

(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
2020年8月13日(13.08.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/162380 A1

(51) 国際特許分類:

B22F 3/105 (2006.01) *B33Y 80/00* (2015.01)
B22F 3/16 (2006.01) *B29C 64/153* (2017.01)
B22F 5/00 (2006.01) *B29C 64/386* (2017.01)
C22C 1/04 (2006.01) *B29C 64/40* (2017.01)
B33Y 10/00 (2015.01) *F04D 29/22* (2006.01)
B33Y 30/00 (2015.01) *F04D 29/24* (2006.01)
B33Y 50/00 (2015.01)

特願 2019-019311 2019年2月6日(06.02.2019) JP
特願 2019-019320 2019年2月6日(06.02.2019) JP
特願 2019-074211 2019年4月9日(09.04.2019) JP

(71) 出願人: 株式会社荏原製作所 (EBARA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 阪口 隼夫 (SAKAGUCHI Hayao); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 野口学 (NOGUCHI Manabu); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 山本 涼太郎 (YAMAMOTO Ryotaro); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/003852

(22) 国際出願日: 2020年2月3日(03.02.2020)

(25) 国際出願の言語: 日本語

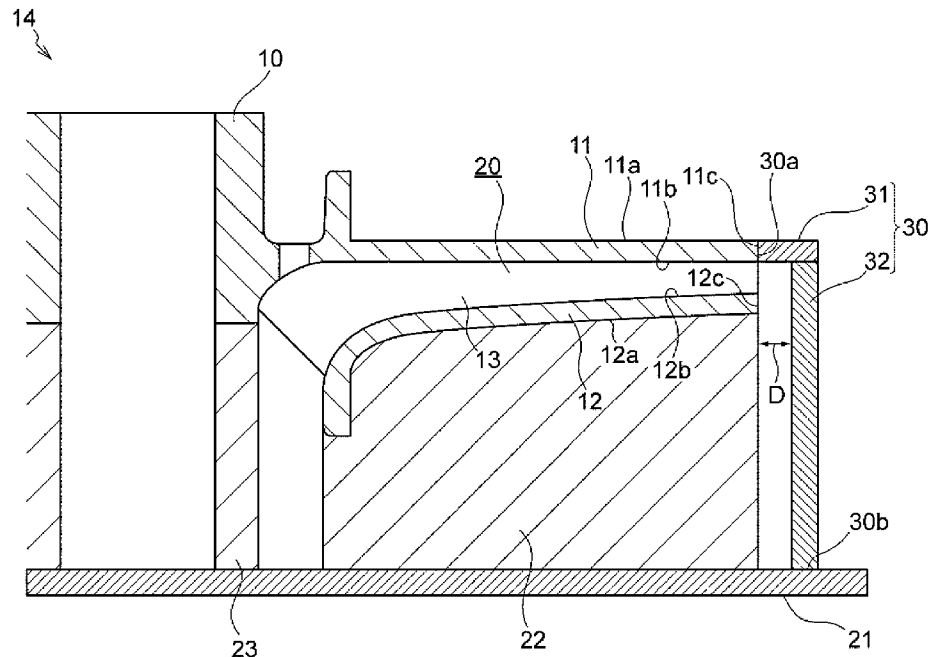
(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2019-019231 2019年2月6日(06.02.2019) JP

(54) Title: IMPELLER MANUFACTURING METHOD, IMPELLER, IMPELLER DESIGN METHOD, IMPELLER DESIGN SYSTEM, AND IMPELLER MANUFACTURING SYSTEM

(54) 発明の名称: 羽根車の製造方法、羽根車、羽根車の設計方法、羽根車の設計システム及び羽根車の製造システム

[図5]



(57) Abstract: The present invention has: a structure forming step for forming a structure having an impeller and a reinforcing member by using a lamination shaping method; and a removal step for removing the reinforcing member from the structure, wherein the structure is formed so that in the structure forming step, the impeller has at least a pair

中本 浩章(NAKAMOTO Hiroaki); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 海藤 雅裕(KAIDO Masahiro); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 長山 瞬(NAGAYAMA Shun); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 小林 真治(KOBAYASHI Shinji); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 大野 聖二, 外 (OHNO Seiji et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 5 号 丸の内北口ビル 2 1 階 大野総合法律事務所 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, JO, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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), ユーラシア (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))

of vertically arranged end sections, and one end of the reinforcing member is connected to at least a portion of an upper end section among the pair of end sections.

(57) 要約: 羽根車と、補強部材と、を有する構造体を、積層造形法により形成する構造体形成工程と、当該構造体から当該補強部材を除去する除去工程と、を有し、当該構造体形成工程において、前記羽根車は、上下に配置される少なくとも一対の端部を有し、当該補強部材の一端が、前記一対の端部のうち上方の端部の少なくとも一部に連結するように、当該構造体が形成される。

明 細 書

発明の名称：

羽根車の製造方法、羽根車、羽根車の設計方法、羽根車の設計システム及び羽根車の製造システム

技術分野

[0001] 本発明は、羽根車の製造方法及び羽根車に関する。

背景技術

[0002] 従来ポンプに応じて、様々な羽根車が用いられている。クローズドインペラ、オープンインペラ、ノンクロック形インペラなどがある。クローズドインペラは、遠心ポンプ及び斜流ポンプで側板のあるインペラである。オープンインペラは、遠心ポンプ及び斜流ポンプで側板のないインペラである。このうち主板が羽根外周まであるものをセミオープン形インペラといい、主板を極力短くしたものがフルオープン形インペラである。

[0003] また、吸込形式に応じて異なる形態の羽根車が用いられている。片吸込ポンプの場合、片吸込用の羽根車が用いられており、両吸込ポンプの場合、両吸込用の羽根車が用いられる。両吸込用の羽根車は、羽根車の左右両方から均等に流体を吸い込んで加速する。例えば、両吸込用の羽根車は、横軸両吸込渦巻ポンプに使用される。

[0004] 3Dプリンタの適用技術として、レーザ等による積層造形法と呼ばれる技術が知られている。この技術は、一例として、レーザ等により金属粉末を実質的な二次元平面上で焼結または熔融させ、これを積み上げていくことで三次元形状を得るものである。特許文献1には、タービンホイールに適用される羽根車を、積層造形法により形成する方法が記載されている。

[0005] 羽根車は、搬送流体の流路の形状を工夫することで性能が向上する。一例として、特許文献2では、複数の翼と、羽根車入口から羽根車出口へ流体を送る複数の流路と、流路を形成するシュラウド及びハブとを有している。各流路は隣り合う翼の間に形成されている。シュラウドの曲線は、翼入口から

翼の所定の位置（C）まではハブ側に湾曲し、翼の所定の位置から翼出口まではハブとは反対側に湾曲している遠心式羽根車が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2016-037901号公報

特許文献2：特表2005-537420号公報

非特許文献

[0007] 非特許文献1：Zangenh, M., 1991, “A Compressible Three-Dimensional Design Method for Radial and Mixed Flow Turbomachinery Blades”, Int. J. Numerical Methods in Fluids, Vol. 13, pp. 599-624

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、積層造形法により、ポンプ（特に搬送流体が液体のポンプ）に用いられる羽根車を形成する場合、羽根車の端部の下側に支持する部材がないと、積層造形の途中で重力によって羽根車の端部が落ちてきてしまい、羽根車の端部（例えば、流路の入口または出口となる部分）が変形しやすいという問題がある。

[0009] 本発明の一態様は、上記問題に鑑みてなされたものであり、積層造形法により羽根車を形成する場合に羽根車の端部の変形を抑制することを可能とする羽根車の製造方法及び羽根車を提供することを目的とする。

[0010] あるいは積層造形で形成する場合、形成される層の平面が小さい程成形しやすく、当該平面が大きくなるほど変形などの形成不良が発生しやすい。主板および／または側板をもつ羽根車は、主翼の枚数が少ないと、主板および／または側板の平面部分が大きくなり、積層造形で形成しにくい。また、特に、主板と側板に挟まれた流路は、後加工による形状補正が困難であるため成形不良を避けたい。

[0011] 本発明の別の態様は、上記問題に鑑みてなされたものであり、羽根車を

積層造形で形成する場合において、形成不良を抑制することを可能とする羽根車の設計方法、羽根車の製造方法、羽根車の設計システム及び羽根車の製造システムを提供することを目的とする。

[0012] あるいは特許文献２に記載されるように、流路の形状を工夫することで、流路内の相対速度を小さくする効果が得られ、羽根車の性能向上につながる。しかしながら、例えば、特許文献１のような流路の形状が複雑な羽根車は、鋳物では成形不良が発生しやすい、という問題がある。図４４は、従来技術として羽根車１０００の鋳造の例を説明するための図である。図４４のように、羽根車の外周側に向けてシュラウド１００４とハブ１００５の間の距離Ｄが狭くなると、砂型鋳造による一体成形の過程において、特に外周側の中子が主型を支えきれずに破損し成形不良となる虞がある。この成形不良は、外周側に向けてシュラウドまたは/およびハブの厚みが薄くなる羽根車で顕著になる。

[0013] 本発明の別の一態様は、上記問題に鑑みてなされたものであり、流路の形状が複雑な羽根車の製造を可能とする羽根車の製造方法及び羽根車の製造システム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

[0014] 本発明の第１の態様に係る羽根車の製造方法は、羽根車と、補強部材と、を有する構造体を積層造形法により形成する構造体形成工程と、前記構造体から前記補強部材を除去する除去工程と、を有し、前記構造体形成工程において、前記羽根車は、上下に配置される少なくとも一対の端部を有し、前記補強部材の一端が、前記一対の端部のうち上方の端部の少なくとも一部に連結するように、前記構造体が形成される。

[0015] この構成によれば、補強部材が、上下に配置される少なくとも一対の端部のうち上方の端部の少なくとも一部を支持するため、当該上方の端部の変形を抑えることができる。従って、積層造形法により羽根車を形成する場合に羽根車の端部の変形を抑制することができる。

[0016] 本発明の第２の態様に係る羽根車の製造方法は、第１の態様に係る羽根車

の製造方法であって、前記構造体形成工程において、前記補強部材のうち、少なくとも前記補強部材の前記一端は、連結される前記羽根車の端部と略同じ金属密度になるように形成される。

[0017] この構成によれば、補強部材の一端が、連結される羽根車の端部と略同じ密度になり、補強部材が羽根車の端部と同じ強度で維持できるので、羽根車の端部の変形を抑制することができる。また、補強部材が略同じ密度であることによって、羽根車の端部が羽根車の他の部位と同様の放熱性を有するので、羽根車の端部が羽根車の他の部位と同様の速度で冷却されるので変形が抑えられる。

[0018] 本発明の第3の態様に係る羽根車の製造方法は、第1または第2の態様に係る羽根車の製造方法であって、前記構造体形成工程において、前記補強部材は、連結される前記羽根車の端部よりも低い密度で、且つ、前記羽根車の端部より傾いた角度で形成される。

[0019] この構成によれば、補強部材の素材量を低減することができるので、羽根車の製造コストを抑制することができる。それとともに、補強部材が羽根車の端部より傾いた角度で形成されるので、補強部材の変形を抑える。

[0020] 本発明の第4の態様に係る羽根車の製造方法は、第1から3のいずれかの態様に係る羽根車の製造方法であって、前記構造体形成工程において、前記構造体の少なくとも一部が、当該構造体より低い金属密度の部材によって支持されて形成される。

[0021] 本発明の第5の態様に係る羽根車の製造方法は、第1から4のいずれかの態様に係る羽根車の製造方法であって、前記補強部材は、当該補強部材の前記一端から延伸し、当該補強部材が延伸する距離は、当該補強部材の素材に応じて決まる限界距離以下である。

[0022] この構成によれば、補強部材が延伸する距離を、当該補強部材の素材に応じて決まる限界距離以下にすることによって、補強部材が途中で崩れ落ちる可能性を抑制することができる。

[0023] 本発明の第6の態様に係る羽根車の製造方法は、第1から5のいずれかの

態様に係る羽根車の製造方法であって、当該補強部材の前記一端から略水平に延伸する第１の部材と、当該補強部材の前記他端から垂直方向に延伸して前記第１の部材を支持する第２の部材と、を有し、前記第２の部材と前記一对の端部のうち下方の端部との間に水平距離を有する。

[0024] この構成によれば、一对の端部のうち下方の端部を支持することができるので、一对の端部のうち下方の端部の変形を抑制することができる。

[0025] 本発明の第７の態様に係る羽根車の製造方法は、第１から６のいずれかの態様に係る羽根車の製造方法であって、一对の端部のうち下方に位置する端部の少なくとも一部から延伸した第２の補強部材を有し、前記第２の補強部材は、当該補強部材の前記一端から延伸する第１の部材を有し、当該第１の部材が延伸する距離は、当該第１の部材の素材に応じて決まる限界距離以下である。

[0026] この構成によれば、一对の端部のうち下方に位置する端部を支持することができるので、一对の端部のうち下方に位置する端部の変形を抑制することができる。

[0027] 本発明の第８の態様に係る羽根車の製造方法は、第１から７のいずれかの態様に係る羽根車の製造方法であって、前記羽根車は、主板と、側板と、当該主板と当該側板との間に設けられ揚液にエネルギーを与える主翼と、を備え、前記一对の端部は、前記主板または前記側板の吐出し側の端部である。

[0028] この構成によれば、主板または側板の吐出し側の端部のうち上方の端部を支持することができるので、主板または側板の吐出し側の端部の変形を抑制することができる。

[0029] 本発明の第９の態様に係る羽根車の製造方法は、第１から７のいずれかの態様に係る羽根車の製造方法であって、前記羽根車は、主板と、側板と、当該主板と当該側板との間に設けられる複数の主翼と、を備え、前記一对の端部は、前記側板の吸込み側の端部である。

[0030] この構成によれば、側板の吸込み側の端部を支持することができるので、側板の吸込み側の端部の変形を抑制することができる。

- [0031] 本発明の第１０の態様に係る羽根車の製造方法は、第１から７のいずれかの態様に係る羽根車の製造方法であって、前記羽根車は、揚液にエネルギーを与える複数の主翼と、を備え、前記一对の端部は、前記複数の主翼のうち隣り合う主翼の端部である。
- [0032] この構成によれば、複数の主翼のうち隣り合う主翼の端部を支持することができるので、複数の主翼のうち隣り合う主翼の端部の変形を抑制することができる。
- [0033] 本発明の第１１の態様に係る羽根車は、主板と、側板と、当該主板と当該側板との間に設けられ揚液にエネルギーを与える主翼と、を備えた羽根車であって、前記主板、前記側板および前記主翼にて形成される流路が積層造形により形成され、且つ、前記主板と前記側板との少なくとも一方の外周面が切削加工にて形成された羽根車である。
- [0034] この構成によれば、流路が積層造形により形成されるので当該流路の加工精度が向上し、主板と側板との少なくとも一方の外周面が切削加工されているので、当該端部の加工精度が向上する。
- [0035] 本発明の第１２の態様に係る羽根車は、第１１の態様に係る羽根車であって、前記流路面と、前記外周面との表面粗さが異なる。
- [0036] 本発明の第１３の態様に係る羽根車は、第１２の態様に係る羽根車であって、前記流路面は、外周面よりも表面粗さが粗い。
- [0037] 本発明の第１４の態様に係る羽根車の製造方法は、羽根車と、補強部材と、を有する構造体を積層造形法により形成する構造体形成工程と、前記構造体から前記補強部材を除去する除去工程と、を有し、前記構造体形成工程において、前記羽根車は、前記羽根車の端部の円形の開口が積層面に対し垂直となるように配置され、前記補強部材の一端部が、前記円形の端部のうち中点よりも上方の端部の少なくとも一部に連結するように、前記構造体が形成される。
- [0038] 本発明の第１５の態様に係る羽根車の製造方法は、第１４の態様に係る羽根車の製造方法であって、前記羽根車の端部の円形の開口が吸込み口である

。

[0039] 本発明の第 16 の態様に係る羽根車の製造方法は、第 14 または 15 の態様に係る羽根車の製造方法であって、前記羽根車の端部の円形の開口がインペラハブの開口部である。

[0040] 本発明の第 17 の態様に係る羽根車の製造方法は、羽根車と、前記羽根車の表面に連結されている加工しろ部材と、を有する構造体を、積層造形法により形成する構造体形成工程と、前記構造体から前記加工しろ部材を除去する除去工程と、を有し、前記構造体形成工程において前記加工しろ部材を前記羽根車と略同じ密度で造形する。

[0041] この構成によれば、加工しろ部材が羽根車を、羽根車と同じ強度で維持できるので、羽根車の表面の変形を抑制することができる。従って、積層造形法により羽根車を形成する場合に、製造工程における羽根車の変形を抑制することができる。

[0042] 本発明の第 18 の態様に係る羽根車の製造方法は、第 17 の態様に係る羽根車の製造方法であって、前記構造体は、更に支持部材を有し、前記構造体形成工程において、前記支持部材が形成される第 1 ステップと、前記加工しろ部材が形成される第 2 ステップと、前記羽根車が形成される第 3 ステップと、を有し、前記構造体の少なくとも一つの鉛直線上において前記構造体は、前記第 1 ステップ、前記第 2 ステップ、前記第 3 ステップ、の順にて積層造形される。

[0043] この構成によれば、支持部材によって加工しろ部材が支持され、加工しろ部材によって羽根車が支持される。このため、羽根車が下から支えられることになり、羽根車の製造工程における変形を抑制することができる。

[0044] 本発明の第 19 の態様に係る羽根車の製造方法は、第 17 または 18 の態様に係る羽根車の製造方法であって、前記構造体形成工程において、前記支持部材は、前記加工しろ部材に比べて低い密度になるように形成される。

[0045] この構成によれば、支持部材の金属量を低減することができるので、羽根車の製造コストを抑制することができる。

- [0046] 本発明の第20の態様に係る羽根車の製造方法は、第17から19のいずれかの態様に係る羽根車の製造方法であって、前記除去工程において、前記加工しる部材が切削加工にて除去されることで前記羽根車の表面の形状が形成される。
- [0047] この構成によれば、複雑な流路でも形成できると共に表面は切削加工にて研磨されるので、ポンプ効率を重視した羽根車を形成できる。
- [0048] 本発明の第21の態様に係る羽根車の製造方法は、第17から20のいずれかの態様に係る羽根車の製造方法であって、前記羽根車の下側、及び前記羽根車の上側の少なくとも一方に、前記加工しる部材が形成される。
- [0049] この構成によれば、羽根車の下側及び羽根車の上側の少なくとも一方が加工しる部材によって支持されるので、羽根車の下側及び羽根車の上側の少なくとも一方の変形を抑制することができる。
- [0050] 本発明の第22の態様に係る羽根車の製造方法は、第17から21のいずれかの態様に係る羽根車の製造方法であって、前記構造体形成工程において、前記羽根車のインペラハブの開口部の内側に前記加工しる部材が形成される。
- [0051] この構成によれば、加工しる部材を切削加工することで、インペラハブの開口部の内周面の表面の加工精度が向上するので、ポンプ軸に傷がつくのを防止することができる。
- [0052] 本発明の第23の態様に係る羽根車の製造方法は、第22の態様に係る羽根車の製造方法であって、前記構造体形成工程において、前記開口部の少なくとも一部を覆うように前記加工しる部材が形成され、前記開口部の中心に相当する前記加工しる部材の表面位置に凹凸が設けられるか、及び／または前記開口部の内周に相当する前記加工しる部材の表面位置に凹凸が設けられる。
- [0053] この構成によれば、作業者が加工しる部材を削るときに、削る範囲を容易に判断することができる。
- [0054] 本発明の第24の態様に係る羽根車の製造方法は、第17から23のいずれ

れかの態様に係る羽根車の製造方法であって、前記構造体形成工程において、前記加工しる部材には、前記主板及び／または前記側板の一部の寸法、または前記主板及び／または前記側板の一部の形状に関するパラメータを表す凹凸が前記加工しる部材の表面に設けられている。

[0055] この構成によれば、作業者が加工しる部材を削るときに、寸法及び形状に関するパラメータを把握した状態で削ることができるので、削りミスを低減することができる。

[0056] 本発明の第25の態様に係る羽根車の製造方法は、第17から24のいずれかの態様に係る羽根車の製造方法であって、前記羽根車は、主板と、側板と、主翼と、を備えたクローズドインペラである。

[0057] この構成によれば、クローズドインペラについて、加工しる部材がクローズドインペラを、クローズドインペラと同じ強度で維持できるので、羽根車の表面の変形を抑制することができる。

[0058] 本発明の第26の態様に係る羽根車は、主板と、側板と、主翼と、を備え、前記主板、前記側板および前記主翼にて画定された流路が形成されている羽根車であって、前記流路は積層造形にて形成され、前記主板および前記側板の外表面は切削加工にて形成された羽根車である。

[0059] この構成によれば、複雑な流路でも形成できると共に表面は切削加工にて研磨されるので、ポンプ効率を重視した羽根車を形成できる。

[0060] 本発明の第27の態様に係る羽根車は、第26の態様に係る羽根車であって、前記主板および前記側板において、前記流路を画定する流路面と前記外表面とは表面粗さが異なる。

[0061] 本発明の第28の態様に係る羽根車は、第27の態様に係る羽根車であって、前記流路面は、前記外表面よりも表面粗さが粗い。

[0062] 本発明の第29の態様に係る羽根車は、第27または28の態様に係る羽根車であって、前記羽根車は切削加工にて形成されたインペラハブを更に有し、前記流路面は前記インペラハブよりも表面粗さが粗い。

[0063] 本発明の第30の態様に係る羽根車の設計方法は、ポンプの羽根車の設計

方法であって、前記羽根車は、揚液にエネルギーを与える複数の主翼を備え、前記羽根車の情報に基づいて、当該羽根車を積層造形する当該羽根車の設計を変更する設計変更工程を有する。

[0064] この構成によれば、積層造形で形成する場合において、羽根車を積層造形するよう設計を変更することができるので、当該羽根車の積層造形中の変形を抑えることができるので、形成不良を抑制することができる。

[0065] 本発明の第31の態様に係る羽根車の設計方法は、第30の態様に係る羽根車の設計方法であって、前記設計変更工程では、前記羽根車を積層造形するのに必要な中間翼を追加するよう当該羽根車の設計を変更する。

[0066] この構成によれば、この構成によれば、積層造形で形成する場合において、形成される層の平面が大きくなっても、中間翼を隣り合う当該主翼の間に設けるように設計することができるので、当該羽根車の積層造形中の変形を抑えることができるので、形成不良を抑制することができる。

[0067] 本発明の第32の態様に係る羽根車の設計方法は、第30の態様に係る羽根車の設計方法であって、前記羽根車の情報は、前記羽根車の素材の情報と、隣り合う前記主翼が形成される積層面における当該隣り合う前記主翼の間の距離とを含み、前記設計変更工程において、当該隣り合う前記主翼の間に前記中間翼を追加するよう当該羽根車の設計を変更する。

[0068] この構成によれば、主翼と中間翼の間の距離を、隣り合う主翼が形成される積層面における当該隣り合う主翼の間の距離と羽根車の素材に応じて設定することができるので、積層造形中における羽根車の変形を抑制することができる。

[0069] 本発明の第33の態様に係る羽根車の設計方法は、第32の態様に係る羽根車の設計方法であって、前記設計変更工程において、前記羽根車の素材によって異なる所定の許容距離よりも前記複数の主翼間の積層面における距離が短くなるように前記中間翼を追加するよう当該羽根車の設計を変更する。

[0070] この構成によれば、主翼と中間翼の間の距離を、羽根車の素材に応じた所定の許容距離よりも短くすることができるので、積層造形中における羽根車

の変形を抑制することができる。

[0071] 本発明の第34の態様に係る羽根車の設計方法は、第30から33のいずれかの態様に係る羽根車の設計方法であって、前記羽根車はクローズドインペラであって、前記主翼間の積層面は、前記主翼よりも後に形成される前記羽根車の主板または側板である。

[0072] この構成によれば、羽根車の上に形成される主板または側板に表面において、主翼と中間翼の間の距離を、羽根車の素材に応じた所定の許容距離よりも短くすることができるので、積層造形中における羽根車の変形を抑制することができる。

[0073] 本発明の第35の態様に係る羽根車の設計方法は、第30から34のいずれかの態様に係る羽根車の設計方法であって、前記設計変更工程の後に、前記中間翼が設けられた羽根車を備える前記ポンプを流体解析する工程を更に有する。

[0074] この構成によれば、設計変更により中間翼が設けられた羽根車を流体解析することにより、当該中間翼が設けられた羽根車が客先要求を満たすか否か確認することができる。

[0075] 本発明の第36の態様に係る羽根車の製造方法は、第35の態様に係る羽根車の製造方法であって、前記流体解析の結果による選定範囲が前記客先要求を満たす運転点を包含する場合、積層造形が実行されるように積層造形機を制御する工程を有する。

[0076] この構成によれば、設計変更により中間翼が設けられた羽根車が客先要求を満たす場合に、当該設計にて羽根車を製造することができる。

[0077] 本発明の第37の態様に係る羽根車の設計方法は、第35または36の態様に係る羽根車の設計方法であって、前記流体解析の結果による選定範囲が前記客先要求を満たす運転点を包含しない場合、前記羽根車の素材の情報、前記羽根車の設計形状のうち、少なくとも一つを変更し、当該変更後に再度、流体解析する工程を更に有する。

[0078] この構成によれば、当該変更後の羽根車を流体解析することにより、当該

変更後の羽根車が客先要求を満たすか否か確認することができる。

[0079] 本発明の第38の態様に係る羽根車の設計方法は、第35から37のいずれかの態様に係る羽根車の設計方法であって、複数のポンプ機種群から客先要求に応じてポンプ機種を選定する工程と、前記流体解析の結果による選定範囲が前記客先要求を満たす運転点を包含しない場合に、前記選定したポンプ機種を再選定する工程と、を更に有する。

[0080] この構成によれば、ポンプ機種を再選定することによって、客先要求を満たすようにすることができる。

[0081] 本発明の第39の態様に係る羽根車の設計方法は、第30から38のいずれかの態様に係る羽根車の設計方法であって、前記設計変更工程では、当該羽根車の外径の変更、及び／または主翼及び／または中間翼の翼角を設計変更する。

[0082] 本発明の第40の態様に係る羽根車の製造方法は、第30から39のいずれかの態様に係る羽根車の設計方法にて設計された羽根車を積層造形にて形成する、羽根車の製造方法である。

[0083] この構成によれば、積層造形で形成する場合において、形成される層の平面が大きくなっても、中間翼を隣り合う当該主翼の間に設けるように設計することができるので、当該羽根車の積層造形中における変形を抑えることができるので、形成不良を抑制することができる。

[0084] 本発明の第41の態様に係る羽根車の設計システムは、ポンプの羽根車であって、揚液にエネルギーを与える複数の主翼を備える羽根車の設計システムであって、前記羽根車の情報に基づいて、当該羽根車を積層造形するよう当該羽根車の設計を変更する設計変更部を備える。

[0085] この構成によれば、積層造形で形成する場合において、羽根車を積層造形するよう設計することができるので、当該羽根車の積層造形中における変形を抑えることができるので、形成不良を抑制することができる。

[0086] 本発明の第42の態様に係る羽根車の設計システムは、第41の態様に係る羽根車の設計システムであって、前記設計変更部は、積層造形するのに必

要な中間翼を追加するよう当該羽根車の設計を変更する。

[0087] 本発明の第43の態様に係る羽根車の製造システムは、ポンプの羽根車であって、揚液にエネルギーを与える複数の主翼を備える羽根車の製造システムであって、前記羽根車の情報に基づいて、当該羽根車を積層造形するよう当該羽根車の設計を変更する設計変更部と、設計変更後の羽根車を積層造形する積層造形機と、を備える。

[0088] この構成によれば、積層造形で形成する場合において、羽根車を積層造形するよう設計することができるので、当該羽根車の積層造形中における変形を抑えることができるので、形成不良を抑制することができる。

[0089] 本発明の第44の態様に係る羽根車の製造方法は、羽根車入口と羽根車出口との間に複数の翼を有する羽根車の製造方法であって、当該羽根車の軸方向に間隔を設けて配置されたシュラウド及びハブと、当該シュラウドとハブとの間に配置された複数の翼と、当該シュラウド及び当該ハブの羽根車出口側に連結されている補強部材と、を有する構造体を、積層造形法により形成する構造体形成工程と、前記構造体から前記補強部材を除去する除去工程と、を有する。

[0090] この構成によれば、積層造形法により羽根車の原型となる構造体を形成するので、羽根車の流路の形状が複雑であっても、所望の寸法精度を得ることができる。このため、流路内の相対速度を小さくする効果が得られ、羽根車の性能を向上させることができる。また、除去工程において、余分に造形した補強部材を除去することで、流路内に支持部材をいれることなく羽根車を造形することができ、流路内の支持部材除去という難解な工程を省略することができる。また、鋳型を作成する必要がないので、製造に係る手間、時間及びコストを削減することができ、生産性を向上させることができる。

[0091] 本発明の第45の態様に係る羽根車の製造方法は、第44の態様に係る羽根車の製造方法であって、前記構造体は、前記補強部材を支持する第1の支持部材を更に有し、前記構造体から前記第1の支持部材を除去する工程を更に有する。

- [0092] この構成によれば、補強部材を第1の支持部材が支持することにより、積層造形中の補強部材の形状が安定するので、補強部材が連結されたシュラウド及び当該ハブの羽根車出口側の形状が安定する。
- [0093] 本発明の第46の態様に係る羽根車の製造方法は、第44または第45の態様に係る羽根車の製造方法であって、前記構造体は、前記シュラウドまたは前記ハブを支持する第2の支持部材を更に有し、前記構造体から前記第2の支持部材を除去する工程を更に有する。
- [0094] この構成によれば、ベースプレートから構造体を切り離す際に、第2の支持部材からベースプレートを切り離すか、第2の支持部材を切断すればよいので、羽根車を傷つけずにベースプレートから構造体を切り離すことができる。
- [0095] 本発明の第47の態様に係る羽根車の製造方法は、第44から46のいずれかの態様に係る羽根車の製造方法であって、前記構造体において、隣り合う翼、前記シュラウド、及び前記ハブによって流路が形成されており、前記補強部材は、前記流路を前記羽根車出口で閉塞するように構成されている。
- [0096] この構成によれば、シュラウド及びハブの羽根車出口の末端部が補強部材によって支持されるので、積層造形中においてシュラウド及びハブの羽根車出口の末端部が変形することを防止することができる。
- [0097] 本発明の第48の態様に係る羽根車の製造方法は、第47の態様に係る羽根車の製造方法であって、前記補強部材は、前記シュラウド及び前記ハブの羽根車出口の末端部の傾斜角度とは、異なる傾斜角度で前記シュラウド及び前記ハブに連結されている。
- [0098] この構成によれば、シュラウド及びハブの羽根車出口の末端部と、補強部材との境界が明らかになるので、機械加工によって補強部材を除去することを容易化することができる。
- [0099] 本発明の第49の態様に係る羽根車の製造方法は、第47の態様に係る羽根車の製造方法であって、前記補強部材は、前記シュラウドを外周側に延長するように当該シュラウドに連結された第1の部材と、前記ハブを外周側に

延長するように当該ハブに連結された第2の部材と、前記第1の部材と前記第2の部材に連結されて前記流路を前記羽根車出口で閉塞するように構成された第3の部材と、を有する。

[0100] この構成によれば、翼に補強部材が接しないため、翼から補強部材を除去する作業が省略することができる。

[0101] 本発明の第50の態様に係る羽根車の製造方法は、第47の態様に係る羽根車の製造方法であって、前記補強部材は、前記シュラウドを外周側に延長するように一端が当該シュラウドに連結された第1の部材と、前記ハブを外周側に延長するように一端が当該ハブに連結された第2の部材と、を有し、前記流路を前記羽根車出口で閉塞するように、前記第1の部材の他端と前記第2の部材の他端が連結されている。

[0102] この構成によれば、翼に補強部材が接しないため、翼から補強部材を除去する作業が省略することができる。

[0103] 本発明の第51の態様に係る羽根車の製造方法は、第44から50のいずれかの態様に係る羽根車の製造方法であって、記羽根車は、子午面断面において、前記流路を構成するシュラウド側の曲線が、翼入口から前記翼の所定の位置まではハブ側に湾曲し、前記翼の所定の位置から翼出口までは前記ハブとは反対側に湾曲している。

[0104] 本発明の第52の態様に係る羽根車の製造方法は、第44から51のいずれかの態様に係る羽根車の製造方法であって、前記羽根車のハブまたは／およびシュラウドは、子午面断面において、所定の位置から外周に向かって、水平面から傾斜している。

[0105] 本発明の第53の態様に係る羽根車の製造方法は、第44から52のいずれかの態様に係る羽根車の製造方法であって、前記羽根車の午面断面において、前記ハブまたは／および前記シュラウドは、内周側から外周側に向かって肉薄になっている。

[0106] 本発明の第54の態様に係る羽根車は、羽根車入口と羽根車出口との間に複数の翼を有する羽根車であって、当該羽根車の軸方向に間隔を設けて配置

されたハブおよびシュラウドと、当該ハブとシュラウドの間に配置された複数の翼と、を有し、前記ハブまたは／およびシュラウドは、外表面と羽根車出口側の外周縁の表面粗さが異なる。ハブまたは／およびシュラウドは、積層造形にて形成された外表面と切削加工にて形成された羽根車出口側の外周縁とを有する。そのため、当該外表面と当該外周縁とは表面粗さが異なり、外表面の粗さが外周縁よりも粗い。

[0107] 本発明の第55の態様に係る羽根車の製造システムは、造形する羽根車の形状に応じて、当該羽根車のシュラウド及びハブの羽根車出口側に連結される補強部材の形状を決定する補強部材決定部と、前記造形する羽根車の原型となる構造体の形状を決定する構造体決定部と、形状が決定された前記構造体を造形するよう積層造形機に指令する指令部と、を備える。

[0108] この構成によれば、積層造形法により羽根車の原型となる構造体を形成するので、羽根車の流路の形状が複雑であっても、所望の寸法精度を得ることができる。このため、流路内の相対速度を小さくする効果が得られ、羽根車の性能を向上させることができる。また、鋳型を作成する必要がないので、製造に係る手間、時間及びコストを削減することができ、生産性を向上させることができる。

発明の効果

[0109] 本発明の一態様によれば、ベースプレートから積層された補強部材が、主板と側板のうち後に積層造形する方の端部の少なくとも一部を支持するため、主板と側板のうち後に積層造形する方の端部の変形を抑えることができる。従って、積層造形法により羽根車を形成する場合に羽根車の端部の変形を抑制することができる。

