-4 5 Shizuoka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 齋藤 正弘 (SAITO, Masahiro) [JP/JP]. 吉岡 洋明 (YOSHIOKA, Yomei) [JP/JP]. 千葉 英樹 (CHIBA, Hideki) [JP/JP].

高橋 伸二 (TAKAHASHI, Shinji) [JP/JP]. 宮池 潔 (MIYAIKE, Kiyoshi) [JP/JP]. 村田 省三 (MURATA, Shozo) [JP/JP].

(74) 代理人: 鈴江 武彦, 外 (SUZUYE, Takehiko et al.); 〒1000013 東京都千代田区霞が関 3 丁目 7 番 2 号 鈴榮特許綜合法律事務所内 Tokyo (JP).

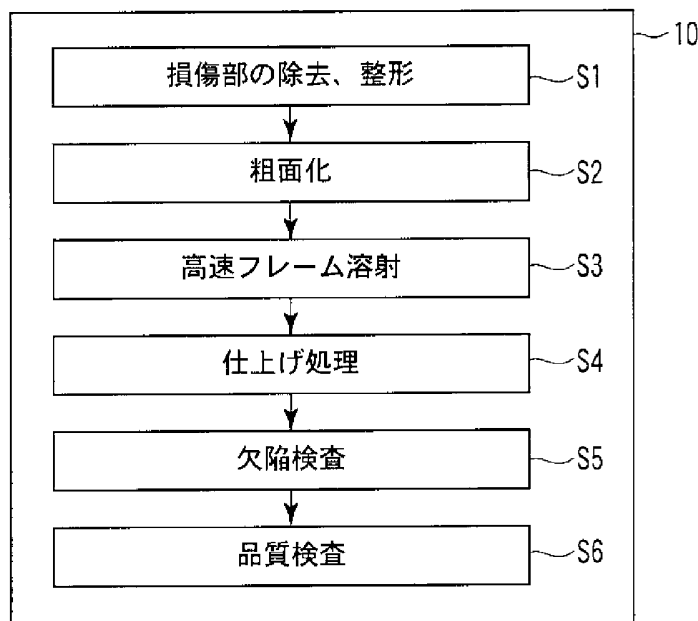
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

[続葉有]

(54) Title: METHOD AND EQUIPMENT FOR REPAIRING ROTOR

(54) 発明の名称: ロータの補修方法及びロータ補修装置



S1... REMOVE AND SHAPE DAMAGED PART
 S2... SURFACE ROUGHENING
 S3... HIGH-SPEED FRAME SPRAYING
 S4... FINISHING
 S5... DEFECT INSPECTION
 S6... QUALITY INSPECTION

(57) Abstract: A method for repairing a rotor comprises a step (S1) for removing and shaping a damaged part of a rotor (1) by machining or grinding, a step (S2) for roughening the surface at the shaped part from where the damaged part has been removed in the step (S1), a step (S3) for depositing a film on the surface roughened in step (S2) by using a high-speed frame spraying equipment, a step (S4) for finishing the film deposited in step (S3) by machining or polishing it, and a step (S6) for inspecting the dimensions and quality at a part repaired in step (S5).

(57) 要約: ロータ (1) に生じた補修すべき損傷部位を機械加工あるいはグラインダー加工にて除去、整形を行う (S1)。工程 (S1) において補修すべき損傷部位の除去、整形した後表面をブラスト処理にて粗面化する (S2)。工程 (S2) において粗面化した表面を、高速フレーム溶射装置にて皮膜形成を実施する (S3)。工程 (S3) において形成した皮膜を機械加工あるいは研磨加工にて仕上げ処理を実施する (S4)。欠陥などの有無を検査する欠陥検査を行なう (S5)。工程 (S5) において補修した部位の寸法、品質検査を行う (S6)。



KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

ロータの補修方法及びロータ補修装置

技術分野

[0001] 本発明は、例えばタービン発電機に使用されるロータであって補修すべき損傷部に対して、溶射皮膜を形成して損傷部を補修するロータの補修方法及びロータ補修装置に関する。

背景技術

[0002] 図7は、従来のタービン発電機の構造を示す概略構成図である。タービン発電機は、大きく分けてステータ2と、ロータ1と、ロータ1を回転自在に支承するジャーナル軸受3とで構成されている。

[0003] ステータ2は、ステータ鉄心2aと、ステータ鉄心2aに形成されているスロットの中に挿入されているステータコイル2bを備えている。

[0004] ロータ1は、ロータ本体に形成されているスロット(図示せず)に挿入されたロータコイル1aと、ロータコイル1aの固定のためのエンドリング1bと、ロータ1及びステータ2を冷却のためのファン1cと、ロータ1の端部にはガスタービンや蒸気タービンと連結するためのロータカップリング1dと、ジャーナル軸受3によって回転自在に支承されるジャーナル部1eとを備えている。

[0005] これら、水車、ガスタービン、蒸気タービン等の大型のロータ1や発電機等のロータ1は、運搬輸送時の損傷、運転による損傷などが発生し、機械加工によるロータ1の損傷部の削込みや、それに伴う周辺機器の改良など補修対策に苦慮している。

[0006] 例えば、図8Aに示す様にジャーナル軸受3(図示せず)により回転自在に支持される、ロータ1のジャーナル部1eに、異物や運転中による異常および部品寿命によって損傷部4が発生する場合がある。

[0007] この場合、ジャーナル部1eに発生した損傷部4を除去するため、図8Bに示す様に機械加工等によりロータ直径(ロータ径)1fを、1gに示す寸法に減寸させるようにしている。

[0008] この1gだけ減寸されたロータ径1fに合わせて再度ジャーナル軸受3も製造し直す

必要がある。このため、長時間の運転停止による稼働率低下と、製造コスト増大に繋がっていた。

[0009] また、図9Aに示すように、ロータ1では製造時の機械加工工程で誤加工部5が生じたときは、その都度設計変更等を行い、さらに図9Bに示すように、機械加工等により誤加工部5の異常を除去していた。これに伴って、ロータを使用している機器の性能低下や信頼性を低下させるおそれがあった。

[0010] 損傷部4や誤加工部5の補修作業として、肉盛溶接などの高入熱プロセスにより補修することも考えられるが、ロータ1は高速で回転するため、ロータ基材にダメージを与える補修プロセスを用いることができない。また、高入熱により変形などが生じ、調質処理などの熱処理が必要となり、熱処理は補修時間の短縮および補修コストの低減の観点から大きな課題となっている。

[0011] 一方従来、回転体の製造方法として、以下に述べる特許文献1及び特許文献2がある。特許文献1の製造方法は、オイルポンプやその他の回転機械において、ケーシングと回転体との接触する摺動部に熱膨張差による間隙を生じさせたり、焼き付きを生じさせるといった不具合を生じさせずに、耐摩耗性を高めることを目的としたものである。特許文献1は、その目的を達成するため、軽合金製のケーシング内に収容される軽合金製の回転体との接触部に、溶射装置を用いて耐摩耗性を有する金属材料、例えば鋼を溶射し、この後少なくとも回転体のエッジ部に加圧処理、例えばショットピーニングを施すようにしたものである。

