

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年10月5日(05.10.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/170731 A1

- (51) 国際特許分類:
C23F 1/08 (2006.01) *C25D 7/00* (2006.01)
B33Y 10/00 (2015.01) *F04D 29/28* (2006.01)
C23C 18/31 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/012990
- (22) 国際出願日: 2017年3月29日(29.03.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-065617 2016年3月29日(29.03.2016) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES COMPRESSOR CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080014 東京都港区芝五丁目3番6号 Tokyo (JP). 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 石橋 佑典 (ISHIBASHI, Yusuke); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 川澄 草介

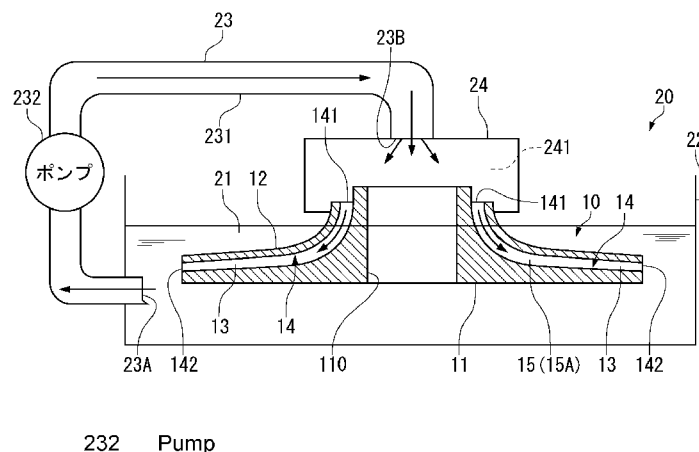
(KAWASUMI, Sosuke); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 中庭 彰宏 (NAKANIWA, Akihiro); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 大場 充, 外 (OBA, Mitsuru et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町1丁目4番3号 KMビル8階 大場国際特許事務所 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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

(54) Title: IMPELLER MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: インペラ製造方法



(57) Abstract: The present invention reduces the time required for a smoothing step performed through polishing, etc., so as to improve the efficiency in manufacturing, from molding to smoothing of an impeller. The impeller manufacturing method according to the present invention comprises a molding step S1 for molding an impeller 10 by thermal fusion laminate molding; and a chemical polishing step S2 for polishing a wall 15 that defines a flow channel 14 included in the impeller 10 by bringing a polishing liquid 21 into contact with the wall. In the chemical polishing step S2, fluidity is imparted to the polishing liquid 21 within the flow channel 14. In the chemical polishing step S2, it is preferable for the polishing liquid 21 within the flow channel 14 to be imparted with fluidity by using a device equipped with: a polishing liquid tank 22 for storing the polishing liquid 21 and housing the impeller 10 therein; a channel 23 through which the polishing liquid 21 held in the polishing liquid tank 22 is supplied under pressure; and a supply part 24 which constitutes a terminal end of the channel 23, and which supplies the polishing liquid 21 to an inlet port 141 of each of a plurality of channels 14.

(57) 要約:

[続葉有]



ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (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, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

研磨等により平滑化する工程に要する時間を抑えて、インペラの成形から平滑化までを含めた製造効率を改善すること。本発明のインペラの製造方法は、熱熔融積層造形によりインペラ 10 を成形する成形工程 S1 と、インペラ 10 が有する流路 14 を区画する壁 15 を研磨液 21 と接触させて研磨する化学研磨工程 S2 とを備える。化学研磨工程 S2 では、流路 14 内の研磨液 21 に流動を与える。化学研磨工程 S2 では、研磨液 21 を貯留し、インペラ 10 を収容する研磨液槽 22 と、研磨液槽 22 内の研磨液 21 を圧送する経路 23 と、経路 23 の終端を構成し、研磨液 21 を複数の流路 14 の各々の入口 141 に供給する供給部 24 とを備えた装置を用いて流路 14 内の研磨液 21 に流動を与えることが好ましい。

明 細 書

発明の名称： インペラ製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、インペラの製造方法に関する。

特に、湿式研磨等により平滑化処理を行うインペラ製造方法に関する。

背景技術

[0002] 遠心圧縮機、遠心送風機、遠心ポンプ等の遠心回転機に、ハブと、シュラウドと、複数のブレードとを備えたインペラ（羽根車）が使用されている。

インペラには、ハブと、シュラウドと、隣り合うブレードとで囲まれた流路が形成されている。この流路は、圧縮効率等を考慮して、３次元的に湾曲した複雑な形状に設計されている。インペラには、一般に、高い形状精度と、表面粗さが微小であることが要求される。

[0003] インペラの製造方法に関し、複数の部位に分割して製作されたピース同士を溶接することが従来行われてきたが、溶接品質の確保が難しいので、近年では、金属材料の塊から放電加工により一体成形することが多い。放電加工の際には、流路の形状に合わせた電極を使用して流路を彫り進める。放電加工を行うと、表面に形成された変質層を、例えば酸洗により除去しなくてはならない。

[0004] ところで、流体の流速エネルギーを圧力エネルギーに変換するインペラには、摩擦損失を抑えて所定の圧縮効率を実現するために、流路の壁面の高い平滑性が要求される。流路の壁面に要求される表面粗さは非常に小さい。

そのため、成形されたインペラの流路壁面を表面粗さの要求値にまで仕上げる研磨工程が不可欠である（特許文献１，２）。

特許文献１では、インペラの流路内に、流路に倣う形状の研磨用ノズル部材を挿入し、ノズル部材に形成された孔から流路の壁面に向けて研磨液を噴出している。

特許文献２では、インペラを研磨液に浸漬し、流路内に挿入されたノズル

部材の孔から研磨液を吸引している。特許文献 1, 2 のいずれも、研磨液とインペラに用いられた金属との化学反応により発生する水素ガスの気泡を、ノズル部材の孔を通る研磨液の噴流エネルギーにより流路の壁面から剥がすことで、研磨加工面のうねりを防いで平滑化を図っている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開 2013-170499 号公報

特許文献2：特開 2013-170500 号公報

特許文献3：特表 2015-510979 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 放電加工等により成形されたインペラの表面を表面粗さの要求値に研磨することはできても、その研磨工程に時間が掛かる。

研磨工程が長時間に及ぶと、流路内の研磨液の流れの速いところと遅いところとで研磨量に相違が生じ、それが研磨のムラに繋がってしまう。

[0007] 以上より、本発明は、研磨等により平滑化する工程に要する時間を抑えて、インペラの成形から平滑化までを含めた製造効率を改善することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] インペラへの要望は、適用される遠心回転機械の仕様等に応じて多岐にわたり、しかも増え続けている。

勿論、コストの抑制も望まれている。インペラの放電加工には、流路の形状に合わせた電極が必要であり、放電加工用の電極がコストアップの要因となる。

そのような状況下で、本発明の発明者らは、金属粉体を用いる熱溶融積層造形に着目した。熱溶融積層造形は、金型を用いず、断面データに基づいて金属粉体を溶融、凝固させた層を積層することにより、3次元の部材を成形

する技術である。金型を用いないので、形状変更等に対応し易く、コストも抑えられる。

現状、熱源として電子ビームを用いる積層造形によりインペラを一体成形することが提案されている（特許文献3）。

[0009] ここで、熱溶融積層造形により成形されたインペラの流路の壁の表面粗さは、鋳造や放電加工により成形されたインペラの流路の壁の表面粗さ（例えば表面粗さ R_a が $25\ \mu\text{m}$ 程度）と比べて悪くない。

[0010] そこでなされた本発明のインペラの製造方法は、熱溶融積層造形によりインペラを成形する成形工程と、インペラが有する流路を区画する壁を研磨液と接触させて研磨する化学研磨工程と、を備え、化学研磨工程では、流路内の研磨液に流動を与えることを特徴とする。

[0011] 本明細書において「熱溶融積層造形」は、3次元データを構成する断面データに基づいて、所定のターゲット面に供給された粉体を溶融させ、その後凝固させることで形成される層を順次積層することによって3次元の部材を成形することをいうものとする。

[0012] 本発明のインペラ製造方法において、化学研磨工程では、研磨液を貯留し、インペラを収容する研磨液槽と、研磨液槽内の研磨液を圧送する経路と、経路の終端を構成し、研磨液を複数の流路の各々の入口に供給する供給部と、を備えた装置を用いて、流路内の研磨液に流動を与えることが好ましい。

[0013] 本発明のインペラ製造方法において、化学研磨工程では、研磨液に浸漬された状態でインペラを使用時の回転の向きと同じ向きに回転させることで、流路の入口から出口に向かう流動を流路内の研磨液に与えることが好ましい。

[0014] 本発明のインペラ製造方法において、化学研磨工程では、研磨液に浸漬された状態でインペラを使用時の回転の向きとは逆向きに回転させることで、流路の出口から流路内に入り込んだ研磨液を流路の入口に向けて流すことが好ましい。

[0015] 本発明のインペラの製造方法は、熱溶融積層造形によりインペラを成形す

る成形工程と、インペラが有する流路を区画する壁にめっき液を接触させて無電解めっきを施す無電解めっき工程と、を備え、無電解めっき工程では、流路内のめっき液に流動を与えることを特徴とする。

[0016] 本発明のインペラ製造方法において、無電解めっき工程では、めっき液を貯留し、インペラを収容するめっき液槽と、めっき液槽内のめっき液を圧送する経路と、経路の終端を構成し、めっき液を複数の流路の各々の入口に供給する供給部と、を備えた装置を用いて、流路内のめっき液に流動を与えることが好ましい。

[0017] 本発明のインペラ製造方法において、無電解めっき工程では、めっき液に浸漬された状態でインペラを使用時の回転の向きと同じ向きに回転させることで、流路の入口から出口に向かう流動を流路内のめっき液に与えることが好ましい。

[0018] 本発明のインペラ製造方法において、無電解めっき工程では、めっき液に浸漬された状態でインペラを使用時の回転の向きとは逆向きに回転させることで、流路の出口から流路内に入り込んだめっき液を流路の入口に向けて流すことが好ましい。

[0019] 本発明のインペラの製造方法は、熱溶融積層造形によりインペラを成形する成形工程と、インペラが有する流路を区画する壁に電気めっきを施す電気めっき工程と、を備えることを特徴とする。