あるいは本発明の別の態様によれば、加工する部材が羽根車を、羽根車と同じ強度で維持できるので、羽根車の表面の変形を抑制することができる。従って、積層造形法により羽根車を形成する場合に、製造工程における羽根車の変形を抑制することができる。

あるいは本発明の別の態様によれば、羽根車を積層造形で形成する場合

において、羽根車を積層造形するよう設計することで、当該羽根車の積層造形中における変形を抑えることができ、形成不良を抑制することができる。

あるいは本発明の別の一態様によれば、金属粉末を用いた積層造形法により羽根車の原型となる構造体を形成するので、羽根車の流路の形状が複雑であっても、所望の寸法精度を得ることができる。このため、流路内の相対速度を小さくする効果が得られ、羽根車の性能を向上させることができる。また、除去工程において、余分に造形した補強部材を除去することで、流路内に支持部材をいれることなく羽根車を造形することができ、流路内の支持部材除去という難解な工程を省略することができる。また、鋳型を作成する必要がないので、製造に係る手間、時間及びコストを削減することができ、生産性を向上させることができる。

あるいは本発明の別の一態様によれば、金属粉末を用いた積層造形法により羽根車の原型となる構造体を形成するので、羽根車の流路の形状が複雑であっても、所望の寸法精度を得ることができる。このため、流路内の相対速度を小さくする効果が得られ、羽根車の性能を向上させることができる。また、除去工程において、余分に造形した補強部材を除去することで、流路内に支持部材をいれることなく羽根車を造形することができ、流路内の支持部材除去という難解な工程を省略することができる。また、鋳型を作成する必要がないので、製造に係る手間、時間及びコストを削減することができ、生産性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0110] [図1]第1の実施形態に係るポンプの構造を示す断面図である。

[図2]図1に示すポンプのポンプケーシングの正面図である。

[図3]図1に示す羽根車の断面図である。

[図4]図3に示す羽根車を、その吸込口側から見たときの一部切断の正面図である。

[図5]第1の実施形態に係る羽根車の製造工程の途中で形成される構造体の一例の断面図である。

[図6]第1の実施形態に係る羽根車の製造工程の途中で形成される構造体を、その吸込口側から見たときの一部切断の正面図である。

[図7]第1の実施形態に係る羽根車の製造方法の流れの一例を示すフローチャートである。

[図8]第1の実施形態の第1の変形例に係る構造体の一例の断面図である。

[図9]第1の実施形態の第2の変形例に係る構造体の一例の断面図である。

[図10]第2の実施形態に係る構造体の一例の断面図である。

[図11]第3の実施形態に係る構造体の一例の断面図である。

[図12]第4の実施形態に係る構造体の一例の断面図である。

[図13]第5の実施形態に係る構造体の一例の斜視図である。

[図14]第5の実施形態に係る構造体の一例の断面図である。

[図15]第6の実施形態に係るポンプの構造を示す断面図である。

[図16]図15に示すポンプのポンプケーシングの正面図である。

[図17]図15に示す羽根車の断面図である。

[図18]図17に示す羽根車を、その吸込口側から見たときの一部切断の正面図である。

[図19]第6の実施形態に係る羽根車の製造工程の途中で形成される構造体の一例の断面図である。

[図20]第6の実施形態に係る羽根車の製造工程の途中で形成される構造体の加工しろ部材24を、吸込口側から見たときの正面図である。

[図21A]第6の実施形態に係る羽根車の製造方法の流れの一例を示すフローチャートである。

[図21B]図21AのステップS1の構造体の造形方法の流れの一例を示すフローチャートである。

[図22]第6の実施形態の変形例に係る構造体の一例の断面図である。

[図23]第7の実施形態に係るポンプの構造を示す断面図である。

[図24]図23に示すポンプのポンプケーシングの正面図である。

[図25]図23に示す羽根車の断面図である。

[図26]第7の実施形態に係る第1の実施例に係る羽根車を、図25の吸込口側から見たときの一部切断の正面図である。

[図27]第7の実施形態に係る第2の実施例に係る羽根車を、図25の吸込口側から見たときの一部切断の正面図である。

[図28]ポンプ選定図の一例である。

[図29]第7の実施形態に係る羽根車の製造システムの概略構成図である。

[図30]全揚程と吐出し流量との間の関係の一例を示すグラフである。

[図31]羽根車の外径が大きくなるように変更する場合を説明するための図である。

[図32]第7の実施形態に係る羽根車の製造方法の流れの一例を示すフローチャートである。

[図33]第8の実施形態に係る羽根車を備えたポンプ装置の一例を示す縦断面図である。

[図34A]第8の実施形態に係る羽根車の原型となる構造体の子午面断面図の一例である。

[図34B]図34Aの領域R1の拡大図である。

[図35]図34に示す羽根車の正断面図である。

[図36]第8の実施形態の変形例に係る構造体の一部分の断面図の一例である。

[図37]第9の実施形態に係る構造体の一部分の断面図の一例である。

[図38]第9の実施形態に変形例に係る構造体の一部分の断面図の一例である。

[図39]各実施形態の羽根車の製造方法で用いられる羽根車の製造システムの概略構成図である。

[図40]情報処理装置のストレージに格納されているテーブルの一例である。

[図41]各実施形態に係る羽根車の製造方法の流れの一例を示すフローチャートである。

[図42A]本発明に係る遠心式羽根車の設計例を示す子午面断面図である。

[図42B]本発明に係る遠心式羽根車の設計例を示す子午面断面図である。

[図42C]本発明に係る遠心式羽根車の設計例を示す子午面断面図である。

[図42D]本発明に係る遠心式羽根車の設計例を示す子午面断面図である。

[図42E]本発明に係る遠心式羽根車の設計例を示す子午面断面図である。

[図43A]本発明に係る遠心式羽根車の設計例を示す子午面断面図である。

[図43B]本発明に係る遠心式羽根車の設計例を示す子午面断面図である。

[図44]従来技術として羽根車 1 0 0 0 の鑄造の例を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0111] 以下、各実施形態について、図面を参照しながら説明する。但し、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明や実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合がある。これは、以下の説明が不必要に冗長になるのを避け、当業者の理解を容易にするためである。

[0112] 本実施形態では、ベースプレートの上に金属粉末を用いた積層造形法により、本実施形態に係る羽根車の原型となる構造体を形成する。ここで、積層造形法は、所望の羽根車の形状に合わせて配置した金属粉末を、レーザ又は電子ビーム等による熱エネルギーにより焼結させる。金属粉末の配置及び焼結といった工程を順次繰り返すことで、焼結された金属粉末が積層され、所望の形状の羽根車の原型となる構造体が形成される。

[0113] 図 1 は、第 1 の実施形態に係るポンプの構造を示す断面図である。図 2 は、図 1 に示すポンプのポンプケーシングの正面図である。図 1 及び図 2 に示すように、ポンプは、吸込口 1 a と吐出し口 1 b を有するポンプケーシング 1 と、ケーシングカバー 2 とを備えている。羽根車 3 は、その吸込口 9 (図 3 参照) がポンプケーシング 1 の吸込口 1 a を向くようにポンプケーシング 1 の内部に配置され、吸込口 1 a からポンプケーシング 1 の内部に入った流体は、羽根車 3 を通って昇圧され、ポンプケーシング 1 の吐出し口 1 b から外部に排出される。羽根車 3 は、軸受胴体 4 に組込まれた軸受 5 a, 5 b に

支持された主軸であるポンプ軸 6 のポンプケーシング 1 側の端部に固定されている。ポンプ軸 6 の他端には図示しない駆動機が連結されており、ポンプ軸 6 を介して羽根車 3 が回転駆動される。図 2 は、ポンプケーシング 1 を軸受胴体 4 側からみた図を示す。

[0114] 図 3 は、図 1 に示す羽根車の断面図である。図 4 は、図 3 に示す羽根車を、その吸込口側から見たときの一部切断の正面図である。図 3 及び図 4 に示すように、羽根車 3 は、インペラハブ 10、主板 11、側板 12 及び主板 11 と側板 12 との間に配置された複数の主翼 13 から構成されている。インペラハブ 10 は、ポンプ軸 6 が貫通する開口部 8 を有し、ポンプ軸 6 に固定され、主翼 13 を取り付けられる回転体である。主板 11 は、羽根車 3 を形成する側壁のうち、インペラハブ 10 に連なる側の側壁である。側板 12 は、羽根車 3 を形成する側壁のうち、主翼 13 に支えられる側の側壁である。主翼 13 は、揚液にエネルギーを与える羽根であり、インペラハブ 10 に取り付けられている。主翼 13 は、この例では、厚さ t_1 の板状に形成されて、互いに隣接する一方の主翼 13 の回転方向側の表面 13a と他方の主翼 13 の反回転方向側の裏面 13b との間に、流路 20 がそれぞれ区画形成されている。また図 3 には、主板 11 と側板 12 との間に形成された流路 20 の出口幅 B_2 が示されている。

[0115] 図 5 は、第 1 の実施形態に係る羽根車の製造工程の途中で形成される構造体の一例の断面図である。図 6 は、第 1 の実施形態に係る羽根車の製造工程の途中で形成される構造体を、羽根車 3 の吸込口 9 側から見たときの一部切断の正面図である。図 5 及び図 6 に示すように、羽根車 3 の原型となる構造体 14 は、インペラハブ 10 と、主板 11 と、側板 12 と、当該主板 11 と当該側板 12 との間に設けられる複数の主翼 13 と、を備える羽根車 3 と、側板 12 を支持する支持部材 22 と、インペラハブ 10 を支持する支持部材 23 と、補強部材 30 と、を有する。構造体 14 は、ベースプレート 21 の上に金属粉末を用いた積層造形法により形成されている。

[0116] 図 5 及び図 6 に示すように、補強部材 30 の一端部 30a が、主板 11 の

外周面 1 1 c に連結している。補強部材 3 0 の第 2 の部材 3 2 は、主板 1 1 の外周面 1 1 c から離れており、補強部材 3 0 の他端部 3 0 b がベースプレート 2 1 に連結している。

[0117] より詳細には、補強部材 3 0 は、当該補強部材 3 0 の一端部 3 0 a から主板 1 1 の外周面 1 1 c に向かって延伸する第 1 の部材 3 1 と、当該補強部材 3 0 の他端部 3 0 b から垂直方向に延伸して第 1 の部材 3 1 を支持する第 2 の部材 3 2 と、を有する。この第 2 の部材 3 2 と側板 1 2 との間の水平距離 D は、造形する素材に応じて決まる限界距離以下に設定されている。この構成によれば、第 2 の部材 3 2 と主板 1 1 との間の水平距離 D を、当該限界距離以下にすることによって、補強部材 3 0 が途中で崩れ落ちるのを抑制することができる。本実施形態では、主板 1 1 が略水平に配置されて積層造形されるため、第 1 の部材 3 1 は補強部材 3 0 の一端部 3 0 a から略水平に延伸する。一実施形態では、主板 1 1 が水平から傾いて配置されて積層造形してもよいし、または／および、第 1 の部材 3 1 は、補強部材 3 0 の一端部 3 0 a から水平に対して所定の角度で延伸してもよい。そうすれば、水平距離 D を長くできる。また、積層造形では、順次積層される水平面の面積を極力少なくすることで、形成される構造体 1 4 の変形を抑えることができる。第 1 の部材 3 1 を水平より傾いた角度で形成することで、補強部材 3 0 の変形を抑えることができる。

[0118] 本実施形態に係る構造体形成工程において、補強部材 3 0 のうち、少なくとも一端部 3 0 a は、羽根車 3 と略同じ金属密度になるように形成されることが好ましい。これにより、主板 1 1 の外周面 1 1 c と連結する補強部材 3 0 の一端部 3 0 a が、主板 1 1 と略同じ金属密度になり、補強部材 3 0 が主板 1 1 の端部と同じ強度で維持できるので、主板 1 1 の外周面の変形を抑制することができる。また、積層造形では、造形時の熱がうまく放熱できないと、結果として変形してしまう。ここで、外周面 1 1 c に補強部材 3 0 がないと、外周面 1 1 c は空気に触れて放熱されにくい。また、外周面 1 1 c より低い金属密度の補強部材 3 0 が当接すると、羽根車 3 の他の部分に比べて

放熱されにくく外周面 11c が部分的に変形してしまう虞がある。しかしながら、外周面 11c と略同じ金属密度の補強部材 30 が当接すれば、羽根車の外周面 11c が羽根車の他の部位と同様の放熱性を有するので、外周面 11c は羽根車の他の部位と同様の速度で冷却され変形が抑えられる。本実施形態では、第 1 の部材 31 は全て羽根車 3 と同じ金属密度で形成される。一実施形態では、第 1 の部材 31 の外周側の少なくとも一部が羽根車 3 より低い金属密度（例えば、メッシュ構造やスポンジ状の造形物）で形成されてもよい。

[0119] 本実施形態に係る構造体形成工程において、補強部材 30 のうち、少なくとも補強部材 30 の他端部 30b は、羽根車 3 より低い金属密度（例えば、メッシュ構造やスポンジ状の造形物）で形成されてもよい。これにより、補強部材 30 の金属量を低減することができるので、羽根車の製造コストを抑制することができる。本実施形態では、第 2 の部材 32 は全て羽根車 3 より低い金属密度（例えば、メッシュ構造やスポンジ状の造形物）で形成される。一実施形態では、第 2 の部材 32 の少なくとも一部が羽根車 3 と同じ金属密度で形成されてもよい。

[0120] 本実施形態に係る構造体形成工程において、支持部材 22 は、例えば、羽根車 3 に比べて低い金属密度（例えば、メッシュ構造やスポンジ状の造形物）になるように形成されてもよい。これにより、支持部材 22 の金属量を低減することができるので、羽根車 3 の製造コストを抑制することができる。本実施形態では、支持部材 22 はインペラハブ 10 および側板 12 全体を支持するように形成される。一実施形態では、羽根車 3 の径が小さい等で側板 12 が安定して形成できるのであれば、支持部材 22 は側板 12 の少なくとも一部のみを支持するように形成されてもよい。更には、支持部材 22 はなくてもよい。

[0121] 図 7 を用いて第 1 の実施形態に係る羽根車の製造方法について説明する。図 7 は、第 1 の実施形態に係る羽根車の製造方法の流れの一例を示すフローチャートである。

- [0122] (ステップS 1) まず、ベースプレート 2 1 の上に、金属粉末（例えば、チタンまたはステンレスなど）を用いた積層造形法により、本実施形態に係る羽根車 3 の原型となる構造体 1 4 を形成する。
- [0123] (ステップS 2) 次に、構造体 1 4 をベースプレート 2 1 から剥がす。例えば、構造体 1 4 が構成される金属がチタンの場合、ペンチで構造体 1 4 をベースプレート 2 1 から剥がしてもよい。一方、例えば、構造体 1 4 が構成される金属がステンレスの場合、機械加工で構造体 1 4 をベースプレート 2 1 から剥がしてもよい。
- [0124] (ステップS 3) 次に、構造体 1 4 から支持部材 2 2 を除去する。例えば、構造体 1 4 が構成される金属がチタンの場合、ペンチで構造体 1 4 から支持部材 2 2 を除去してもよい。一方、例えば、構造体 1 4 が構成される金属がステンレスの場合、機械加工（例えば、切削加工）で構造体 1 4 から支持部材 2 2 を除去してもよい。
- [0125] (ステップS 4) 次に、構造体 1 4 から補強部材 3 0 を機械加工等（ここでは一例として切削加工）で除去する。ここで、本実施形態では、構造体 1 4 から第 2 の部材 3 2 を除去した後、構造体 1 4 から第 1 の部材 3 1 を除去する。具体的には、ペンチやカッター等で構造体 1 4 から羽根車 3 よりも金属密度が低い部材（本実施形態では、第 2 の部材 3 2）を切断し、次に羽根車 3 と金属密度が同じ部分（本実施形態では、第 1 の部材 3 1）を旋盤にて切削する。当該旋盤での切削は、ステップ S 5 における研磨作業を兼ねることができると作業工程を簡略化できる。また、旋盤では、加工中に被加工物の硬さが変化すると加工機械が（特に工具刃）傷んでしまう虞があるため、補強部材 3 0 のうちの少なくとも一端部 3 0 a は、主板 1 1 の外周面の一周に渡り連結され且つ主板 1 1 と同じ金属密度で形成されるとよい。
- [0126] (ステップS 5) 次に、構造体 1 4 を研磨する。前記主板 1 1、前記側板 1 2 の外表面 1 1 a、1 2 a は、旋盤等によって切削加工による研磨がなされ、前記主板 1 1、前記側板 1 2 および前記主翼 1 3 にて形成される流路 2 0 は、スライム等による流体研磨がなされる。なお、ステップ S 5 は省略さ

れてもよい。

[0127] ここで、ステップS 5にて製造された羽根車3は、積層造形にて形成された表面の積層面に対して傾斜した面に積層段差が残り、積層面に平行な面にはレーザ又は電子ビーム等による塗り痕が残る。それに対して、切削加工の面には工具痕（例えば筋目方向の傷）が残る。このように、羽根車3は、積層造形にて形成された流路面（流路面11b、12b、および主翼13の表面13a、裏面13b）と、機械加工された面（外周面11c、12cおよび外表面11a、12a）との表面粗さが異なる。そして、主板11は、流路面11bにおける表面粗さが外周面11cよりも粗い。一例として、主板11の流路面11b（流路面のうち上側の面）の表面粗さはSa（算術平均高さ）が $20\mu\text{m}$ ～ $100\mu\text{m}$ であるのに対して、外周面11c（旋盤加工された面）の表面粗さはSaが $5\mu\text{m}$ 以下である。

特に、クローズドインペラの製造において、鋳物や溶接に比して積層造形であれば、複雑な流路を形成でき、更に、積層造形にて変形しやすい主板11または／および側板12は旋盤等で後から切削加工することで、所望する形状の羽根車3を製造できる。

[0128] なお、ステップS 3とステップS 4の順番は逆でもよい。

[0129] このように、羽根車3は、上下に配置される少なくとも一对の端部である外周面11c、12cを有し、補強部材30の一端部30aが、一对の端部のうち上方の端部（外周面11c）の少なくとも一部に連結するように、構造体14が形成される。また、積層造形により形成された主板11、側板12および主翼13にて形成される流路20と、切削加工にて形成された主板11の外周側の端部である一端部11cとの表面粗さが異なる。

[0130] なお、本実施形態では一例として、図6に示すように、主板11の外周面11cの一周に渡って補強部材30を連結するようにしたが、これに限ったものではなく、主板11の外周面11cの半周毎に半周分に相当する補強部材30を連結してもよいし、外周方向に間隔を設けて円弧分に相当する補強部材30を複数連結してもよい。また、補強部材30は、主板11の外周面

に限らず、主板 11 の外周側の端部（表面の端部または裏面の端部）に連結していてもよい。このように、補強部材 30 は、主板 11 の端部（例えば、外周面）の少なくとも一部に連結していればよい。特に、主翼 13 は補強部材 30 と同様に積層造形時に主板 11 を支持することができるので、外周面 11c の主翼 13 に接する部分から所定の間隔を空けて補強部材 30 を配置してもよい。また、本実施形態では、第 1 の部材 31 は側板 11 の外周面 11c の一周に渡り、且つ、複数の第 2 の部材 32 が第 1 の部材 31 の外周側の一周に渡り設けられている。一実施形態では、第 1 の部材 31 は側板 11 の外周面 11c の一周に渡り、且つ、第 2 の部材 32 が第 1 の部材 31 の外周側の少なくとも一部に設けられてもよい。

[0131] <第 1 の実施形態の第 1 の変形例>

続いて第 1 の実施形態の第 1 の変形例について説明する。図 8 は、第 1 の実施形態の第 1 の変形例に係る構造体の一例の断面図である。第 1 の実施形態の構造体は、主板 11 より上に側板 12 が積層形成され、補強部材 30 が側板 12 に連結されているものとして説明したが、第 1 の実施形態の第 1 の変形例に係る構造体は、主板 11 より上に側板 12 が積層形成されたものであり、補強部材 40 が、主板 11 ではなく側板 12 に連結されている点が異なっている。これは、主板 11 が支持部材 23 によって支持されるようになる一方、側板 12 の外周面 12c 側は支持部材で支持されなくなるので、補強部材 40 で支持するためである。

[0132] 図 8 に示すように、補強部材 40 の一端 40a が側板 12 の外周面 12c に連結している。また補強部材 40 の第 2 の部材 42 が主板 11 の外周面から離れている。補強部材 40 の他端 40b がベースプレート 21 に連結している。

[0133] 補強部材 40 は、当該補強部材 40 の一端 40a から略水平に延伸する第 1 の部材 41 と、当該補強部材 40 の他端 40b から垂直方向に延伸して第 1 の部材 41 を支持する第 2 の部材 42 と、を有する。この第 2 の部材 42 と主板 11 との間の水平距離 D は、積層する素材に応じて決まる限界距離以

下である。この構成によれば、第2の部材42と主板11との間の水平距離Dを設ける。なぜならば、当接した第2の部材42と主板11を積層造形した結果、形成不良等で第2の部材42が異物として流路20内に入り込んでしまうと、当該流路内の第2の部材42を後工程で流路20から取り除かなければならないからである。特に、搬送流体が気体等のタービンの羽根車に比して搬送流体が液体のポンプの場合、流路20内の異物による圧損が顕著に現れる。しかしながら、主板11、側板12および主翼13にて形成される流路20から異物を取り除くのは困難である。そのため、特に搬送流体が液体のポンプの場合には、水平距離Dを設け異物が流路20内に入るのを防止することが有効である。また、第1の部材41を当該限界距離以下で延伸することによって、補強部材40が途中で崩れ落ちるのを抑制することができる。

[0134] 本実施形態では、補強部材30と同様に、一端部40aが羽根車3と同じ金属密度で形成され且つ側板12の外周面12cの一周に渡って連結されることで、第1の部材41を旋盤にて良好に切削することができる。

[0135] このように、第1の実施形態の第1の変形例における羽根車3は、上下に配置される少なくとも一对の端部である外周面11c、12cを有し、補強部材40の一端部40aが、一对の端部のうち上方の端部（外周面12c）の少なくとも一部に連結するように、構造体14が形成される。また、第1の実施形態と同様に積層造形により形成された側板12にて形成される流路20と、切削加工にて形成された側板12の外周側の端部である一端部12cとの表面粗さが異なる。

[0136] なお、第1の実施形態の第1の変形例では、一例として側板12の外周面12cの一周に渡って補強部材40を連結するようにしたが、これに限ったものではなく、側板12の外周面12cの半周毎に半周分に相当する補強部材40を連結してもよいし、外周方向に間隔を設けて円弧分に相当する補強部材40を複数連結してもよい。また、補強部材30は、側板12の外周面に限らず、側板12の外周側の端部（表面の端部または裏面の端部）に連結

していてもよい。このように、補強部材 40 は、側板 12 の端部（例えば、外周面）の少なくとも一部に連結していればよい。

[0137] <第 1 の実施形態の第 2 の変形例>

続いて第 1 の実施形態の第 2 の変形例について説明する。図 9 は、第 1 の実施形態の第 2 の変形例に係る構造体の一例の断面図である。第 1 の実施形態の第 1 の変形例に係る構造体では、補強部材 40 が一つであったのに対して、第 1 の実施形態の第 2 の変形例に係る構造体では、第 2 の補強部材 43 が追加され、その分、第 1 の変形例に係る支持部材 23 より支持部材 24 が水平方向に更に長くなっており、第 1 の変形例に係る補強部材 40 の第 1 の部材 41 より補強部材 40c の第 1 の部材 41c が水平方向に更に長くなっている点が異なっている。

[0138] 図 9 に示すように、構造体 14c は、主板 11 の外周面の少なくとも一部（ここでは一例として外周面全体）に連結する第 2 の補強部材 43 を有する。第 2 の補強部材 43 は、補強部材 40 と同様に、当該第 2 の補強部材 43 の一端部 43a から略水平に延伸する第 1 の部材 43c と、当該第 1 の部材 43c の他端部 43b から垂直方向に延伸して第 1 の部材 43c を支持する第 2 の部材 44 と、を有する。

補強部材 40c は、補強部材 40 と同様に、当該補強部材 40c の一端部 40a から略水平に延伸する第 1 の部材 41c と、当該補強部材 40c の他端部 40b から垂直方向に延伸して第 1 の部材 41c を支持する第 2 の部材 42 と、を有する。第 2 の部材 42 と第 2 の補強部材 43 との間の水平距離 D は、金属粉末の素材に応じて決まる限界距離以下である。

図 7 のステップ S4 における除去工程において、構造体 14c から補強部材 40c に加えて第 2 の補強部材 43 を除去する。よって、補強部材 30 と同様に、補強部材 40c の一端部 40a 並びに第 2 の補強部材 43 の一端部 43a は、羽根車 3 と同じ金属密度にて形成されるとよい。

この構成によれば、主板 11 の外周面 11c と側板 12 の外周面 12c の両方を支持することができるので、羽根車 3 の外周面 11c、12c 側の端

部の両方の変形を抑制することができる。

- [0139] 以上によれば、一実施形態に係る羽根車の製造方法は、主板 11 と、側板 12 と、当該主板 11 と当該側板 12 との間に設けられる複数の主翼 13 と、補強部材 30、40 または 40c と、を有する構造体 14、14b または 14c を、ベースプレート 21 の上に金属粉末を用いた積層造形法により形成する構造体形成工程と、構造体 14、14b または 14c から前記補強部材 30、40 または 40c を除去する除去工程と、を有する。

この構造体形成工程において、補強部材 30、40 または 40c の一端が主板 11 と側板 12 のうち後に積層造形する方の端部の少なくとも一部に連結し、且つ補強部材 30、40 または 40c が主板 11 と側板 12 のうち先に積層造形する方の端部から離れており、且つ補強部材 30、40 または 40c の他端がベースプレート 21 に連結するように、構造体 14、14b または 14c が形成される。

- [0140] この構成によれば、ベースプレート 21 から積層された補強部材 30、40 または 40c が、主板 11 と側板 12 のうち後に積層造形する方の端部の少なくとも一部を支持するため、主板 11 と側板 12 のうち後に積層造形する方の端部の変形を抑えることができる。従って、積層造形法により羽根車 3 を形成する場合に羽根車 3 の端部（主板 11 または／および側板 12 の外周面 11c、12c 側の端部）の変形を抑制することができる。

- [0141] なお、構造体形成工程において、補強部材 30、40 または 40c は、当該補強部材 30、40 または 40c のベースプレート 21 に連結している他端部 30b または 40b または当該補強部材 30、40 または 40c の途中の高さから、当該補強部材 30、40 または 40c の一端部 30a または他端部 30b にかけて、水平より傾いた角度で形成されてもよい。この構成によれば、主板 11 の外周面 11c または側板 12 の外周面 12c を斜めに支持することができるので、補強部材 30、40 または 40c の他端部 30b と、主板 11 または側板 12 との間の水平距離を長くすることができる。傾いた角度で形成されると、水平に形成されるのに比して一層の形成面が少な

い。そのため、補強部材 30、40、40c の第 1 の部材 31、41、41c は金属密度を低く（例えば、メッシュ構造）して形成しても形状が安定するので、材料が少なく済むという利点がある。

[0142] <第 2 の実施形態>

続いて第 2 の実施形態について説明する。図 10 は、第 2 の実施形態に係る構造体の一例の断面図である。図 10 に示すように、第 2 の実施形態では、構造体 14d を形成する積層方向を、第 1 の実施形態の積層方法に対して 90 度回転させたものになっている。

図 10 に示すように、構造体 14d は、主板 11、側板 12、及び主翼 13 に加えて、側板 12 と連結している補強部材 51、インペラハブ 10 と連結している補強部材 52、インペラハブ 10 と連結している補強部材 53 と、側板 12 と連結している補強部材 54、及び主板 11、側板 12 及び主翼 13 を支持する支持部材 25 を備える。本実施形態では、図 10 の A 断面矢視図および B 断面矢視図に示すように、補強部材の一端部 52a、53a が開口部 8 の全周に渡って連結している。つまり、補強部材の一端部 52a が開口部 8 の中点 R よりも上方の端部に連結し、補強部材の一端部 53a が開口部 8 の中点 R よりも下方の端部に連結する。同様に、補強部材の一端部 51a が吸込口 9 の中点 R よりも上方の端部に連結し、補強部材の一端部 54a が開口部 8 の中点 R よりも下方の端部に連結する。一実施形態では、補強部材の一端部 52a が開口部 8 の中点 R よりも上方の端部の少なくとも一部に連結し、補強部材の一端部 53a が開口部 8 の中点 R よりも下方の端部の少なくとも一部に連結する。同様に、補強部材の一端部 51a が吸込口 9 の中点 R よりも上方の端部の少なくとも一部に連結し、補強部材の一端部 54a が開口部 8 の中点 R よりも下方の端部の少なくとも一部に連結する。

[0143] 第 2 の実施形態に係る羽根車の製造工程は、図 7 における第 1 の実施形態に係る羽根車の製造工程に比べて、構造体 14d 自体の構成が異なることに加えて、図 7 のステップ S4 における除去工程において、構造体 14d から補強部材 51 及び補強部材 52 を除去する点が異なり、図 7 のステップ S3

における除去工程において、構造体 1 4 d から支持部材 2 5 を除去する点が異なる。また、羽根車 3 と、補強部材 5 1、5 2、5 3、5 4 を有する構造体 1 4 d を積層造形法により形成する構造体形成工程（S 1）と、構造体 1 4 d から補強部材 5 1、5 2、5 3、5 4 を除去する除去工程（S 4）と、を有する。構造体形成工程 S 1 において羽根車 3 は当該羽根車 3 の端部の円形の開口（吸込口 9、開口部 8）が積層面に対し垂直となるように配置される。そして、補強部材の一端部 5 1 a が吸込口 9 の中点 R（つまり軸線）よりも上方の端部の少なくとも一部に連結し、補強部材の一端部 5 3 a が吸込口 9 の中点 R（つまり軸線）よりも下方の端部の少なくとも一部に連結する。また、補強部材の一端部 5 2 a が開口部 8 の中点 R よりも上方の端部の少なくとも一部に連結し、補強部材の一端部 5 3 a が開口部 8 の中点 R よりも下方の端部の少なくとも一部に連結する。これにより、第 1 の実施形態と同様に、羽根車 3 の端部である吸込口 9 および/または開口部 8 の変形を防止することができる。

[0144] また、一端部 5 1 a、5 4 a が羽根車 3 と同じ金属密度で形成され且つ吸込口 9 の外周面の一周に渡って連結され、一端部 5 2 a、5 3 a が羽根車 3 と同じ金属密度で形成され且つインペラハブ 1 0 の外周面 1 0 c の一周に渡って連結されることで、補強部材 3 0 と同様に S 4 の切削加工の工程において旋盤にて良好に切削することができる。

[0145] <第 3 の実施形態>

続いて第 3 の実施形態について説明する。図 1 1 は、第 3 の実施形態に係る構造体の一例の断面図である。第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態では片吸込用の羽根車 3 であったのに対して、第 3 の実施形態では、両吸込用の羽根車 1 0 3 である。なお、第 3 の実施形態に係る両吸込ポンプの構成図は省略する。

[0146] 図 1 1 に示すように、第 3 の実施形態に係る構造体 1 4 e は、インペラハブ 6 1 a、主板 6 1 b、側板 6 2 a、6 2 c、を備えた羽根車 1 0 3 に加えて、一端部が側板 6 2 a の端部に連結され且つ他端部がベースプレート 2 1

に連結された補強部材 64 a と、一端部が側板 62 a の端部に連結され且つ他端部がベースプレート 21 に連結された補強部材 64 b とを備える。

更に、構造体 14 e は、一端部がインペラハブ 61 a の端部に連結され且つ他端部がベースプレート 21 に連結された補強部材 65 a と、一端がインペラハブ 61 a の端部に連結され且つ他端がベースプレート 21 に連結された補強部材 65 b とを備える。更に、構造体 14 e は、インペラハブ 61 a を支持する支持部材 26 と、側板 62 c を支持する支持部材 27 とを備える。

[0147] 補強部材 64 a、65 a は、ベースプレート 21 に連結された他端から垂直方向に積層された後に、途中の高さから、当該補強部材 64 a、65 a の一端にかけて、水平より傾いた角度で形成されている。具体的には、補強部材 64 a は、側板 62 a の端部から、水平線に対して所定の角度 $\theta 1$ で傾斜するように構成されており、補強部材 65 a は、主板 61 b の端部から、水平線に対して所定の角度 $\theta 2$ で傾斜するように構成されている。ここで、角度 $\theta 1$ と角度 $\theta 2$ は同じであっても異なってもよい。補強部材 64 a、65 a は、連結される羽根車 103 の端部（ここでは側板 62 a の端部またはインペラハブ 61 a の端部）よりも低い密度であることが好ましい。これにより、補強部材 64 a、65 a の素材量を低減することができるので、羽根車 103 の製造コストを抑制することができる。本実施形態では、補強部材 64 a、65 a、64 b、65 b は、側板 62 a、側板 62 c の端部の軸対称の位置に設けられる。一実施形態では、所定の角度で傾斜する補強部材 64 a、65 a が側板 62 a、側板 62 c の端部に複数設けられてもよい。一実施形態では、補強部材 64 a、65 a が設けられずに補強部材 64 b、65 b のみが側板 62 a、側板 62 c の端部の一周に渡って設けられてもよい。また、一実施形態では、補強部材 64 b、65 b が設けられずに水平線に対して所定の角度で傾斜する補強部材 64 a、65 a のみが側板 62 a、側板 62 c の端部の一周に渡って設けられてもよい。

[0148] 第 3 の実施形態に係る羽根車 130 の製造工程は、図 7 における第 1 の実

施形態に係る羽根車の製造工程に比べて、構造体 1 4 e 自体の構成が異なることに加えて、図 7 のステップ S 3 における除去工程において、構造体 1 4 e から支持部材 2 6、2 7 を除去する点が異なり、図 7 のステップ S 4 における除去工程において、構造体 1 4 e から補強部材 6 4 a、6 4 b、6 5 a、6 5 b を除去する点異なる。

[0149] このように、本実施形態に係る羽根車 1 0 3 の製造工程では、上下に配置される一对の端部である主板 6 1 b の端部と側板 6 2 a の端部を有し、補強部材 6 4 a または／および 6 4 b の一端が、当該一对の端部のうち上方の端部である側板 6 2 a の少なくとも一部に連結する構造体 1 4 e が形成される。また、羽根車 3 の製造では、上下に配置される一对の端部である主板 6 1 b の端部と側板 6 2 c の端部を有し、補強部材 6 5 a または／および 6 5 b の一端が、当該一对の端部のうち上方の端部である主板 6 1 b の少なくとも一部に連結する構造体 1 4 e が形成される。