[0012] 特許文献2は、優れた機能性溶射皮膜を被覆し、剥離の恐れがなく製鉄プロセスロールとして使用できる溶射ロールを提供することを目的としたものである。その目的を達成するため、ロール基材表面に、タングステン炭化物(WC)とコバルト(Co)からなる組成の溶射皮膜を $20\mu\text{m}$ 〜 $200\mu\text{m}$ 形成し、その皮膜上に、さらにMo、Ni、Cr、Co、Al、Y、 Al_2O_3 、 Cr_3C_2 、 TiO_2 いずれか1種もしくは2種以上を主成分とする金属、金属化合物、セラミックスもしくはサーメットの機能性皮膜を被覆するものである。

[0013] しかしながら、以上述べた特許文献1、2のようにロータを製造しても、いずれは溶射部も機能が低下したり、損傷する場合も発生するが、これらはいずれも製造時に溶射によって表面機能を持たせたもので、溶射による補修、再生を目的としたものでは

なく、溶射施工部や他のロータ、ロールの回転体が損傷した場合の補修ができないという課題がある。

[0014] 特許文献1は、特開平4-232244号公報である。特許文献2は特開平9-20975号公報である。

[0015] 本発明はこのような問題点を解決するためになされたもので、ロータの損傷を、ロータ基材への熱的ダメージが少なく、定期点検工期の短縮や補修コスト低減および機器の信頼性向上を図ることを目的としたロータの補修方法及びロータ補修装置を提供する。

発明の開示

[0016] 前記目的を達成するため、請求項1に対応する発明は、軸受にて回転自在に支承されたロータの補修すべき損傷部に対して、フレーム速度が600m/sec〜3000m/sec、粒子速度が500m/sec〜2000m/secを有する高速フレーム溶射装置にて溶射皮膜を形成して前記損傷部を補修するロータの補修方法である。

[0017] 前記目的を達成するため、請求項12に対応する発明は、補修対象であるロータを回転させながら、前記ロータの補修すべき部位に溶射皮膜を形成するための溶射ガンを備えた溶射装置と、前記溶射ガンを前記ロータの回転軸に対して水平方向、又は及び垂直方向に0.1mm/secピッチの移動速度にて移動させる移動装置とを具備したロータ補修装置である。

[0018] 本発明によれば、ロータの損傷を、ロータ基材への熱的ダメージが少なく、定期点検工期の短縮や補修コスト低減および機器の信頼性向上を図ることができるロータの補修方法及びロータ補修装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の高速フレーム溶射によるロータの補修方法を説明するためのフローチャート。

[図2]図1のロータの損傷部を高速フレーム溶射工程にて補修した状態を示す構成図。

[図3A]図1のロータの損傷部を高速フレーム溶射工程による皮膜形成時に発生する境界面の欠陥発生率を示す実験結果の図。

[図3B]図1のロータの損傷部の除去部と健全部の境界面におけるコーナ部の仕上げ角度を 45° を超えるようにした場合の境界面における断面図。

[図3C]図1のロータの損傷部位の除去部と健全部の境界面における両端溝形状の傾斜面の角度(コーナ部の仕上げ角度)を 45° 以下(0° を含まず)とした場合の境界面における断面図。

[図4]本発明の皮膜に発生するX線残留応力測定結果を示す図。

[図5A]本発明の高速フレーム溶射によるロータの補修を現地発電プラントにて補修することを示した正面図。

[図5B]図5Aの左側面図。

[図5C]図5Aの右側面図。

[図6]本発明の他の実施の形態の現地発電プラント補修用に構成した溶射補修システムを移動可能な自動車に搭載したことを示す模式図。

[図7]従来のタービン発電機の構造を示す模式図。

[図8A]従来のジャーナル軸受により支持されるロータジャーナル部に発生する損傷を示した模式図。

[図8B]従来のジャーナル軸受により支持されるロータジャーナル部に発生する損傷部を除去した状態を示した模式図。

[図9A]従来のロータ製造時の機械加工工程で誤加工部が生じた状態を示す模式図。

[図9B]従来のロータ製造時の機械加工工程で誤加工部が生じた状態を示す模式図。

発明を実施するための最良の形態

[0020] 以下、本発明の実施形態に図面を参照して説明する。図1は、本発明の第1の実施形態に係るロータの補修方法10を説明するためのフローチャートであり、以下これについて具体的に説明する。

[0021] 第1の工程S1で、例えば補修員が目視観察によって得た結果である、ロータ1のジャーナル部1eに生じた補修すべき損傷部位を、機械加工あるいはグラインダー加工にて、後述するように、損傷部位を完全に除去すると共に、整形を行う。

- [0022] その後、第2の工程S2で、第1の工程S1において補修すべき損傷部位の除去、整形した表面を、後述するブラスト材料及び処理条件によりブラスト処理にて粗面化する。
- [0023] 第3の工程S3では、第2の工程S2において粗面化した表面を、後述する高速フレーム溶射(HP/HVOF:High Pressure / High Velocity Oxygen Fuel)装置にて皮膜形成を実施する。
- [0024] 第4の工程S4で、第3の工程S3において形成した皮膜を機械加工あるいは研磨加工にて仕上げ処理を実施する。
- [0025] 第5の工程S5で、欠陥などの有無を検査する欠陥検査を行なう。
- [0026] 第6の工程S6で第5の工程S5において補修した部位の寸法、品質検査を行う。
- [0027] ここで、前述の第1の工程S1において、ロータ1の損傷部位を完全に除去した上で、整形するのは、後に行なう補修工程での損傷による欠陥の進展や拡大を防止して機器の信頼性を向上させるためである。
- [0028] 損傷部の除去量および除去範囲については、損傷部に発生した損傷深さ、損傷部の面積の程度によって判断する必要があるが、必要最小限の範囲とすることが、強度低下や信頼性低下を防ぐ観点から望ましい。
- [0029] 第1の工程S1で、ジャーナル部1eの補修すべき損傷部位を除去、整形する場合、図2の断面図に示すように、例えば等脚台形状に形成する。具体的には、軸方向の両端部、すなわち、損傷の除去部4aと健全部4bの境界面4cは、底面部と傾斜面部を有する加工形状とする。底面部は、回転軸に対して平行に形成し、傾斜面部(勾配部)4dは底面部の両端側に形成し、かつ底面部を含む延長線に対して45°以下(0°を含まず)の角度で形成する。
- [0030] 第2の工程S2でブラスト処理を行なうことにより、ロータ1の基材表面を均一に粗面化することができると共に、第3の工程S3の高速フレーム溶射による皮膜形成時に発生する境界面4cの欠陥を低減することができ、皮膜の密着性の向上、溶射補修の信頼性向上を図ることができる。
- [0031] 損傷の除去部4aと健全部4bの境界面4cの加工形状を、30°や15°の低角度で傾斜面4dを形成することにより、さらに効果が大きい。