[0020] 本発明のインペラの製造方法は、熱溶融積層造形によりインペラを成形する成形工程と、インペラが有する流路を区画する壁に樹脂材料を用いて被膜を施す被膜処理工程と、を備えることを特徴とする。

[0021] 本発明のインペラの製造方法は、熱溶融積層造形によりインペラを成形する成形工程と、インペラが有する流路を区画する壁に耐エロージョン性を付与する被膜を施す耐エロージョン被膜形成工程と、を備えることを特徴とする。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、化学研磨、無電解めっき、電気めっき、および樹脂被膜

処理のいずれかによって、流路の壁の表面全域に亘り平滑化することができる。

ここで、熱溶融積層造形により成形された壁の表面粗さに基づけば、上記のいずれかの平滑化工程により、インペラの流路の壁に要求される表面粗さ以下に容易に到達させることができる。

したがって、熱溶融積層造形によりインペラを成形する成形工程と、そのインペラの流路の壁を平滑化する工程とを備えた本発明によれば、熱溶融積層造形以外の方法で成形されたインペラの流路の壁を平滑化する場合と比べて、インペラの成形から、同じ表面粗さに平滑化するまでの全体の製造効率を改善することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]第1実施形態に係るインペラの平面図である。

[図2]図1に示すインペラのII-II線矢視図である（流路に沿った断面図）。

[図3]図1に示すインペラの製造に用いられる積層造形装置を示す図である。

[図4]第1実施形態において流路壁面の化学研磨に用いられる装置の概略構成を示す図である。

[図5]第1実施形態に係るインペラを製造する手順を示す図である。

[図6]第2実施形態に係る化学研磨装置を示す模式図である。

[図7]第3実施形態に係る化学研磨装置を示す模式図である。

[図8]第4実施形態に係るインペラを製造する手順を示す図である。

[図9]第5実施形態に係るインペラを製造する手順を示す図である。

[図10]第6実施形態に係るインペラを製造する手順を示す図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、添付図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。

〔第1実施形態〕

まず、図1および図2を参照し、インペラ10の基本的な構成を簡単に説明する。

インペラ10は、遠心圧縮機等の遠心回転機械に備えられており、回転軸

10A（図2）に組み付けられる。

遠心圧縮機は、典型的には、同軸に配置される複数のインペラ10を備えており、それらのインペラ10によりエア等の気体が順次圧縮される。

[0025] インペラ10は、図1および図2に示すように、軸孔110に回転軸10Aが通されるハブ11と、ハブ11の表面に所定の間隔をおいて対向するシュラウド12と、複数のブレード13とを備えている。ハブ11とシュラウド12との間の空間が複数のブレード13で仕切られることにより、複数の流路14（図1）が形成されている。

各流路14は、ハブ11と、シュラウド12と、隣り合うブレード13、13との間に区画されている。流路14を区画していて、気体が接触する壁15は、ハブ11と、シュラウド12と、ブレード13とにより構成されている。

各流路14は、図2に示すように、インペラ10の内周側に位置する入口141と、インペラ10の外周側に位置する出口142とを有している。

[0026] ブレード13と、ブレード13、13間の流路14は、図1および図2に示すように、インペラ10の径方向および軸方向のいずれに対しても湾曲した形状となっている。

インペラ10が、図示しない駆動部により、矢印10R（図1）の向きに回転されると、流路14内の気体が遠心力により加速されるため、入口141から流路14内に気体が吸入され、図1に矢印Fで示す向きに流路14を流れつつ圧縮され、出口142から排出される。

[0027] インペラ10は、例えば、低合金鋼、ステンレス鋼、チタン合金等を用いて熱溶融積層造形により成形されている。

低合金鋼は、例えば、Ni-Cr-Mo鋼、Cr-Mo鋼等である。ステンレス鋼は、例えば、析出硬化型ステンレス鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼、二相ステンレス鋼等である。

[0028] 流路14の壁15における摩擦損失を抑えるため、壁15の表面15Aには高い平滑性が要求される。そのため、成形されたインペラ10の流路14

の壁 15 を研磨することで、表面粗さの要求値にまで仕上げている。

[0029] 図 1 および図 2 に示すように、流路 14 の壁 15 の表面 15 A は、ハブ 11 の表面 11 A と、シュラウド 12 の内側の面 12 A と、ブレード 13 の腹側の面 13 A と、それに対向するブレード 13 の背側の面 13 B とから構成されている。ブレード 13 の腹側の面 13 A が、そのブレード 13 の隣りのブレード 13 の背側の面 13 B に向けて突き出している。

[0030] 図 3 を参照し、インペラ 10 の成形に用いることのできる積層造形装置 30 について説明する。

積層造形装置 30 は、高エネルギーの熱源である電子ビーム（電子線）を使用した熱熔融積層造形により、インペラ 10 を成形する。

積層造形装置 30 は、電子ビーム EB をターゲット面 Tg に向けて導く電子ビーム導路 31 と、電子ビーム EB の照射により起こる溶融と、凝固とを経て造形物 W（インペラ 10）が成形されるチャンバ 32 と、3次元データに基づいて積層造形装置 30 の各部を制御する制御装置 33 とを備えている。

電子ビーム導路 31 およびチャンバ 32 の内部は、外部の大気圧に対して所定の真空度にまで減圧されている。そのため、使用材料の酸化を抑えることができる。

[0031] 電子ビーム導路 31 は、電子ビーム EB を放出する電子ビーム発生源 311 と、いずれも電子ビーム EB の周りに配置される焦点コイル 312 および偏向コイル 313 を有している。

チャンバ 32 の内部空間には、電子ビーム EB が照射されるターゲット面 Tg が設定されている。ターゲット面 Tg は水平な平面である。

チャンバ 32 の内部には、金属粉体 201 をターゲット面 Tg に供給するホッパ 34 と、造形物 W を支持する可動テーブル 36 とが備えられている。

造形物 W の残留応力を考慮し、必要に応じて、造形物 W を加熱する加熱装置をチャンバ 32 内に設けて温度制御を行うことができる。

[0032] 次に、図 4 を参照し、インペラ 10 の流路 14 の壁 15 の研磨に用いるこ

とのできる装置 20 について説明する。本実施形態では、この装置 20 を使用し、流路 14 の壁 15 を研磨液と接触させて化学反応を生じさせることで研磨する（化学研磨）。化学研磨は、電界研磨とは違って電極を使用しないので、流路 14 の形状に倣う湾曲した電極を、インペラ 10 の流路 14 の形状に合わせてその都度製作する必要がない。

[0033] 本実施形態の研磨装置 20 は、図 4 に示すように、研磨液 21 を貯留し、インペラ 10 を収容する研磨液槽 22 と、研磨液槽 22 内から研磨液 21 を汲み上げて圧送する経路 23 と、経路 23 の終端を構成し、研磨液 21 をインペラ 10 の複数の流路 14 のそれぞれに供給する供給部 24 とを備えている。

研磨装置 20 には、研磨液 21 の管理や補充を行う図示しない装置を必要に応じて設けることができる。

[0034] 研磨液槽 22 内で、インペラ 10 は図示しない部材により水平に支持されている。出口 142 が下、入口 141 が上となる向きで、インペラ 10 は安定して支持されており、インペラ 10 の軸線は鉛直方向に沿っている。なお、後述するように流路 14 内の研磨液 21 に与えられる流動が妨げられない限り、インペラ 10 が水平面に対して傾斜して配置されていてもよい。

研磨液 21 は、インペラ 10 の流路 14 の出口 142 よりも上方の液位にまで研磨液槽 22 内に貯留されている。

[0035] 研磨液 21 としては、酸、アルカリ、および塩を成分に含むものを用いることができる。研磨液 21 の成分と流路 14 の壁 15 との酸化還元反応により、壁 15 の表面部分が溶解されることで研磨される。インペラ 10 に炭素鋼が用いられている場合は、研磨液 21 として、例えば、 H_2O_2 を 8 w t % および NH_4HF を 4 w t % 含むものを用いることができる。

[0036] 圧送経路 23 は、研磨液槽 22 内と供給部 24 とを結ぶ配管 231 と、配管 231 を通じて研磨液 21 を研磨液槽 22 から汲み上げて圧送するポンプ 232 とを備えている。

研磨液 21 の成分の管理や補充を行う図示しない装置を圧送経路 23 に設

けることもできる。

[0037] 配管 231 は、研磨液槽 22 内の研磨液 21 を流入させる流入部 23A と、供給部 24 へと研磨液 21 を流出させる流出部 23B とを有している。

流入部 23A は、研磨液槽 22 内の研磨液 21 の液位よりも下方に位置している。

流出部 23B は、インペラ 10 よりも上方から研磨液 21 を下方に向けて流出させる。

[0038] 供給部 24 は、配管 231 から研磨液 21 を受け入れ、インペラ 10 の複数の流路 14 に分配する。供給部 24 は、研磨液 21 を一旦受け入れ可能であって各流路 14 の入口 141 に通じている内部空間 241 を有している。

[0039] 研磨液槽 22 内の研磨液 21 が圧送経路 23 により汲み上げられて供給部 24 によりインペラ 10 の流路 14 に供給されるので、インペラ 10 の全体が研磨液 21 に浸漬されていない場合であっても、流路 14 の壁 15 の表面 15A の全域が研磨液 21 に接触している。

[0040] 以下、インペラ 10 を製造する方法について説明する。

インペラ 10 は、図 5 に示すように、熱溶融積層造形による成形工程 S1 と、研磨液 21 を用いる化学研磨工程 S2 とを経て製造される。

まず、成形工程 S1 では、図 3 に示す積層造形装置 30 の制御装置 33 による制御の下、ホッパ 34 からターゲット面 Tg へと、材料である金属粉体 201 を供給する（粉体供給ステップ S11）。金属粉体 201 は、所定の厚みでターゲット面 Tg に敷き詰められる。必要に応じて、ターゲット面 Tg と平行に移動可能なレーキアーム（図示しない）を使用することができる。

[0041] 続いて、断面データに基づいて、ターゲット面 Tg 内に特定された範囲にだけ電子ビーム EB を照射する（電子ビーム照射ステップ S12）。このとき、制御装置 33 により焦点コイル 312 および偏向コイル 313 が電磁的に制御されることにより、ターゲット面 Tg 内における特定範囲を電子ビーム EB が高速で走査する。金属粉体 201 は、電子ビーム EB が入射した位