[0150] 以上、第 3 の実施形態に係る羽根車の製造工程は、主板 6 1 b と、側板 6 2 a、6 2 c、と、当該主板 6 1 b と当該側板 6 2 a、6 2 c との間に設けられる主翼 6 3 と、補強部材 6 4 a、6 4 b、6 5 a、6 5 b と、を有する構造体 1 4 e を、ベースプレート 2 1 の上に金属粉末を用いた積層造形法により形成する構造体形成工程と、構造体 1 4 e から補強部材 6 4 a、6 4 b、6 5 a、6 5 b を除去する除去工程と、を有する。

この構造体形成工程において、補強部材 6 4 a、6 4 b、6 5 a、6 5 b の一端が前記主板 6 1 b の端部の少なくとも一部または側板 6 2 a の端部の少なくとも一部に連結し、且つ補強部材 6 4 a、6 4 b、6 5 a、6 5 b の他端がベースプレート 2 1 に連結するように、構造体 1 4 e が形成される。

[0151] この構成によれば、ベースプレート 2 1 から積層された補強部材 6 4 a、6 4 b、6 5 a、6 5 b が、主板 6 1 b の端部の少なくとも一部または側板 6 2 a の端部の少なくとも一部を支持するため、主板 6 1 b の端部または側板 6 2 a の端部の変形を抑えることができる。従って、積層造形法により羽根車を形成する場合に羽根車の端部の変形を抑制することができる。

[0152] <第4の実施形態>

続いて第4の実施形態について説明する。図12は、第4の実施形態に係る構造体の一例の断面図である。図12に示すように、第4の実施形態では、構造体14fを形成する積層方向を、第3の実施形態の積層方法に対して90度回転させたものになっている。

[0153] 図12に示すように、構造体14fは、インペラハブ61a、主板61b、側板62a、62b、62c、62d、主翼63を備える羽根車103に加えて、側板62aと連結している補強部材66aと、側板62cと連結している補強部材66cと、主板61bを支持する支持部材26と、側板62b、62dを支持する支持部材27とを備える。本実施形態では、補強部材66a、66cが側板62a、62cの最上部にのみ接続するように設けられている。一実施形態では、吸込口9の中点R1（つまり軸線）よりも上方に位置する側板62a、62cの端部の全てに補強部材66a、66cが接してもよい。

[0154] 第4の実施形態に係る羽根車の製造工程は、図7における第1の実施形態に係る羽根車の製造工程に比べて、構造体14f自体の構成が異なることに加えて、図7のステップS4における除去工程において、構造体14fから補強部材66a、66cを除去する点が異なり、図7のステップS3における除去工程において、構造体14fから支持部材26、27を除去する点が異なる。

[0155] このように、羽根車3と、補強部材66a、66cを有する構造体14fを積層造形法により形成する構造体形成工程（S1）と、構造体14dから補強部材66a、66cを除去する除去工程（S4）と、を有する。構造体形成工程S1において羽根車3は当該羽根車3の端部の円形の開口（吸込口9）が積層面に対し垂直となるように配置される。そして、補強部材66aの一端部66a1が吸込口9の中点R1（つまり軸線）よりも上方の端部の少なくとも一部に連結し、補強部材66cの一端部66c1が吸込口9の中点R（つまり軸線）よりも上方の端部の少なくとも一部に連結する。これに

より、第 1 の実施形態と同様に、羽根車 1 0 3 の端部である吸込口 9 の変形を防止することができる。

[0156] <第 5 の実施形態>

続いて第 5 の実施形態について説明する。図 1 3 は、第 5 の実施形態に係る構造体の一例の斜視図である。図 1 4 は、第 5 の実施形態に係る構造体の一例の断面図である。第 1、第 2、第 3 及び第 4 の実施形態の羽根車はクローズドインペラであったのに対して、第 5 の実施形態の羽根車はオープン形インペラである。

[0157] 図 1 3 及び図 1 4 に示すように、構造体 1 4 g は、インペラハブ 7 0 と、順に連結された複数の主翼 7 1、7 2、7 3、7 4 と、を備える羽根車 2 0 3 と、主翼 7 2 の外周面に連結されている補強部材 8 3 と、主翼 7 3 の外周面に連結されている補強部材 8 3 と、主翼 7 2 の外周面に連結されている補強部材 8 4 と、主翼 7 3 の外周面に連結されている補強部材 8 5 と、主翼 7 4 を支持する支持部材 2 8 と、を備える。

[0158] 第 5 の実施形態に係る羽根車の製造工程は、図 7 における第 1 の実施形態に係る羽根車の製造工程に比べて、構造体 1 4 g 自体の構成が異なることに加えて、図 7 のステップ S 4 における除去工程において、構造体 1 4 g から補強部材 8 2、8 3 を除去する点が異なり、図 7 のステップ S 3 における除去工程において、構造体 1 4 g から支持部材 2 8 を除去する点異なる。

[0159] 以上、第 5 の実施形態に係る羽根車の製造方法は、複数の主翼 7 1～7 4 と、補強部材 8 2、8 3 と、を有する構造体 1 4 g を、ベースプレート 2 1 の上に金属粉末を用いた積層造形法により形成する構造体形成工程と、構造体 1 4 g から補強部材 8 2、8 3 を除去する除去工程と、を有する。つまり、本実施形態に係る羽根車 2 0 3 の製造工程では、上下に配置される一対の端部である主翼 7 2、7 3 を有し、補強部材 8 2 の一端部が、当該一対の端部のうち上方の端部である主翼 7 2 の端部の少なくとも一部に連結する構造体 1 4 g が形成される。また、上下に配置される一対の端部である主翼 7 3、7 4 を有し、補強部材 8 3 の一端部が、当該一対の端部のうち上方の端部

である主翼 7 3 の端部の少なくとも一部に連結する構造体 1 4 g が形成される。

この構造体形成工程において、補強部材 8 3 の一端が複数の主翼のうち後に積層造形する方（例えば、主翼 7 3）の端部の少なくとも一部に連結し、且つ補強部材 8 3 が複数の主翼のうち先に積層造形する方（例えば、主翼 7 4）の端部から離れており、且つ補強部材 8 3 の他端がベースプレート 2 1 に連結するように、構造体 1 4 g が形成される。

[0160] この構成によれば、ベースプレートから積層された補強部材が、複数の主翼のうち先に積層造形する後に積層造形する方の端部の少なくとも一部を支持するため、複数の主翼のうち先に積層造形する後に積層造形する方の端部の変形を抑えることができる。従って、積層造形法により羽根車を形成する場合に羽根車の端部の変形を抑制することができる。

[0161] なお、ステップ S 5 にて製造された上述の羽根車 1 0 3、2 0 3 は、羽根車 3 と同様に、積層造形にて形成された表面の積層面に対して傾斜した面に積層段差が残る、積層面に平行な面にはレーザ又は電子ビーム等による塗痕が残る。それに対して、切削加工の面には工具痕（例えば筋目方向の傷）が残る。このように、羽根車 1 0 3、2 0 3 においても、積層造形にて形成された面と、機械加工された面との表面粗さが異なり、積層造形にて形成された面の表面粗さは、機械加工された面よりも粗い。上述したように、鋳物や溶接に比して複雑な形状を製造できる積層造形にて構造体 1 4 ~ 1 4 g を形成し、積層造形にて変形しやすい端部に接続された補強部材を旋盤等で後から切削加工することで、所望する形状の羽根車を製造できる。

[0162] なお、各実施形態において、ベースプレート 2 1 の上に積層したが、ベースプレート 2 1 はなくてもよい。また、各実施形態において、羽根車を構成する材料は、金属に限らず、合成樹脂、カーボン、または複合材などであってもよく、その場合、合成樹脂の粉末、カーボンの粉末、または複合材の粉末を用いて積層造形してもよい。また、各実施形態において、粉末を用いて積層造形したが、これに限らず、ワイヤーを積層するような積層造形であつ

てもよい。

[0163] <第6の実施形態>

第6の実施形態では、ベースプレートの上に金属粉末を用いた積層造形法により、第6の実施形態に係る羽根車の原型となる構造体を形成する。ここで、積層造形法は、所望の羽根車の形状に合わせて配置した金属粉末を、レーザ又は電子ビーム等による熱エネルギーにより焼結させる。金属粉末の配置及び焼結といった工程を順次繰り返すことで、焼結された金属粉末が積層され、所望の形状の羽根車の原型となる構造体が形成される。

[0164] 図15は、第6の実施形態に係るポンプの構造を示す断面図である。図16は、図15に示すポンプのポンプケーシングの正面図である。図15及び図16に示すように、ポンプは、吸込口1aと吐出し口1bを有するポンプケーシング1と、ケーシングカバー2とを備えている。羽根車3は、その吸込口がポンプケーシング1の吸込口1aを向くようにポンプケーシング1の内部に配置され、吸込口1aからポンプケーシング1の内部に入った流体は、羽根車3を通して昇圧され、ポンプケーシング1の吐出し口1bから外部に排出される。羽根車3は、軸受胴体4に組込まれた軸受5a、5bに支持された主軸であるポンプ軸6のポンプケーシング1側の端部に固定されている。ポンプ軸6の他端には図示しない駆動機が連結されており、ポンプ軸6を介して羽根車3が回転駆動される。図16は、ポンプケーシング1を吸込口1a側からみた図を示す。

[0165] 図17は、図15に示す羽根車の断面図である。図18は、図17に示す羽根車を、その吸込口側から見たときの一部切断の正面図である。図17及び図18に示すように、羽根車3は、インペラハブ10、主板11、側板12及び主板11と側板12との間に配置された複数の主翼13から構成されている。インペラハブ10は、ポンプ軸6に固定され、主翼13を取り付ける回転体である。インペラハブ10には、ポンプ軸6が嵌る開口部8が形成されている。主板11は、羽根車3を形成する側壁のうち、インペラハブ10に連なる側の側壁である。側板12は、羽根車3を形成する側壁のうち、

主翼 13 に支えられる側の側壁である。主翼 13 は、揚液にエネルギーを与える羽根であり、インペラハブ 10 に取り付けられる。主翼 13 は、この例では、厚さ t_1 の板状に形成されて、互いに隣接する一方の主翼 13 の回転方向側の表面 13 a と他方の主翼 13 の反回転方向側の裏面 13 b との間に、主板 11 の流路面 11 b、側板 12 の流路面 12 b にて画定された流路 20 がそれぞれ区画形成されている。また図 17 には、主板 11 と側板 12 との間に形成された流路 20 の出口幅 B_2 が示されている。

[0166] 図 19 は、第 6 の実施形態に係る羽根車の製造工程の途中で形成される構造体の一例の断面図である。図 19 に示すように、羽根車の原型となる構造体 14 は、インペラハブ 10 と、主板 11 と、側板 12 と、当該主板 11 と当該側板 12 との間に設けられる複数の主翼 13 と、一例として主板 11 及び側板 12 の両方の外表面 11 a、12 a 及び外周面 11 c、12 c に連結されている加工しろ部材 22 と、を備える。更に、構造体 14 は、インペラハブ 10 の開口部 8 の内側に形成されている加工しろ部材 24 と、開口部 8 の下面を覆うように設けられた加工しろ部材 25 と、加工しろ部材 22 を支持する支持部材 26 と、加工しろ部材 25 を支持する支持部材 27 と、を備える。

ポンプ軸 6 が取り付けられるインペラハブ 10 の開口部 8 を形成するインペラハブ 10 の内周面 10 b は、ポンプ軸 6 に傷がつくのを防止するため表面の加工精度が必要である。よって、図 19 に示すように、積層造形時にインペラハブ 10 の開口部 8 の内側に、切削加工用の加工しろ部材 24 が形成されるとよい。この構成により、加工しろ部材 24 を切削し研磨することで、インペラハブ 10 の開口部 8 の内周面 10 b を微鏡面仕上げ等の滑らかな表面粗さに加工できる。これにより、ポンプ軸 6 を嵌合する際にポンプ軸 6 に傷がつくのを防止することができる。

構造体 14 には、吸込口 1 a に連通する開口部 9 が設けられている。構造体 14 は、ベースプレート 21 の上に金属粉末を用いた積層造形法により形成されている。インペラハブ 10 の内周面 10 b に加工しろ部材 24 が設け

られており、インペラハブ 10 の上面 10 c と加工しろ部材 24 の上面が同じ高さであり、インペラハブ 10 の下面 10 a と加工しろ部材 24 の下面が同じ高さにある。

[0167] ここで、加工しろ部材 22 の主板 11 及び側板 12 の吐出し側の端部（外周面 11 c、12 c）側の幅 B3 は、流路 20 の出口幅（主板 11 の流路面 11 b と側板 12 の流路面 12 b との間の距離）B2 より長い。また加工しろ部材 22 の底面 22 a と水平面との角度 $\theta 1$ は、40～50 度の範囲が好ましく、加工しろ部材 22 の底面 22 a と鉛直面との角度 $\theta 2$ は、40～50 度の範囲が好ましい。

[0168] 図 20 は、第 6 の実施形態に係る羽根車の製造工程の途中で形成される構造体 14 の加工しろ部材 24 を、吸込口側から見たときの正面図である。図 20 に示すように、加工しろ部材 24 の表面には、製造番号が分かるように凹凸 31 が設けられている。これにより、作業者が製造番号を把握することができるので、加工しろ部材 24 を切削加工で取り除く際に、構造体を取り違えるミスを抑制することができる。

[0169] また、加工しろ部材 24 の表面には、矢印の形をした凹凸 A1 が設けられており、開口部 8 の直径が分かるように、直径を示す凹凸 33 が設けられている。これにより、作業者が加工しろ部材 24 を削るときに、削る範囲を容易に判断することができる。

[0170] 更に、加工しろ部材 24 の表面には、鍵穴のような形状の凹凸 34 が設けられている。また、開口部 8 の中心に相当する加工しろ部材 23 の表面位置に凹凸 35 が設けられる。ここでは凹凸 35 は十字の形をしている。これにより、作業者が加工しろ部材 24 を削るときに、開口部 8 の中心に相当する位置を把握した状態で削ることができるので、削りミスを低減することができる。

[0171] 更に、加工しろ部材 24 の表面には、当該加工しろ部材 24 の曲率半径 R a を示す凹凸 36 が設けられている。また、加工しろ部材 24 の表面には、寸法公差を示す凹凸 37 が設けられている。これにより、作業者が加工しろ

部材 24 を削るときに、曲率半径 R_a 及び寸法公差を把握した状態で削ることができるので、削りミスを低減することができる。

[0172] このように、加工しろ部材 24 には、インペラハブ 10 の一部（例えば、開口部 8）の寸法（例えば、直径）、またはインペラハブ 10 の一部（例えば、開口部 8）の形状に関するパラメータ（例えば、曲率半径 R_a または寸法公差）を表す凹凸が表面に設けられている。この構成によれば、作業者が加工しろ部材 24 を削るときに、寸法及び形状に関するパラメータを把握した状態で削ることができるので、削りミスを低減することができる。

[0173] なお、上記の凹凸 31、33～37 は、加工しろ部材 24 の表面から凸であってもよいし、加工しろ部材 24 の表面から凹んでいてもよい。

[0174] 加工しろ部材 25 にも、加工しろ部材 24 と同様に、開口部 8 の中心に相当する加工しろ部材 25 の表面位置に凹凸が設けられるか、及び／または開口部 8 の内周に相当する加工しろ部材 25 の表面位置に凹凸が設けられていてもよい。これにより、作業者が加工しろ部材 25 を削るときに、どこまで削っていいのかを容易に判断することができる。

[0175] また、加工しろ部材 25 にも、加工しろ部材 24 と同様に、インペラハブ 10 の一部（例えば、開口部 8）の寸法、またはインペラハブ 10 の一部の形状に関するパラメータ（例えば、曲率半径または寸法公差）を表す凹凸が加工しろ部材 25 の表面に設けられていてもよい。また、加工しろ部材 22 にも、加工しろ部材 24 と同様に、主板 11、側板 12 の一部の形状に関するパラメータ（例えば、曲率半径または寸法公差）を表す凹凸が加工しろ部材 22 の表面に設けられていてもよい。この構成によれば、加工しろ部材 22、25 を削るときに、羽根車 3 の寸法及び形状に関するパラメータを把握した状態で削ることができるので、削りミスを低減することができる。

[0176] 本実施形態に係る構造体形成工程において、支持部材 26 及び 27 は例えば、加工しろ部材 22、24、25 に比べて低い金属密度（例えば、メッシュ構造やスポンジ状の造形物）になるように形成されてもよい。これにより、支持部材 26 及び 27 の金属量を低減することができるので、羽根車の製

造コストを抑制することができる。

[0177] 本実施形態に係る構造体形成工程において、加工しろ部材 2 2、2 4、2 5 は、羽根車 3 と略同じ金属密度になるように形成されることが好ましい。以降、羽根車 3 と同じ金属密度に積層造形することを実造形と記す。つまり、加工しろ部材 2 2、2 4、2 5 は実造形にて形成される。これにより、加工しろ部材 2 2、2 4、2 5 が主板 1 1 及び側板 1 2 の端部側（羽根車の吸込み側と吐出側）を、主板 1 1 及び側板 1 2 と同じ強度で支持できるので、主板 1 1 及び側板 1 2 の端部の変形を抑制することができる。また、積層造形では、造形時の熱がうまく放熱できないと、結果として変形してしまう。ここで、主板 1 1 及び側板 1 2 に加工しろ 2 2 がない場合や主板 1 1 及び側板 1 2 より低い金属密度の支持部材 2 6 が当接すると、主板 1 1 及び側板 1 2 は、空気に触れており放熱されにくい。このように、主板 1 1 及び側板 1 2 は、同じ金属密度の加工しろ 2 2 が当接することで、空気に触れるのに比べて放熱が促進されるため変形が抑えられる。

[0178] また、積層造形では、空間または金属密度が低い支持部材の次に積層される実造形は、重力によって変形しやすい。そのため、変形しても後加工にて除去される加工しろ部材 2 2、2 5 が支持部材 2 6、2 7 の次に積層されるとよい。

[0179] 積層造形では、空間または金属密度が低い支持部材の次に積層される実造形の水平面の面積を極力少なくすることで、実造形による形成物の変形を抑えることができる。よって、加工しろ部材 2 2 の造形時の変形を主板 1 1 の形状に影響しない程度にまで抑えるために、加工しろ部材 2 2 の底面 2 2 a は水平面から傾いた形状が好ましい。つまり、加工しろ部材 2 2 の底面 2 2 a を含む層が形成されるときの一層当たりの積層面積が所定の面積以下となるように、 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ は設計されるとよい。なお、当該所定の面積は金属材料等の諸条件によって決定され、例えば、チタンの方がステンレスよりも大きな面積となる。更には、 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ にて加工しろ部材 2 2 を小さくすれば、加工後に廃棄される材料が少なくできる。

[0180] また、本実施形態では、造形時のポンプ軸 6 の中心線 X（図 19 参照）の水平面に対する角度を 90 度とした。一実施形態では、造形時のポンプ軸 6 の中心線 X の水平面に対する角度は任意の角度としてもよい。構造体 14 の任意の鉛直線 A 上の点を含む積層面において、支持部材の次に積層される加工しろの水平面の面積が、加工しろの次に積層される羽根車 3 の水平面の面積よりも小さいことが好ましい。加工しろの変形を抑制することで、加工しろの次に積層される羽根車 3 の形状が安定する。このように、構造体 14 は、羽根車 3 の外側に加工しろ部材 22、25 を設け、当該加工しろを積層造形に適した形状に設計することで、正確な形状の羽根車 3 を製造できる。

[0181] 図 21A を用いて第 6 の実施形態に係る羽根車の製造方法について説明する。図 21A は、第 6 の実施形態に係る羽根車の製造方法の流れの一例を示すフローチャートである。

[0182] （ステップ S1）まず、水平なベースプレート 21 の上に、金属粉末（例えば、チタンまたはステンレスなど）を用いた積層造形法により、本実施形態に係る羽根車 3 の原型となる構造体 14 を形成する。

[0183] （ステップ S2）次に、構造体 14 をベースプレート 21 から剥がす。例えば、構造体 14 が構成される金属がチタンの場合、ペンチで構造体 14 をベースプレート 21 から剥がしてもよい。一方、例えば、構造体 14 が構成される金属がステンレスの場合、機械加工で構造体 14 をベースプレート 21 から剥がしてもよい。ベースプレート 21 に接する支持部材 26、27 は、実造形に比べて金属密度が低いため、構造体 14 はベースプレート 21 から容易に剥がすことができる。

[0184] （ステップ S3）次に、構造体 14 から支持部材 26 及び 27 を除去する。例えば、構造体 14 が構成される金属がチタンの場合、ペンチで構造体 14 から支持部材 26 及び 27 を除去してもよい。一方、例えば、構造体 14 が構成される金属がステンレスの場合、機械加工で構造体 14 から支持部材 26 及び 27 を除去してもよい。ここで、支持部材 26 及び 27 は、羽根車 3 と直接接していないため、除去後の構造体 14 の表面粗さや加工精度にバ

ラツキがあっても構わない。また、支持部材 2 6 及び 2 7 が小さい等で、次のステップ S 4 に差し支えなければ、支持部材 2 6 及び 2 7 を除去するステップ S 3 は省略されてもよい。

[0185] (ステップ S 4) 次に、構造体 1 4 から加工しろ部材 2 2、2 4、2 5 を除去する。例えば、主板 1 1 および側板 1 2 の表面、インペラハブ 1 0 の軸穴である開口部 8 は、旋盤等によって切削することで加工しろ 2 2、2 4、2 5 が除去されるとよい。特に、旋盤では、加工中に被加工物の硬さが変化すると加工機械が（特に工具刃）傷んでしまう虞がある。よって、旋盤加工がおこなわれる主板 1 1 および側板 1 2 の表面、インペラハブ 1 0 の軸穴である開口部 8 が接する加工しろ 2 2、2 4、2 5 は、実造形で形成されるとよい。

[0186] (ステップ S 5) 次に、羽根車 3 の形状となった構造体 1 4 を研磨する。なお、主板 1 1 および側板 1 2 の表面、インペラハブ 1 0 の軸穴である開口部 8 は、旋盤加工にて加工しろ部材 2 2、2 4、2 5 を除去されるのと同時に、研磨されるとよい。また、流路 2 0 もスクラブ等の流体にて研磨されるとよい。

[0187] なお、ステップ S 3 とステップ S 4 の順番は逆であってもよいし、同時または並行して行われてもよい。

[0188] ここで、ステップ S 5 にて製造された羽根車 3 は、積層造形にて形成された表面の積層面に対して傾斜した面に積層段差が残り、積層面に平行な面にはレーザ又は電子ビーム等による塗り痕が残る。それに対して、切削加工の面には工具痕（例えば筋目方向の傷）が残る。このように、羽根車 3 は、積層造形にて形成された流路面（流路面 1 1 b、1 2 b、および主翼 1 3 の表面 1 3 a、裏面 1 3 b）と、機械加工された面（外周面 1 1 c、1 2 c および外表面 1 1 a、1 2 a）との表面粗さが異なる。そして、主板 1 1 は、流路面 1 1 b における表面粗さが外表面 1 1 a、1 2 a よりも粗い。一例として、主板 1 1 の流路面 1 1 b（流路面のうち上側の面）の表面粗さは S a（算術平均高さ）が $20\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ であるのに対して、外表面 1 1 a、

1 2 a（旋盤加工された面）の表面粗さはS aが5 μ m以下である。

特に、クローズドインペラの製造において、鋳物や溶接に比して積層造形であれば、複雑な流路を形成でき、更に、積層造形にて変形しやすい主板1 1または／および側板1 2は旋盤等で後から切削加工することで、所望する形状の羽根車3を製造できる。

[0189] 図2 1 Bは、図2 1 AのステップS 1の構造体の造形方法の流れの一例を示すフローチャートである。

[0190] （ステップS 1 1 0）まず、支持部材2 6、2 7を積層造形により造形する。

[0191] （ステップS 1 2 0）次に、下側の加工しろ部材2 2を支持部材2 6の上に積層造形により造形し、加工しろ部材2 5を支持部材2 7の上に積層造形により造形する。

[0192] （ステップS 1 3 0）次に、羽根車3を造形する。具体的には、インペラハブ1 0及び加工しろ部材2 4を積層造形により造形するとともに、主板1 1の外周側の加工しろ部材2 2とともに主板1 1を積層造形により造形する。インペラハブ1 0の上に、主翼1 3を積層造形により造形し、主翼1 3の外周側において加工しろ部材2 2を積層造形により更に上に造形する。そして主翼1 3の上に側板1 2を積層造形により造形する。

[0193] （ステップS 1 4 0）次に、側板1 2の上に加工しろ部材2 2を造形する。

このように、構造体形成工程において、支持部材2 6、2 7が形成される第1ステップ（S 1 1 0）と、加工しろ部材2 2、2 5が形成される第2ステップ（S 1 2 0）と、羽根車3が形成される第3ステップ（S 1 3 0）と、を有し、構造体1 4の少なくとも一つの鉛直線（例えば、図1 9のAの鉛直線）上において構造体1 4は、第1ステップ、第2ステップ、第3ステップ、の順にて積層造形される。この構成によれば、支持部材2 6によって加工しろ部材2 2が支持され、加工しろ部材によって羽根車3が支持される。具体的には、図1 9のAの鉛直線上において、支持部材2 6によって加工し

ろ部材 2 2 が支持され、加工しろ部材 2 2 によって羽根車 3 の主板 1 1 が支持される。このため、羽根車 3 が下から支えられることになるので、羽根車 3 の製造工程における変形を抑制することができる。

[0194] 以上、本実施形態に係る羽根車の製造方法は、主板 1 1 と、側板 1 2 と、当該主板 1 1 と当該側板 1 2 との間に設けられる複数の主翼 1 3 と、主板 1 1 及び／または側板 1 2 に連結されている加工しろ部材 2 2、2 4、2 5 と、を有する構造体を、積層造形法により形成する構造体形成工程と、構造体 1 4 から加工しろ部材 2 2、2 4、2 5 を除去する除去工程と、を有する。

[0195] この構成によれば、加工しろ部材 2 2、2 4、2 5 がインペラハブ 1 0、主板 1 1 及び／または側板 1 2 に設けられることにより、製造工程においてインペラハブ 1 0、主板 1 1 及び／または側板 1 2 の端部の変形を抑えることができる。従って、積層造形法により羽根車を形成する場合に、製造工程における羽根車の端部の変形を抑制することができる。

[0196] また、本実施形態において、構造体 1 4 は、更に支持部材 2 6 を有し、当該構造体形成工程において、ベースプレート 2 1 の上に支持部材 2 6 が形成され、その後に、当該加工しろ部材 2 2 が支持部材 2 6 の上に形成され、その後に、主板 1 1 と側板 1 2 とのうち積層造形法により先に形成される主板 1 1 が、当該加工しろ部材 2 2 の上に形成される。これにより、支持部材 2 6 によって加工しろ部材 2 2 が支持され、加工しろ部材 2 2 によって主板 1 1 が支持されるので、主板 1 1 の製造工程における変形を抑制することができる。

[0197] なお、加工しろ部材 2 2 は、一例として主板 1 1 の外周面 1 1 c 及び側板 1 2 の外周面 1 2 c の両方に連結しており主板 1 1 の外周面 1 1 c 及び側板 1 2 の外周面 1 2 c を支持するものとして説明したが、いずれか一方のみに連結されていてもよい。すなわち、本実施形態において、図 2 1 のステップ S 1 の構造体形成工程において、主板 1 1 の外周面 1 1 c、及び側板 1 2 の外周面 1 2 c の少なくとも一方に、加工しろ部材 2 2 が形成されてもよい。これにより、主板 1 1 の外周面 1 1 c 及び側板 1 2 の外周面 1 2 c の少なく

とも一方が加工しろ部材 2 2 によって支持されるので、主板 1 1 の外周面 1 1 c 及び側板 1 2 の外周面 1 2 c の少なくとも一方の変形を抑制することができる。

[0198] また、本実施形態において、図 2 1 のステップ S 1 の構造体形成工程において、主板 1 1 と側板 1 2 とのうち積層造形法により後に形成される側板 1 2 の上に、加工しろ部材 2 2 が形成される。これにより、製造工程における側板 1 2 の変形を抑制することができる。

[0199] また、本実施形態において、インペラハブ 1 0 には開口部 8 が形成されており、図 2 1 のステップ S 1 の構造体形成工程において、当該開口部 8 の内側に加工しろ部材 2 4 が形成される。これにより、加工しろ部材 2 4 によってインペラハブ 1 0 の内側が支持されるので、製造工程におけるインペラハブ 1 0 の変形を抑制することができる。

[0200] <第 6 の実施形態の変形例>

続いて第 6 の実施形態の変形例について説明する。図 2 2 は、第 6 の実施形態の変形例に係る構造体の一例の断面図である。第 6 の実施形態の構造体は、主板 1 1 より上に側板 1 2 が積層形成されるものとして説明したが、第 6 の実施形態の変形例に係る構造体 1 4 b は、側板 1 2 より上に主板 1 1 が積層形成されたものである点が異なっている。

[0201] 図 2 2 に示すように、羽根車の原型となる構造体 1 4 b は、インペラハブ 1 0 と、主板 1 1 と、側板 1 2 と、当該主板 1 1 と当該側板 1 2 との間に設けられる複数の主翼 1 3 と、一例として主板 1 1 及び側板 1 2 の両方の外表面 1 1 a、1 2 a 及び外周面 1 1 c、1 2 c に連結されている加工しろ部材 2 2 b と、を備える。更に、構造体 1 4 b は、開口部 9 を覆い且つ加工しろ部材 2 2 b と連結している加工しろ部材 2 3 b と、開口部 8 の内側に形成されている加工しろ部材 2 4 と、開口部 8 の一部及びインペラハブ 1 0 の上側に積層され且つ加工しろ部材 2 2 b と連結している加工しろ部材 2 5 b と、加工しろ部材 2 2 b を支持する支持部材 2 6 b と、加工しろ部材 2 3 b を支持する支持部材 2 7 b と、を備える。構造体 1 4 b は、ベースプレート 2 1

の上に金属粉末を用いた積層造形法により形成されている。

[0202] ここで、加工しろ部材 2 2 b の主板 1 1 及び側板 1 2 の吐出し側の端部（外周面 1 1 c、1 2 c）側の幅 B 4 は、流路 2 0 の出口幅（主板 1 1 と側板 1 2 との間の距離）B 2 より長い。また支持部材 2 6 b の角度 $\theta 3$ は、40～50度の範囲が好ましく、支持部材 2 6 b の角度 $\theta 4$ は、40～50度の範囲が好ましい。

[0203] 第 6 の実施形態と同様に、加工しろ部材 2 2 b、2 3 b、2 5 b の表面には、製造番号が分かるように凹凸が設けられていることが好ましい。また、加工しろ部材 2 3 b の表面には、開口部 9 の内周に相当する加工しろ部材 2 3 b の表面位置に凹凸が設けられることが好ましい。同様に、加工しろ部材 2 5 b の表面には、開口部 8 の内周に相当する加工しろ部材 2 5 b の表面位置に凹凸が設けられることが好ましい。これにより、作業者が加工しろ部材 2 3 b、2 5 b を削るときに、どこまで削っていいのかを容易に判断することができる。

[0204] また、第 6 の実施形態と同様に、加工しろ部材 2 3 b、2 5 b の表面には、矢印の形をした凹凸が設けられており、開口部 9 の直径または開口部 8 の直径が分かるように、直径を示す凹凸が設けられていることが好ましい。これにより、作業者が加工しろ部材 2 3 b、2 5 b を削るときに、削る範囲を容易に判断することができる。

[0205] 更に、加工しろ部材 2 3 b の表面位置に開口部 9 の中心を把握可能な凹凸が設けられることが好ましく、同様に加工しろ部材 2 5 b の表面位置に開口部 8 の中心を把握可能な凹凸が設けられることが好ましい。これにより、作業者が加工しろ部材 2 3 b、2 5 b を削るときに、開口部 9 の中心に相当する位置または開口部 8 の中心に相当する位置を把握した状態で削ることができるので、削りミスを低減することができる。

[0206] 更に、第 6 の実施形態と同様に、加工しろ部材 2 3 b、2 5 b の表面には、当該加工しろ部材 2 3 b、2 5 b の曲率半径を示す凹凸が設けられていることが好ましい。また、加工しろ部材 2 3 b、2 5 b の表面には、寸法公差を

示す凹凸が設けられていることが好ましい。これにより、作業者が加工しろ部材 23b、25b を削るときに、曲率半径及び寸法公差を把握した状態で削ることができるので、削りミスを低減することができる。このように、加工しろ部材 22b、23b、25b の表面に羽根車 3 の寸法及び形状に関するパラメータを示す凹凸を設けることで、切削加工時のミスを低減することができる。

[0207] 本変形例に係る構造体形成工程において、支持部材 26b 及び 27b は例えば、加工しろ部材 22b、23b、25b に比べて低い金属密度になるように形成されてもよい。これにより、支持部材 26b 及び 27b の金属量を低減することができるので、羽根車の製造コストを抑制することができる。

[0208] 本変形例に係る構造体形成工程において、加工しろ部材 22b、23b、25b は、主板 11 及び側板 12 と略同じ金属密度になるように形成されることが好ましい。これにより、第 6 の実施形態と同様に、主板 11 及び側板 12 の外周面 11c、12c 側の変形を抑制することができる。

[0209] また、第 6 の実施形態及び第 6 の実施形態の変形例において、羽根車 3 は、主板 11 と、側板 12 と、主翼 13 と、主板 11、側板 12 および主翼 13 にて画定された流路 20 と、を備えた羽根車であって、当該流路 20 は積層造形にて形成され、当該主板 11 および当該側板 12 の外表面 11a、12a は切削加工にて形成されたものである。そして、流路 20 を画定する流路面 11b、12b と、前記外表面 11a、12a とは、表面粗さが異なる。流路面 11b、12b はレーザ等による焼結による表面粗さであり、旋盤等により切削加工された外表面 11a、12a よりも表面粗さが粗い。この構成によれば、積層造形にて複雑な流路でも形成できると共に表面は切削加工にて研磨されるので、ポンプ効率を重視した羽根車を形成できる。

[0210] なお、第 6 の実施形態及び第 6 の実施形態の変形例では、羽根車の製造方法について、クローズドインペラを対象に説明したが、クローズドインペラに限ったものではなく、羽根車の製造方法はオープンインペラ、ノンクロック形インペラなどにも適用可能である。上記いずれの態様の羽根車であって

も、羽根車の製造方法は、羽根車と、当該羽根車の表面に連結されている加工しろ部材と、を有する構造体を、積層造形法により形成する構造体形成工程と、当該構造体から前記加工しろ部材を除去する除去工程と、を有し、当該構造体形成工程において当該加工しろ部材を当該羽根車と略同じ密度で造形する。