- [0032] なお、傾斜面4dの代りに、円弧面を形成するようにしてもよい。
- [0033] 第1の工程S1で処理した損傷部位の除去、整形した表面を、第2の工程S2のブラスト処理にて粗面化するのは、第3の工程S3における高速フレーム溶射によって吹き付けられた溶射材料がロータ1表面に強固に付着し、形成する皮膜の密着性を向上させるためである。
- [0034] 前述した第2の工程S2におけるブラスト処理時のブラスト材料としては、アルミナやシリカ、ガラスビーズ、軽合金材料、コルク、ゴム等の粒子を用いる。また、ブラスト処理時の圧力は $2\text{kg}/\text{cm}^2 \sim 6\text{kg}/\text{cm}^2$ (0.2～0.6MPa)の空気あるいはガス圧力を用いることにより、ロータ1表面の変形を防止した粗面化ができる。この粗面化を行なうとき、ロータ1基材表面に対し $45^\circ \sim 90^\circ$ のブラスト角度にてブラストすることにより、ロータ1基材表面が三次元的に粗面化することができ、皮膜の密着性向上が図れる。
- [0035] 第3の工程S3において、高速フレーム溶射装置を使用して皮膜形成を実施するのは、音速の2～3倍の速度で溶射材料を吹き付け、ロータ1の基材表面に高速で衝突させて皮膜を形成するためである。このように高速フレーム溶射装置を使用することにより、形成される皮膜は気孔が少なく、緻密で、密着力が高く、粒子間結合力に優れた皮膜を得ることができ、補修による機器の信頼性を向上させることができる。また、音速の2～3倍の速度で溶射材料を吹き付け、ロータ1の基材表面に高速で衝突させて皮膜を形成すると、皮膜にはピーニング効果による圧縮残留応力が生じ、皮膜の割れ、剥離を低減させることができると共に、最大8.0mm以上の厚膜を形成することができる。
- [0036] 第3の工程S3を実施するとき、ロータ1の基材表面に対し溶射角度を $45^\circ \sim 90^\circ$ にて高速フレーム溶射することにより、さらにロータ1の基材への皮膜密着性が向上すると共に、皮膜中には気孔が少なく、より緻密で、粒子間結合力に優れた皮膜を得ることができる。
- [0037] 第4の工程S4で、第3の工程S3により形成した溶射皮膜を機械加工あるいは研磨加工にて仕上げ処理を実施するのは、第3の工程S3の高速フレーム溶射高速フレーム溶射にて元のロータ径例えば図8、図9の1fよりも大きくなるように溶射皮膜を形

成するため、溶射による補修部位の径を元のロータ径1fに戻すためであると共に、ロータ1の設計値の表面粗さに戻すためである。この時、補修部位と元のロータ1の基材表面との境界面に段差がつかないように仕上げることで、信頼性を大きく向上させることができる。

[0038] 第5の工程S5における欠陥などの有無を検査する欠陥検査および第6の工程S6における補修部位の寸法、品質検査は、健全な製品を提供する上で必要な工程であり、欠陥は、皮膜の剥離や亀裂の伝播を助長するもので、補修部の性能を低下させる一因である。このような部位の欠陥を無くすことにより、補修した製品の信頼性向上が図られる。

[0039] 図2は、図1の第3の工程S3である、高速フレイム溶射施工工程にしたがって、図7に示すジャーナル軸受3あるいは図示しないスラスト軸受により回転自在に支承されたロータ1の損傷部4を、次のような高速フレイム溶射装置6を使用して補修した状態を示す図である。高速フレイム溶射装置6は、フレイム6aの速度を600m/sec〜3000m/sec、粒子速度を500m/sec〜2000m/secに調整可能な溶射ガン6bを備えたものである。

[0040] 前述した第3の工程S3である、高速フレイム溶射施工工程の施工条件は、次の通りである。その一例として、商品名JP5000TAFA社製の溶射装置6を用い、ロータの基材がNiCrMoV鋼であって、皮膜すなわち溶射粉末がNiCrMoV鋼で、燃料にケロシンと酸素、4インチガンバレル、酸素流量1850scfh(870l/min)、灯油燃料供給量5.7gph(22l/hr)、燃焼圧力97psi(0.7MPa)、ガン移動速度350mm/sec、粉末供給量40g/min、溶射距離380mmの施工条件にて溶射した。

[0041] このような施工条件でロータの補修を行なう場合であって、第1の工程である、機械加工あるいはグラインダー加工にて損傷部位を除去、整形する際、損傷の除去部4aと健全部4bの境界面4cの加工形状を45°以下(0°を含まず)の角度で傾斜面4dまたは円弧面を形成することで、図3に示すように高速フレイム溶射による皮膜形成時に発生する境界面4cの欠陥発生率を低減することができる。

[0042] 具体的には、図3Aは、高速フレイム溶射装置6による皮膜形成時に発生する境界面4cの欠陥発生率(補修部9のコーナ部の測定箇所5箇所に対する欠陥発生率)を

示している。これに対して、図3Bは、損傷部4の除去部4aと健全部4bの境界面4cにおけるコーナ部の仕上げ角度を 45° を超えるようにした場合の境界面4cにおける断面図であり、この場合にはコーナ一部(矢印に示す部分)に欠陥が発生していた。図3B

図3Cは損傷部位の除去部4aと健全部4bの境界面4cにおける両端溝形状の傾斜面4dの角度(コーナ部の仕上げ角度)を 45° 以下(0° を含まず)とした場合の境界面4cにおける断面図であり、この場合はコーナ一部に欠陥が発生していなかった。図3B、図3Cにおいて、7は除去部4aに溶射した溶射材料であり、8はその溶射皮膜を示し、9は補修部を示している。

- [0043] 図3から明らかなように、補修部9のコーナ部を、傾斜面の角度を 45° 以下(0° を含まず)又は円弧面とすることで、欠陥発生率が10%以下でほとんど欠陥が発生しないことが分る。この結果、欠陥発生率を低減し、溶射皮膜の密着性の向上、溶射補修の信頼性向上を図ることができる。
- [0044] 逆に、コーナ部の傾斜面の角度を 45° を超えるようにすると、欠陥発生率が80%以上となり、コーナ部にかなりの欠陥が発生することが分る。
- [0045] また、用いる溶射材料7としては、補修するロータ1の化学組成と同等および材料特性を有する被覆材料であり、ロータ1の補修10に0.020mmから8.0mmの範囲で溶射皮膜8を形成し、皮膜表面を機械加工あるいは研磨加工により6.5S以下(0Sを含まず、Sは仕上げ粗さを表している)の表面粗さで、所定の厚さに仕上げする。
- [0046] 補修するロータ1の化学組成と同等および材料特性を有する溶射材料7を用いるのは、起動停止時や運転時、異常運転時において、ロータ1の補修部9に発生する応力や熱による変形を防止するためである。また、摺動特性についてもロータ1の基材と同等の性能を得ることができる。すなわち、ロータ1の基材と異なった材料を補修部9に用いた場合には、熱膨張係数や熱伝導率の差による変形や熱応力が発生し、ロータ1回転時の振動発生に繋がり、機器の信頼性が著しく低下することとなる。高速フレイム溶射により厚膜形成ができれば、肉盛溶接と同等の整形機能を有し、ロータ1基材にダメージを与えないで、簡単に損傷部4や誤加工部5の補修を行うことができる。