置で局所的に溶融し、電子ビームEBが通過した後に凝固する。

適宜な加熱装置あるいは出力の低い電子ビームEBにより、溶融する前の金属粉体201を予熱することもできる。

[0042] ターゲット面Tg内において特定された範囲の全域への電子ビームEBの照射を終えたならば、金属粉体201の溶融および凝固を経て、ターゲット面Tgに層Lyが形成されている。

そして、可動テーブル36を層Lyの厚みの分だけ下げて、完成した層Lyをターゲット面Tgから退避（オフセット）させるように移動させる（移動ステップS13）。ターゲット面Tgは、直前に形成された層Lyの表面に設定されることとなる。

[0043] 以上のステップS11～S13を、各層Lyの積層が完了するまで繰り返す。積層された層Lyは互いに密着した状態に結合されているため、インペラ10が一体に成形される。

積層される複数の層Lyの各々の厚みは一定である。各層Lyの厚みは、例えば、 $10\mu\text{m}$ ～ $50\mu\text{m}$ の範囲から、適宜な値に定められる。

造形物W（インペラ10）の周囲や、流路14および軸孔110の内側に相当する位置に供給された金属粉体201は、電子ビームEBが照射されていないため凝固していない。それらの金属粉体201を回収し、再度利用することができる。

以上により成形されたインペラ10の流路14の壁15の表面粗さRaは、例えば、 $25\mu\text{m}$ ～ $40\mu\text{m}$ 程度である。

本明細書において「表面粗さRa」は、JIS B 0601-2001に基づくものをいう。

[0044] 次に、化学研磨工程S2により、流路14の壁15の表面15Aに要求される表面粗さRa以下にまで壁15を研磨する。要求される表面粗さRaは、例えば、 $1.5\mu\text{m}$ ～ $2.5\mu\text{m}$ である。したがって、一例として、積層造形により成形された未研磨の壁15の表面粗さRaと、研磨後の壁15の表面粗さRaとの差は、例えば、 $37.5\mu\text{m}$ 以下である。

[0045] 化学研磨工程S2では、図4に示すように、研磨液21にインペラ10が浸漬された状態で、ポンプ232を作動させる。すると、研磨液槽22内の研磨液21が圧送経路23を通じて供給部24へと至り、複数の流路14にそれぞれ供給される。研磨液21は、各流路14内を流れ落ちて出口142から研磨液槽22内へと流出する。以上のように研磨液21が流れる回路が構成されていることにより、複数の流路14内の研磨液21には流動が与えられている。複数の流路14のそれぞれにおいて、研磨液21が流動しながら流路14の壁15の表面全体に接触しているので、研磨液21の成分と流路14の壁15との酸化還元反応が壁15の表面全域に亘り均一に進行し、壁15の表面部分が溶解されて除去される。これをもって壁15の表面部分が均一に研磨される。

[0046] 研磨液21の成分と壁15との酸化還元反応に伴い、研磨液21中に水素ガスの気泡が発生するが、研磨液21の流れにより水素ガスの気泡が押し流されるので、水素ガスの壁15への付着を避け、研磨液21を流路14の壁15に均一に接触させることができる。そのため、流路14の壁15の表面にうねりが生じず、壁面が平滑化される。

また、研磨液21の流れにより水素ガスの気泡が押し流されることで、壁15への水素吸蔵を抑止することができる。

[0047] インペラ10の流路14が複雑な形状に構成されているとしても、インペラ10の流路14の壁15の表面全域を研磨液21に浸漬し、流路14内の研磨液21に流動が与えられていることにより、流路14の奥も含め、壁15の表面15A全体を研磨して平滑化することができる。

[0048] 上述したように、熱溶融積層造形により成形された壁15の表面粗さRaは例えば、25～40 μ m程度であり、鋳造や放電加工により成形されたインペラの流路の壁の表面粗さ（例えば25 μ m程度）と比べて悪くない。

そのため、化学研磨工程S2により、インペラ10の流路14の壁15に要求される表面粗さRa以下に容易に到達させることができる。

研磨液21の成分や濃度、流速等にもよるが、研磨液21に流動を与えな

がら壁 15 に接触させる化学研磨工程 S2 を例えば 1 時間程度行うだけで、壁 15 の表面粗さが要求値に到達する。

研磨による除去量が僅かであり、研磨を短時間で終わることができるため、流路 14 内において研磨液 21 の流速の速いところと遅いところとがあるとしても、研磨ムラが生じない。そのため摩擦損失を抑えることができる。

熱溶融積層造形以外の方法により成形されたインペラの流路の壁面を研磨して表面粗さの要求値にまで研磨する場合には、同様の条件で行う化学研磨の工程に長時間を要する。そのため、流路 14 内において流速の速いところと遅いところとの研磨量の差が生じ易いので、研磨ムラが発生するおそれがある。

本実施形態によれば、熱溶融積層造形によりインペラ 10 を成形するとともに、流動が与えられた研磨液 21 に流路 14 の壁 15 の全域を浸漬させて化学研磨を行うことにより、熱溶融積層造形以外の方法により成形されたインペラの流路の壁を化学研磨する場合と比べて、インペラ 10 の成形から、同じ表面粗さに研磨するまでの全体の製造効率を改善できる。そして、性能の優れたインペラ 10 を低コストで提供できるという意義を有する。

[0049] 本実施形態において、金属粉体 201 を溶融させる熱源として、電子ビーム EB に代えて、レーザービームを用いることもできる。その場合は、積層造形装置 30 に、電子ビーム発生源 311 に代えてレーザー発振器を備えればよい。

[0050] 〔第 2 実施形態〕

次に、本発明の第 2 実施形態に係るインペラ 10 の製造について説明する。

第 2 実施形態（第 3 実施形態も）は、熱溶融積層造形により成形されたインペラ 10 の流路 14 の壁 15 を研磨する際に、流路 14 内に流動を与える方法が第 1 実施形態とは相違する。その他は第 1 実施形態と同様である。

[0051] 第 2 実施形態では、図 6 に示す化学研磨装置 40 を用いて、インペラ 10 の流路 14 の壁 15 を研磨する。

化学研磨装置40は、研磨液21を貯留し、インペラ10を収容する研磨液槽41と、インペラ10を支持して軸周りに回転させる駆動装置42とを備えている。

[0052] 研磨液槽41内で、インペラ10は水平に配置され、流路14の壁15の全域が研磨液21に浸漬されている。なお、流路14内の研磨液21に与えられる流動が妨げられない限り、インペラ10が水平面に対して傾斜して配置されていてもよい。

駆動装置42は、研磨液槽41内に配置されたインペラ10を図示しない治具とシャフト421とで支持し、軸周りに回転させる。このときの回転の向きは、遠心回転機械に組み込まれて使用されるインペラ10の回転の向きと同じである（図1の矢印10R参照）。

また、駆動装置42は、遠心回転機械に組み込まれて使用されるときインペラ10の回転速度よりも低い速度でインペラ10を回転させる。

[0053] インペラ10が熱溶融積層造形により成形されたならば、化学研磨装置40を用いて化学研磨工程を行う。

化学研磨工程では、研磨液槽41内にインペラ10を収容し、駆動装置42により、インペラ10を軸周りに、矢印10Rの向きに回転させる。

研磨液槽41内でインペラ10が回転されるのに伴い、複数の流路14の各々の入口141からそれぞれ研磨液21が流路14内に入り込み、流路14内を流れて出口142から研磨液21中に排出される。つまり、インペラ10が使用時と同じ向きに回転されることで、入口141から出口142に向かう流動が流路14内の研磨液21に与えられる。

[0054] 各流路14において、研磨液21が流動しながら流路14の壁15の表面全体に接触しているので、研磨液21の成分と流路14の壁15との酸化還元反応が壁15の表面全域に亘り均一に進行し、壁15の表面部分が溶解されて除去される。

また、酸化還元反応に伴い発生した水素ガスが研磨液21の流れにより押し流されるので、壁15への水素ガスの付着により研磨が妨げられることを

避けられるとともに、壁 15 への水素吸蔵を抑止することができる。

[0055] 第 2 実施形態の研磨方法によっても、インペラ 10 の流路 14 の壁 15 に要求される表面粗さ R_a 以下に容易に到達させることができる。研磨による除去量が僅かであり、研磨を短時間で終わることができるため、研磨ムラを生じさせないで摩擦損失を抑えることができる。

[0056] [第 3 実施形態]

次に、本発明の第 3 実施形態に係るインペラ 10 の製造について説明する。

第 3 実施形態では、図 7 に示す化学研磨装置 50 を用いて、インペラ 10 の流路 14 の壁 15 を研磨する。

化学研磨装置 50 は、研磨液 21 を貯留し、インペラ 10 を収容する研磨液槽 51 と、インペラ 10 を支持して軸周りに回転させる駆動装置 52 とを備えている。

[0057] 第 2 実施形態とは異なり、インペラ 10 は、軸線が水平方向に沿った姿勢で研磨液槽 51 内に配置される。なお、流路 14 の出口 142 から入口 141 に向かう研磨液 21 の流れが妨げられない限り、インペラ 10 の軸線が水平面に対して傾斜する向きでインペラ 10 が配置されていてもよい。

[0058] 研磨液槽 51 内では、インペラ 10 の半分程度が研磨液 21 に浸漬されている。一部の流路 14 の入口 141 から出口 142 までを浸漬させるのに足りる液位にまで、研磨液槽 51 内に研磨液 21 が貯留されていればよい。

[0059] 駆動装置 52 は、研磨液槽 51 内に配置されたインペラ 10 を図示しない治具とシャフト 521 とで支持し、軸周りに回転させる。このときの回転の向きは、遠心回転機械に組み込まれて使用されるインペラ 10 の回転の向きとは逆である（図 7 の矢印 R 参照）。

また、駆動装置 52 は、遠心回転機械に組み込まれて使用されるときインペラ 10 の回転速度よりも低い速度でインペラ 10 を回転させる。

[0060] インペラ 10 が熱溶融積層造形により成形されたならば、化学研磨装置 50 を用いて化学研磨工程を行う。

その化学研磨工程では、研磨液槽 5 1 内にインペラ 1 0 を収容し、駆動装置 5 2 により、インペラ 1 0 を軸周りに、矢印 R の向きに回転させる。

研磨液槽 5 1 内でインペラ 1 0 が回転されるのに伴い、流路 1 4 の出口 1 4 2 から研磨液 2 1 が流路 1 4 内に入り込む。そして、研磨液 2 1 は、ブレード 1 3 の背側の面 1 3 B によりすくい上げられながら入口 1 4 1 に向けて流れ落ち（図 7 の矢印 A を参照）、入口 1 4 1 から研磨液 2 1 中に排出される。