[0211] この構成により、加工しろ部材が羽根車を、羽根車と同じ強度で維持できるので、羽根車の表面の変形を抑制することができる。

[0212] なお、各実施形態において、ベースプレート 21 の上に積層したが、ベースプレート 21 はなくてもよい。また、各実施形態において、羽根車を構成する材料は、金属に限らず、合成樹脂、カーボン、または複合材などであってもよく、その場合、合成樹脂の粉末、カーボンの粉末、または複合材の粉末を用いて積層造形してもよい。また、各実施形態において、粉末を用いて積層造形したが、これに限らず、ワイヤーを積層するような積層造形であってもよい。

[0213] <第 7 の実施形態>

第 7 の実施形態では、ベースプレートの上に金属粉末を用いた積層造形法により、第 7 の実施形態に係る羽根車の原型となる構造体を形成する。ここで、積層造形法は、所望の羽根車の形状に合わせて配置した金属粉末を、レーザ又は電子ビーム等による熱エネルギーにより焼結させる。金属粉末の配置及び焼結といった工程を順次繰り返すことで、焼結された金属粉末が積層され、所望の形状の羽根車の原型となる構造体が形成される。

[0214] 図 23 は、第 7 の実施形態に係るポンプの構造を示す断面図である。図 24 は、図 23 に示すポンプのポンプケーシングの正面図である。図 23 及び図 24 に示すように、ポンプは、吸込口 1a と吐出し口 1b を有するポンプケーシング 1 と、ケーシングカバー 2 とを備えている。羽根車 3 は、その吸込口がポンプケーシング 1 の吸込口 1a を向くようにポンプケーシング 1 の内部に配置され、吸込口 1a からポンプケーシング 1 の内部に入った流体は、羽根車 3 を通って昇圧され、ポンプケーシング 1 の吐出し口 1b から外部

に排出される。羽根車 3 は、軸受胴体 4 に組込まれた軸受 5 a, 5 b に支持された主軸であるポンプ軸 6 のポンプケーシング 1 側の端部に固定されている。ポンプ軸 6 の他端には図示しない駆動機が連結されており、ポンプ軸 6 を介して羽根車 3 が回転駆動される。図 24 は、ポンプケーシング 1 を吸込口 1 a 側からみた図を示す。

[0215] 図 25 は、図 23 に示す羽根車の断面図である。図 25 には、主板 11 と側板 12 との間に形成された流路 20 の出口幅 B2 が示されている。

[0216] <第 1 の実施例>

図 26 は、第 7 の実施形態に係る第 1 の実施例に係る羽根車を、図 25 の吸込口側から見たときの一部切断の正面図である。図 26 に示すように、羽根車 3 は、インペラハブ 10、主板 11、側板 12 及び主板 11 と側板 12 との間に配置された複数の主翼 13 を備える。インペラハブ 10 は、ポンプ軸 6 に固定され、主翼 13 を取り付けられる回転体である。主板 11 は、羽根車 3 を形成する側壁のうち、インペラハブ 10 に連なる側の側壁である。側板 12 は、羽根車 3 を形成する側壁のうち、主翼 13 に支えられる側の側壁である。主翼 13 は、揚液にエネルギーを与える羽根であり、インペラハブ 10 に取り付けられる。主翼 13 は、この例では、厚さ t_1 の板状に形成されて、互いに隣接する一方の主翼 13 の回転方向側の表面 13 a と他方の主翼 13 の反回転方向側の裏面 13 b との間に、流路 20 がそれぞれ区画形成されている。第 1 の実施例では一例として羽根車の積層造形で用いられる素材はチタンである。チタンは成形不良がおこりにくいので、隣り合う主翼 13 の間に比較的大きな距離 d_1 があっても成形不良がおこりにくいからである。また、主翼 13 の間に中間翼を設けないことにより、使用する材料を少なくすることができる。

[0217] <第 2 の実施例>

図 27 は、第 7 の実施形態に係る第 2 の実施例に係る羽根車を、図 25 の吸込口側から見たときの一部切断の正面図である。図 27 の第 2 の実施例に係る羽根車は、図 26 の第 1 の実施例に係る羽根車に比べて、更に主板 11

と側板 1 2 との間に配置されており且つ隣り合う二つの主翼の間に設けられた中間翼 1 4 を複数備える。また、図 2 7 の第 2 の実施例に係る羽根車は、図 2 6 の第 1 の実施例に係る羽根車と同径且つ積層造形における同一の手段にて形成される羽根車である。中間翼 1 4 と、隣の主翼 1 3 との間の距離は、中間翼 1 4 の輪郭の各点において、距離 d だけ離れている。この距離 d は、積層造形で変形が主板 1 1 及び／または側板 1 2 に生じない限界距離 D 以下の範囲で決められている。なお、限界距離 D は、積層造形で用いられる素材や積層造形の手段等に応じて決められる。

[0218] 第 2 の実施例では一例として羽根車の積層造形で用いられる素材はステンレスである。ステンレスはチタンに比べて成形不良がおこりやすく、且つ羽根車は外周に向かって、隣り合う主翼 1 3 の間の距離が大きくなるので、流路 2 0 に中間翼 1 4 を追加で設けることにより、隣り合う主翼 1 3 の間において、中間翼 1 4 で主板 1 1 または側板 1 2 を支持することによって、積層造形の工程において、主板 1 1 及び／または側板 1 2 が変形することを抑制することができる。

[0219] つまり、第 1 の実施例の羽根車 3 の素材であるチタンの限界距離 D_1 は、第 2 の実施例の羽根車 3 の素材であるステンレスの限界距離 D_2 に比べて長い ($D_1 > D_2$)。そのため、第 1 の実施例では、隣り合う主翼 1 3 の間の最大距離 d_0 (隣り合う主翼 1 3 の間の主板 1 1 の円周の長さ) がチタンの限界距離 D_1 ($d_0 < D_1$) 以下のため、主翼 1 3 のみで主板 1 1 と側板 1 2 とを支持できる。それに比して第 2 の実施例では、隣り合う主翼 1 3 の間の最大距離 d_0 がステンレスの限界距離 D_2 ($d_0 > D_2$) より大きいため、中間翼 1 4 を設け、当該中間翼 1 4 にて主板 1 1 と側板 1 2 とを支持することによって、積層造形の工程において、主板 1 1 及び／または側板 1 2 が変形することを抑制する。なお、羽根径が大きい等で、吸込み側 (羽根の中心側) でも支持する必要がある場合は、中間羽根ではなく、主翼を追加してもよい。

[0220] 積層造形では、積層面を形成する場合、変形を抑えるために所定の間隔に

て下から支持する必要があり、一般的には、当該支持するために、製造工程にて除去されるサポート部材が用いられる。しかしながら、主板 11 と側板 12 間にサポート部材を形成し、当該サポート部材を除去することは困難である。なぜならば、主板 11 と側板 12 間は流路であって、サポート部材が除去しきれずに残ってしまったり、サポート部材の除去工程で誤って流路を損傷してしまったりした場合、圧力損失等の原因となって客先が所望する性能（つまり設計した性能）が確保できなくなる。よって、積層造形にて羽根車を造形する際には、主板 11 と側板 12 間の流路は極力形状変更等の加工することなく積層造形し、なお且つ客先要求を満たす設計とするとよい。

[0221] 図 28 は、ポンプ選定図の一例である。図 28 に示すように、ポンプ選定図は、横軸がポンプの吐出し量で縦軸が全揚程である。また、ポンプ選定図では、機種（すなわち、機種 A、機種 B、機種 C）毎に、選定可能な領域が割り当てられている。例えば、客先要求が運転点 X の吐出し量及び全揚程である場合、ポンプは機種 B が選定される。

[0222] 図 29 は、第 7 の実施形態に係る羽根車の製造システムの概略構成図である。図 30 は、選定されたポンプ機種における全揚程と吐出し流量との間の関係の一例を示すグラフである。図 29 に示すように、羽根車の製造システム S1 は、情報処理装置 7 と、積層造形機 8 とを備える。図 29 に示すように、情報処理装置 7 は、ストレージ 71 と、メモリ 72 と、入力インタフェース 73 と、出力インタフェース 74 と、通信モジュール 75 と、プロセッサ 76 を備える。

ここでストレージ 71 には、プロセッサ 76 が読み出して実行するための第 7 の実施形態に係るプログラム及び各種のデータが格納されている。ストレージ 71 は、不揮発性メモリであり、例えば ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ等である。メモリ 72 は、データ及びプログラムを一時的に保持する。メモリ 72 は、揮発性メモリであり、例えば RAM (Random Access Memory) である。

[0223] 入力インタフェース 73 は、GUI (Graphical User Interface) として

、ユーザからの入力を受け付ける。

出力インタフェース 74 は、積層造形機 8 に接続されており、積層造形機へ信号を出力する。一実施形態では、出力インタフェース 74 は G U I (Graphical User Interface) としても機能するとよい。

通信モジュール 75 は、ネットワークに接続されて、ネットワークに接続されている他のコンピュータと通信する。一実施形態では、通信モジュール 75 は積層造形機 8 とネットワーク接続されて、積層造形機へ信号を出力してもよい。

[0224] プロセッサ 76 は、ストレージ 71 から第 7 の実施形態に係るプログラムをメモリ 72 にロードし、当該プログラムに含まれる一連の命令を実行することによって、ポンプ機種選定部 760、外径決定部 761、形状決定部 762、性能算出部 763、判定部 764、及び再度決定部 765 として機能する。ここで、第 7 の実施形態に係る羽根車の設計システム S11 は、これらの外径決定部 761、形状決定部 762、性能算出部 763、判定部 764、及び再度決定部 765 を備える。

[0225] ポンプ選定部 760 は、複数のポンプ機種群の中から、例えば入力インタフェース 73 を介してユーザによって入力される客先要求を満たすポンプ機種を選定する。例えばポンプ選定部 760 は、用途（陸上ポンプ、水中ポンプ等）、揚液（清水、汚水、汚物、雑排水、海水、等）、設置状況（立形、横形、自吸、可搬式等）、ポンプ性能（揚程、水量、軸動力等）等の客先要求を満たすポンプを選定する。具体的には、ストレージ 71 は、用途、揚液、および設置状況等に対応するポンプ機種群を選定可能なデータテーブルもしくは選定プログラム、ポンプ機種群（ここでは、図 28 に示す機種 A、機種 B、機種 C がひとつのポンプ機種群を成す。）毎の選定範囲が示されるポンプ選定図（例えば図 28）、ポンプ機種毎の代表性能曲線、等を記憶し、選定用途、揚液、設置状況等により複数のポンプ機種群の中から選択したポンプ機種群のポンプ選定図（例えば図 28）より、客先要求の揚程と吐出し流量（例えば図 28 の運転点 X）が選定範囲内に入るポンプ機種（図 28 の

例ではポンプ機種B)を選定する。

[0226] 外径決定部761は、選定されたポンプ機種と、羽根径と運転点の関係性を用いて、当該ポンプに用いられる羽根車の外径を決定する。具体的には、図30に示すように、羽根の外形が小さくなると吐出し流量と全揚程が小さくなる。吐出し流量は羽根の外形比の m 乗に比例し、揚程は羽根の外形比の n 乗に比例（ m と n は、ポンプの機種や羽根車の形状等によって決まる定数）する。ストレージ71は羽根径と運転点の関係性を示すデータテーブルまたは計算式を記憶し、外径決定部761は、ポンプ機種と、当該計算式またはデータテーブルに基いて、ポンプに要求される揚程と吐出し流量を満たす羽根車3の外径を決定する。

[0227] 形状決定部762は、羽根車を積層造形するのに最適な羽根車の設計形状を決定する。具体的には形状決定部（設計変更部）762は、羽根車の情報に基づいて、当該羽根車を積層造形するのに必要な中間翼を追加するよう当該羽根車の設計を変更する。例えば形状決定部762は、ポンプ選定部760により選定されたポンプ機種Bの羽根車と、当該羽根車3の素材の情報とを用いて、隣り合う当該主翼13の間に設けられる中間翼14の形状及び配置態様を決定する。なお、羽根車の素材は、ポンプ機種によって決められた標準的な素材でもよいし、特殊な用途等の客先要望で変更されてもよい。具体的には例えば、ストレージ71は、ポンプ機種毎の羽根車の形状（主翼の枚数や配置等）と、羽根車の素材と限界距離Dとの関係性を示すデータテーブルまたは関係式等と、を記憶しており、形状決定部762は、羽根車の形状と限界距離Dに基いて、当該羽根車を積層造形にて形成する際に追加する中間翼14の形状及び配置態様や枚数を決定する。

この構成によれば、積層造形で形成する場合において、ポンプ選定部760により選定されたポンプ機種の主翼13と主翼13との間の距離が広くても、中間翼14を隣り合う当該主翼13の間に設けるようにすることで、主板11及び／または側板12の変形を抑えることができるので、形成不良を抑制することができる。

[0228] 具体的には例えば、形状決定部 762 は、隣り合う主翼 13 が形成される積層面における当該隣り合う主翼 13 の間の距離 d と羽根車の素材の情報をを用いて、中間翼 14 の要否を判定し（例えば、主翼 13 の間の距離 d が、羽根車の素材に応じた限界距離 D 以下であるか否かを判定し）、当該中間翼 14 が必要な場合（例えば、主翼 13 の間の距離 d が当該限界距離を超える場合）、当該中間翼 14 を追加し、当該中間翼 14 が不要でない場合（例えば、主翼 13 の間の距離 d が当該限界距離以下の場合）、ポンプ選定部 760 により選定されたポンプ機種の主翼 13 にて羽根車 3 の形状を決定する。これにより、羽根車の素材によって異なる所定の許容距離よりも複数の主翼 13 間における積層面における距離が小さくなるように中間翼を追加する。ここで図 27 のように羽根車がクローズドインペラの場合、主翼間での積層面は、主翼 13 よりも後に形成される羽根車の主板 11 または側板 12 である、この構成によれば、主翼 13 の間の距離 d が当該限界距離を超える場合には、中間翼 14 を造形するようにすることで形成不良を抑制し、主翼 13 の間の距離 d が当該限界距離以下の場合には、選定図より選定した羽根車を造形することで、流体解析の手順を省略し設計工数を低減することができる。

[0229] 中間翼 14 が追加された場合、性能算出部 763 は、中間翼 14 が追加された羽根車 3 にて、流体解析する。ここで、この流体解析は、例えば、CFD (Computational Fluid Dynamics) であって、公知のシミュレーションによって行われてもよい。その際、例えば、中間翼 14 が必要な場合、性能算出部 763 は、中間翼 14 の影響のみを流体解析し、当該流体解析結果を性能曲線に反映してもよい。これにより、流体解析の工数が削減できると共により正確な解析結果を得ることができる。

また、中間翼 14 が追加された羽根車 3 を用いたポンプ機種 B の流体解析結果と、中間翼 14 が追加される前の羽根車 3 を用いたポンプ機種 B の性能曲線図と、を比較してもよい。これにより、積層造形にて形成するため中間翼 14 が追加された羽根車 3 と、例えば鋳造等で形成される中間翼 14 のない羽根車 3 との性能比較ができる。

[0230] 図30には、積層造形にて形成するため中間翼14が追加された羽根車3を備えたポンプ機種Bにおける選定範囲が示されている。性能算出部763によって、中間翼14が追加された羽根車3を備えたポンプ機種Bにおける選定範囲C1（図30（A）参照）が決定される。なお、選定範囲はポンプ性能が保証できる範囲内であって、例えば、ポンプ性能の最高効率点に基づいて決定されるとよい。例えば、ポンプ性能の最高効率点の±10パーセント以内の揚程並びに吐出し流量の範囲である。

[0231] 判定部764は、流体解析結果（例えば揚程と吐出し流量）が要求レベルを満たすか否か判定する。要求レベルは、例えば、客先要求の揚程と吐出し流量である運転点Xである。判定部764は、図30（A）に示すように、積層造形にて形成するため中間翼14が追加された羽根車3を備えたポンプ機種Bにおける選定範囲C1内に運転点Xが入る場合、決定された当該羽根車の外径、及び前記決定された羽根車の形状を含む信号を、積層造形機8へ出力するよう出力インタフェース74を制御する。その後、積層造形機8は、決定された当該羽根車3の外径、及び決定された羽根車3に設けられる主翼13の枚数、または当該主翼13の枚数と中間翼14の枚数で、当該羽根車3を積層造形する。この構成によれば、揚程と吐出し流量が要求レベルを満たしつつ積層造形できることが担保して積層造形における形成不良を抑制することができる。

[0232] 再度決定部765は、流体解析結果（例えば揚程と吐出し流量）が要求レベルを満たさない場合、つまり図30（B）に示すように、客先要求の運転点Xが流体解析結果である選定範囲C1'外の場合、羽根車3の設計形状を変更し、変更後の設計形状で再度、流体解析することによって、揚程と吐出し流量との間の関係を再度決定する。ここで、羽根車の設計形状の変更は例えば、中間翼の形状の変更、当該羽根車3の外径の変更、及び／または主翼13及び／または中間翼14の翼角の変更である。

[0233] 図31は、羽根車の外径が大きくなるように変更する場合を説明するための図である。図30（B）に示すように、客先要求の運転点Xが流体解析結

果である選定範囲C 1'よりも上の場合、羽根車の外径を大きくすることで、選定範囲C 1'内に運転点Xが入る可能性がある。しかしながら、図3 1に示すように、羽根車3の外径を矢印A 1に示すように破線1 2 1まで大きくすると、主板1 1の外周面における主翼1 3の距離がL 1からL 2に広がる。これにより、積層造形する際には、外周面側の主板及び／または外周面側の側板が変形する恐れがある。

[0234] この変形を予防するために、第7の実施形態に係る再度決定部7 6 5は、揚程と吐出し流量との間の関係を再度決定する際に、例えば、羽根車3の設計形状を変更する場合において当該変更後の羽根車3の外径が変更前の外径よりも大きい場合には、中間翼1 4の設計形状の変更（例えば、中間翼1 4を羽根車3の外周面の近傍まで延長）を含む設計変更を実行する。そして、再度決定部7 6 5は、変更後の設計形状で積層造形できるか否か判定し（主翼1 3の間の距離dが限界距離D以下であるか否か）、積層造形できる（主翼1 3の間の距離 $d \leq$ 限界距離D）場合には、変更後の設計形状で再度、流体解析することによって、選定範囲を再度決定する。例えば、変更後の羽根車3の外径が変更前の外径よりも大きい場合に、中間翼1 4を羽根車3の外周面の近傍まで延長することによって、変更後の設計形状で積層造形できるようにすることができる。この構成によれば、変更後の羽根車3の外径が変更前の外径よりも大きい場合であっても積層造形できることを担保しつつ、積層造形における形成不良を抑制することができる。また、一実施形態で再度決定部7 6 5は、主翼1 3および又は中間翼1 4の翼角を変更することで性能を変化させてもよい。一般的にポンプの流量は一定の揚程に対し翼角にほぼ比例して変化する。よって、客先要望の運転点Xを満たすように主翼1 3および又は中間翼1 4の翼角を変更するとよい。

[0235] 判定部7 6 4は、再度決定部7 6 5によって再度決定された羽根車3の形状にて要求レベルを満たすか否か判定する。そして、再度決定された羽根車3の形状にて要求レベルを満たす場合に判定部7 6 4は、変更された羽根車3の設計形状に関する情報を含む信号を、積層造形機8へ出力するよう出力

インタフェース 74 を制御する。その後、積層造形機 8 は、変更された羽根車 3 の設計形状で、当該羽根車 3 を積層造形する。この構成によれば、客先要望毎に変更された羽根車 3 の設計形状で、羽根車 3 を積層造形する。よって、個別の要求レベルを満たす羽根車を鋳物や溶接等で製作するのに比べて短納期で製作することができる。

[0236] 以上、第 7 の実施形態に係る羽根車の設計システム S 11 は、ポンプに要求される揚程と、当該ポンプの要求される吐出し流量とを用いて、当該ポンプに用いられる羽根車の外径を決定する外径決定部 761 と、当該決定された羽根車 3 の外径と、当該羽根車 3 を積層造形する際に用いる金属の素材の情報とを用いて、当該羽根車 3 を積層造形するのに必要な、当該羽根車 3 に設けられる主翼 13 の枚数、または隣り合う当該主翼 13 の間に設けられる中間翼 14 の枚数とを決定する形状決定部 762 と、を備える。

[0237] この構成によれば、積層造形で形成する場合において、主翼 13 と主翼 13 との間の距離が広がっても、中間翼 14 を隣り合う当該主翼 13 の間に設けるようにすることで、主板 11 及び／または側板 12 の変形を抑えることができるので、形成不良を抑制することができる。

[0238] また、第 7 の実施形態に係る羽根車の製造システム S 1 は、ポンプに要求される揚程と、当該ポンプの要求される吐出し流量とを用いて、当該ポンプに用いられる羽根車 3 の外径を決定する外径決定部 761 を備える。更に羽根車の製造システム S 1 は、当該決定された羽根車 3 の外径と、当該羽根車 3 を積層造形する際に用いる金属の素材の情報とを用いて、当該羽根車 3 を積層造形するのに必要な、当該羽根車 3 に設けられる主翼 13 の枚数、または隣り合う当該主翼 13 の間に設けられる中間翼 14 の枚数を決定する形状決定部 762 を備える。更に羽根車の製造システム S 1 は、当該決定された当該羽根車の外径と、当該羽根車 3 に設けられる主翼 13 の枚数、または当該主翼 13 の枚数と中間翼 14 の枚数とを用いて、流体解析することによって、揚程と吐出し流量との間の関係を決定する性能算出部 763 を備える。更に羽根車の製造システム S 1 は、当該決定された揚程と吐出し流量が要求

レベルを満たす場合、前記決定された当該羽根車 3 の外径、及び前記決定された羽根車 3 に設けられる主翼 1 3 の枚数、または当該主翼 1 3 の枚数と中間翼 1 4 の枚数で、当該羽根車 3 を積層造形する積層造形機 8 を備える。

[0239] この構成によれば、積層造形で形成する場合において、主翼 1 3 と主翼 1 3 との間の距離が広がっても、中間翼 1 4 を隣り合う当該主翼 1 3 の間に設けるようにすることで、主板 1 1 及び／または側板 1 2 の変形を抑えることができるので、形成不良を抑制することができる。

[0240] 続いて図 3 2 を用いて、第 7 の実施形態に係る羽根車の設計方法、及び第 7 の実施形態に係る羽根車の製造方法の流れについて説明する。図 3 2 は、第 7 の実施形態に係る羽根車の製造方法の流れの一例を示すフローチャートである。第 7 の実施形態では、図 3 2 のフローチャートは設計システム S 1 にて実施される。

[0241] (ステップ S 1 1 0) まず、例えば羽根車 3 を製造する製造者は、入力インタフェース 7 3 を用いて、客先要望を入力する。客先要望は、少なくとも上述の客先要求（用途、揚液、設置状況、性能、運転点 X 等）のうちの何れかを含む。すなわち、入力インタフェース 7 3 は客先要望を製造者から受け付ける。これにより、プロセッサ 7 6 は、客先要望を取得する。なお、説明を簡単にするため、第 7 の実施形態では、客先要望として客先要求の運転点 X が入力されるとして説明する。

[0242] (ステップ S 1 2 0) 次に、ポンプ機種選定部 7 6 0 は、ステップ S 1 1 0 で入力された、客先要望を満たすポンプ機種を選定する。具体的には、該当するポンプ選定図（ここでは図 2 8）より運転点 X に該当するポンプ機種 B を選定する。

[0243] (ステップ S 1 3 0) 次に、形状決定部 7 6 2 は、ステップ S 1 2 0 で決定された外径の羽根車が積層造形できるか否か（例えば、主翼 1 3 の間の距離 d が限界距離 D 以下であるか否か、羽根車 3 の大きさが積層造形機の最大造形エリア以下か否か）を判定する。

[0244] (ステップ S 1 4 0) ステップ S 1 3 0 で、選定されたポンプ機種で使用

される羽根車が積層造形できない（主翼 1 3 の間の距離 $d > \text{限界距離} D$ 、羽根車 3 の大きさが積層造形機の最大造形エリア以上）と判定された場合、形状決定部 7 6 2 は、ポンプ選定部 7 6 0 により選定されたポンプ機種 B の羽根車と、当該羽根車 3 の素材の情報とを用いて、隣り合う当該主翼 1 3 の間に設けられる中間翼 1 4 の形状及び配置態様を決定する。また、羽根車 3 の大きさが積層造形機の最大造形エリア以上であれば、羽根車の外径を小さくする代わりに翼の枚数や翼角を変更する等にて性能を調整する。

[0245] （ステップ S 1 5 0）次に、性能算出部 7 6 3 は、ステップ S 1 4 0 にて形状変更された羽根車 3（例えば、中間翼 1 4 が追加された羽根車 3）にて、流体解析する。

[0246] （ステップ S 1 6 0）次に判定部 7 6 4 は、流体解析結果が客先要望を満たすか否かを判定する。具体的には、図 3 0 に示すように、使用範囲内に運転点 X が含まれるか否かを判定し、使用範囲内に運転点 X が含まれる場合（図 3 0（A））は客先要望を満たす、とし、使用範囲外に運転点 X がある場合（図 3 0（B））は客先要望を満たさない、と判断する。

[0247] （ステップ S 1 7 0）ステップ S 1 6 0 で流体解析結果が客先要望を満たさない場合（ステップ S 1 6 0：NO）、判定部 7 6 4 は、選択したポンプ機種 B にて対応不可であるか否かを判定する。つまり、羽根径や翼角を変更しても使用範囲内に運転点 X が含まれないと判断したら選択したポンプ機種 B にて対応不可であり、その場合はステップ S 1 2 0 に戻って、再度、ポンプ機種が選定される。

[0248] （ステップ S 1 8 0）ステップ S 1 7 0 で、選択したポンプ機種にて対応不可でない場合、再度決定部 7 6 5 は、羽根車 3 の設計形状を変更する。そしてステップ S 1 5 0 に戻って、変更された羽根車 3 の設計形状で、再度、流体解析が実行される。なお、第 7 の実施形態では、再度決定部 7 6 5 にて羽根車 3 の設計形状を変更した後にステップ S 1 5 0 に戻っている。一実施形態では再度決定部 7 6 5 にて羽根車 3 の設計形状を変更した後にステップ S 1 3 0 に戻ってもよい。

- [0249] (ステップS 1 9 0) ステップS 1 3 0で羽根車が積層造形できると判定された場合、または、ステップS 1 6 0で流体解析結果が客先要望を満たす場合（流体解析の結果による選定範囲が前記客先要求を満たす運転点Xを包含する場合）、例えばプロセッサ7 6は、出力インタフェース7 4を介して、積層造形が実行されるように積層造形機8を制御する。なお、この制御は、人手を介して実行されてもよい。これにより、積層造形機8は、客先要望を満たす羽根車3を積層造形する。
- [0250] (ステップS 2 0 0) ステップS 1 9 0で、積層造形された羽根車3は、その外周が旋盤等で切削加工される。積層造形された羽根車3は、図3 0 (A) に示す客先の運転点Xを満たすために、その外周を旋盤等で切削加工する。つまり、図3 0 (A) の場合、 $\phi 1 8 0$ 以上の外径（例えば、 $\phi 2 1 0$ の外径）にて積層造形され、その後切削加工にて外径を $\phi 1 8 0$ とすることで、客先要求の運転点Xを満たす。但し、この切削加工が省略され、外径が $\phi 1 8 0$ の羽根車を積層造形にて形成してもよい。
- [0251] 以上、第7の実施形態に係る羽根車の設計方法は、ポンプの羽根車の設計方法であって、当該羽根車は、揚液にエネルギーを与える複数の主翼1 3を備え、当該羽根車の情報に基づいて、当該羽根車を積層造形するよう当該羽根車の設計を変更する設計変更工程を有する。この構成によれば、積層造形で形成する場合において、羽根車を積層造形するよう設計を変更することができるので、当該羽根車の積層造形中の変形を抑えることができるので、形成不良を抑制することができる。
- [0252] 例えば、当該設計変更工程では、当該羽根車を積層造形するのに必要な中間翼を追加するよう当該羽根車の設計を変更する。この構成によれば、積層造形で形成する場合において、主翼1 3と主翼1 3との間の距離が広がっても、中間翼1 4を隣り合う当該主翼1 3の間に設けるようにすることで、当該羽根車の積層造形中の変形を抑えることができるので、形成不良を抑制することができる。
- [0253] また、第7の実施形態に係る羽根車の設計方法において、前記羽根車の情

報は、当該羽根車の素材の情報と、隣り合う主翼 1 3 が形成される積層面における当該隣り合う主翼 1 3 の間の距離とを含み、設計変更工程において、当該隣り合う前記主翼の間に前記中間翼を追加するよう当該羽根車の設計を変更する。

[0254] この構成によれば、主翼 1 3 と中間翼の間の距離を、隣り合う主翼 1 3 が形成される積層面における当該隣り合う主翼 1 3 の間の距離と羽根車の素材に応じて設定することができるので、積層造形中における羽根車の変形を抑制することができる。

[0255] また、第 7 の実施形態に係る羽根車の設計方法では、前記設計変更工程において、当該羽根車の素材によって異なる所定の許容距離よりも複数の主翼間の積層面における距離が短くなるように中間翼を追加するよう当該羽根車の設計を変更する。この構成によれば、主翼 1 3 と中間翼 1 4 の間の距離を、羽根車の素材に応じた所定の許容距離よりも短くすることができるので、積層造形中における羽根車の変形を抑制することができる。

[0256] また、第 7 の実施形態に係る羽根車の設計方法では、一例として前記羽根車はクローズドインペラであって、前記主翼間の積層面は、前記主翼よりも後に形成される前記羽根車の主板または側板である。この構成によれば、羽根車の上に形成される主板または側板に表面において、主翼 1 3 と中間翼 1 4 の間の距離を、羽根車の素材に応じた所定の許容距離よりも短くすることができるので、積層造形中における羽根車の変形を抑制することができる。

[0257] また、第 7 の実施形態に係る羽根車の設計方法では、前記設計変更工程の後に、前記中間翼が設けられた羽根車を備える前記ポンプを流体解析する工程を更に有する。この構成により、設計変更により中間翼が設けられた羽根車を流体解析することにより、当該中間翼が設けられた羽根車が客先要求を満たすか否か確認することができる。

[0258] また、第 7 の実施形態に係る羽根車の設計方法では、前記流体解析の結果による選定範囲が前記客先要求を満たす運転点を包含する場合、積層造形が実行されるように積層造形機を制御する工程を有する。この構成により、設

計変更により中間翼が設けられた羽根車が客先要求を満たす場合に、当該設計にて羽根車を製造することができる。

[0259] また、第7の実施形態に係る羽根車の設計方法では、前記流体解析の結果による選定範囲が前記客先要求を満たす運転点を包含しない場合、前記羽根車の素材の情報、前記羽根車の設計形状のうち、少なくとも一つを変更し、当該変更後に再度、流体解析する工程（図32のステップS160でNOの後のステップS180、ステップS150に対応）を更に有する。この構成により、当該変更後の羽根車を流体解析することにより、積層造形にて製造する前に当該変更後の羽根車が客先要求を満たすか否か確認することができる。

[0260] また、第7の実施形態に係る羽根車の設計方法は、複数のポンプ機種群から客先要求に応じてポンプ機種を選定する工程（図32のステップS120に対応）と、前記流体解析の結果による選定範囲が前記客先要求を満たす運転点を包含しない場合に、前記選定したポンプ機種を再選定する工程（図32のステップS170でYESの後のステップS120に対応）と、を更に有する。この構成により、ポンプ機種を再選定することによって、客先要求を満たすようにすることができる。

[0261] なお、第7の実施形態において、羽根車を構成する材料は、金属に限らず、合成樹脂、カーボン、または複合材などであってもよく、その場合、合成樹脂の粉末、カーボンの粉末、または複合材の粉末を用いて積層造形してもよい。また、各実施形態において、粉末を用いて積層造形したが、これに限らず、ワイヤーを積層するような積層造形であってもよい。

[0262] なお、上述した実施形態で説明した羽根車の設計システムS1の少なくとも一部は、ハードウェアで構成してもよいし、ソフトウェアで構成してもよい。ハードウェアで構成する場合には、羽根車の設計システムS1の少なくとも一部の機能を実現するプログラムをフレキシブルディスクやCD-ROM等の記録媒体に収納し、コンピュータに読み込ませて実行させてもよい。記録媒体は、磁気ディスクや光ディスク等の着脱可能なものに限定されず、

ハードディスク装置やメモリなどの固定型の記録媒体でもよい。

[0263] また、羽根車の設計システム S 1 の少なくとも一部の機能を実現するプログラムを、インターネット等の通信回線（無線通信も含む）を介して頒布してもよい。さらに、同プログラムを暗号化したり、変調をかけたり、圧縮した状態で、インターネット等の有線回線や無線回線を介して、あるいは記録媒体に収納して頒布してもよい。

[0264] さらに、一つまたは複数の情報処理装置によって羽根車の設計システム S 1 を機能させてもよい。複数の情報処理装置を用いる場合、情報処理装置のうちの 1 つをコンピュータとし、当該コンピュータが所定のプログラムを実行することにより羽根車の設計システム S 1 の少なくとも 1 つの手段として機能が実現されてもよい。

[0265] また、方法の発明においては、全ての工程（ステップ）をコンピュータによって自動制御で実現するようにしてもよい。また、各工程をコンピュータに実施させながら、工程間の進行制御を人の手によって実施するようにしてもよい。また、さらには、全工程のうちの少なくとも一部を人の手によって実施するようにしてもよい。

[0266] 上記の問題に加えて、以下の問題がある。一般的な鋳物の羽根車は、標準の鋳型を用いて製作された後にポンプ性能を微調整するため羽根径を後加工にて小さくする場合がある。これにより、ひとつの鋳型で製作できる羽根車の機種が増え、鋳型の作成費や管理費等の製造コストを抑えることができる。特許文献 1 の羽根車は、翼入口から翼の所定の位置まではハブ側に湾曲し、翼の所定の位置から翼出口まではハブとは反対側に湾曲している。且つ、隣り合う翼の間の距離が前記翼入口から前記翼の中央付近の位置まで徐々に増加し、前記翼の中央付近の位置から前記翼出口に向かって狭くなっている。このように湾曲した形状の羽根車は、羽根径を小さくするといった後加工による性能調整が困難であるという問題がある。特に、要求される性能が客先毎で異なる大型のポンプでは、当該性能毎に鋳型を作成することになり製造コストが上がる。各実施形態では、これらの問題も解決した羽根車の製造