- [0047] 前述の第3の工程S3で形成した溶射皮膜8を、第4の工程S4で機械加工あるいは研磨加工にて仕上げ処理を実施するのは、機械仕上げを考慮し、高速フレーム溶射にて、図7及び図8に示すように、予め元のロータ径1fよりも大きくなるように溶射皮膜8を形成するため、溶射による補修部位9の径を元のロータ径1fに戻すためであると共に、ロータ1の設計数値6S以下の表面粗さに戻すためである。この時、補修部位9と元のロータ1基材表面との境界面4cに段差がつかないように仕上げる必要がある。
- [0048] 補修時の皮膜厚さについては、図4に示す皮膜に発生するX線残留応力測定結果のように、8.0mmまでは皮膜が圧縮残留応力11bを呈するが、8.0mm以上では皮膜の残留応力11が引張残留応力11a側に移行する。このため、引張側では皮膜の剥離や割れが発生し厚膜形成ができないことが分る。現状、最大8.0mmであり、本範囲内では厚膜化が可能である。
- [0049] 図5は、本発明の第2の実施の形態を説明するための図である。前述した第3の工程S3である、高速フレーム溶射装置6によるロータ1の補修方法10を、現地（補修対象であるロータが設置されているタービン発電機）の発電プラントあるいは補修工場のいずれか1か所、またはこれらの複合した場所にて補修する方法を説明するための図である。図5Aはその正面図であり、図5Bは図5Aの左側面図であり、図5Cは図5Aの右側面図であり、現地補修対象であるロータ1、ロータ回転装置14、溶射皮膜8形成のための溶射ガン6bを備えた高速フレーム溶射装置6、溶射ガン6bをロータ1の回転軸に対して水平方向に移動させる水平方向溶射ガン移動装置15、溶射ガン6bをロータ1の回転軸に対して垂直方向に移動させる垂直方向溶射ガン移動装置16で構成したことを示したものである。なお、用途等によっては、水平方向溶射ガン移動装置15、垂直方向溶射ガン移動装置16のうち、垂直方向溶射ガン移動装置16を備えていない高速フレーム溶射装置6であってもよい。
- [0050] ロータ1の補修方法10については、通常、組み立て工場にて施工するが、補修対象の機器が設置された現地発電プラントにて補修することで、補修の工期短縮、補修コスト低減が可能である。
- [0051] 通常、組み立て工場にて施工する場合には、発電プラントより補修する対象物を梱包し、輸送を行う。国内でも大きな問題となっているが、特に海外からの工場搬入に

においては、梱包、輸送、通関等により工場にて補修を開始するまで最大で例えば2ヶ月以上の日数を要し、プラント運転停止による稼働率低下が発生する。現地プラントにて可能な補修については、現地発電プラントにて補修するのが効果的であり、補修工場あるいは組み立て工場では、必要不可欠な補修事項のみ対応することで、現地補修では最大2週間で補修が完了することができる。

- [0052] また、ロータ1の補修を組み立て工場にて施工した場合、工場設備として設置してある溶射設備を用いることができる。工場設置溶射設備とは、防音室、溶射ロボットおよび制御装置、集塵装置、冷却水チラー、クレーン、ロータ回転装置等である。
- [0053] ところが、現地発電プラントでは、補修のための溶射設備を設置してある発電プラントはほとんど無く、このため、現地発電プラントでのロータ1補修においては、防音室、溶射ロボットおよび制御装置、集塵装置、冷却水チラー、クレーン、ロータ回転装置等を現地発電プラントへ輸送し、現地組み立てを行う必要がある。
- [0054] しかしながら、溶射のための防音室や溶射ロボット、制御装置、防塵装置、ロータ回転装置等は大型で、工場据付型のため、現地発電プラントへの搬入には限界があり、困難な場合が多いのが現状である。
- [0055] このため、現地発電プラントにてロータ1補修可能な溶射設備、特に溶射ロボットに替わる装置が必要である。
- [0056] 図5中には、溶射皮膜8を形成して補修する場合、工場設置溶射ロボットに替わって、ロータ1の回転軸に対して溶射ガン6bを水平方向15aおよび垂直方向16aに任意に移動可能な溶射ガン移動装置15、16に固定して補修することを示したものである。
- [0057] 溶射ガンを水平方向15aおよび垂直方向16aに任意に移動可能な装置として、現地発電プラントへ搬入可能であればロボットを、不可能であればボールネジとステッピングモータを有する駆動機構を用いた溶射ガン移動装置15、16を用いる。
- [0058] このとき、ロータ1の回転軸に対して溶射ガン6bを水平方向15aおよび垂直方向16aに移動する溶射ガン移動テーブル17を具備し、溶射ガン移動速度を0.1mm/secピッチで制御できる装置とする。さらに、溶射補修時、ロータ1を図5(b)に示す矢印14aの方向に回転させながら溶射ガン6bを水平方向15aに移動して溶射にて補修

する。

- [0059] 現地発電プラントにてロータ1補修する場合、回転軸に対して溶射ガン6bを水平方向15aおよび垂直方向16aに任意に移動可能な溶射ガン移動装置15、16に固定して補修するのは、ロータ1の補修部9が限定されていない場合でも任意の位置に溶射ガン6bを移動することができると共に、最適な補修範囲を任意に設定できることにある。特に、垂直方向16aに移動する場合、ロータ径1fの中心に溶射ガン6bを設定する必要があるため、mm単位で調整が可能となり精度の高い溶射補修ができる優れた効果がある。
- [0060] 溶射補修時、ロータ1を回転14aさせながら溶射ガン6bを水平方向15aに移動して溶射補修するのは、ロータ1外周表面に均一に溶射皮膜8を形成するためである。
- [0061] 通常、平面状の溶射はロボットアームに溶射ガン6bを固定し、ロボットのアームを移動させて溶射するのが一般的である。しかしながら、円筒状の表面に溶射する場合には、ロボットのアームを矢印14aの方向に回転させて溶射することが困難なため、円筒状の溶射対象物自体を矢印14aの方向に回転させて溶射させる必要がある。このため、現地発電プラントでの補修においては、ロータ1を矢印14aの方向に回転させることが可能な装置、例えば旋盤のような回転機構を有した回転装置にてロータ1を矢印14aの方向に回転させ、ロータ1補修部9の表面を補修する。これにより、ロータ1外周表面に目的とする溶射皮膜を均一に形成することができ、補修の信頼性を向上させることができる。
- [0062] ボールネジとステッピングモータを有する駆動機構を用いた溶射ガン移動装置15、16を用いるのは、溶射ガン移動速度を0.1mm/secピッチで制御できるためであり、溶射ガン6b移動時のぶれ、振動を防止し、連続で安定した移動を溶射ガン6bに与えることができる。
- [0063] また、溶射ガン移動速度を通常使用される250〜400mm/sec. の範囲に設定するためには、補修対象とするロータ径1fの変化によってその都度、補修対象とするロータ1回転数、溶射ガン移動速度を変える必要がある。このとき、溶射ガン移動速度を1mm/secピッチで制御することで、ほとんどのロータ径1fに対応することが可能となる。