[0061] 上記のように流路 1 4 の出口 1 4 2 から流路 1 4 内に入り込んだ研磨液 2 1 を流路 1 4 の入口 1 4 1 に向けて流すことにより、研磨液 2 1 が流路 1 4 の壁 1 5 の表面全体に接触するので、壁 1 5 の表面部分が均一に溶解されて除去される。

また、酸化還元反応に伴い発生した水素ガスが研磨液 2 1 の流れにより押し流されるので、壁 1 5 への水素ガスの付着により研磨が妨げられることを避けられるとともに、壁 1 5 への水素吸蔵を抑止することができる。

[0062] 第 3 実施形態の研磨方法によっても、インペラ 1 0 の流路 1 4 の壁 1 5 に要求される表面粗さ R a 以下に容易に到達させることができる。研磨による除去量が僅かであり、研磨を短時間で終わることができるため、研磨ムラを生じさせないで摩擦損失を抑えることができる。

[0063] 〔第 4 実施形態〕

次に、本発明の第 4 実施形態に係るインペラ 1 0 の製造について説明する。

第 4 実施形態では、図 8 に示す製造手順により、インペラ 1 0 を製造する。

まず、第 1 実施形態で説明したように、熱溶融積層造形による成形工程 S 1 を実施し、成形工程 S 1 により得られたインペラ 1 0 の流路 1 4 の壁 1 5 に対して無電解めっき工程 S 3 を行う。無電解めっき工程 S 3 の前に、必要な前処理を行うことができる。

[0064] 無電解めっき工程 S 3 では、流路 1 4 の壁 1 5 にめっき液を接触させ、め

っき液中の金属イオンおよび還元剤の化学反応により金属イオンを壁15上に金属として還元析出させることで無電解めっきを施す。無電解めっきには、流路14の形状に倣った電極は必要ない。

無電解めっき工程S3により、流路14の壁15にめっき層が施される。このめっき層が例えば $2.5\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ の厚みで施されていると、母材表面の微小な凹凸がめっき層の表面には表れない。そのため、母材表面よりも小さい表面粗さを得ることができる。

しかも、母材表面の微小な凹凸とめっき層とがアンカー効果により強固に接合される。

[0065] 使用可能なめっき液としては、例えば、ニッケルおよびりんを含有するもの（Ni-Pめっき）、ニッケルおよびボロンを含有するもの（Ni-Bめっき）、ニッケル、りん、およびボロンを含有するもの（Ni-P-Bめっき）を挙げることができる。

使用するめっき浴の種類に応じて、耐摩耗性や耐腐食性を流路14の壁15に付与することができる。

[0066] インペラ10の流路14の壁15に対して無電解めっきを行うために、第1～第3実施形態で説明した装置20、40、50を用いることができる。その場合、研磨液21を貯留する研磨液槽を、めっき液を貯留するめっき浴に変えればよい。

装置20、40、50のいずれを用いることによっても、流路14の壁15の表面全域をめっき液に浸漬し、かつ、流路14内のめっき液に流動を与えることができるので、流路14の壁15の表面全域に亘り、めっき層を安定した品質で均一な厚みに形成することができる。

形成されためっき層の機械的特性（硬度等）を高めるため、熱処理を加えることもできる。

[0067] 熱溶融積層造形により成形されたインペラ10の流路14の壁15に対して無電解めっきを行うことによっても、インペラ10の流路14の壁15に要求される表面粗さRa以下に容易に到達させることができる。

[0068]〔第5実施形態〕

次に、本発明の第5実施形態に係るインペラ10の製造について説明する。

。

第5実施形態では、図9に示す製造手順により、インペラ10を製造する。

。

まず、第1実施形態で説明したように、熱溶融積層造形による成形工程S1を実施し、成形工程S1により得られたインペラ10の流路14の壁15に対して電気めっき工程S4を行う。

[0069] 電気めっき工程S4では、インペラ10をカソードとし、めっき材料からなる電極をアノードとして、両極間にめっき液中で電流を印加することにより、めっき液中の金属イオンを壁15上に金属として還元析出させる電気めっきを行う。

電気めっき工程S4により、流路14の壁15にめっき層が例えば2.5 μm ～50 μm の厚みで施されると、母材表面の微小な凹凸がめっき層の表面には表れない。そのため、母材表面よりも小さい表面粗さを得ることができる。

しかも、母材表面の微小な凹凸とめっき層とがアンカー効果により強固に接合される。

[0070] 使用可能なめっき液としては、例えば、ニッケルを含有するもの、クロムを含有するものを挙げることができる。

使用するめっき浴の種類に応じて、耐摩耗性や耐腐食性を流路14の壁15に付与することができる。

[0071] 熱溶融積層造形により成形されたインペラ10の流路14の壁15に対して電気めっきを行うことによっても、インペラ10の流路14の壁15に要求される表面粗さRa以下に容易に到達させることができる。

[0072]〔第6実施形態〕

次に、本発明の第6実施形態に係るインペラ10の製造について説明する。

。

第6実施形態では、図10に示す製造手順により、インペラ10を製造する。

まず、第1実施形態で説明したように、熱溶融積層造形による成形工程S1を実施し、成形工程S1により得られたインペラ10の流路14の壁15に対して樹脂被膜を施す樹脂コーティング工程S5を行う。

[0073] 樹脂コーティング工程S5では、インペラ10を軸周りに回転させながら、流路14内に液状の樹脂被膜材料を供給する（スピンコーティング）。そうすると、流路14の壁15の表面全域に亘り均一な厚みの被膜を形成することができる。樹脂コーティングには、流路14の形状に倣った電極は必要ない。

樹脂コーティング工程S5により、流路14の壁15に樹脂被膜が例えば $2.5\mu\text{m}$ ～ $50\mu\text{m}$ の厚みで施されていると、母材表面の微小な凹凸が樹脂被膜の表面には表れない。そのため、母材表面よりも小さい表面粗さを得ることができる。

しかも、母材表面の微小な凹凸と樹脂被膜とがアンカー効果により強固に接合される。

[0074] 使用可能な樹脂材料としては、例えば、フッ素系樹脂、ウレタン系樹脂、エポキシ系樹脂、フェノール系樹脂、アクリル樹脂（中でも焼付アクリル）等を挙げることができる。

使用する樹脂材料の種類に応じて、耐摩耗性や耐腐食性を流路14の壁15に付与することができる。

熱溶融積層造形により成形されたインペラ10の流路14の壁15に対して樹脂コーティングを行うことによっても、インペラ10の流路14の壁15に要求される表面粗さ R_a 以下に容易に到達させることができる。

[0075] 上記各実施形態において、熱溶融積層造形によりインペラ10を成形した後、流路14の壁15の表面に耐エロージョン性を付与する被膜を施すこともできる（耐エロージョン被膜形成工程）。かかる被膜は、例えば、炭化タングステン（WC）を主として含むWC系の複合材（サーメット）や、 Cr_3

C₂系複合材、アルミナ-チタニア（Al₂O₃-TiO₂）、酸化クロムセラミックス（Cr₂O₃）等を用いて、化学蒸着や物理蒸着の手法により形成することができる。そういった被膜が施されることで、流体に含まれる水滴や塵埃、異物等が衝突することによる流路壁面の摩耗、減肉、腐食（粒子エロージョン）を抑止することができる。

熱溶融積層造形後のインペラ10の流路14の壁15の表面粗さが上述したように例えば25 μm～40 μm程度であるため、インペラ10の母材表面の微小な凹凸と、耐エロージョン性被膜とがアンカー効果により強固に接合される。

また、熱溶融積層造形後のインペラ10の母材の表面粗さが例えば25 μm～40 μm程度であることにより、母材表面を覆う耐エロージョン性被膜の表面粗さは例えば、10 nm～800 nm程度と小さい。そのため、この被膜の表面粗さを、流路14の壁15に要求される表面粗さに容易に到達させることができる。つまり、上述した熱溶融積層造形による成形工程と、上記各実施形態で説明しためっきまたはコーティングの工程との間に、耐エロージョン性を付与する被膜を施す工程を挟んでいてもよい。

[0076] 上記以外にも、本発明の主旨を逸脱しない限り、上記実施形態で挙げた構成を取捨選択したり、他の構成に適宜変更することが可能である。

符号の説明

[0077]	10	インペラ
	10A	回転軸
	10R	矢印
	11	ハブ
	11A	表面
	12	シュラウド
	12A	内側の面
	13	ブレード
	13A	腹側の面

1 3 B	背側の面
1 4	流路
1 5	壁
1 5 A	表面
2 0	研磨装置
2 1	研磨液
2 2	研磨液槽
2 3	圧送経路
2 3 A	流入部
2 3 B	流出部
2 4	供給部
3 0	積層造形装置
3 1	電子ビーム導路
3 2	チャンバ
3 3	制御装置
3 4	ホッパ
3 6	可動テーブル
4 0	化学研磨装置
4 1	研磨液槽
4 2	駆動装置
5 0	化学研磨装置
5 1	研磨液槽
5 2	駆動装置
1 1 0	軸孔
1 4 1	入口
1 4 2	出口
2 0 1	金属粉体
2 3 1	配管

2 3 2	ポンプ
2 4 1	内部空間
3 1 1	電子ビーム発生源
3 1 2	焦点コイル
3 1 3	偏向コイル
4 2 1	シャフト
5 2 1	シャフト
A	矢印
E B	電子ビーム
F	矢印
L y	層
R	矢印
S 1	成形工程
S 1 1	粉体供給ステップ
S 1 2	電子ビーム照射ステップ
S 1 3	移動ステップ
S 2	化学研磨工程
S 3	無電解めっき工程
S 4	電気めっき工程
S 5	樹脂コーティング工程（被膜処理工程）
T g	ターゲット面
W	造形物