方法について説明する。

[0267] 各実施形態では、積層造形法により、各実施形態に係る羽根車の原型となる構造体を形成する。ここで、積層造形法は、例えば、所望の羽根車の形状に合わせて配置した金属や樹脂等の材料の粉末を、レーザ又は電子ビーム等による熱エネルギーにより焼結させる。材料の配置及び焼結といった工程を順次繰り返すことで、焼結された材料が積層され、所望の形状の羽根車の原型となる構造体が形成される。

[0268] <第8の実施形態>

図33は、第8の実施形態に係る羽根車を備えたポンプ装置の一例を示す縦断面図である。なお、図33に示すポンプ装置は一例であり、第8の実施形態に係る羽根車はどのような種類のポンプ装置にも適用できるものである。

[0269] 図33に示すポンプ装置は、内部にモータ10を収容したモータ部12と、内部に第8の実施形態に係る羽根車14を収容したポンプ部16とを備えている。ここで、第8の実施形態に係る羽根車14は一例として遠心式羽根車である。モータ部12及びポンプ部16の内部には主軸18が挿通されており、主軸18の下端には羽根車14が取り付けられている。これにより、モータ部12のモータ10の動力がポンプ部16の羽根車14に伝達され、羽根車14が主軸18と一体に回転する。

[0270] ポンプ部16は、吸込口20及び吐出口22を有するケーシング24と、このケーシング24内に収容された中間ケーシング25とを備えており、ケーシング24の内部に上述した羽根車14がその吸込口である羽根車入口1が下方を向くように収容されている。中間ケーシング25はその下端部に開口部25aを有しており、これにより中間ケーシング25の内部がケーシング24の内部に連通するようになっている。吸込口20はケーシング24の一側面に位置しており、この吸込口20はケーシング24の内部に連通している。また、吐出口22はケーシング24の吸込口20の反対側の側面に位置しており、この吐出口22は中間ケーシング25の内部に連通している。

中間ケーシング２５とモータ部１２との間には中間ケーシング２５の開口を覆うためのケーシングカバー２６が取り付けられており、このケーシングカバー２６の中央部には、ポンプ部１６の圧力水が漏れてモータ部１２内に浸入することを防止する封水装置としてのメカニカルシール２８が配置されている。

[0271] このような構成のポンプ装置においては、主軸１８の下端に取り付けられた羽根車１４にモータ１０の動力が伝達され、羽根車１４によってケーシング２４内の流体（液体）にエネルギーが与えられることで、当該流体を圧送する。したがって、モータ１０を駆動させて羽根車１４を回転させると、流体が吸込口２０からケーシング２４内に吸い込まれて昇圧され、吐出口２２から吐出される。

[0272] 図３４Ａは、第８の実施形態に係る羽根車の原型となる構造体の子午面断面図の一例である。子午面断面は、羽根車１４の回転軸の軸線を含む平面である。図３４Ｂは、図３４Ａの領域Ｒ１の拡大図である。図３５は、図３４Ａに示す羽根車の断面Ｒ２における矢視断面図である。図３４Ａは、ベースプレート３３の上に金属粉末を用いた積層造形法により形成された構造体３０の一例である。図３４Ａに示すように、構造体３０は、羽根車１４と、羽根車１４の吐出し口である羽根車出口２に連結されている補強部材６と、ベースプレート３３の上に設けられ且つ補強部材６を支持する第１の支持部材３１と、ベースプレート３３の上に設けられ且つ羽根車１４を支持する第２の支持部材３２と、を備える。

[0273] この構成によれば、補強部材６を第１の支持部材３１が支持することにより、積層造形中の補強部材６の形状が安定するので、補強部材６が連結されたシュラウド及び当該ハブの羽根車出口側の形状が安定する。

[0274] 図３４Ａに示すように、羽根車１４は、複数の翼３と、側板を形成するシュラウド４と、主板を形成するハブ５とを備える。ハブ５は、翼３を主軸に固定する部分であるインペラハブ７と主板を形成する。なお、羽根車１４を形成する側壁のうち、翼３に支えられる側が側板であって、羽根車１４を形

成する側壁のうち、インペラの羽根を主軸に固定する部分であるインペラハブ7に連なる側を主板とする。羽根車14は、側板のあるクローズドインペラである。ここでシュラウド4及びハブ5は、羽根車の軸方向に間隔を設けて配置されている。翼3は、羽根車14の軸方向においてシュラウド4とハブ5との間に配置され、さらに、中央側の羽根車入口1と外周側の羽根車出口2の間に配置されている。これらの翼3は、羽根車14の中心部周りに周方向に等間隔に配置され、外側に向かって螺旋状に延びている。図34Aのように、子午面断面において、流路を構成するシュラウド4側の曲線が、翼入口から前記翼の所定の位置（例えば、図34AのXの位置）まではハブ5側に湾曲し、前記翼の所定の位置（例えば、図34AのXの位置）から翼出口までは前記ハブ5とは反対側に湾曲している。また図34Aに示すように、羽根車14のハブ5または／およびシュラウド4は、子午面断面において、所定の位置から外周に向かって、水平面から傾斜している。更に、ハブ5または／およびシュラウド4は、所定の位置Xよりも外周側が水平面から傾斜し、且つ、内周側から外周側に向かって肉薄になっている。具体的には、図34Aに示すように、シュラウド4の所定の位置Xの側板の厚さを d_{10} とし、位置Xよりも外周側の外端の厚さを d_{11} とすると、厚さ d_{11} よりも厚さ d_{10} は厚い。ハブ5の所定の位置Xの側板の厚さを d_{20} とし、位置Xよりも外周側の外端の厚さを d_{21} とすると、厚さ d_{21} よりも厚さ d_{20} は厚い。

[0275] 図34Aに示すように、補強部材6は、シュラウド4及び当該ハブ5の羽根車出口2側に連結されている。また第2の支持部材32は一例として、ハブ5で最初に積層されるインペラハブ7を支持する。この構成によれば、ベースプレート33から構造体30を切り離す際に、第2の支持部材32からベースプレート33を切り離すか、第2の支持部材32を切断すればよいので、羽根車14を傷つけずにベースプレート33から構造体30を切り離すことができる。

[0276] なお、本実施形態では、積層造形する際に、造形する順番をハブ5、シュ

ラウド4の順にてハブ5より上にシュラウド4を造形したが、これに限ったものではなく、造形する順番を逆にしてシュラウド4より上にハブ5を造形してもよい。この場合、第2の支持部材32は、シュラウド4を支持してもよい。この構成によれば、ベースプレート33から構造体30を切り離す際に、第2の支持部材32からベースプレート33を切り離すか、第2の支持部材32を切断すればよいので、羽根車14を傷つけずにベースプレート33から構造体30を切り離すことができる。

[0277] 隣り合う翼3の間には、羽根車の回転に伴い羽根車入口1から羽根車出口2へ流体を送る複数の流路Pが形成されている。すなわち、隣り合う翼3とシュラウド4とハブ5とによって囲まれる空間が流路Pとなっている。このように、構造体30において、隣り合う翼3、シュラウド4、及びハブ5によって流路Pが形成されている。図34Aに示すように、補強部材6は、この流路Pを羽根車出口2で閉塞するように構成されている。このように、羽根車14の羽根車出口側（外周部）に連結して造形される補強部材6は、羽根車14の先端部（外周部）と形状が異なる。当該補強部材6により、シュラウド4及びハブ5の羽根車出口2の末端部が支持されて積層造形されるため、シュラウド4及びハブ5の羽根車出口2の末端部が変形することを防止できる。また、構造体30を積層造形した後、機械加工にて羽根車14の外周側に余分に造形した補強部材6を除去することで羽根車14を形成できる。構造体30は、補強部材6を羽根車14の外周側に余分に造形したため、支持部材が形成不良となっても流路P内に積層材が混入されることなく造形することを可能とし、翼3、シュラウド4、及びハブ5によって形成された流路P内へ混入した支持部材6を除去する、という難解な工程を省略することができる。

[0278] 例えば補強部材6は、シュラウド4及びハブ5の羽根車出口2の末端部の傾斜角度とは、異なる傾斜角度でシュラウド4及びハブ5に連結されている。具体的には、図34Bに示すように、補強部材6とシュラウド4、ハブ5の外表面は所定の角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ にて交わる（ $\theta 1$ 、 $\theta 2$ は 180° 以外）

。この構成により、構造体30は、シュラウド4及びハブ5の羽根車出口2の末端部と、補強部材6との境界が明らかになるので、機械加工（例えば、旋盤による切削加工）によって補強部材6を除去することを容易化することができる。

[0279] ここで、第8の実施形態における羽根車14の形状について説明する。なお、図34A、2B及び図35では1つの流路Pのみを示す。第8の実施形態における羽根車14は、図35に示すように、羽根車14の軸方向から見てハブ5側とシュラウド4側の流線が一致しており、2次元羽根車となっている。すなわち、翼3はハブ5からシュラウド4までハブ5の表面に対して垂直に延びている。但し、これに依らず、羽根車14は、翼3がハブ5からシュラウド4までシュラウド4又は/およびハブ5の表面に対して所定の角度（翼角）によって延びていてもよい。

[0280] 図34Aに示す羽根車の断面において、流路Pを構成するシュラウド4側の曲線L1は、羽根車の翼入口Aから子午面における翼3の中央近傍の位置C（以下、中央近傍位置Cという）までの子午面長さM1の範囲においてはハブ5側に湾曲しており、翼入口Aから中央近傍位置Cにかけて流路Pが広がっている。一方、中央近傍位置Cから翼出口Bまでの子午面長さM2の範囲においては、曲線L1はハブ5とは反対側に湾曲しており、中央近傍位置Cの下流側の領域で流路Pが広がり、さらに翼出口B近傍の流路Pが急に狭くなっている。

[0281] このように構成することで、翼入口Aから中央近傍位置Cにかけて流路Pを広げることができるので、流路Pを流れる流体の子午面速度を大きく減速させることができ、従来の羽根車に比べて流路P内の流体の相対速度を小さくすることができる。また、翼出口B近傍の流路Pを狭くすることにより、羽根車14から吐出される流体の流量を小さくことができ、所望の流量を得ることができる。

[0282] 積層造形は、ベースプレート33から鉛直方向にのみ積層された面が最も安定して造形できる。そのため、第1の支持部材31は、補強部材6が羽根

車 1 4 の一周に渡り、且つ、ベースプレート 3 3 から鉛直方向のみに積層されるとよい。補強部材 6 は、鉛直方向にのみ積層されることで安定して造形されるため、造形不良となった補強部材 6 が流路 P 内へ混入するのを防止できる。

[0283] また、本実施形態の羽根車 1 4 は、軸線を鉛直方向に設置して積層造形するのが好ましい。なぜならば、ハブ 5 の外表面は、所定の位置 X よりも外周側が水平面から傾斜して肉薄になっているため、ハブ 5 の外表面が水平面となる羽根車に比べて、位置 X よりも外周側の層で形成される面が小さくなるため造形後の形状が安定する。また、シュラウド 4 は湾曲しているため、補強部材 6 に連結する外周面から先に積層されるため造形が安定する。軸線を鉛直方向に設置して積層造形されることで、軸線が鉛直から傾斜して造形されるのに比して一層で形成される面が大きくなり、造形時間が短縮できる。

[0284] また、補強部材 6 は機械加工（例えば、旋盤による切削加工）によって除去されるため、羽根車 1 4 と同じ金属密度にて造形されるとよい。第 1 の支持部材 3 1 並びに第 2 の支持部材 3 2 は、メッシュ構造等の羽根車 1 4 よりも低い金属密度にて造形されるとよい。これにより、構造体 3 0 の材料を少なくすることができ、安価に羽根車 1 4 を製造することができる。

[0285] 図 3 6 は、第 8 の実施形態の変形例に係る構造体の一部分の断面図の一例である。図 3 6 に示すように、補強部材 6 b は、シュラウド 4 を外周側に延長するように一端が当該シュラウド 4 に連結された第 1 の部材 6 1 と、ハブ 5 を外周側に延長するように一端が当該ハブに連結された第 2 の部材 6 2 と、を有する。流路 P を羽根車出口 2 で閉塞するように、第 1 の部材 6 1 の他端と第 2 の部材 6 2 の他端が連結されている。この構成により翼 3 に補強部材 6 b が接しないため、造形時に補強部材 6 b が重力方向に変形してシュラウド 4 とハブ 5 の間に補強部材 6 b が入ってしまうことを防止できる。よって、シュラウド 4 とハブ 5 の間や翼 3 から補強部材 6 b を除去する作業が省略することもできる。

[0286] 図 3 7 は、第 8 の実施形態に係る構造体の一部分の断面図の一例である。

図37に示すように、本変形例に係る羽根車は、第8の実施形態に係る羽根車14に比べて、シュラウド4bの形状が異なっているため、流路P2の形状が異なるため、翼3bの形状も異なっている。すなわち、構造体30cにおいて、隣り合う翼3b、シュラウド4b、及びハブ5によって流路P2が形成されており、補強部材6cは、流路P2を羽根車出口2で閉塞するように構成されている。また、第1の支持部材31cは、補強部材6cに加えて、ハブ5の肉薄部である所定の位置（例えば図37のXの位置）よりも外周側を支持する。なお、羽根径が大きい場合等、第1の支持部材31cは、ハブ5の肉薄部である所定の位置（例えば図37のXの位置）よりも外周側に加えて、内周側の少なくとも一部を支持するとよい。

[0287] 補強部材6cは、シュラウド4bを外周側に延長するように当該シュラウド4bに連結された第1の部材63と、ハブ5を外周側に延長するように当該ハブ5に連結された第2の部材64と、第1の部材63と第2の部材64に連結されて流路P2を羽根車出口2で閉塞するように構成された第3の部材65と、を有する。この構成により、上側に配置されており最も変形しやすいシュラウド4の外周側は、第1の部材63が第3の部材65によって支持された状態で積層されるため、形状が安定する。また、シュラウド4とハブ5の間や翼3に補強部材6cが接しないため、造形時に補強部材6c（特に、上部に位置する第1の部材63）が重力方向に変形してシュラウド4とハブ5の間に補強部材6bが入ってしまうことを防止できる。よって、シュラウド4とハブ5の間や翼3から補強部材6cを除去する作業が省略することができる。また、第1の支持部材31がハブ5の肉薄部である所定の位置（例えば図37のXの位置）よりも外周側、第2の部材64及び第3の部材65を支持することで、ハブ5と第2の部材64の内周端部64aが接続された状態で造形されるので、ハブ5並びに補強部材6cの造形が安定し所望する形状が造形できる。

[0288] 図38は、第8の実施形態の別の変形例に係る構造体の一部分の断面図の一例である。本変形例に係る構造体30dは、図37に係る構造体30cに

比べて、補強部材 6 c が補強部材 6 d に変更されたものになっている。補強部材 6 d は、シュラウド 4 b を外周側に延長するように一端が当該シュラウド 4 b に連結された第 1 の部材 6 6 と、ハブ 5 を外周側に延長するように一端が当該ハブ 5 に連結された第 2 の部材 6 7 と、を有する。流路 P 2 を羽根車出口 2 で閉塞するように、第 1 の部材 6 6 の外周端 6 6 b と第 2 の部材 6 7 の外周端 6 7 b が連結されている。この構成により、上側に配置されており最も変形しやすいシュラウド 4 の外周側は、まず、第 2 の部材 6 7 に支えられるシュラウド 4 から最も離れた第 1 の部材 6 6 の外周端 6 6 b が積層され、その後、第 1 の部材 6 6 が積層され、更に、シュラウド 4 の外周が積層される。このため、シュラウド 4 は、第 1 の部材 6 6 の内周端部 6 6 a から連続して積層されるので、形状が安定する。また、シュラウド 4 とハブ 5 の間や翼 3 に補強部材 6 d が接しないため、翼 3 から補強部材 6 d を除去する作業が省略することができる。また、第 1 の支持部材 3 1 がハブ 5 の肉薄部である所定の位置（例えば図 3 7 の X の位置）よりも外周側及び第 2 の部材 6 7 を支持することで、ハブ 5 と第 2 の部材 6 7 の内周端部 6 7 a が接続された状態で造形されるので、ハブ 5 の造形が安定し所望する形状が造形できる。

[0289] 図 3 9 は、各実施形態の羽根車の製造方法で用いられる羽根車の製造システムの概略構成図である。図 3 9 に示すように、羽根車の製造システム S は、情報処理装置 4 0 と、情報処理装置 4 0 に接続された表示装置 5 0 とを備え、情報処理装置 4 0 には積層造形機 5 1 が接続される。情報処理装置 4 0 は、ストレージ 4 1 と、メモリ 4 2 と、入力インタフェース 4 3 と、出力インタフェース 4 4 と、通信回路 4 5 と、プロセッサ 4 6 を備える。本実施形態では、羽根車の製造システム S に積層造形機 5 1 が接続される。一実施形態では、羽根車の製造システム S は、情報処理装置 4 0 並びに表示装置 5 0 と積層造形機 5 1 は同一のハードウェアにて構成されてもよい。具体的には、積層造形機 5 1 の不図示のコントローラに情報処理装置 4 0 並びに表示装置 5 0 が備えられてもよい。ここでストレージ 4 1 には、プロセッサ 4 6 が

読み出して実行するための本実施形態に係るプログラム及び各種のデータが格納されている。また、ストレージ４１には、設計データを識別する情報である設計データＩＤ、当該設計の仕様、当該設計の設計データファイルが関連付けられて記憶されている。メモリ４２は、データ及びプログラムを一時的に保持する。メモリ４２は、揮発性メモリであり、例えばＲＡＭ（Random Access Memory）である。

[0290] 入力インタフェース４３は、情報処理装置４０の使用者から情報が入力される。

出力インタフェース４４は、外部の表示装置５０及び積層造形機５１に情報を出力する。

通信回路４５は、ネットワークに接続されて、ネットワークを介して他のコンピュータと通信する。

[0291] プロセッサ４６は、ストレージ４１からプログラムをメモリ４２にロードし、当該プログラムに含まれる一連の命令を実行する。

[0292] 図４０は、情報処理装置のストレージに格納されているテーブルＴ１の一例である。図４０のテーブルＴ１に示すように、ストレージ４１には、設計データＩＤ、当該設計の仕様、当該設計の設計データファイル名の組がレコードとして蓄積されている。これにより、情報処理装置のプロセッサ４６は、要求仕様が入力された場合に、ストレージ４１を参照して、当該要求仕様を満たす仕様に対応する設計データの有無を判定し、設計データがある場合には、当該設計データを識別する設計データＩＤに対応付けられた設計データファイルを読み込むことにより設計データを取得することができる。

[0293] 図４１を用いて各実施形態に係る羽根車の製造方法について説明する。図４１は、各実施形態に係る羽根車の製造方法の流れの一例を示すフローチャートである。

[0294] （ステップＳ１１）まず、羽根車の製造者は、羽根車に要求される仕様である要求仕様を情報処理装置４０の入力インタフェース４３を用いて入力する。これにより、情報処理装置４０のプロセッサ４６は、要求仕様を取得す

る。

[0295] (ステップS 1 2) 情報処理装置4 0のプロセッサ4 6は、ストレージ4 1を参照して、入力された要求仕様を満たす設計データが蓄積されているか否か判定する。

[0296] (ステップS 1 3) ステップS 1 2で要求仕様を満たす設計データが蓄積されていた場合、情報処理装置4 0のプロセッサ4 6は、要求仕様を満たす仕様に対応する蓄積された設計データをストレージ4 1から読み込む。

[0297] (ステップS 1 4) ステップS 1 2で要求仕様を満たす設計データが蓄積されていない場合、情報処理装置4 0のプロセッサ4 6は、三次元逆解析法によって羽根車の形状を設計する。

[0298] 本実施形態に係る遠心式羽根車の形状は、三次元逆解法を用いることにより、設計的に再現することができる。三次元逆解法とは、翼面の負荷分布を規定して、その負荷分布を満たす翼面形状を数値計算により決定する設計手法である。この三次元逆解法の理論の詳細は、非特許文献1 (Zangenh, M., 1991, "A Compressible Three-Dimensional Design Method for Radial and Mixed Flow Turbomachinery Blades", Int. J. Numerical Methods in Fluids, Vol. 13, pp. 599-624) に記載されている。図4 2 A乃至図4 2 Eは、本発明に係る遠心式羽根車の設計例を示す子午面断面図であり、図4 2 Aから図4 2 Eまで比速度を次第に大きくしている。図4 2 Aは比速度1 2 0の遠心式羽根車であり、図4 2 Bは比速度1 4 0、図4 2 Cは比速度2 0 0、図4 2 Dは比速度2 4 0、図4 2 Eは比速度2 8 0の遠心式羽根車である。

[0299] (ステップS 1 6) 次に、情報処理装置4 0のプロセッサ4 6は、ステップS 1 3またはS 1 4にて決定した羽根車の形状に適した補強部材の形状を決定し、造形する各実施形態に係る羽根車の原型となる構造体の形状を決定する。例えば、プロセッサ4 6は、羽根車の外周側の末端におけるシュラウド4 とハブ5 の間隔Hによって、補強部材の形状を図3 4、図3 6、図3 7、図3 8の何れかの形状の中から選択する。ステップS 1 3またはS 1 4に

て決定した羽根車の形状が図4 2 Aの場合、図4 2 Aはシュラウドとハブの間隔Hが図4 2 Eよりも狭いため、図4 2 Aは図3 6に示す補強部材6 bが適している。なぜならば、シュラウドとハブの間隔Hが狭いため、第1の部材6 1の他端6 1 bと第2の部材6 2の他端6 2 bとの連結部分がシュラウド4とハブ5の外周側から離れていることで、万が一補強部材が造形不良となってもシュラウド4とハブ5の間に補強部材が入るのを防止する。よって、プロセッサ4 6は、羽根車の形状が図4 2 Aの場合、補強部材6 bを選択し、更に、羽根車1 4の外径や回転軸の径などによって、ボス5を支持する第1の支持部材3 1および第2の支持部材3 2の形状を決定し、羽根車、補強部材6 b、第1の支持部材3 1および第2の支持部材3 2を合わせた形状を構造体3 0 0とする。それに対して、ステップS 1 3またはS 1 4にて決定した羽根車の形状が図4 2 Eの場合、図4 2 Eは図3 4 Aに示す補強部材6が適している。なぜならば、シュラウド4とハブ5の間隔Hが図4 2 Aに比して広いためシュラウド4とハブ5の間に補強部材が入っても除去しやすい。そのため、補強部材6にてシュラウド4を支持し、シュラウド4の造形不良を防止する。よって、プロセッサ4 6は、羽根車の形状が図4 2 Eの場合、補強部材6 bを選択し、更に、羽根車1 4の外径や回転軸の径などによって、ボス5を支持する第1の支持部材3 1および第2の支持部材3 2の形状を決定し、羽根車、補強部材6、第1の支持部材3 1および第2の支持部材3 2を合わせた形状を構造体3 0 0とする。また、間隔Hが図4 2 Aと図4 2 Eの間である図4 2 Cは、図3 7に示す補強部材6 cが適している。よって、プロセッサ4 6は、羽根車の形状が図4 2 Cの場合、補強部材6 cを選択し、更に、羽根車1 4の外径や回転軸の径などによって、ボス5を支持する第1の支持部材3 1および第2の支持部材3 2の形状を決定し、羽根車、補強部材6 b、第1の支持部材3 1および第2の支持部材3 2を合わせた形状を構造体3 0 0とする。ステップS 1 3またはS 1 4にて決定した羽根車の形状がその他の羽根車の形状であっても同様に、最適な補強部材、第1の支持部材3 1および第2の支持部材3 2を合わせた形状を構造体3 0 0

とする。情報処理装置40のプロセッサ46は、出力インタフェース44を介して積層造形機51へ決定した構造体を造形するよう指令する。

[0300] このように、情報処理装置40のプロセッサ46は、造形する羽根車の形状に応じて、当該羽根車のシュラウド及びハブの羽根車出口側に連結される補強部材の形状を決定する補強部材決定部として機能する。またプロセッサ46は、当該造形する羽根車の原型となる構造体300の形状を決定する構造体決定部として機能する。更にプロセッサ46は、形状が決定された構造体300を造形するよう積層造形機51へ指令する指令部として機能する。

[0301] (ステップS20) 次に、積層造形機51は、ベースプレート33の上に金属粉末を用いた積層造形法により、情報処理装置40のプロセッサ46より指令された構造体300を形成する。図43A及び図43Bは、形成された構造体の子午面断面図の一例である。具体的には、図43A及び図43Bは、ステップS16にて決定した構造体を、本ステップにて積層造形法により形成し、当該形成された構造体の子午面断面図である。図43Aは、図42Aの羽根車の原型となる構造体300の一例を示し、図43Bは、図42Eの羽根車の原型となる構造体300の一例を示す。但し、これに限らず、図42A～図42Eの羽根車の構造体300は、例えば、30、30b、30cまたは30dのうちの何れかの形状と同等になるとよい。

[0302] (ステップS22) 次に、構造体300は第1の支持部材31、第2の支持部材32及びベースプレート33が除去される。具体的には、羽根車の製造者がワイヤーカットなどを用いて除去してもよいし、加工機械で自動加工されてもよい。

[0303] (ステップS24) 次に、構造体300は、補強部材6、6b、6cまたは6dが除去され、更に、構造体300は表面が研磨される。具体的には、羽根車の製造者が旋盤などを用いて研削してもよいし、加工機械で自動加工されてもよい。

[0304] ここで、ステップS24にて制作された羽根車が図42Aの羽根車とすると、当該羽根車は、積層面に対して傾斜した面には積層段差が残り、積層面

に平行な面にはレーザ又は電子ビーム等による塗り痕が残る。それに対して、切削加工面には工具痕（例えば筋目方向の傷）が残る。更に、本ステップにて、翼3、ハブ4およびシュラウド5が形成する流路面3a, 4a, 5aは、ポンプ性能を確保するために研磨（流体研磨）されてもよい。よって、羽根車は、積層造形にて形成された積層面（外表面4b, 5b）と、機械加工された切削加工面（ハブ4およびシュラウド5の羽根車出口側の外周縁4c, 5c）との表面粗さが異なり、外表面4b, 5bの粗さが外周縁4c, 5cよりも粗い。一例として、外表面4b, 5bの表面粗さはS_a（算術平均高さ）が20μm～100μmであるのに対して、外周縁4c, 5cの表面粗さはS_aが5μm以下である。このように、ハブまたは／およびシュラウドは、外表面と羽根車出口側の外周縁の表面粗さが異なる。ハブまたは／およびシュラウドは、積層造形にて形成された外表面と切削加工にて形成された羽根車出口側の外周縁とを有する。そのため、当該外表面と当該外周縁とは表面粗さが異なり、外表面の粗さが外周縁よりも粗い。

[0305] （ステップS26）次に、今回の設計データがストレージ41に記憶される。具体的には、羽根車の製造者は、今回の設計データをストレージ41に追記するよう情報処理装置40を操作してもよいし、情報処理装置40のプロセッサ46によって自動的に記憶されてもよい。これにより、情報処理装置40のプロセッサ46は、今回の設計データをストレージ41に追記する。なお、ステップS20にて造形不良となった場合は、ステップS22とステップS24を省略し、ステップS26にてエラー情報を記憶してもよい。

[0306] なお、ステップS20にて、積層造形された構造体300が、補強部材が流路に入り込む等の造形不良となった場合は、ステップS22以降を省略して、S16に戻ってもよい。

[0307] 以上、各実施形態に係る羽根車の製造方法は、羽根車入口と羽根車出口との間に複数の翼を有する羽根車の製造方法であって、当該羽根車の軸方向に間隔を設けて配置されたシュラウド4または4b及びハブ5と、当該シュラウド4または4bとハブ5との間に配置された複数の翼3または3bと、当

該シュラウド及び当該ハブの羽根車出口側に連結されている補強部材 6、6 b、6 c または 6 d と、を有する構造体 30、30 b、30 c または 30 d を、ベースプレートの上に金属粉末を用いた積層造形法により形成する構造体形成工程と、構造体 30、30 b、30 c または 30 d から補強部材 6、6 b、6 c または 6 d を除去する除去工程と、を有する。

[0308] この構成によれば、金属粉末を用いた積層造形法により羽根車の原型となる構造体を形成するので、羽根車の流路の形状が複雑であっても、所望の寸法精度を得ることができる。このため、流路内の相対速度を小さくする効果が得られ、羽根車の性能を向上させることができる。また、除去工程において、余分に造形した補強部材を除去することで、流路内に支持部材をいれることなく羽根車を造形することができ、流路内の支持部材除去という難解な工程を省略することができる。また、鋳型を作成する必要がないので、製造に係る手間、時間及びコストを削減することができ、生産性を向上させることができる。

[0309] また、金属粉末を用いた積層造形法により羽根車の原型となる構造体を形成することで、大型のポンプにも採用することができる。特に、大型のポンプでは、客先の揚高点に合わせて性能をカスタマイズする必要がある。そのため、各実施形態に係る羽根車を大型のポンプで使用する場合、羽根車出口 2 を客先性能に合わせて都度設計する一品対応であるため、金属粉末を用いた積層造形法により形成する方が好ましい。これにより、鋳型を作成する必要がないので、製造に係る手間、時間及びコストを削減することができ、生産性を向上させることができる。また、それぞれ別個の設計に従って、金属粉末を用いた積層造形法により形成するので、翼の形状を造形後に加工する必要がないという利点がある。

[0310] なお、本実施形態に係る羽根車の製造方法は、上記の各実施形態に係る羽根車の形態に限定されるものではなく、流路に狭い幅を有する羽根車を製造するときにも適用できる。また、本実施形態に係る羽根車の製造方法は、上記の各実施形態に係る羽根車の形態に限定されるものではなく、羽根車を構

成する部材の肉厚が細くなる箇所（例えば、羽根車の先端部（外周部））を有する羽根車を製造するときにも適用できる。

[0311] 図39に示したように、本実施形態に係る羽根車の製造システムSは、造形する羽根車の形状に応じて、当該羽根車のシュラウド及びハブの羽根車出口側に連結される補強部材の形状を決定する補強部材決定部と、前記造形する羽根車の原型となる構造体の形状を決定する構造体決定部と、形状が決定された前記構造体を造形するよう指令する指令部と、前記指令部による指令に応じて前記構造体を積層造形する積層造形機と、を備える。この構成によれば、羽根車の原型となる構造体を形成することができる。

[0312] この構成によれば、積層造形法により羽根車の原型となる構造体を形成するので、羽根車の流路の形状が複雑であっても、所望の寸法精度を得ることができる。このため、流路内の相対速度を小さくする効果が得られ、羽根車の性能を向上させることができる。また、鋳型を作成する必要がないので、製造に係る手間、時間及びコストを削減することができ、生産性を向上させることができる。

[0313] なお、本実施形態に係る情報処理装置の各処理を、複数のコンピュータが分散して実行してもよい。

[0314] 以上、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。更に、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

符号の説明

- [0315] 1 ポンプケーシング
- 1 a 吸込口
 - 1 b 吐出し口
 - 1 1 主板

- 1 1 a 外表面
- 1 1 b 流路面
- 1 1 c 外周面
- 1 2 側板
- 1 2 a 外表面
- 1 2 b 流路面
- 1 2 c 外周面
- 1 3 主翼
- 1 3 a 表面
- 1 3 b 裏面
- 1 4、1 4 b、1 4 c、1 4 d、1 4 e、1 4 f、1 4 g 構造体
- 2 ケーシングカバー
- 2 0 流路
- 2 1 ベースプレート
- 2 2～2 8 支持部材
- 3 羽根車
- 3 0、4 0、4 0 c、5 1、5 2、6 4 a、6 4 b、6 5 a、6 5 b、6 6 a、6 6 c、8 2、8 3、8 4、8 5 補強部材
- 3 1、4 1、4 1 c 第1の部材
- 3 2、4 2 第2の部材
- 3 0 a 一端部
- 3 0 b 他端部
- 4 軸受胴体
- 4 3、4 3 b 第2の補強部材
- 5 a 軸受6 ポンプ軸
- 6 1 a、6 1 b インペラハブ
- 6 2 a、6 2 b、6 2 c、6 2 d 側板
- 6 3、7 1、7 2、7 3、7 4 主翼

2 2、2 2 b、2 4、2 5、2 5 b 加工しろ部材

2 6、2 6 b、2 7、2 7 b 加工しろ部材

3 1～3 7、A 1 凹凸 7 情報処理装置

7 1 ストレージ

7 2 メモリ

7 3 入力インタフェース

7 4 出力インタフェース

7 5 通信モジュール

7 6 プロセッサ

7 6 1 外径決定部

7 6 2 形状決定部

7 6 3 性能算出部

7 6 4 判定部

7 6 5 決定部

8 積層造形機

1 羽根車入口

1 0 モータ

1 2 モータ部

1 4 羽根車

1 6 ポンプ部

1 8 主軸

2 羽根車出口

2 0 吸込口

2 2 吐出口

2 4 ケーシング

2 5 中間ケーシング

2 5 a 開口部

2 6 ケーシングカバー

28 メカニカルシール

3 翼

30、30c、30d 構造体

31 第1の支持部材

32 第2の支持部材

33 ベースプレート

3b 翼

4、4b シュラウド

40 情報処理装置

41 ストレージ

42 メモリ

43 入力インタフェース

44 出力インタフェース

45 通信回路

46 プロセッサ

5 ハブ

50 表示装置

51 積層造形機

6、6b、6c、6d 補強部材

61、63、66 第1の部材

62、64、67 第2の部材

65 第3の部材

S 羽根車の製造システム

請求の範囲

- [請求項1] 羽根車と、補強部材と、を有する構造体を積層造形法により形成する構造体形成工程と、
前記構造体から前記補強部材を除去する除去工程と、
を有し、
前記構造体形成工程において、
前記羽根車は、上下に配置される少なくとも一对の端部を有し、
前記補強部材の一端が、前記一对の端部のうち上方の端部の少なくとも一部に連結するように、前記構造体が形成される
羽根車の製造方法。
- [請求項2] 前記構造体形成工程において、前記補強部材のうち、少なくとも前記補強部材の前記一端は、連結される前記羽根車の端部と略同じ密度になるように形成される
請求項1に記載の羽根車の製造方法。
- [請求項3] 前記構造体形成工程において、前記補強部材は、連結される前記羽根車の端部よりも低い密度で、且つ、前記羽根車の端部より傾いた角度で形成される
請求項1に記載の羽根車の製造方法。
- [請求項4] 前記構造体形成工程において、前記構造体の少なくとも一部が、当該構造体より低い金属密度の部材によって支持されて形成される
請求項1から3に記載の羽根車の製造方法。
- [請求項5] 前記補強部材は、当該補強部材の前記一端から延伸し、
当該補強部材が延伸する距離は、当該補強部材の素材に応じて決まる限界距離以下である
請求項1から4のいずれか一項に記載の羽根車の製造方法。
- [請求項6] 前記補強部材は、当該補強部材の前記一端から略水平に延伸する第1の部材と、当該補強部材の前記他端から垂直方向に延伸して前記第1の部材を支持する第2の部材と、を有し、