[0064] 図6は、本発明の第3の実施の形態の現地発電プラント補修用に、溶射ガン6b、溶射ガン移動装置15、16、簡易防音室19、冷却水チラー20、集塵装置21、発電機22、ブラスト装置23にて構成した溶射補修システム24を移動可能な自動車25に搭載し、現地で簡便に補修10することを示した図である。

[0065] これによって、自動車25に搭載した溶射補修システム24を輸送するだけで、国内で輸送機関の不便な地域や、海外現地における交通手段や輸送手段の手配に労力を費やすことが不要で、短期間で現地発電プラントを対象とした補修工事が可能となる。

産業上の利用可能性

[0066] 本発明は、水車、ガスタービン、蒸気タービン等のロータや発電機等のロータを補修する際に利用可能である。

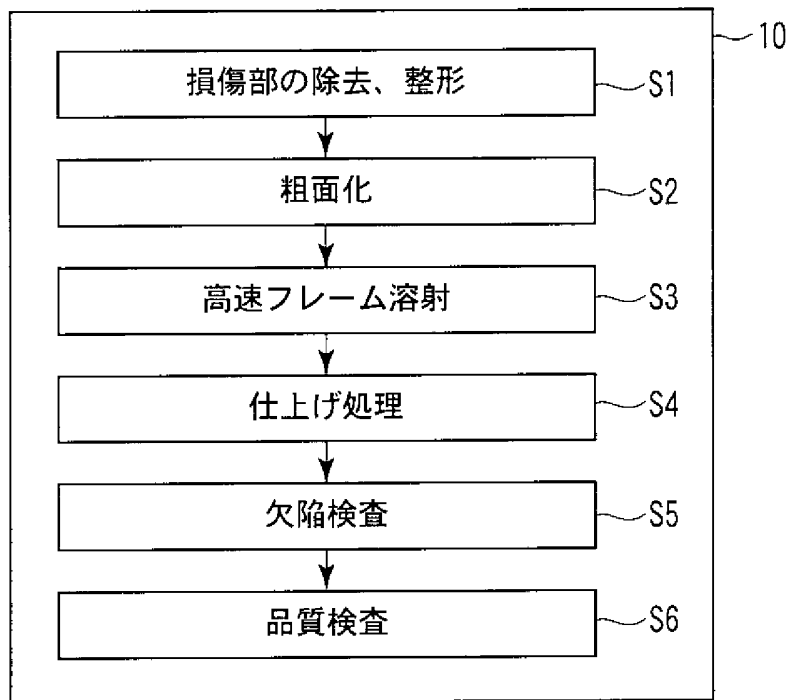
請求の範囲

- [1] 軸受にて回転自在に支承されたロータの補修すべき損傷部に対して、フレーム速度が600m/sec〜3000m/sec、粒子速度が500m/sec〜2000m/secを有する高速フレーム溶射装置にて溶射皮膜を形成して前記損傷部を補修することを特徴とするロータの補修方法。
- [2] 前記ロータの損傷部に対して、溶射皮膜を形成して補修する場合、前記ロータの損傷部の化学組成と同等および材料特性を有する溶射補修材料を用いることを特徴とする請求項1記載のロータの補修方法。
- [3] 前記ロータの損傷部に対して、溶射皮膜を形成して補修する場合、前記ロータの損傷部に0.05mmから8.0mmの範囲で溶射皮膜を形成することを特徴とする請求項1記載のロータの補修方法。
- [4] 前記ロータの損傷部に対して、溶射皮膜を形成して補修する場合、予め前記補修すべき部位を機械加工あるいはグラインダー加工にて下地整形後、ブラスト処理にて粗面化することを特徴とする請求項1記載のロータの補修方法。
- [5] 前記機械加工あるいは前記グラインダー加工にて補修する部位を下地整形する場合、前記補修部の両端溝形状を45°以下(0°を含まず)の角度で勾配あるいは円弧を形成することを特徴とする請求項4記載のロータの補修方法。
- [6] 前記ロータの損傷部に対して、溶射皮膜を形成して補修する場合、予め前記皮膜形成後に皮膜表面を機械加工あるいは研磨加工により6.5S以下(0Sを含まず)に仕上げすることを特徴とする請求項1記載のロータの補修方法。
- [7] 前記ロータの損傷部に対して、溶射皮膜を形成して補修する場合、前記ロータが設置されている発電プラントあるいは補修工場の少なくとも1か所、またはこれらの複合した場所にて補修することを特徴とする請求項1記載のロータの補修方法。
- [8] 前記ロータの損傷部に対して、溶射皮膜を形成して補修する場合、前記ロータを回転させながら前記高速フレーム溶射装置に有する溶射ガンを水平方向に移動して溶射することを特徴とする請求項1記載のロータの補修方法。
- [9] 前記ロータの損傷部に対して、溶射皮膜を形成して補修する場合、前記ロータの回転軸に対して前記高速フレーム溶射装置に有する溶射ガンを水平方向および垂直