請求の範囲

- [請求項1] 熱溶融積層造形によりインペラを成形する成形工程と、
前記インペラが有する流路を区画する壁を研磨液と接触させて研磨する化学研磨工程と、を備え、
前記化学研磨工程では、前記流路内の前記研磨液に流動を与える、ことを特徴とするインペラの製造方法。
- [請求項2] 前記化学研磨工程では、
前記研磨液を貯留し、前記インペラを収容する研磨液槽と、前記研磨液槽内の前記研磨液を圧送する経路と、前記経路の終端を構成し、前記研磨液を複数の前記流路の各々の入口に供給する供給部と、を備えた装置を用いて、
前記流路内の前記研磨液に流動を与える、ことを特徴とする請求項1に記載のインペラの製造方法。
- [請求項3] 前記化学研磨工程では、
前記研磨液に浸漬された状態で前記インペラを使用時の回転の向きと同じ向きに回転させることで、前記流路の入口から出口に向かう流動を前記流路内の前記研磨液に与える、ことを特徴とする請求項1に記載のインペラの製造方法。
- [請求項4] 前記化学研磨工程では、
前記研磨液に浸漬された状態で前記インペラを使用時の回転の向きとは逆向きに回転させることで、前記流路の出口から前記流路内に入り込んだ前記研磨液を前記流路の入口に向けて流す、ことを特徴とする請求項1に記載のインペラの製造方法。
- [請求項5] 熱溶融積層造形によりインペラを成形する成形工程と、
前記インペラが有する流路を区画する壁にめっき液を接触させて無電解めっきを施す無電解めっき工程と、を備え、
前記無電解めっき工程では、前記流路内の前記めっき液に流動を与える、

ことを特徴とするインペラの製造方法。

[請求項6]

前記無電解めっき工程では、

前記めっき液を貯留し、前記インペラを収容するめっき液槽と、前記めっき液槽内の前記めっき液を圧送する経路と、前記経路の終端を構成し、前記めっき液を複数の前記流路の各々の入口に供給する供給部と、を備えた装置を用いて、

前記流路内の前記めっき液に流動を与える、

ことを特徴とする請求項5に記載のインペラの製造方法。

[請求項7]

前記無電解めっき工程では、

前記めっき液に浸漬された状態で前記インペラを使用時の回転の向きと同じ向きに回転させることで、前記流路の入口から出口に向かう流動を前記流路内の前記めっき液に与える、

ことを特徴とする請求項5に記載のインペラの製造方法。

[請求項8]

前記無電解めっき工程では、

前記めっき液に浸漬された状態で前記インペラを使用時の回転の向きとは逆向きに回転させることで、前記流路の出口から前記流路内に入り込んだ前記めっき液を前記流路の入口に向けて流す、

ことを特徴とする請求項5に記載のインペラの製造方法。

[請求項9]

熱溶融積層造形によりインペラを成形する成形工程と、

前記インペラが有する流路を区画する壁に電気めっきを施す電気めっき工程と、を備える、

ことを特徴とするインペラの製造方法。

[請求項10]

熱溶融積層造形によりインペラを成形する成形工程と、

前記インペラが有する流路を区画する壁に樹脂材料を用いて被膜を施す被膜処理工程と、を備える、

ことを特徴とするインペラの製造方法。

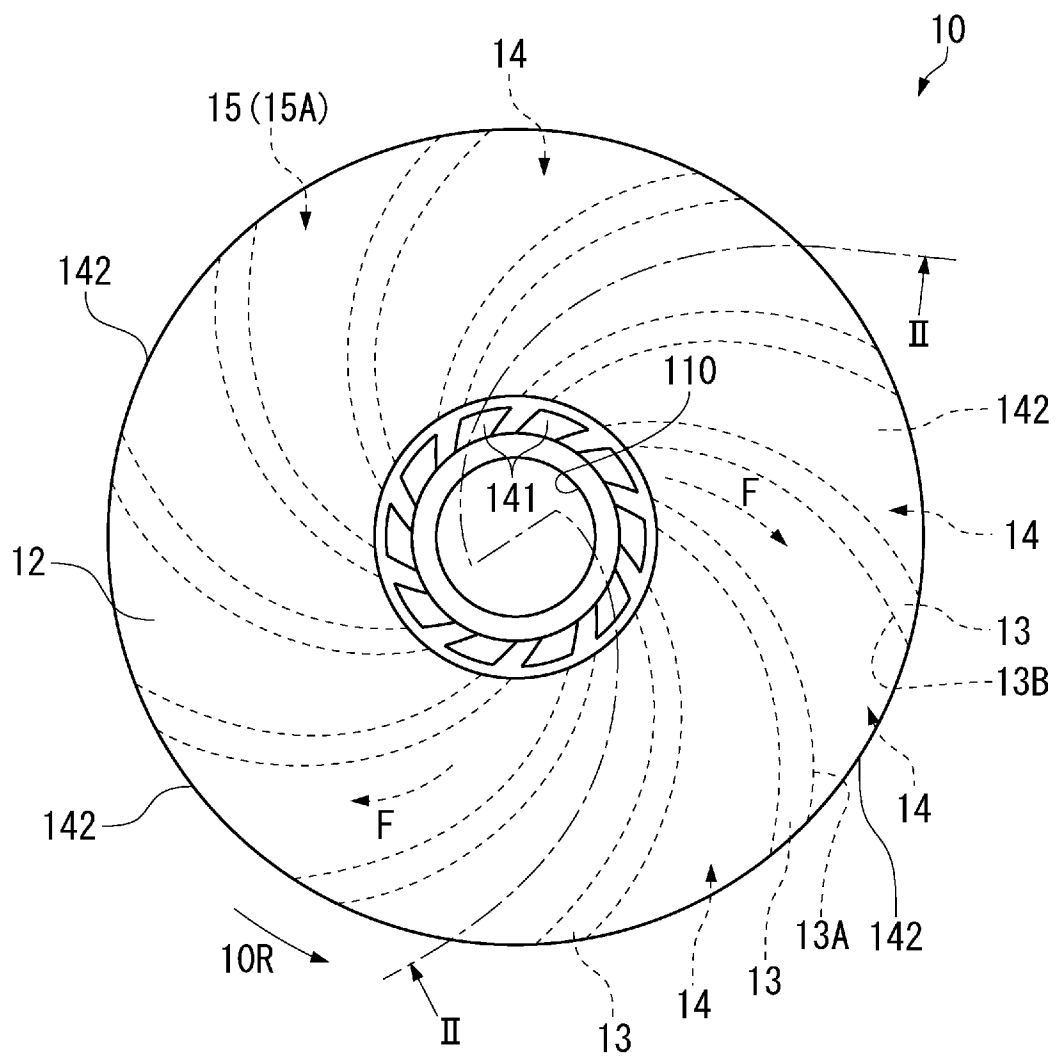
[請求項11]