前記第2の部材と、前記一对の端部のうち下方の端部との間に水平距離を有する、

請求項1から5のいずれか一項に記載の羽根車の製造方法。

[請求項7] 前記構造体は、前記一对の端部のうち下方に位置する端部の少なくとも一部から延伸した第2の補強部材を有し、

前記第2の補強部材は、当該補強部材の前記一端から延伸する第1の部材を有し、

当該第1の部材が延伸する距離は、当該第1の部材の素材に応じて決まる限界距離以下である

請求項1から6のいずれか一項に記載の羽根車の製造方法。

[請求項8] 前記羽根車は、

主板と、側板と、当該主板と当該側板との間に設けられ揚液にエネルギーを与える主翼と、を備え、

前記一对の端部は、前記主板または前記側板の吐出し側の端部である、

請求項1から7のいずれか一項に記載の羽根車の製造方法。

[請求項9] 前記羽根車は、

主板と、側板と、当該主板と当該側板との間に設けられる複数の主翼と、を備え、

前記一对の端部は、前記側板の吸込み側の端部である、

請求項1から7のいずれか一項に記載の羽根車の製造方法。

[請求項10] 前記羽根車は、

揚液にエネルギーを与える複数の主翼と、を備え、

前記一对の端部は、前記複数の主翼のうち隣り合う主翼の端部である、

請求項1から7のいずれか一項に記載の羽根車の製造方法。

[請求項11] 主板と、側板と、当該主板と当該側板との間に設けられ揚液にエネルギーを与える主翼と、を備えた羽根車であって、

前記主板、前記側板および前記主翼にて形成される流路が積層造形により形成され、且つ、前記主板と前記側板との少なくとも一方の外周面が切削加工にて形成された羽根車。

[請求項12] 前記流路面と、前記外周面との表面粗さが異なる、請求項 1 1 に記載の羽根車。

[請求項13] 前記流路面は、外周面よりも表面粗さが粗い、請求項 1 2 に記載の羽根車。

[請求項14] 羽根車と、補強部材と、を有する構造体を積層造形法により形成する構造体形成工程と、

前記構造体から前記補強部材を除去する除去工程と、

を有し、

前記構造体形成工程において、

前記羽根車は、前記羽根車の端部の円形の開口が積層面に対し垂直となるように配置され、

前記補強部材の一端部が、前記円形の端部のうち中点よりも上方の端部の少なくとも一部に連結するように、前記構造体が形成される

羽根車の製造方法。

[請求項15] 前記羽根車の端部の円形の開口が吸込み口である、請求項 1 4 に記載の羽根車の製造方法。

[請求項16] 前記羽根車の端部の円形の開口がインペラハブの開口部である、請求項 1 4 または 1 5 に記載の羽根車の製造方法。

[請求項17] 羽根車と、前記羽根車の表面に連結されている加工しろ部材と、を有する構造体を、積層造形法により形成する構造体形成工程と、

前記構造体から前記加工しろ部材を除去する除去工程と、

を有し、

前記構造体形成工程において前記加工しろ部材を前記羽根車と略同じ密度で造形する羽根車の製造方法。

[請求項18] 前記構造体は、更に支持部材を有し、

前記構造体形成工程において、
前記支持部材が形成される第1ステップと、
前記加工しろ部材が形成される第2ステップと、
前記羽根車が形成される第3ステップと、を有し、
前記構造体の少なくとも一つの鉛直線上において前記構造体は、前記第1ステップ、前記第2ステップ、前記第3ステップ、の順にて積層造形される、

請求項17に記載の羽根車の製造方法。

[請求項19] 前記構造体形成工程において、前記支持部材は、前記加工しろ部材に比べて低い密度になるように形成される

請求項17または18に記載の羽根車の製造方法。

[請求項20] 前記除去工程において、前記加工しろ部材が切削加工にて除去されることで前記羽根車の表面の形状が形成される

請求項17から19のいずれか一項に記載の羽根車の製造方法。

[請求項21] 前記構造体形成工程において、前記羽根車の下側、及び前記羽根車の上側の少なくとも一方に、前記加工しろ部材が形成される

請求項17から20のいずれか一項に記載の羽根車の製造方法。

[請求項22] 前記構造体形成工程において、前記羽根車のインペラハブの開口部の内側に前記加工しろ部材が形成される、

請求項17から21のいずれか一項に記載の羽根車の製造方法。

[請求項23] 前記構造体形成工程において、前記開口部の少なくとも一部を覆うように前記加工しろ部材が形成され、前記開口部の中心に相当する前記加工しろ部材の表面位置に凹凸が設けられるか、及び／または前記開口部の内周に相当する前記加工しろ部材の表面位置に凹凸が設けられる

請求項22に記載の羽根車の製造方法。

[請求項24] 前記構造体形成工程において、前記加工しろ部材には、前記主板及び／または前記側板の一部の寸法、または前記主板及び／または前記

側板の一部の形状に関するパラメータを表す凹凸が前記加工しる部材の表面に設けられている

請求項 17 から 23 のいずれか一項に記載の羽根車の製造方法。

[請求項25] 前記羽根車は、主板と、側板と、主翼と、を備えたクローズドインペラである、

請求項 17 から 24 のいずれか一項に記載の羽根車の製造方法。

[請求項26] 主板と、側板と、主翼と、を備え、前記主板、前記側板および前記主翼にて画定された流路が形成されている羽根車であって、

前記流路は積層造形にて形成され、前記主板および前記側板の外表面は切削加工にて形成された羽根車。

[請求項27] 前記主板および前記側板において、

前記流路を画定する流路面と前記外表面とは表面粗さが異なる、請求項 26 に記載の羽根車。

[請求項28] 前記流路面は、前記外表面よりも表面粗さが粗い、請求項 27 に記載の羽根車。

[請求項29] 前記羽根車は切削加工にて形成されたインペラハブを更に有し、

前記流路面は前記インペラハブよりも表面粗さが粗い、請求項 27 または 28 に記載の羽根車。

[請求項30] ポンプの羽根車の設計方法であって、

前記羽根車は、揚液にエネルギーを与える複数の主翼を備え、

前記羽根車の情報に基づいて、当該羽根車を積層造形するよう当該羽根車の設計を変更する設計変更工程

を有する羽根車の設計方法。

[請求項31] 前記設計変更工程では、前記羽根車を積層造形するのに必要な中間翼を追加するよう当該羽根車の設計を変更する、

請求項 30 に記載の羽根車の設計方法。

[請求項32] 前記羽根車の情報は、

前記羽根車の素材の情報と、

隣り合う前記主翼が形成される積層面における当該隣り合う前記主翼の間の距離とを含み、

前記設計変更工程において、当該隣り合う前記主翼の間に前記中間翼を追加するよう当該羽根車の設計を変更する、

請求項 30 または 31 に記載の羽根車の設計方法。

[請求項33] 前記設計変更工程において、前記羽根車の素材によって異なる所定の許容距離よりも前記複数の主翼間の積層面における距離が短くなるように前記中間翼を追加するよう当該羽根車の設計を変更する、

請求項 32 に記載の羽根車の設計方法。

[請求項34] 前記羽根車はクロースドインペラであって、

前記主翼間の積層面は、前記主翼よりも後に形成される前記羽根車の主板または側板である、

請求項 30 から 33 のいずれか一項に記載の羽根車の設計方法。

[請求項35] 前記設計変更工程の後に、前記中間翼が設けられた羽根車を備える前記ポンプを流体解析する工程を更に有する

請求項 30 から 34 のいずれか一項に記載の羽根車の設計方法。

[請求項36] 前記流体解析の結果による選定範囲が前記客先要求を満たす運転点を包含する場合、積層造形が実行されるように積層造形機を制御する工程を有する

請求項 35 に記載の羽根車の設計方法。

[請求項37] 前記流体解析の結果による選定範囲が前記客先要求を満たす運転点を包含しない場合、前記羽根車の素材の情報、前記羽根車の設計形状のうち、少なくとも一つを変更し、当該変更後に再度、流体解析する工程を更に有する

請求項 35 または 36 に記載の羽根車の設計方法。

[請求項38] 複数のポンプ機種群から客先要求に応じてポンプ機種を選定する工程と、

前記流体解析の結果による選定範囲が前記客先要求を満たす運転点

を包含しない場合に、前記選定したポンプ機種を再選定する工程と、
を更に有する請求項 35 から 37 のいずれか一項に記載の羽根車の
設計方法。

[請求項39] 前記設計変更工程では、当該羽根車の外径の変更、及び／または主翼及び／または中間翼の翼角を設計変更する

請求項 30 から 38 のいずれか一項に記載の羽根車の設計方法。

[請求項40] 請求項 30 から 39 のいずれか一項に記載の羽根車の設計方法にて設計された羽根車を積層造形にて形成する、羽根車の製造方法。

[請求項41] ポンプの羽根車であって、揚液にエネルギーを与える複数の主翼を備える羽根車の設計システムであって、

前記羽根車の情報に基づいて、当該羽根車を積層造形するよう当該羽根車の設計を変更する設計変更部を備える

羽根車の設計システム。

[請求項42] 前記設計変更部は、積層造形するのに必要な中間翼を追加するよう当該羽根車の設計を変更する、

請求項 41 に記載の羽根車の設計システム。

[請求項43] ポンプの羽根車であって、揚液にエネルギーを与える複数の主翼を備える羽根車の製造システムであって、

前記羽根車の情報に基づいて、当該羽根車を積層造形するよう当該羽根車の設計を変更する設計変更部と、

設計変更後の羽根車を積層造形する積層造形機と、

を備える羽根車の製造システム。

[請求項44] 羽根車入口と羽根車出口との間に複数の翼を有する羽根車の製造方法であって、

当該羽根車の軸方向に間隔を設けて配置されたシュラウド及びハブと、当該シュラウドとハブとの間に配置された複数の翼と、当該シュラウド及び当該ハブの羽根車出口側に連結されている補強部材と、を有する構造体を、積層造形法により形成する構造体形成工程と、

前記構造体から前記補強部材を除去する除去工程と、
を有する羽根車の製造方法。

[請求項45] 前記構造体は、前記補強部材を支持する第1の支持部材を更に有し、
前記構造体から前記第1の支持部材を除去する工程を更に有する
請求項44に記載の前記羽根車の製造方法。

[請求項46] 前記構造体は、前記シュラウドまたは前記ハブを支持する第2の支持部材を更に有し、
前記構造体から前記第2の支持部材を除去する工程を更に有する
請求項44または45に記載の羽根車の製造方法。

[請求項47] 前記構造体において、隣り合う翼、前記シュラウド、及び前記ハブ
によって流路が形成されており、
前記補強部材は、前記流路を前記羽根車出口で閉塞するように構成
されている

請求項44から46のいずれか一項に記載の羽根車の製造方法。

[請求項48] 前記補強部材は、前記シュラウド及び前記ハブの羽根車出口の末端
部の傾斜角度とは、異なる傾斜角度で前記シュラウド及び前記ハブに
連結されている

請求項47に記載の羽根車の製造方法。

[請求項49] 前記補強部材は、前記シュラウドを外周側に延長するように当該シュ
ラウドに連結された第1の部材と、前記ハブを外周側に延長するよ
うに当該ハブに連結された第2の部材と、前記第1の部材と前記第2
の部材に連結されて前記流路を前記羽根車出口で閉塞するように構成
された第3の部材と、を有する

請求項47に記載の羽根車の製造方法。

[請求項50] 前記補強部材は、前記シュラウドを外周側に延長するように一端が
当該シュラウドに連結された第1の部材と、前記ハブを外周側に延長
するように一端が当該ハブに連結された第2の部材と、を有し、

前記流路を前記羽根車出口で閉塞するように、前記第 1 の部材の他端と前記第 2 の部材の他端が連結されている

請求項 4 7 に記載の羽根車の製造方法。

[請求項51] 前記羽根車は、子午面断面において、前記流路を構成するシュラウド側の曲線が、翼入口から前記翼の所定の位置まではハブ側に湾曲し、前記翼の所定の位置から翼出口までは前記ハブとは反対側に湾曲していることを特徴とする、

請求項 4 4 から 5 0 のいずれか一項に記載の羽根車の製造方法。

[請求項52] 前記羽根車のハブまたは／およびシュラウドは、子午面断面において、所定の位置から外周に向かって、水平面から傾斜していることを特徴とする、

請求項 4 4 から 5 1 のいずれか一項に記載の羽根車の製造方法。

[請求項53] 前記羽根車の午面断面において、前記ハブまたは／および前記シュラウドは、内周側から外周側に向かって肉薄になっている、

請求項 4 4 から 5 2 のいずれか一項に記載の羽根車の製造方法。

[請求項54] 羽根車入口と羽根車出口との間に複数の翼を有する羽根車であって、

当該羽根車の軸方向に間隔を設けて配置されたハブおよびシュラウドと、当該ハブとシュラウドの間に配置された複数の翼と、を有し、

前記ハブまたは／およびシュラウドは、外表面と羽根車出口側の外周縁の表面粗さが異なる、羽根車。

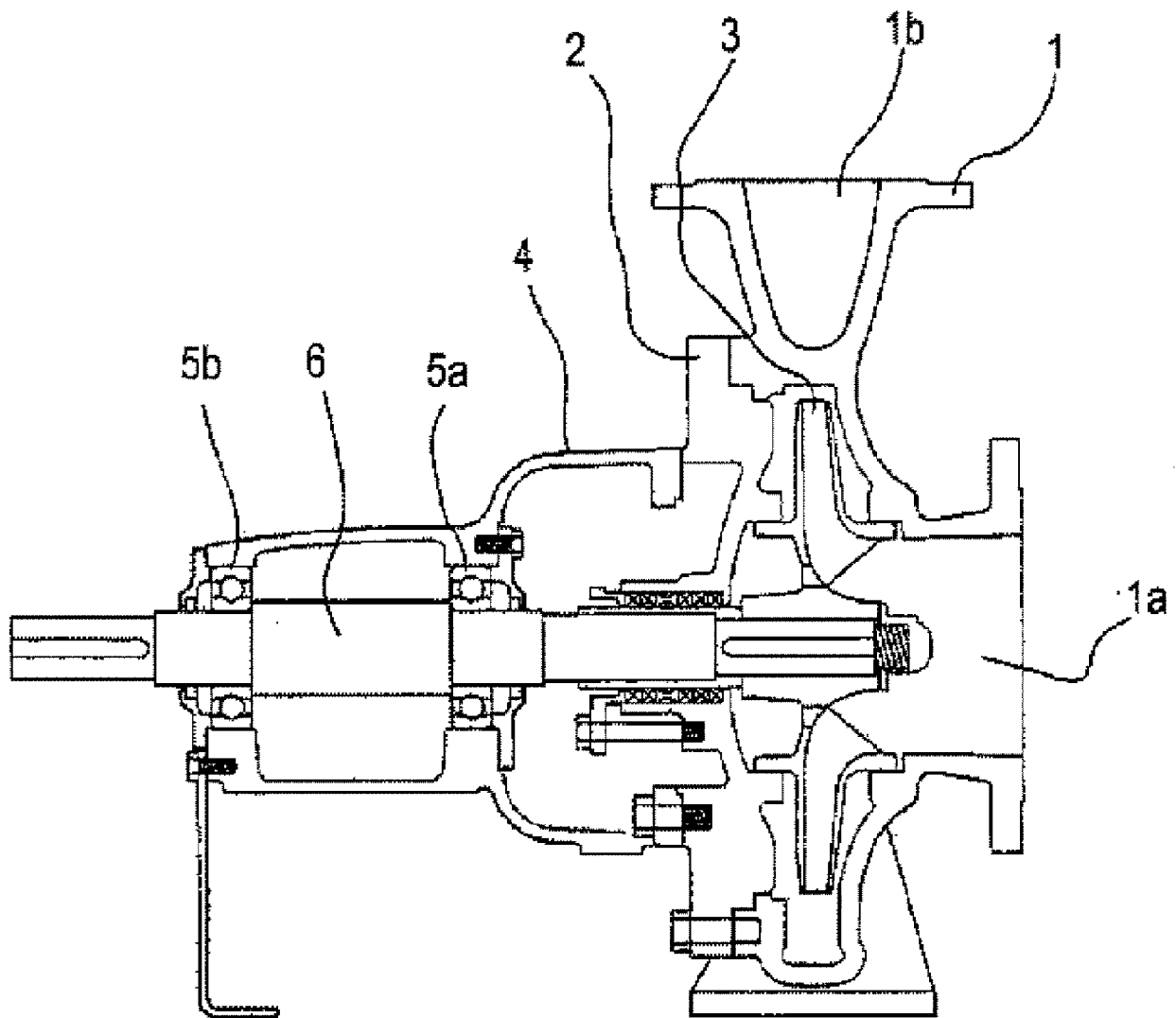
[請求項55] 造形する羽根車の形状に応じて、当該羽根車のシュラウド及びハブの羽根車出口側に連結される補強部材の形状を決定する補強部材決定部と、

前記造形する羽根車の原型となる構造体の形状を決定する構造体決定部と、

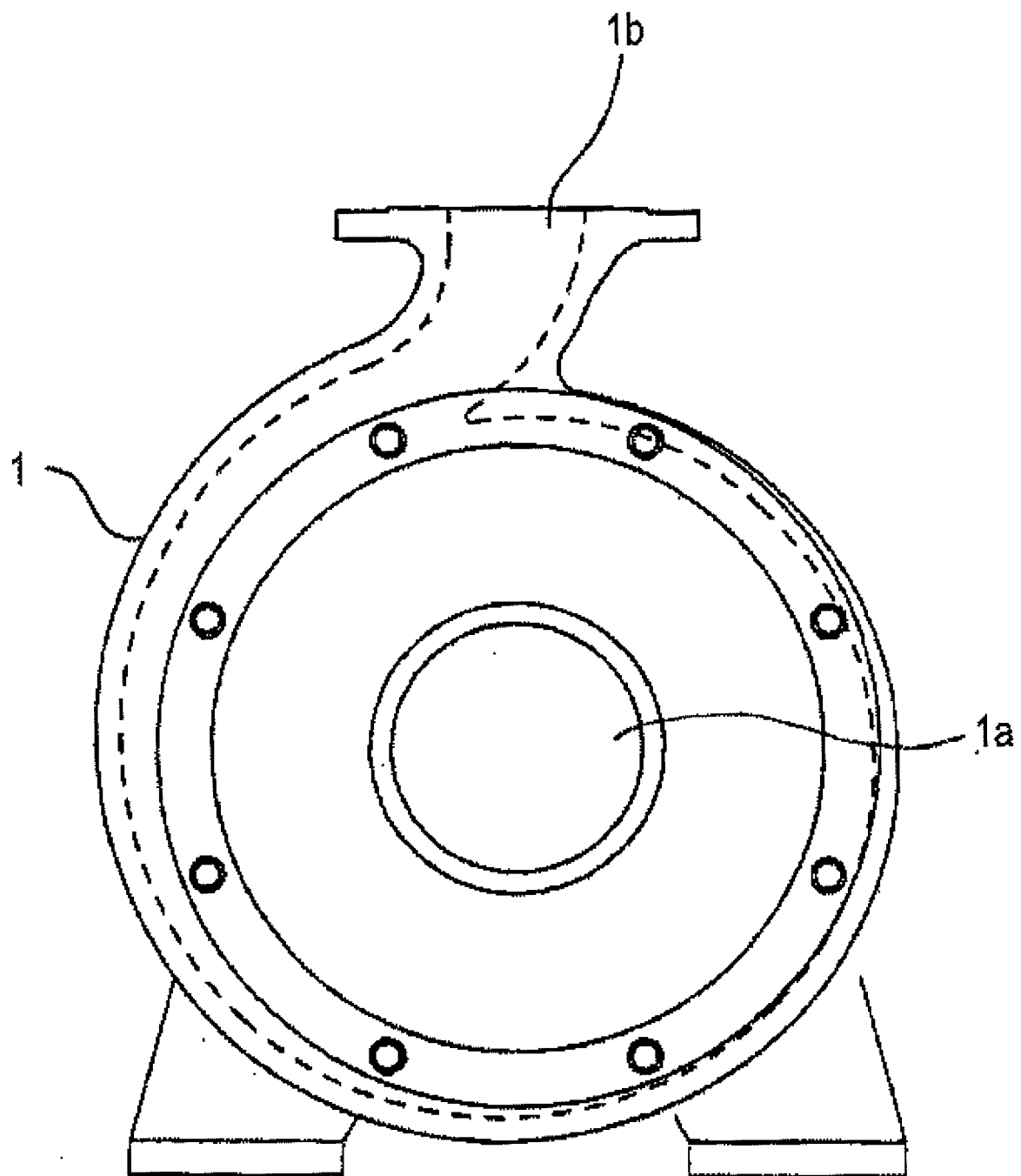
形状が決定された前記構造体を造形するよう積層造形機に指令する指令部と、

を備える羽根車の製造システム。

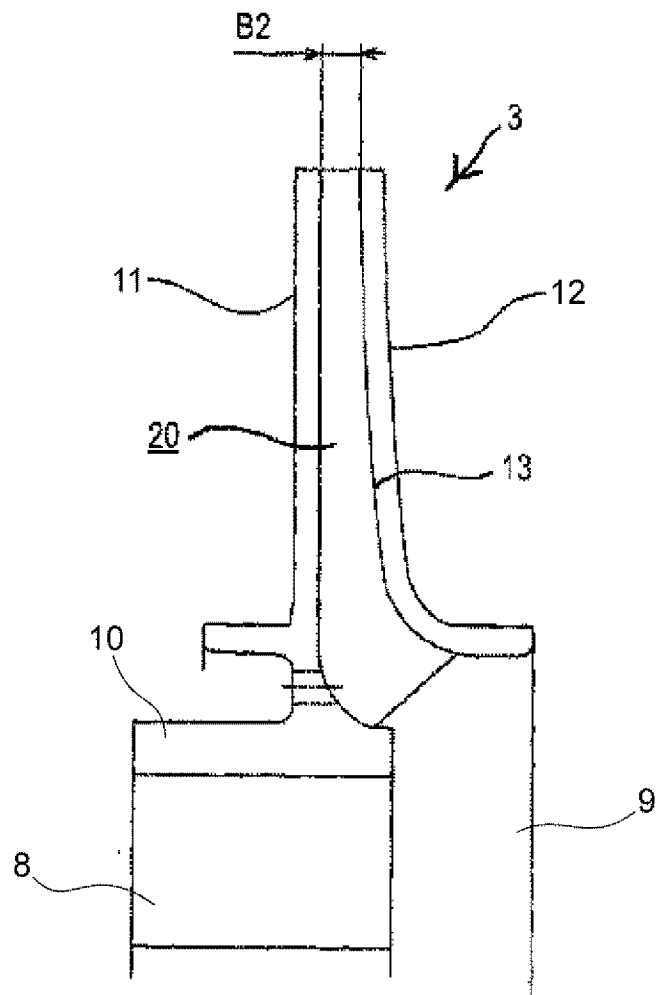
[図1]



[図2]

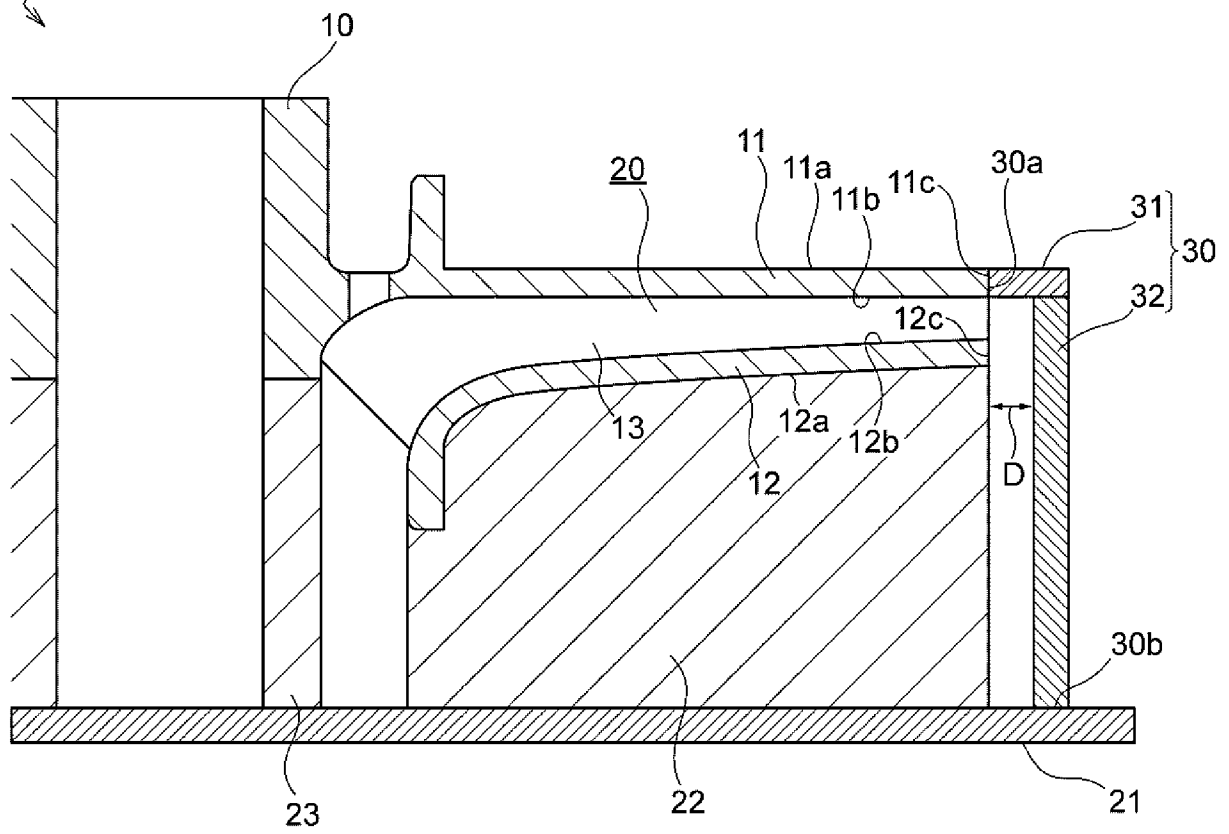


[図3]

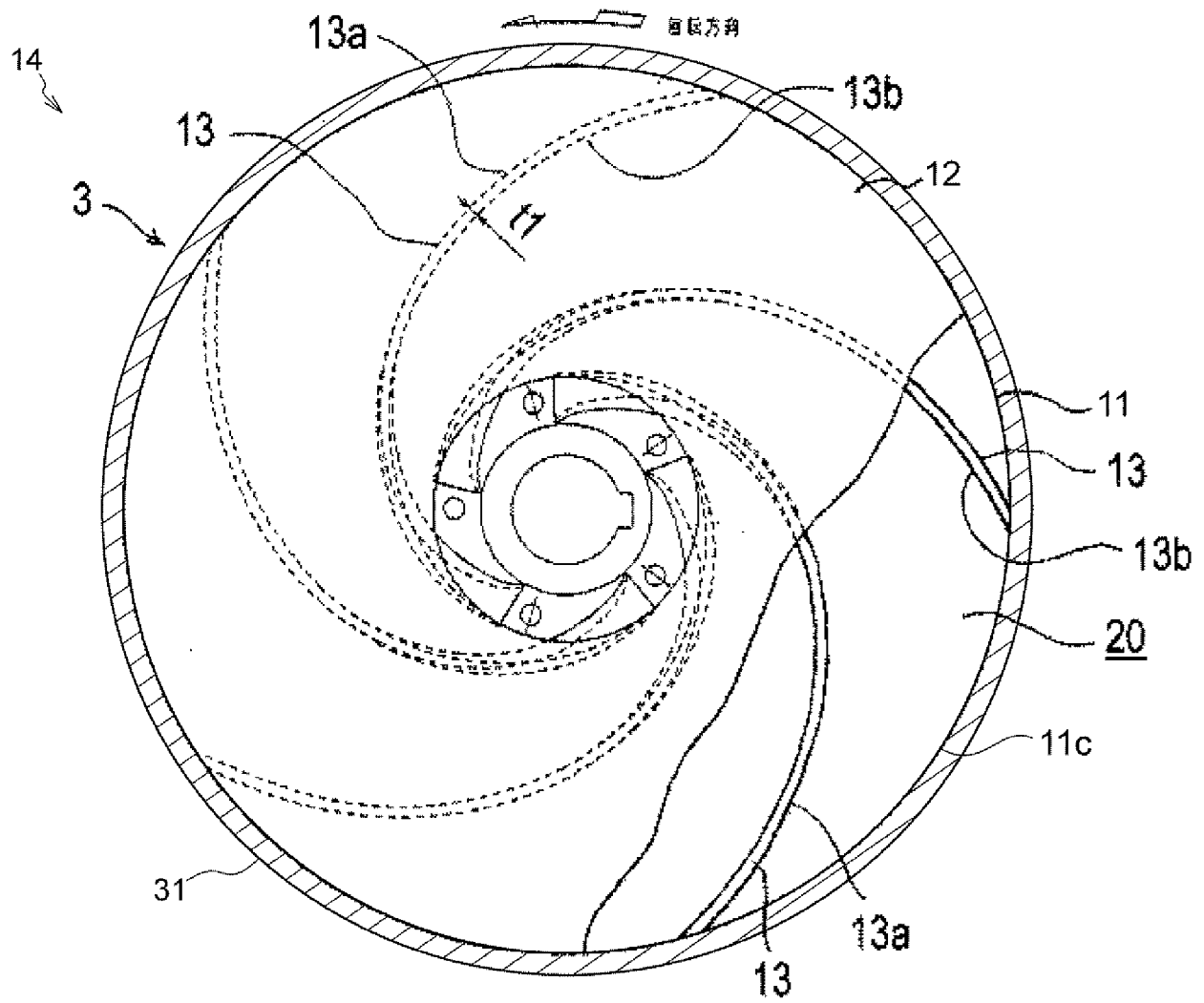


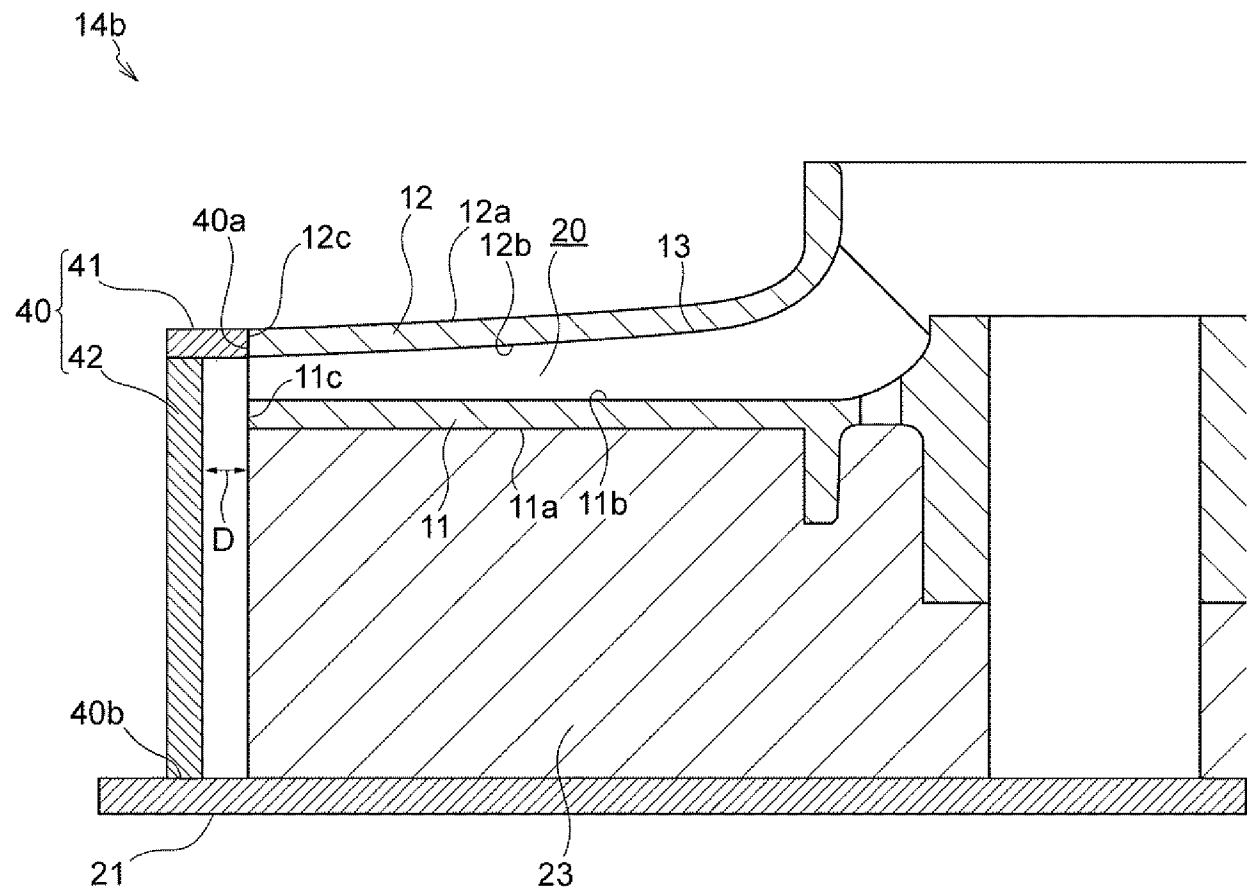
[図5]