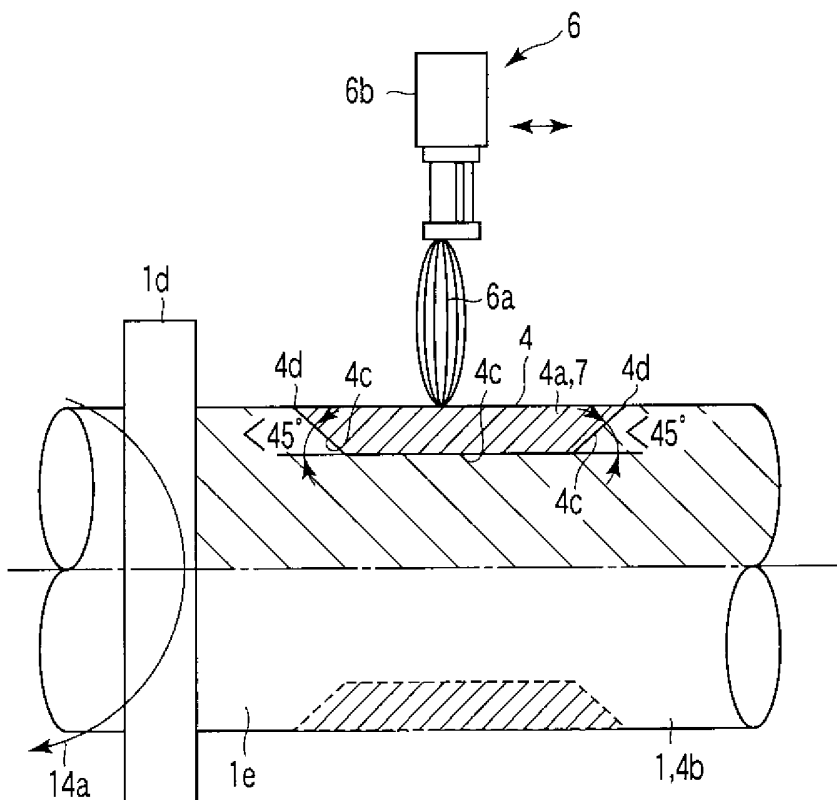
方向に任意に移動可能な装置に固定して補修することを特徴とする請求項1記載のロータの補修方法。

- [10] 前記高速フレーム溶射装置に有する溶射ガンを水平方向および垂直方向に任意に移動可能な装置として、ロボットあるいはボールネジおよびステッピングモータを有する駆動機構を用いることを特徴とする請求項9記載のロータの補修方法。
- [11] 前記ロータの回転軸に対して溶射ガンを水平方向および垂直方向に移動する場合、 0.1mm/sec ピッチの移動速度にて制御することを特徴とする請求項10記載のロータの補修方法。
- [12] 補修対象であるロータを回転させながら、前記ロータの補修すべき部位に溶射皮膜を形成するための溶射ガンを備えた溶射装置と、
前記溶射ガンを前記ロータの回転軸に対して水平方向、又は及び垂直方向に 0.1mm/sec ピッチの移動速度にて移動させる移動装置と、
を具備したロータ補修装置。

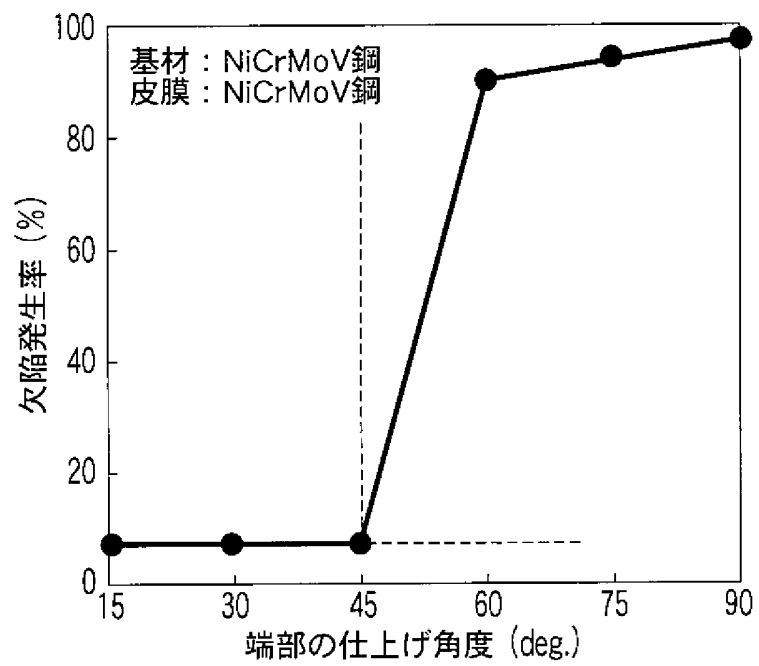
[図1]



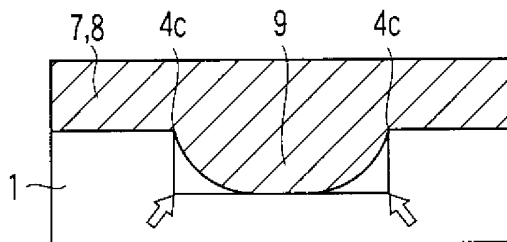
[図2]



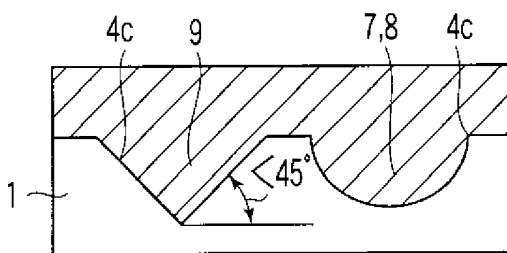
[図3A]



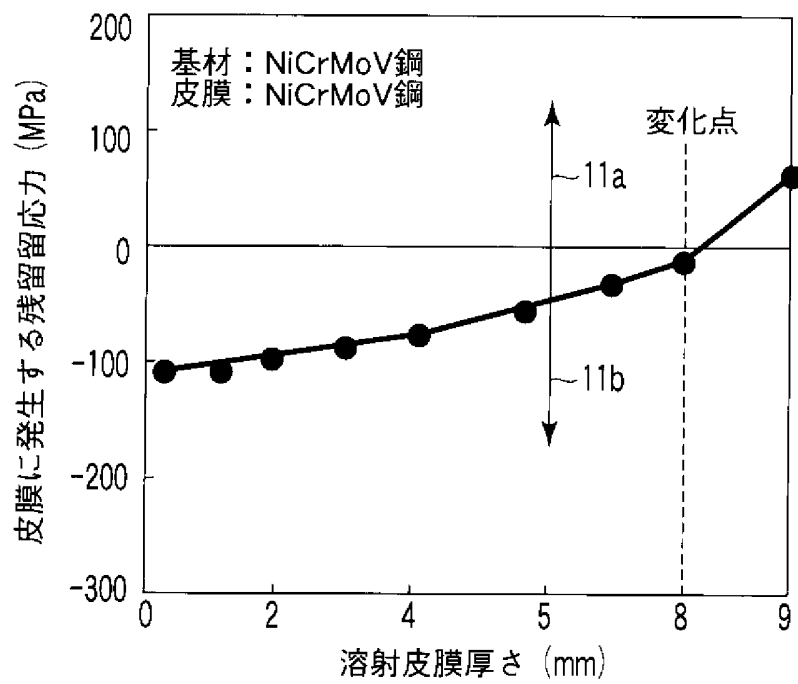
[図3B]



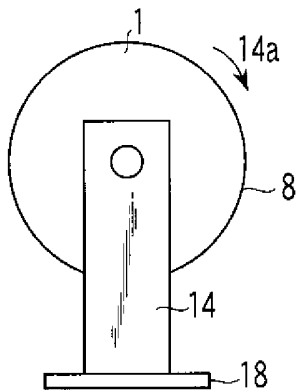
[図3C]