熱溶融積層造形によりインペラを成形する成形工程と、

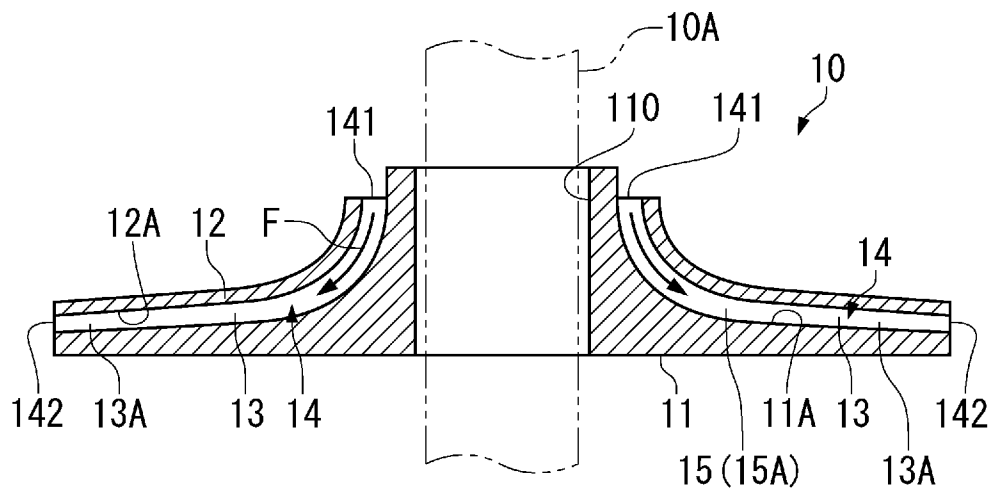
前記インペラが有する流路を区画する壁に耐エロージョン性を付与

する被膜を施す耐エロージョン被膜形成工程と、を備える、
ことを特徴とするインペラ製造方法。

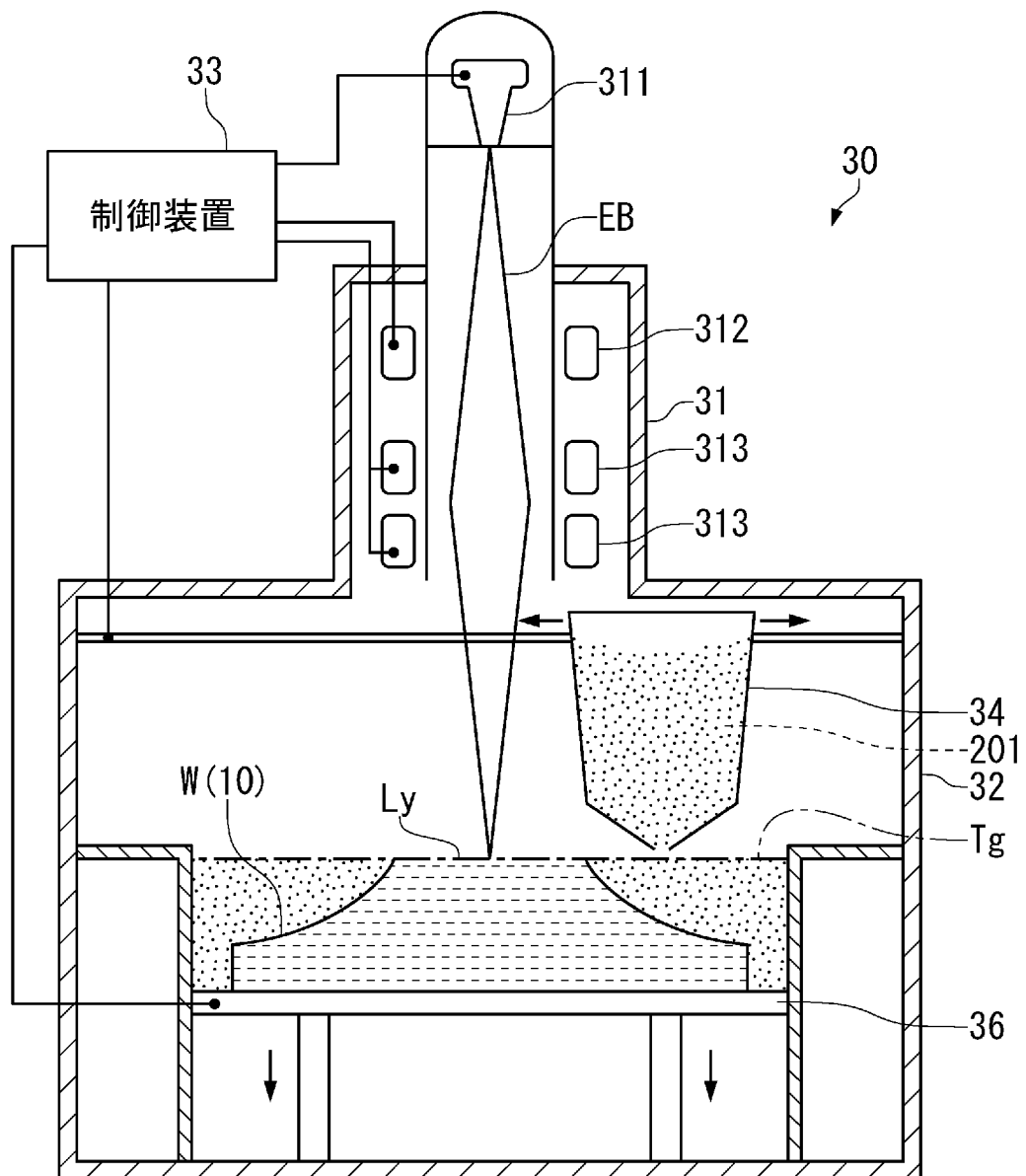
[図1]



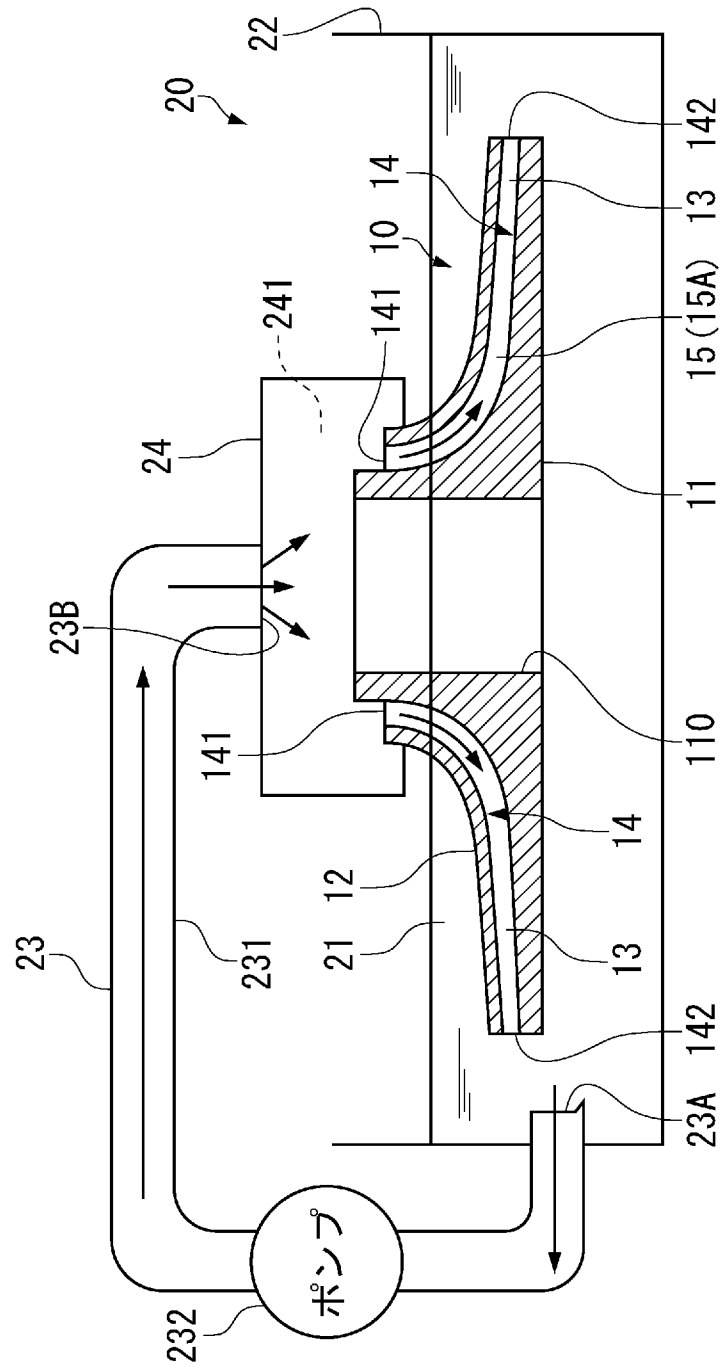
[図2]



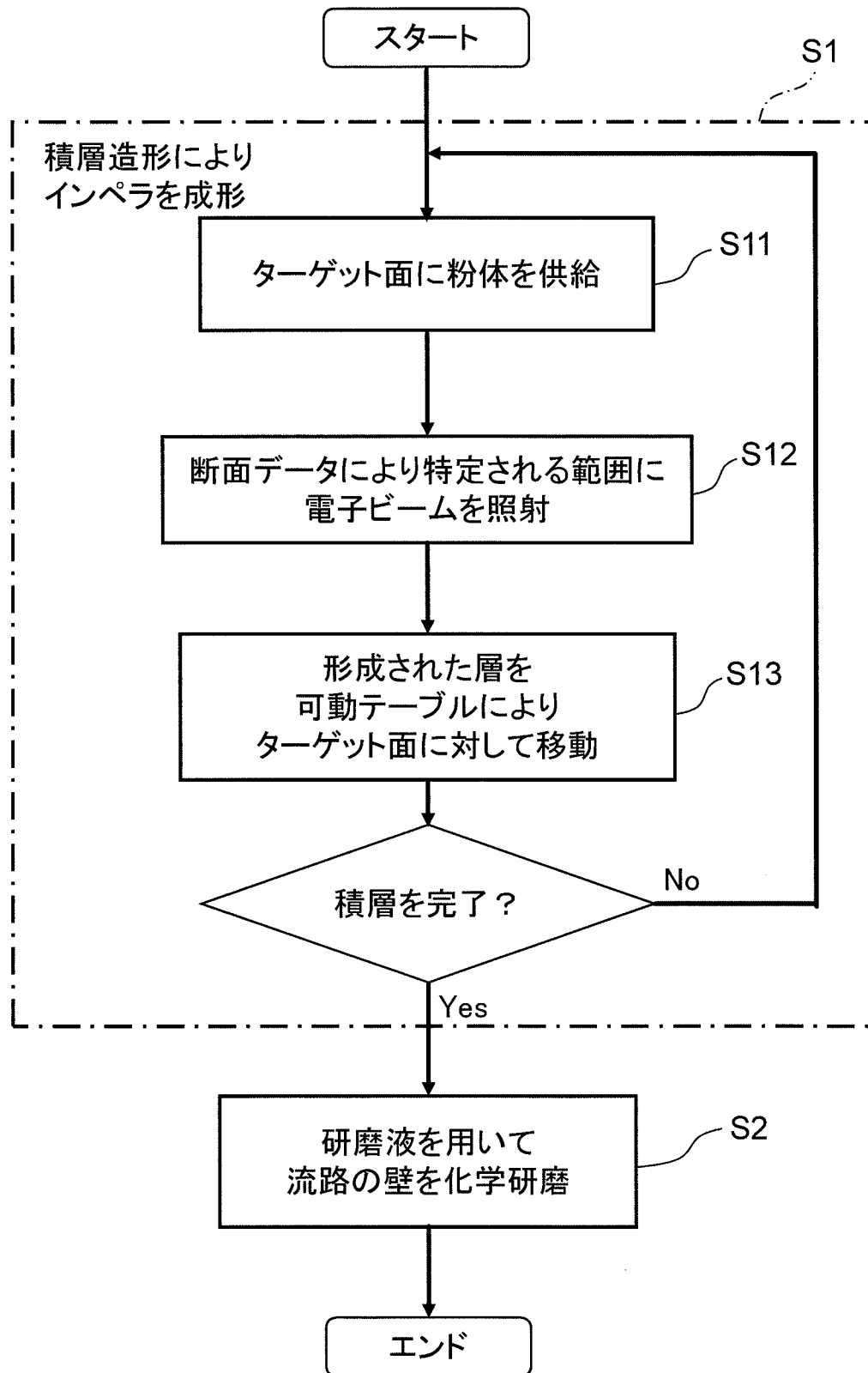
[図3]