14

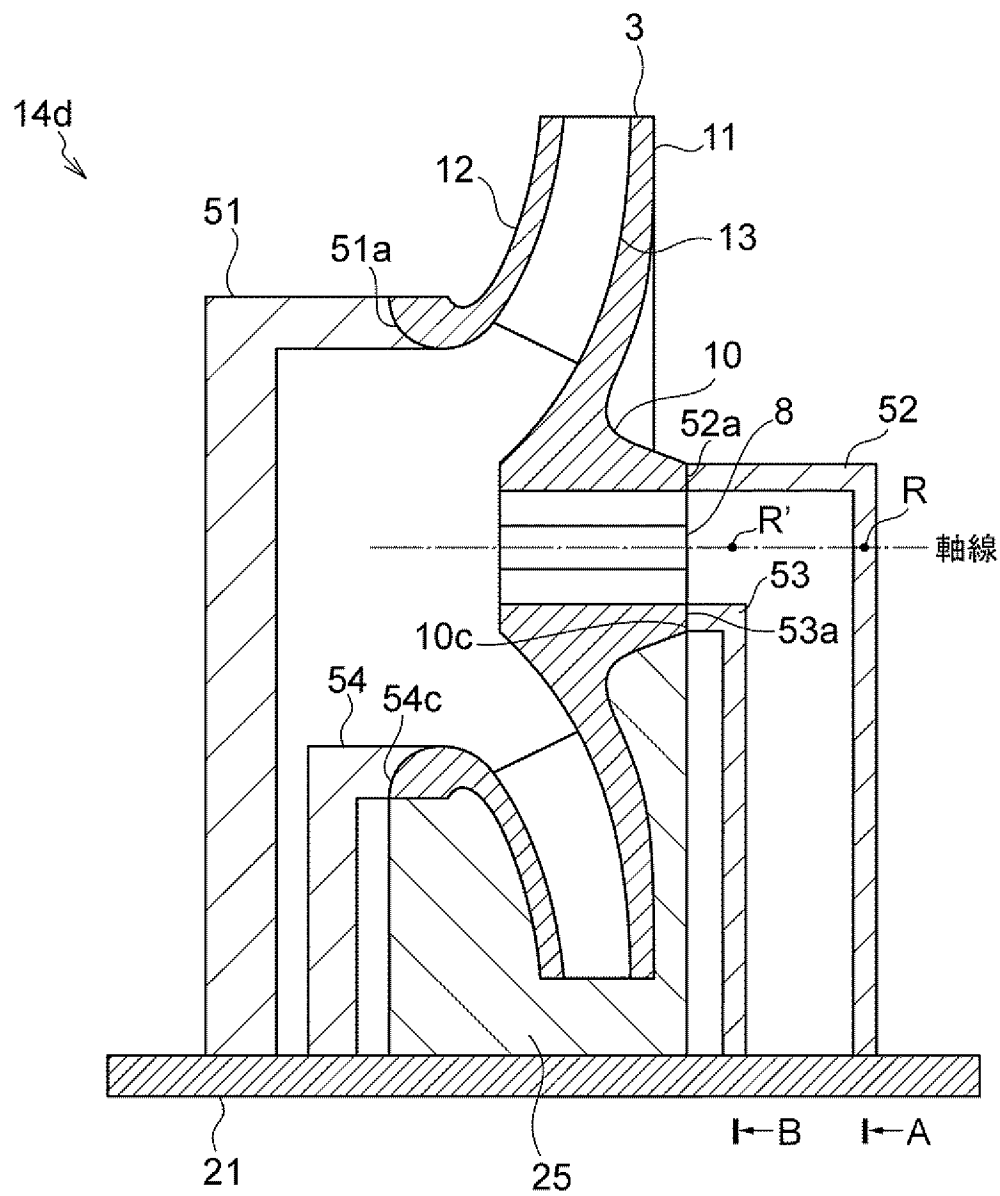


[図6]



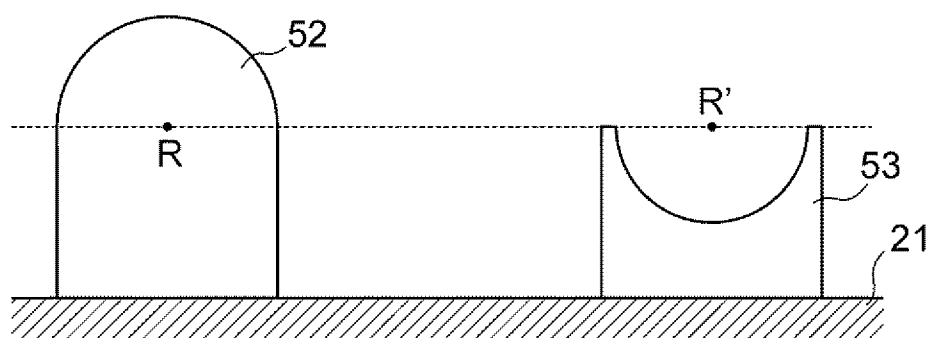


[図10]

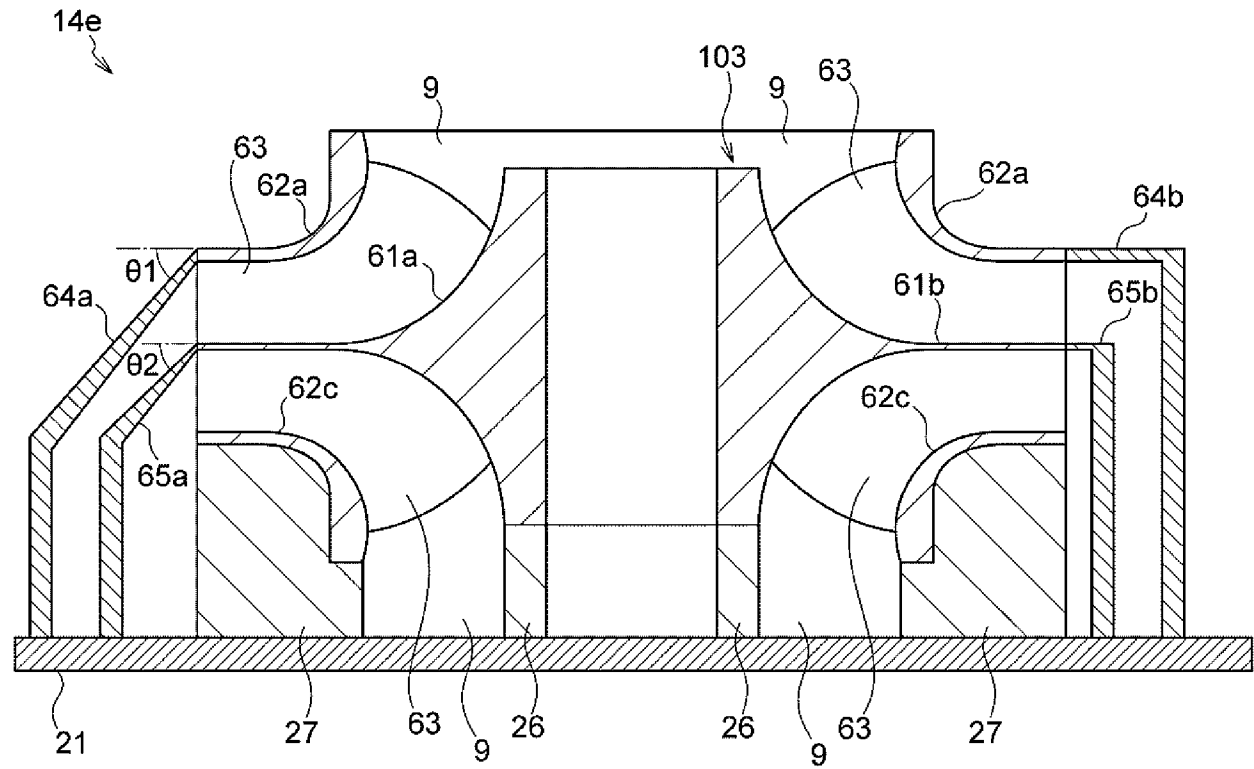


(Aの断面矢視図)

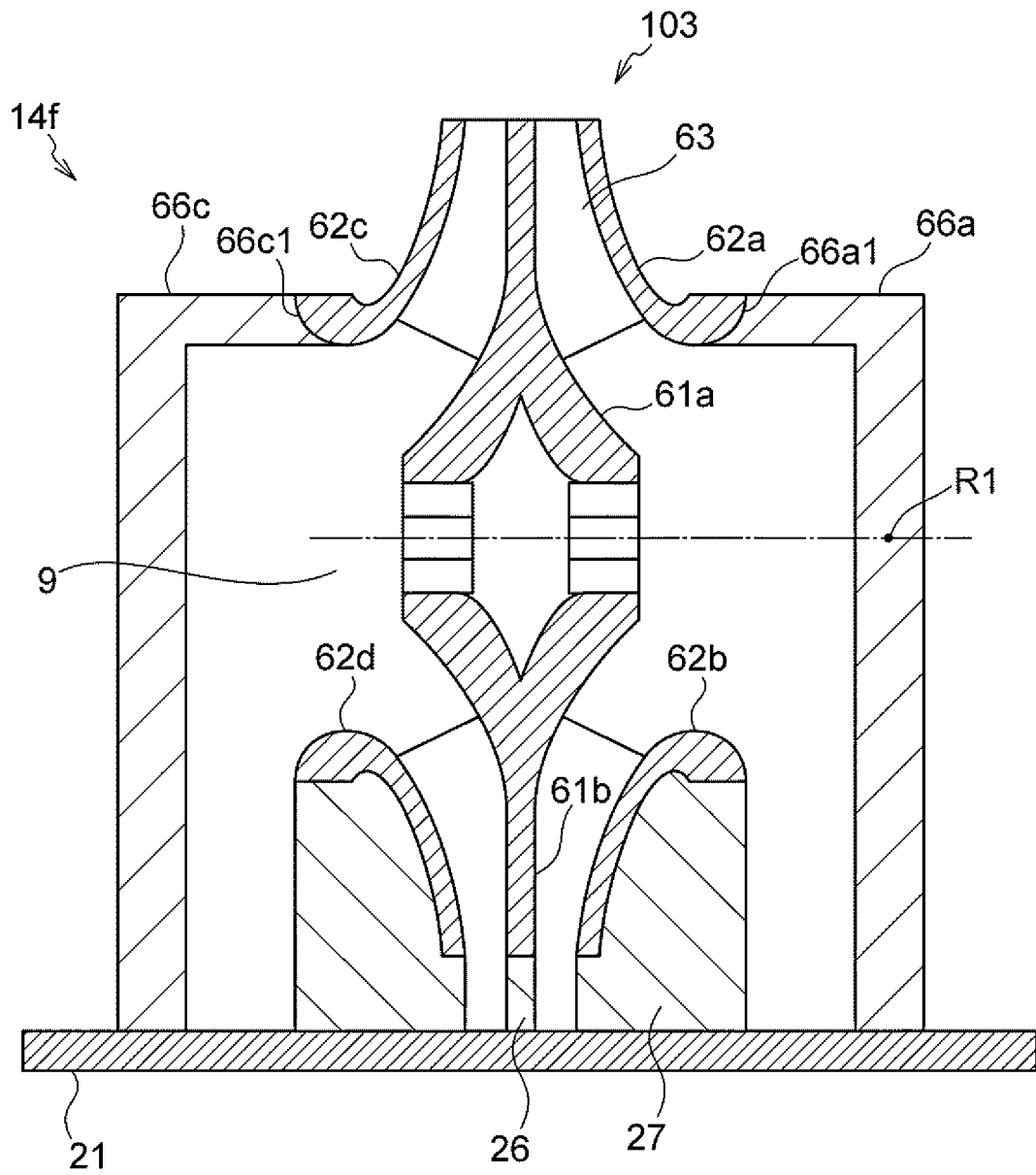
(Bの断面矢視図)



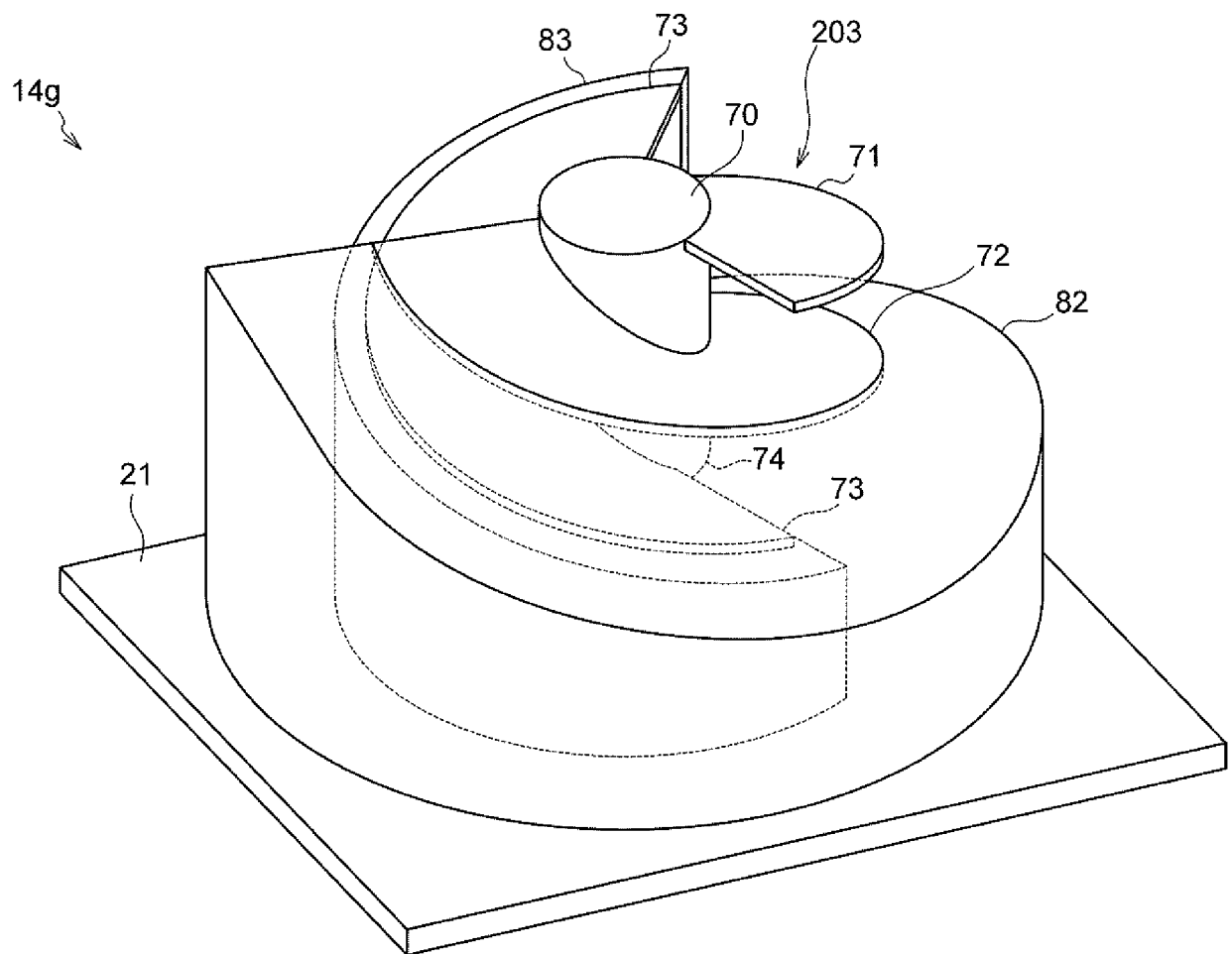
[図11]



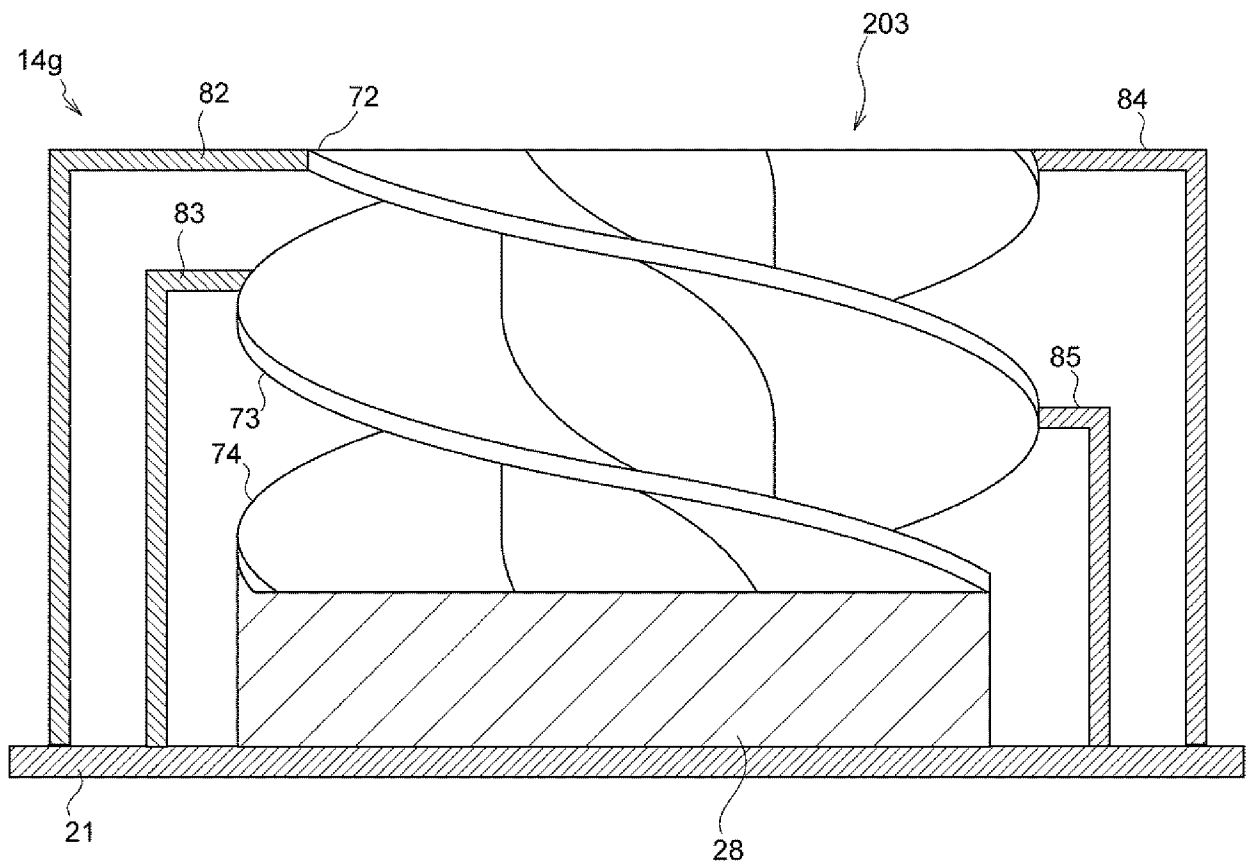
[図12]



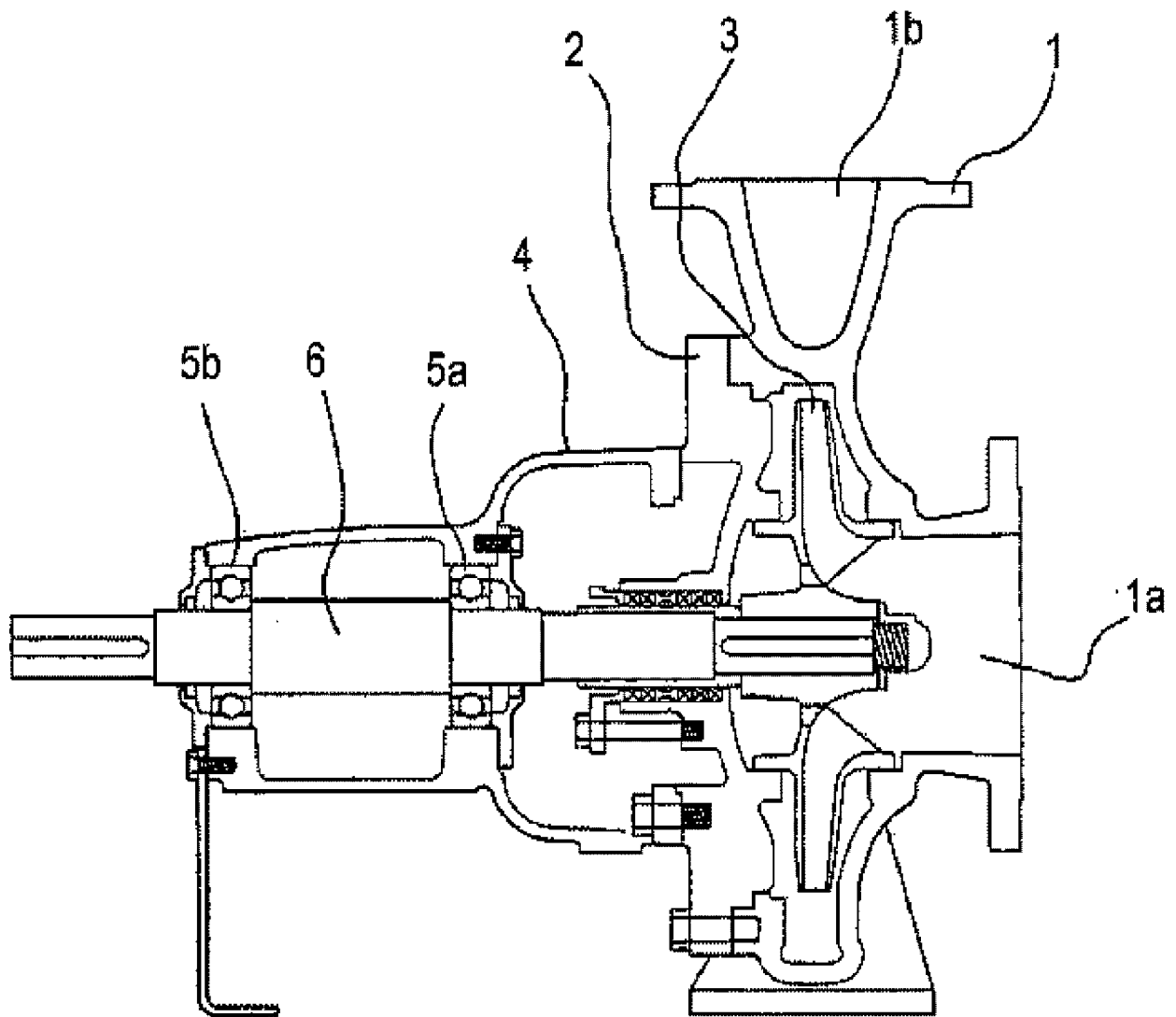
[図13]



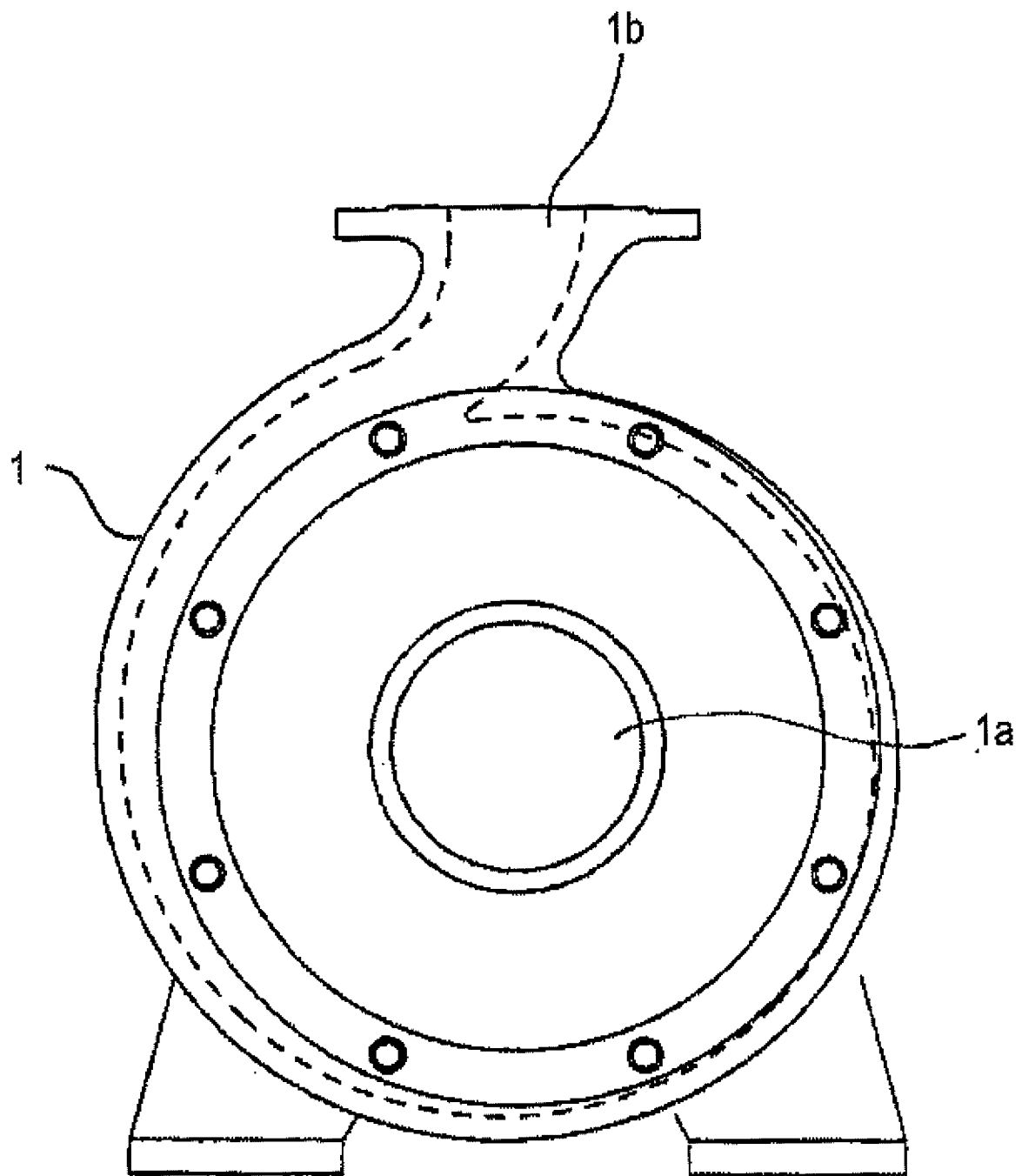
[図14]



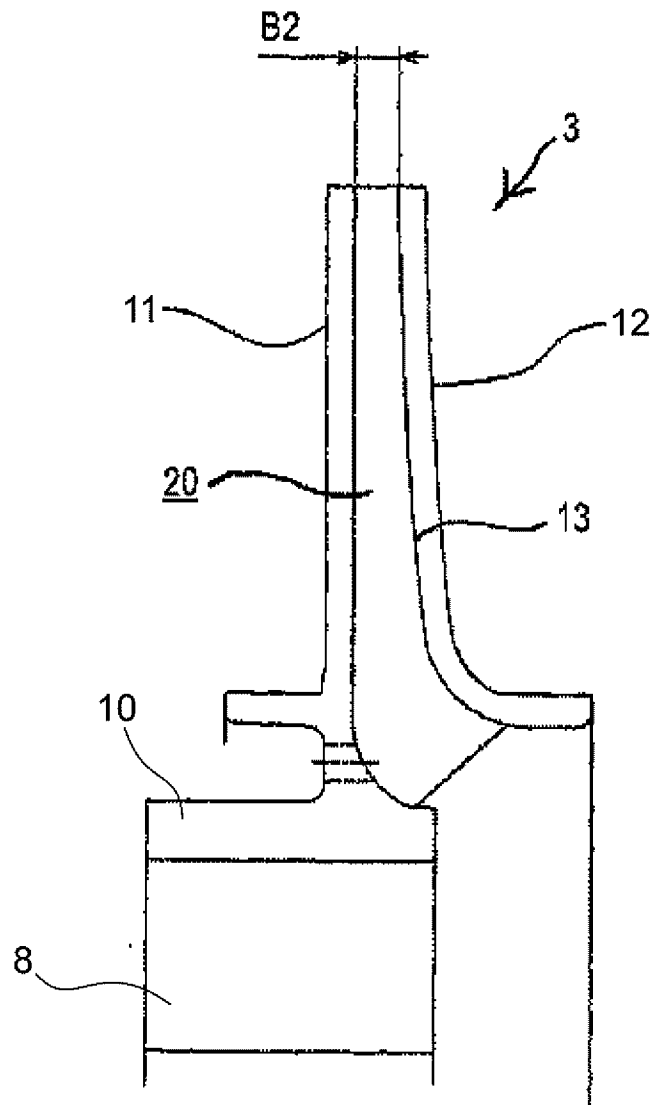
[図15]



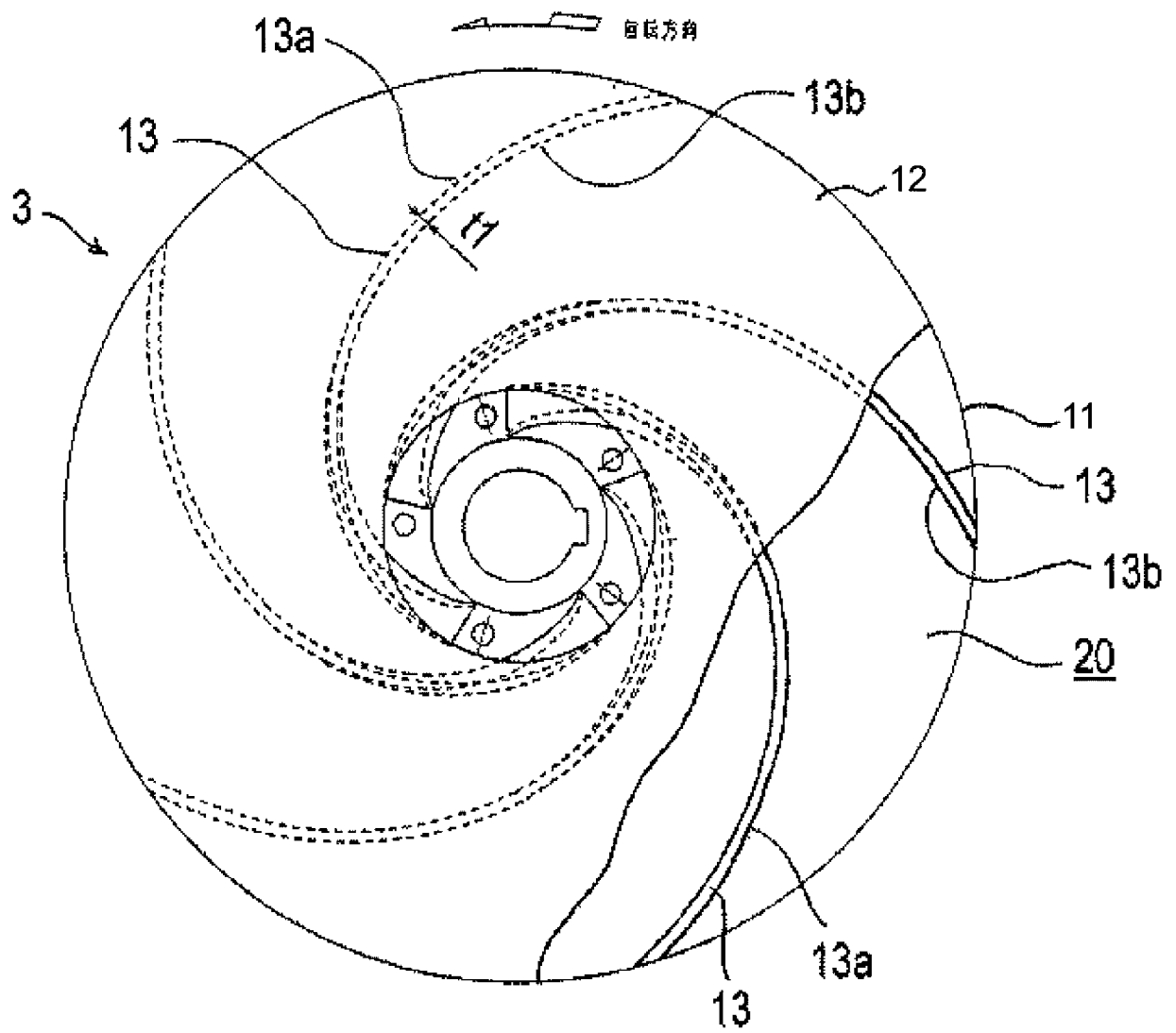
[図16]



[図17]

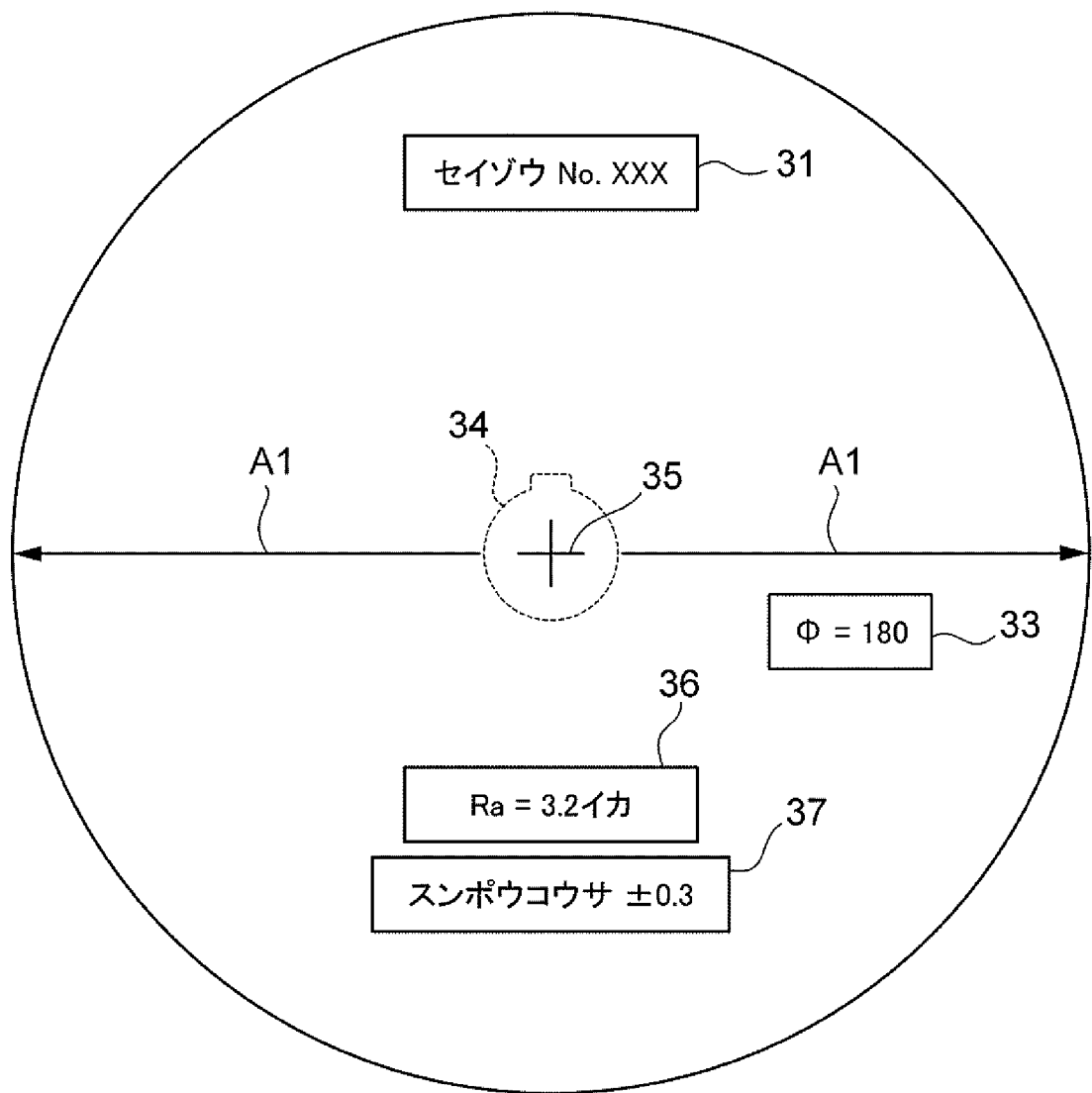


[図18]