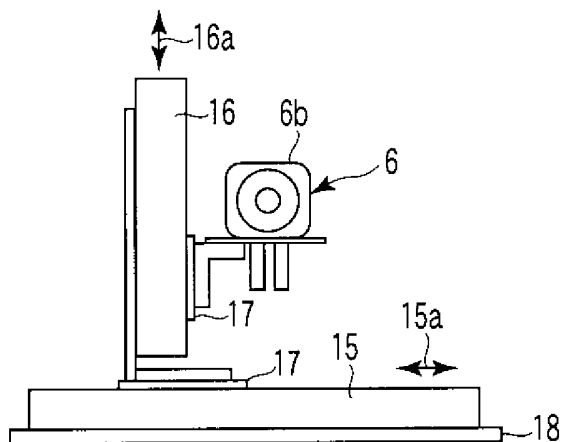
[図4]



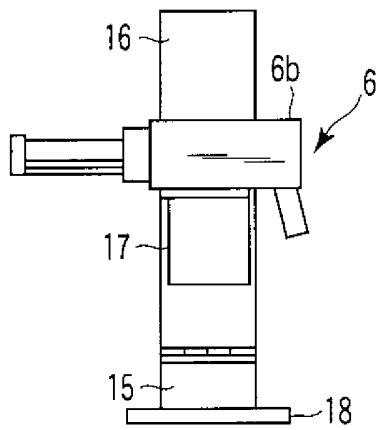
[図5A]



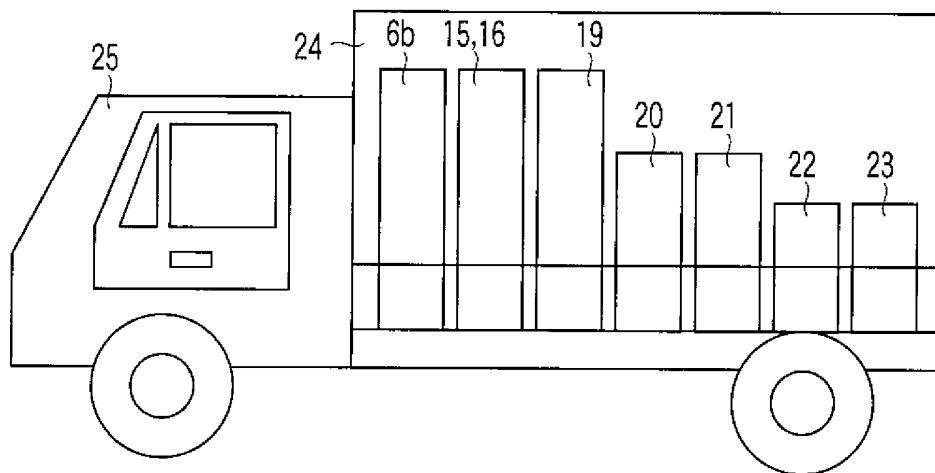
[図5B]



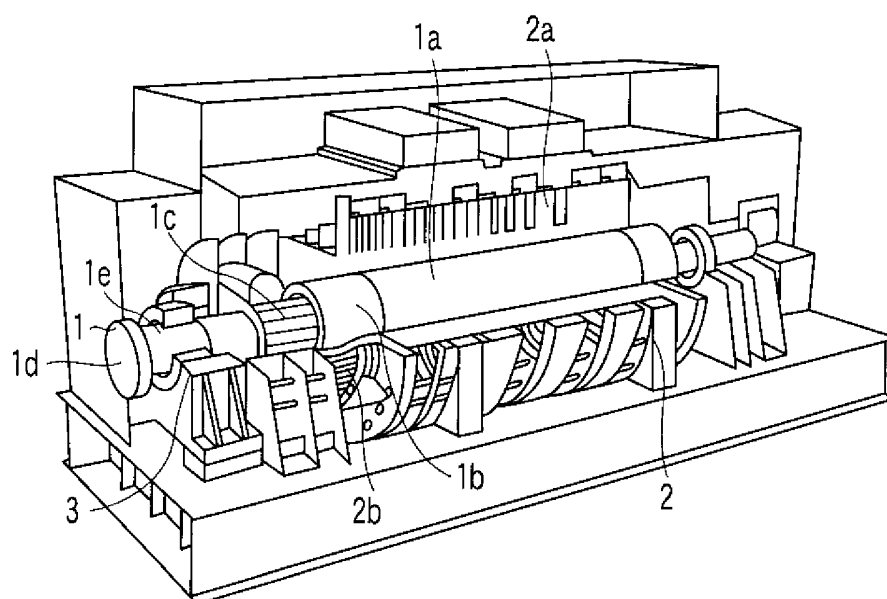
[図5C]



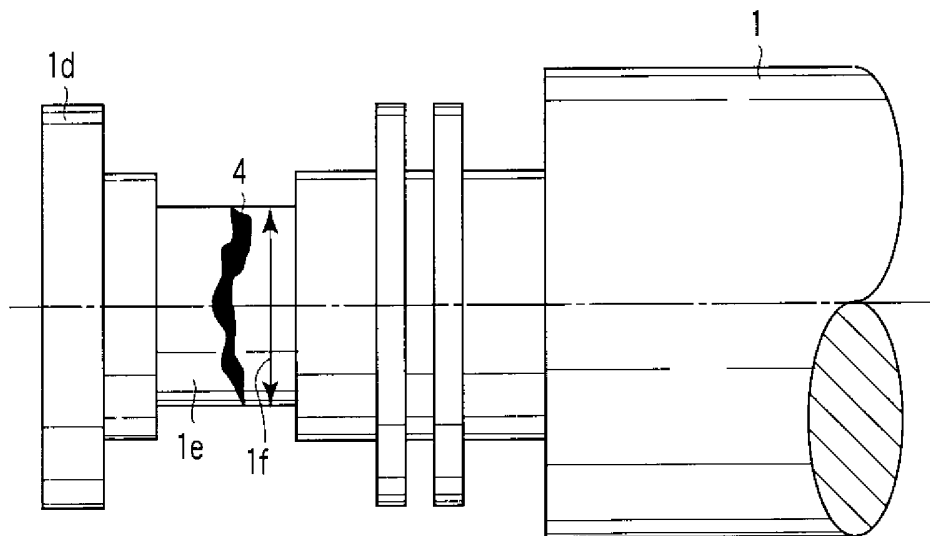
[図6]