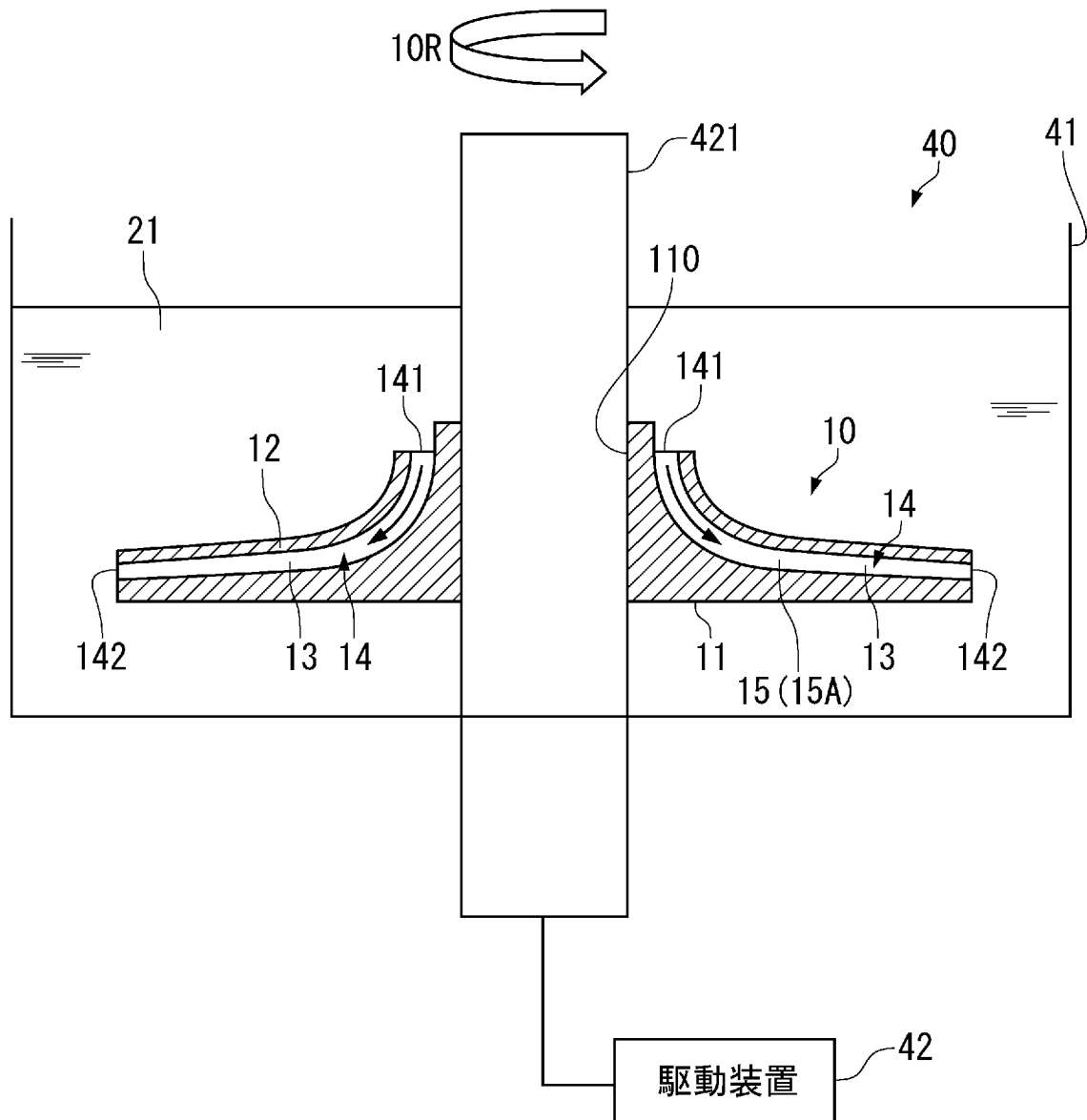
[図4]



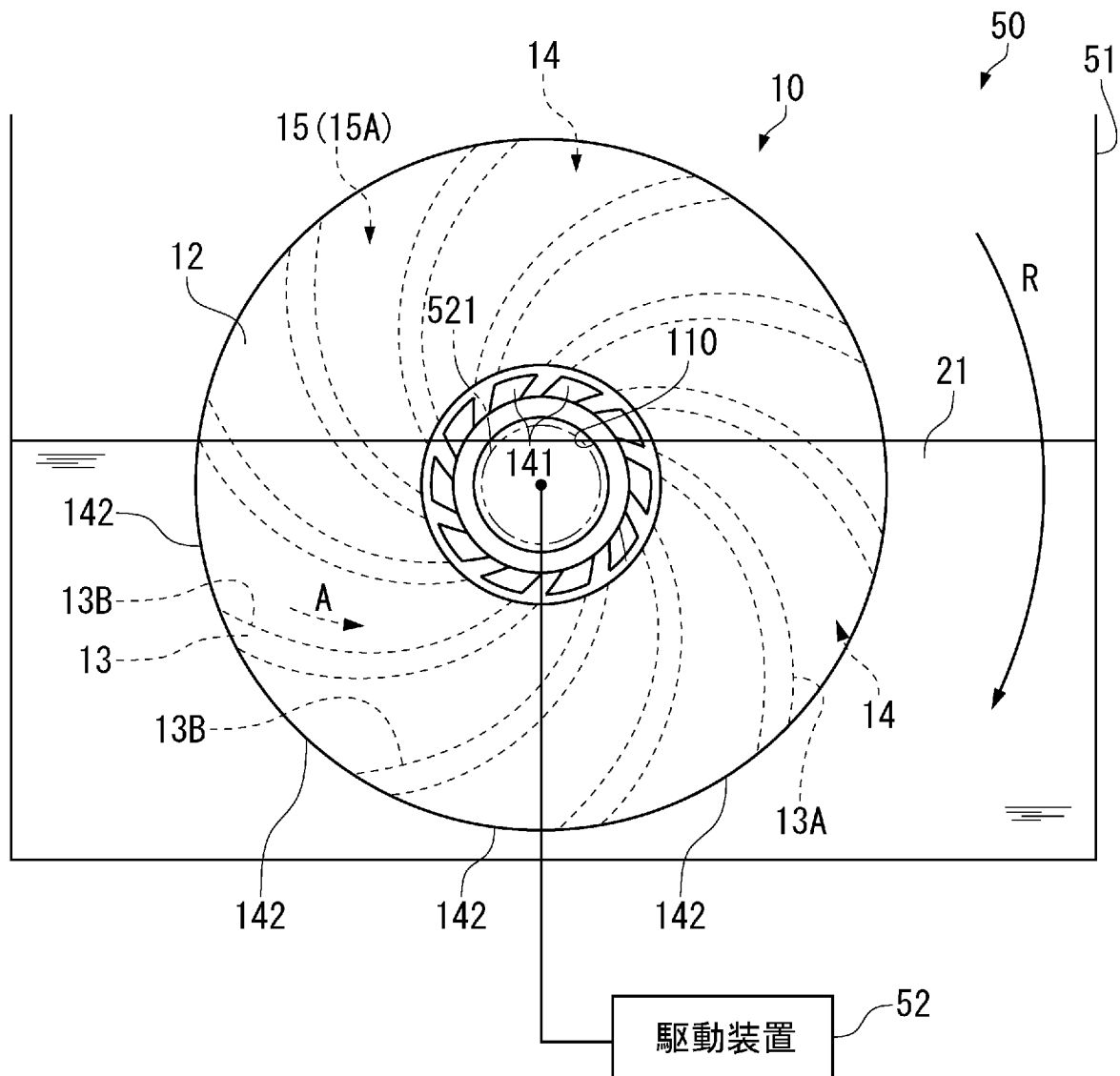
[図5]



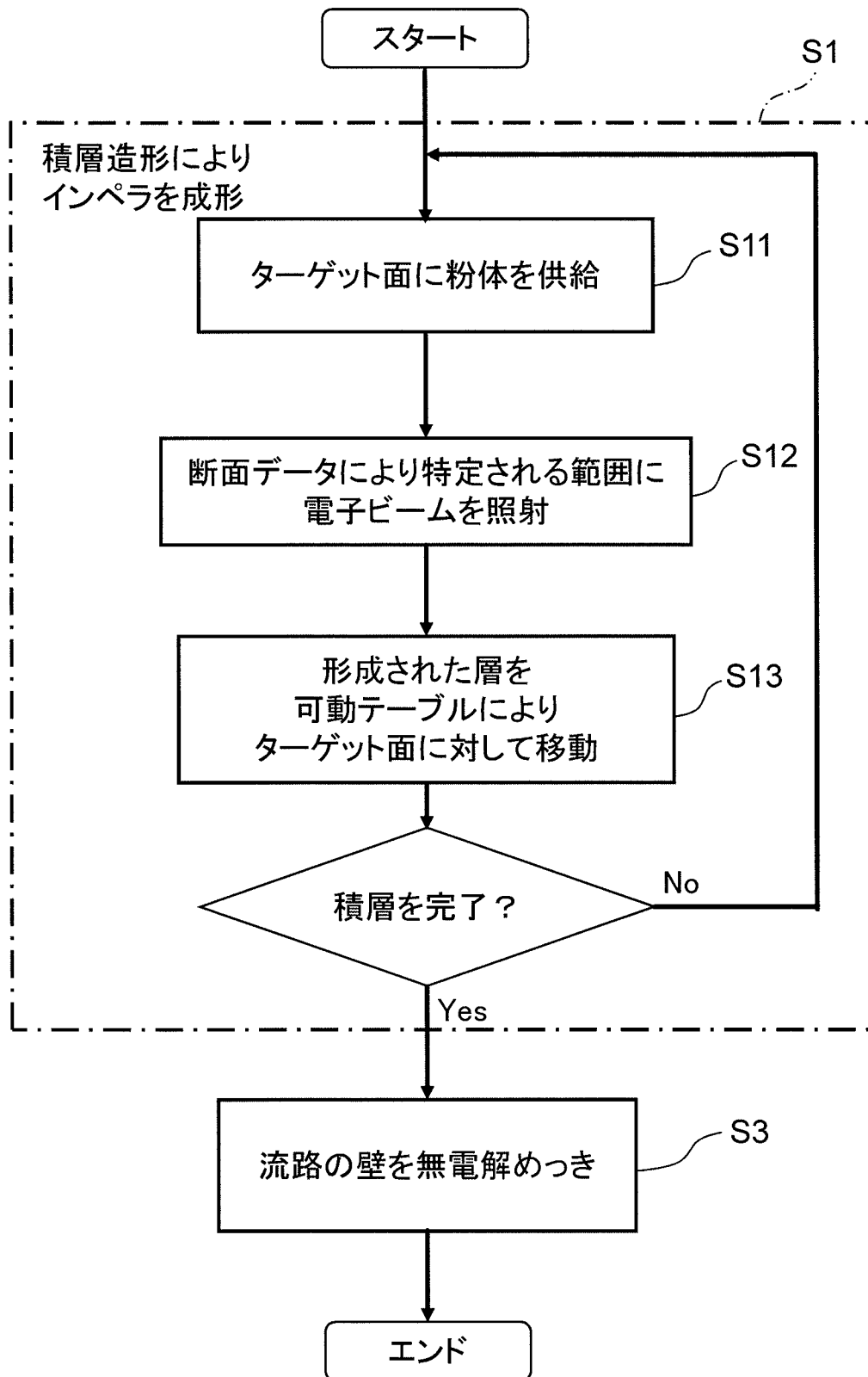
[図6]