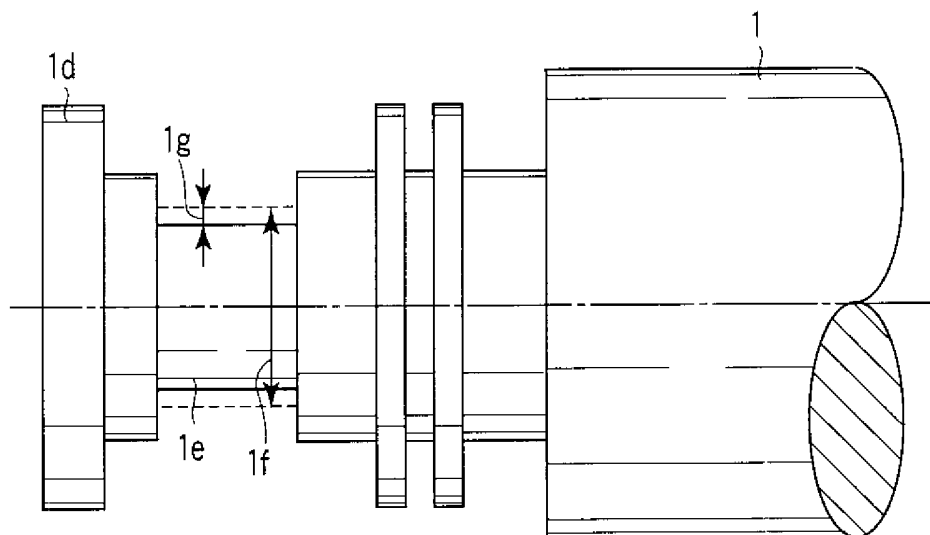
[図7]



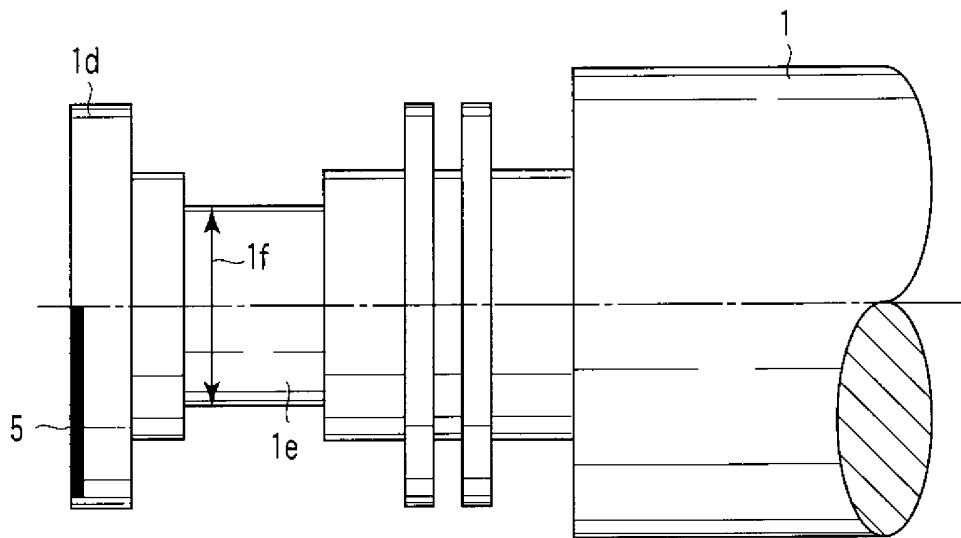
[図8A]



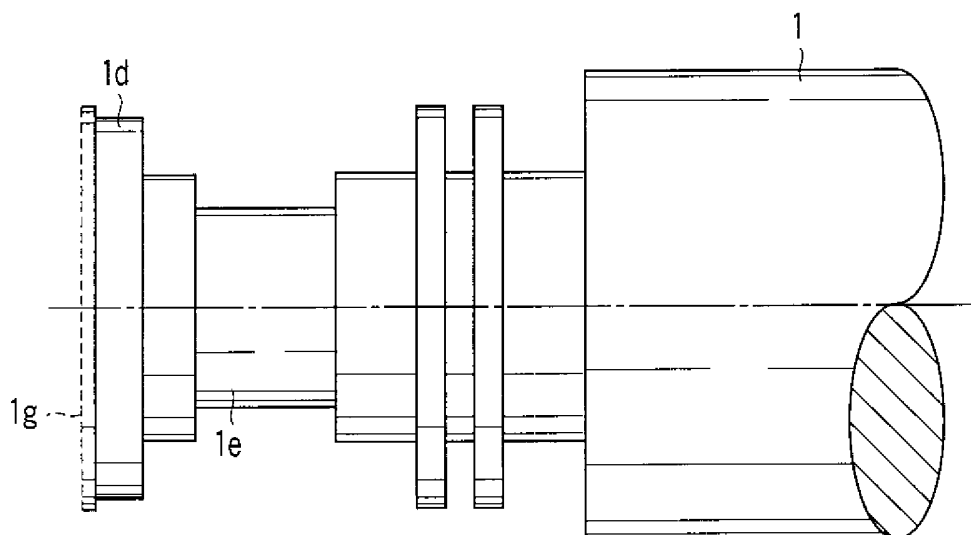
[図8B]



[図9A]



[図9B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/012061

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ C23C4/00, B23K9/04, 9/00		
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) Int.Cl ⁷ C23C4/00, B23K9/00-9/04		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1408134 A1 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 14 April, 2004 (14.04.04), Claims & JP 2002-371346 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 26 December, 2002 (26.12.02), Claims	1-12
Y	JP 2002-309999 A (Toei Giko Kabushiki Kaisha), 23 October, 2002 (23.10.02), Par. No. [0015] (Family: none)	1-12
☒ 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 19 November, 2004 (19.11.04)		Date of mailing of the international search report 07 December, 2004 (07.12.04)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/012061

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-240624 A (Nippon Yutekku Kabushiki Kaisha), 07 September, 1999 (07.09.99), Claims (Family: none)	1-12
Y	JP 54-45638 A (Shin'ichiro NAKAGUCHI), 11 April, 1979 (11.04.79), Claims (Family: none)	1-12
Y	JP 2004-18983 A (The Kansai Electric Power Co., Inc.), 22 January, 2004 (22.01.04), Claims (Family: none)	1-12
Y	JP 2002-105666 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 10 April, 2002 (10.04.02), Claims (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl⁷ C 23 C 4/00、B 23 K 9/04、9/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl⁷ C 23 C 4/00、B 23 K 9/00-9/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP 1408134 A1 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 2004.04.14, Claims & JP 2002-371346 A (三菱重工株式会社), 2002.12.26, 特許請求の範囲	1-12
Y	JP 2002-309999 A (東栄技工株式会社), 2002.10.23, 【0015】 (ファミリーなし)	1-12
Y	JP 11-240624 A (日本ユテック株式会社), 1999.09.07, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-12
Y	JP 54-45638 A (中口信一郎), 1979.04.11, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19.11.2004

国際調査報告の発送日

07.12.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小柳 健悟

4 E

8 4 1 7

電話番号 03-3581-1101 内線 3423

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2004-18983 A (関西電力株式会社) , 2004.01.22, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-12
Y	J P 2002-105666 A (三菱重工業株式会社) , 2002.04.10, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-12