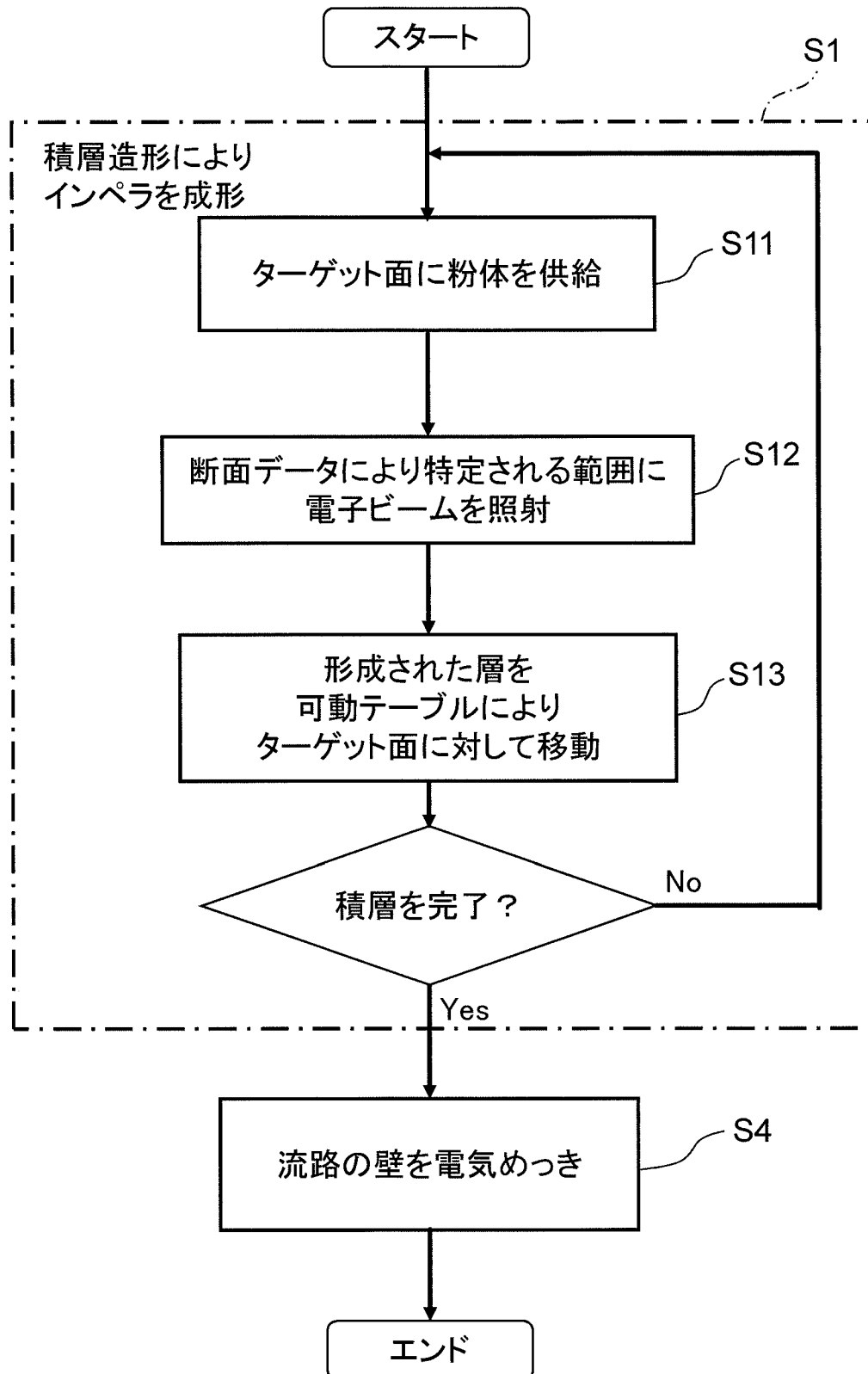
[図7]



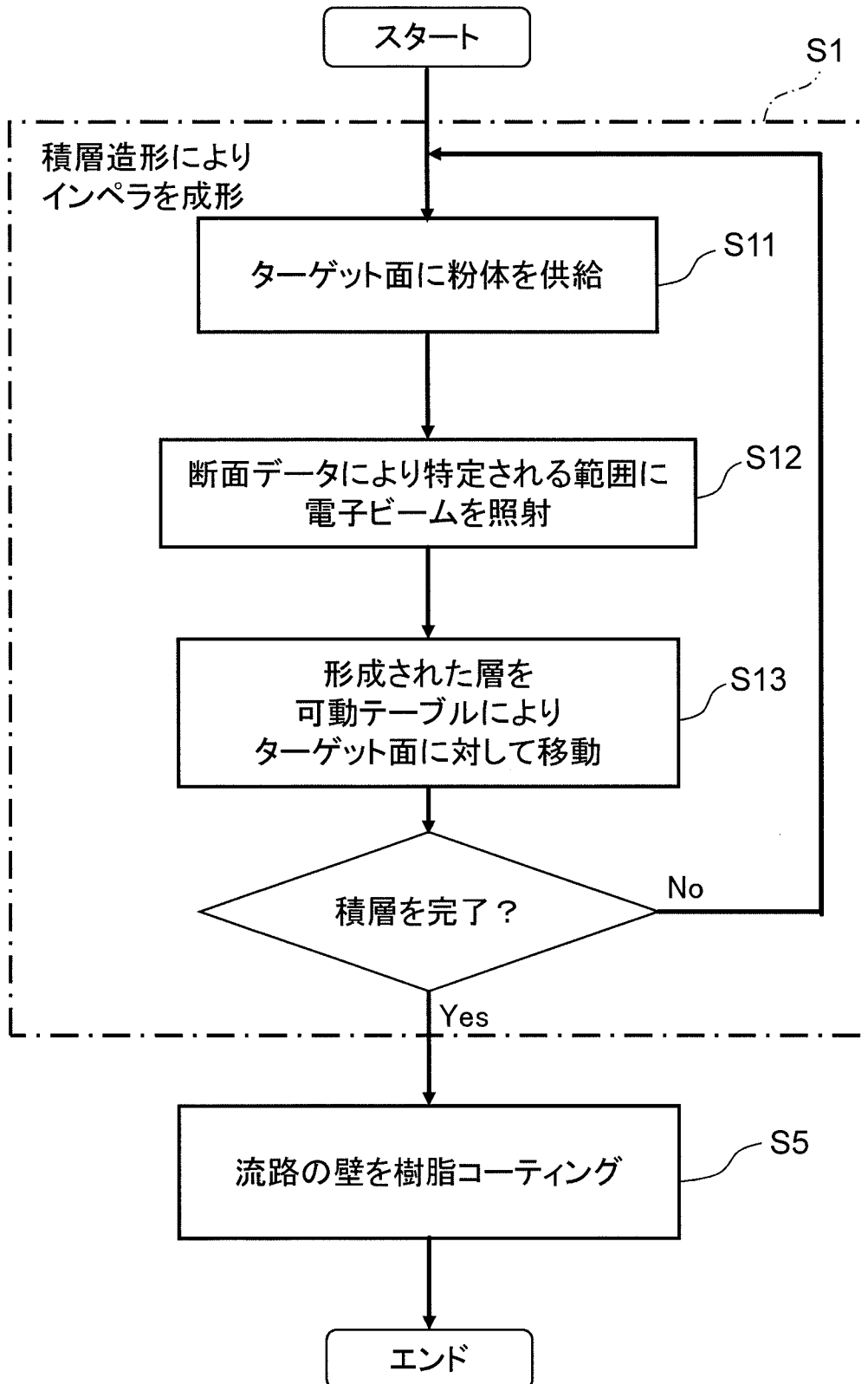
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/012990

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23F1/08(2006.01)i, B33Y10/00(2015.01)i, C23C18/31(2006.01)i, C25D7/00(2006.01)i, F04D29/28(2006.01)i

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)

C23F1/08, B33Y10/00, C23C18/31, C25D7/00, F04D29/28

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
A	JP 54-93628 A (Hitachi, Ltd.), 24 July 1979 (24.07.1979), claims; page 1, lower right column, line 6 to page 2, upper right column, line 11; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-11
A	JP 2013-170500 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 02 September 2013 (02.09.2013), claims; paragraphs [0016] to [0040]; fig. 1 to 3, 6, 9 (Family: none)	1-11

☒ 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
08 May 2017 (08.05.17)

Date of mailing of the international search report
16 May 2017 (16.05.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/012990

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-170499 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 02 September 2013 (02.09.2013), claims; paragraphs [0018] to [0054]; fig. 1 to 3, 10 (Family: none)	1-11
A	JP 2014-129575 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 10 July 2014 (10.07.2014), claims; paragraphs [0042] to [0120]; fig. 1 to 2 & US 2015/0267559 A1 claims; paragraphs [0043] to [0157]; fig. 1 to 2	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C23F1/08(2006.01)i, B33Y10/00(2015.01)i, C23C18/31(2006.01)i, C25D7/00(2006.01)i, F04D29/28(2006.01)i

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.Cl. C23F1/08, B33Y10/00, C23C18/31, C25D7/00, F04D29/28

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 請求項の番号
A	JP 54-93628 A (株式会社日立製作所) 1979.07.24, 特許請求の範囲, 第1頁右下欄第6行-第2頁右上欄 第11行, 第1-4図 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2013-170500 A (三菱重工業株式会社) 2013.09.02, [特許請求の範囲], 段落[0016]-[0040], [図1]- [図3], [図6], [図9] (ファミリーなし)	1-11

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、国際出願日以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

08.05.2017

国際調査報告の発送日

16.05.2017

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)

宮本 靖史

4 E

3 7 6 0

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

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 請求項の番号
A	JP 2013-170499 A (三菱重工業株式会社) 2013. 09. 02, [特許請求の範囲], 段落[0018]-[0054], [図 1]- [図 3], [図 10] (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2014-129575 A (三菱重工業株式会社) 2014. 07. 10, [特許請求の範囲], 段落[0042]-[0120], [図 1]-[図 2] & US 2015/0267559 A1, 特許請求の範囲, 段落[0043]-[0157], 図 1- 図 2	1-11