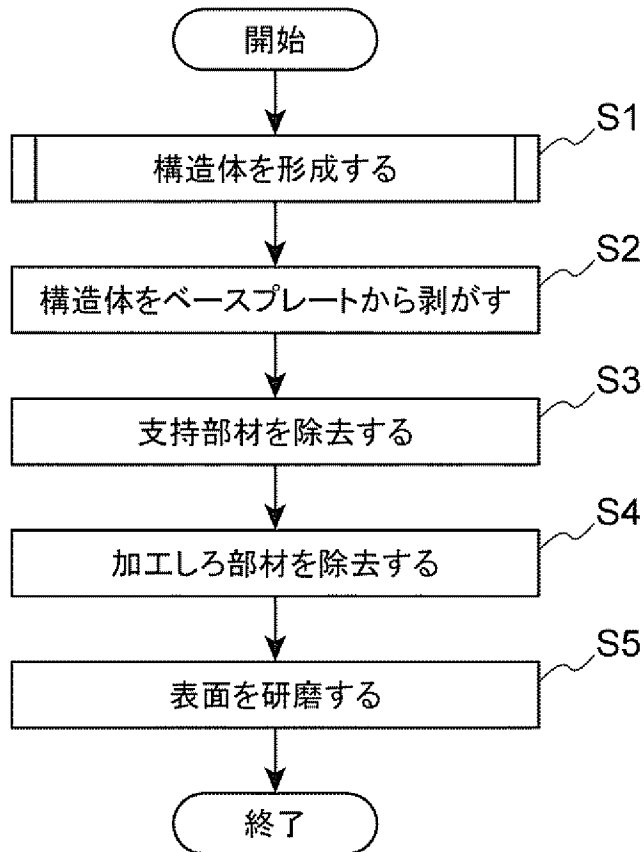


[図20]

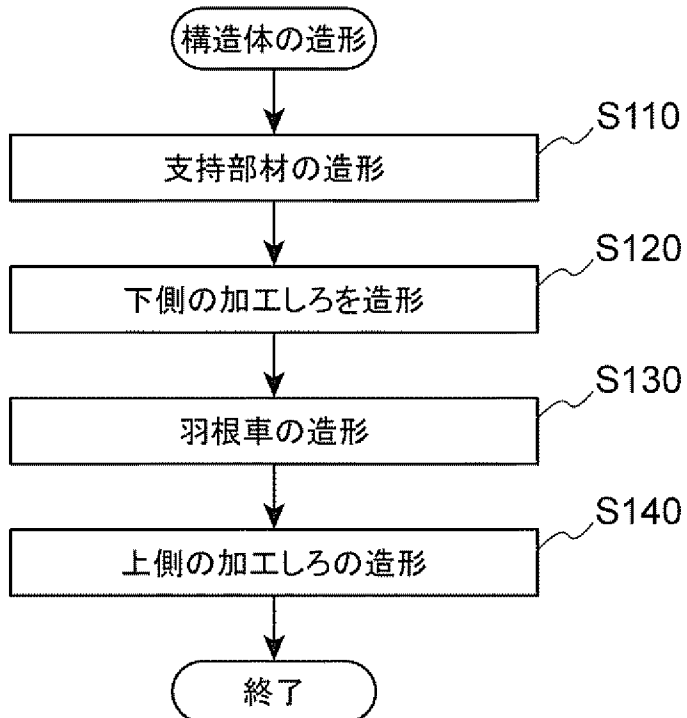
24



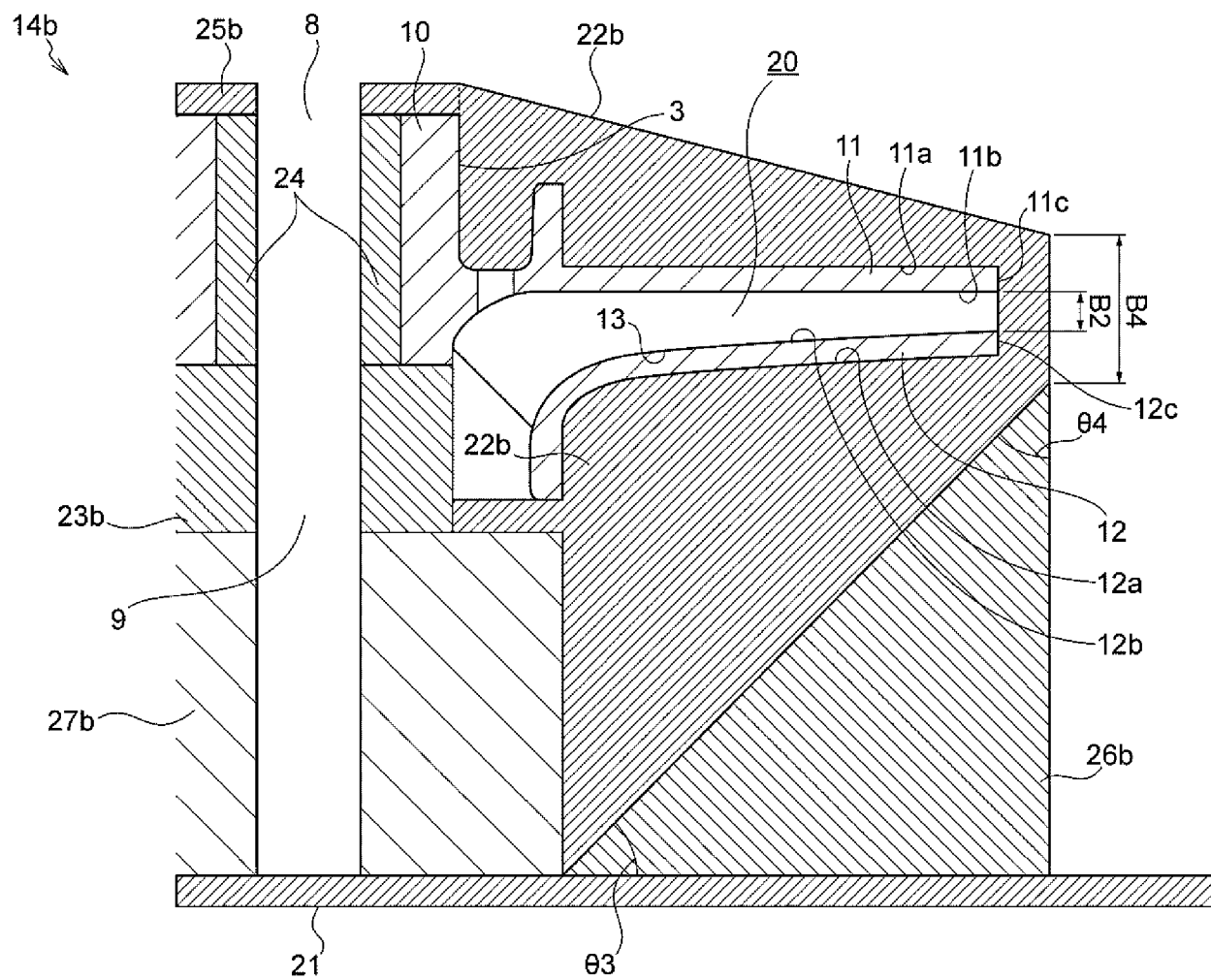
[図21A]



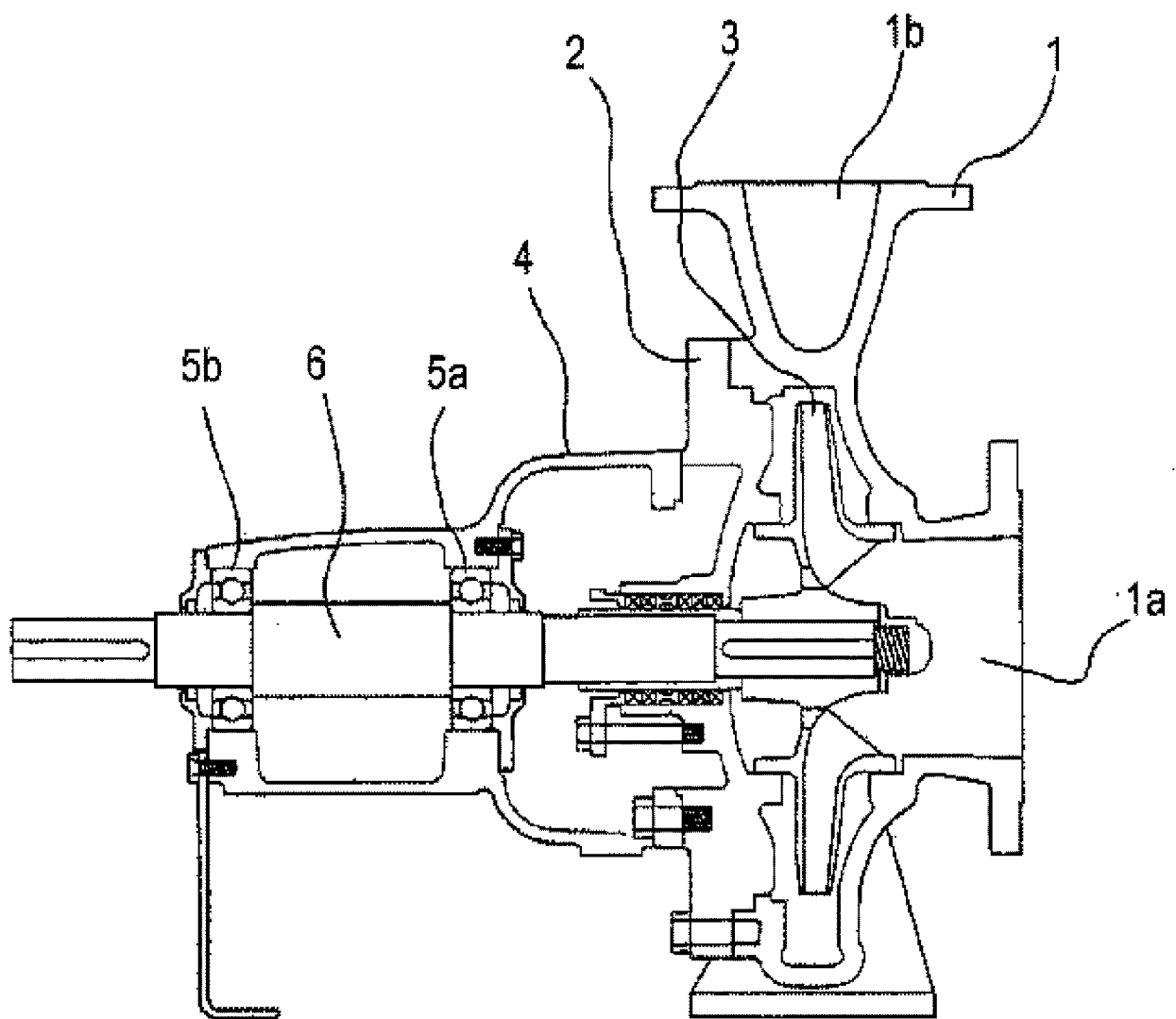
[図21B]



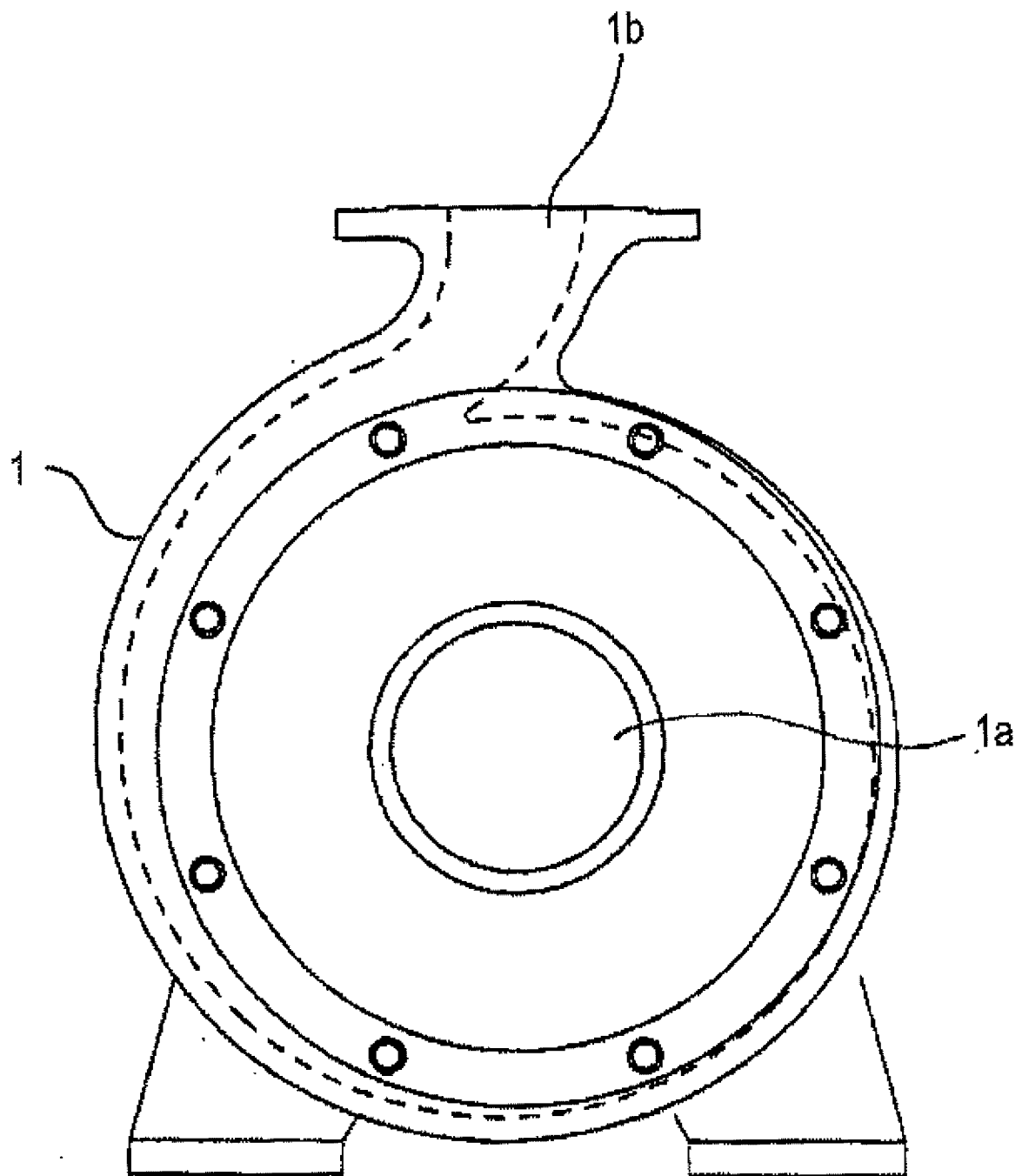
14b



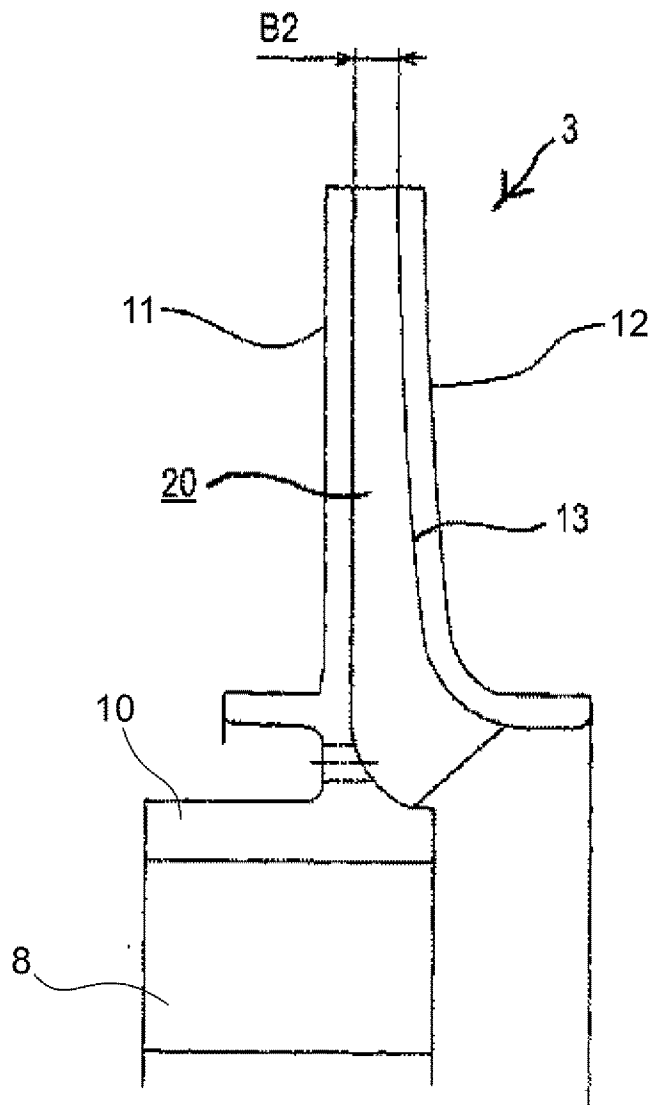
[図23]



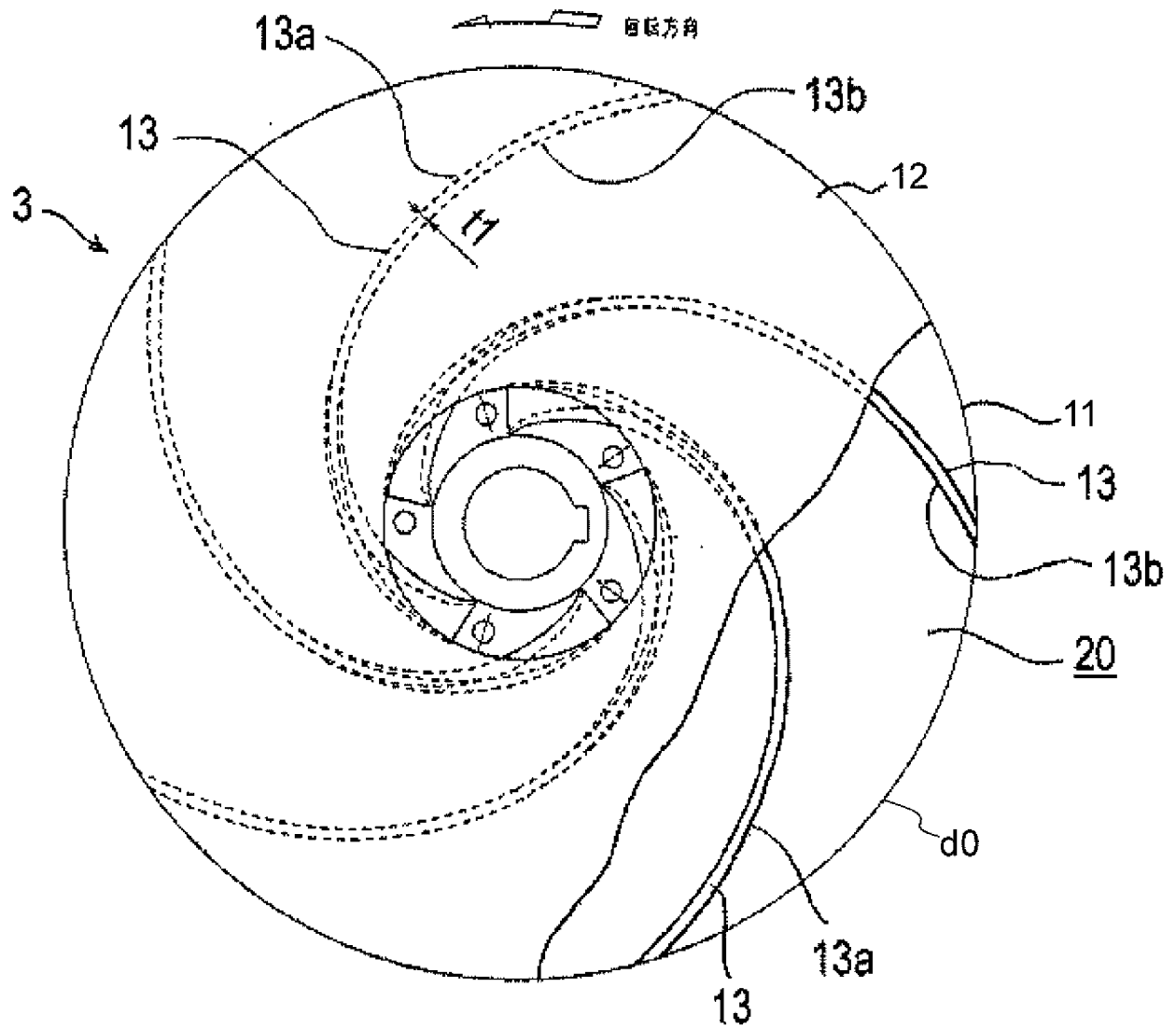
[図24]



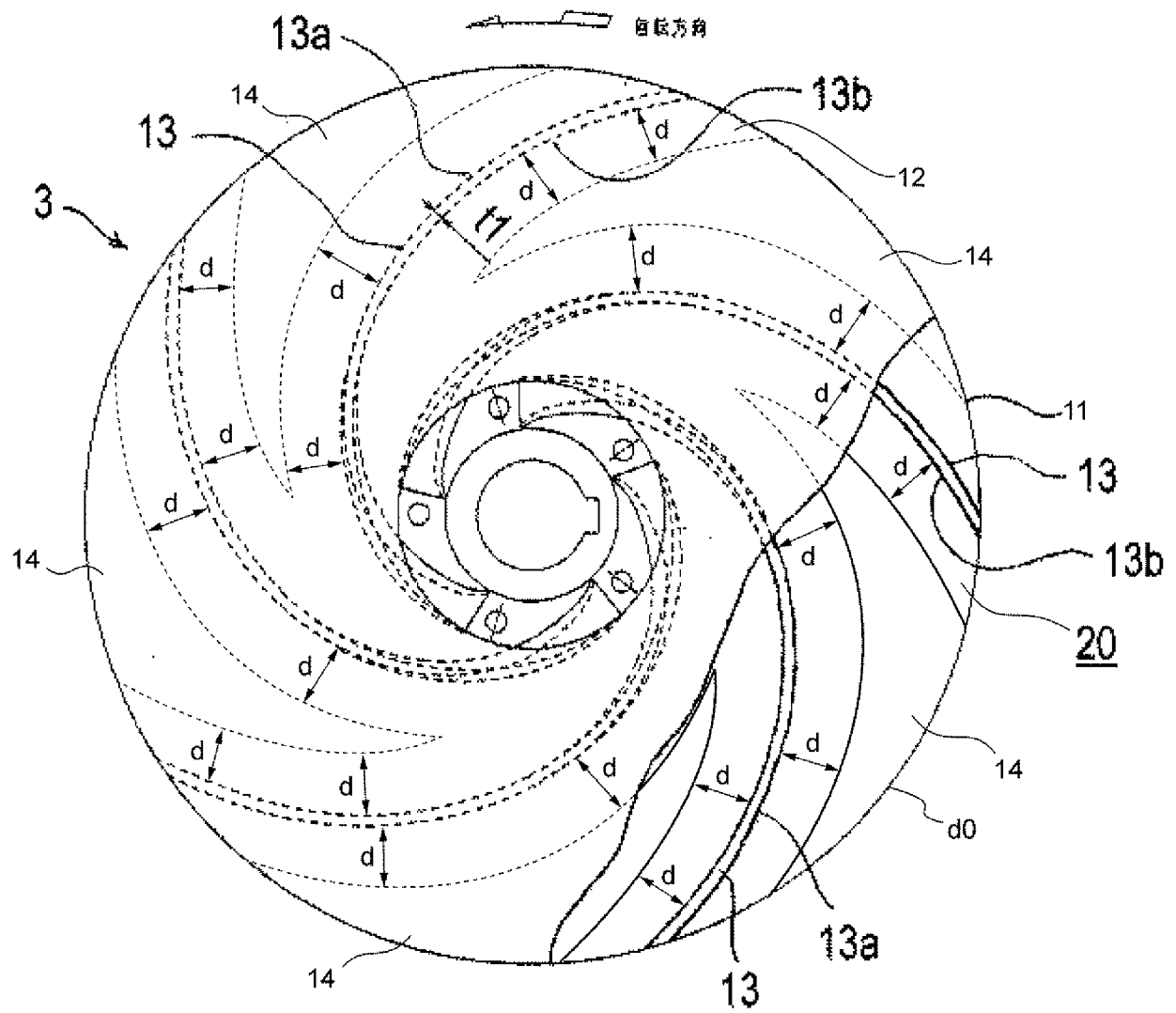
[図25]



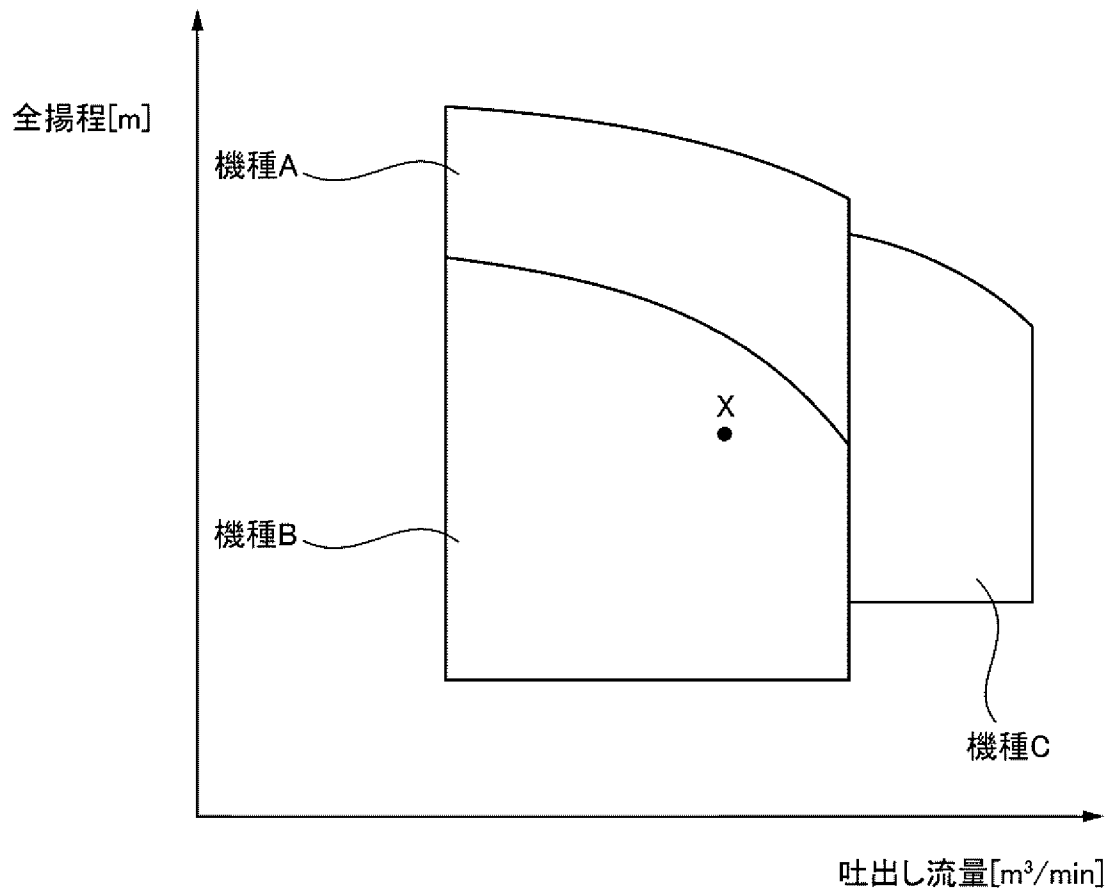
[図26]



[図27]

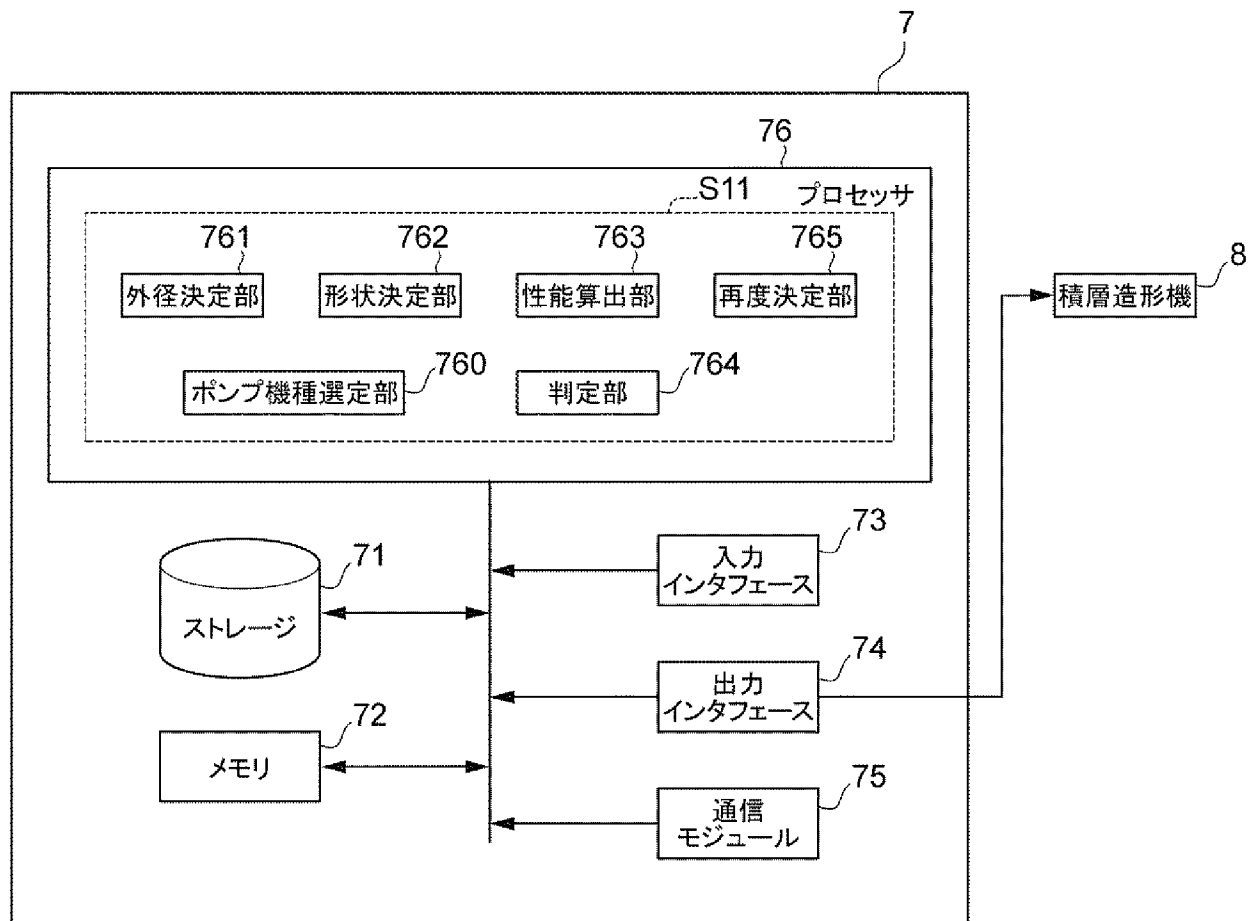


[図28]



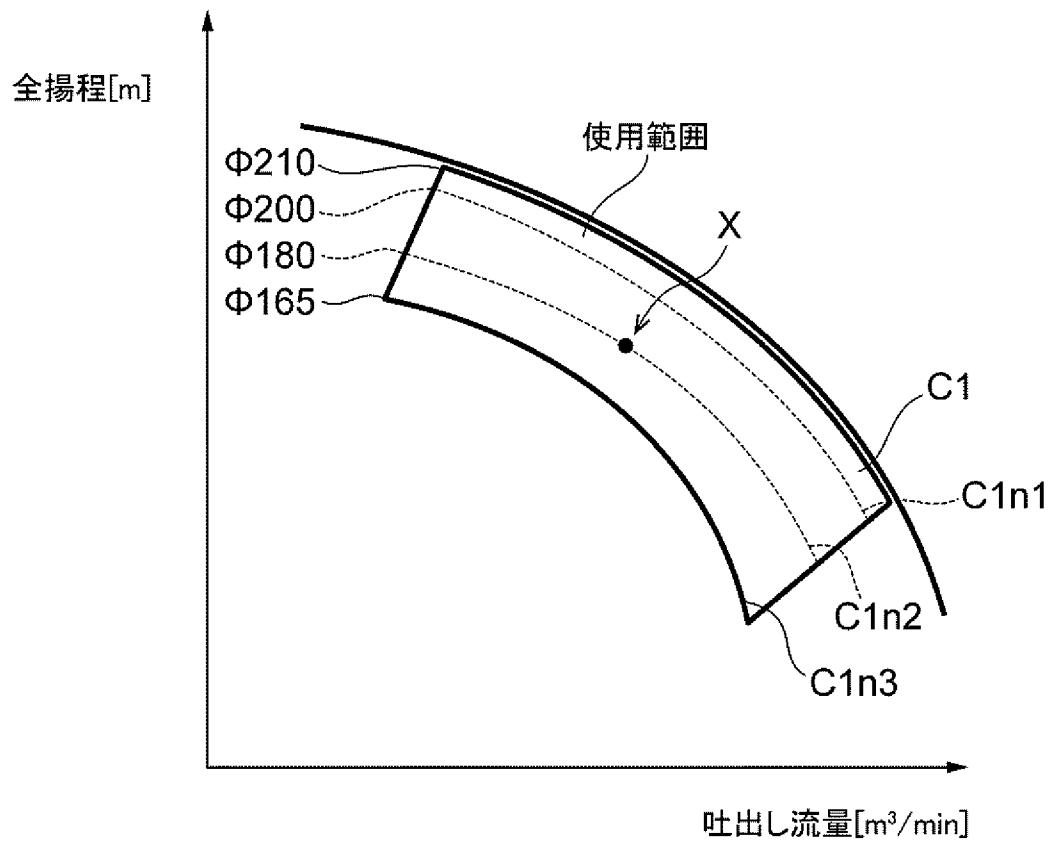
[図29]

S1

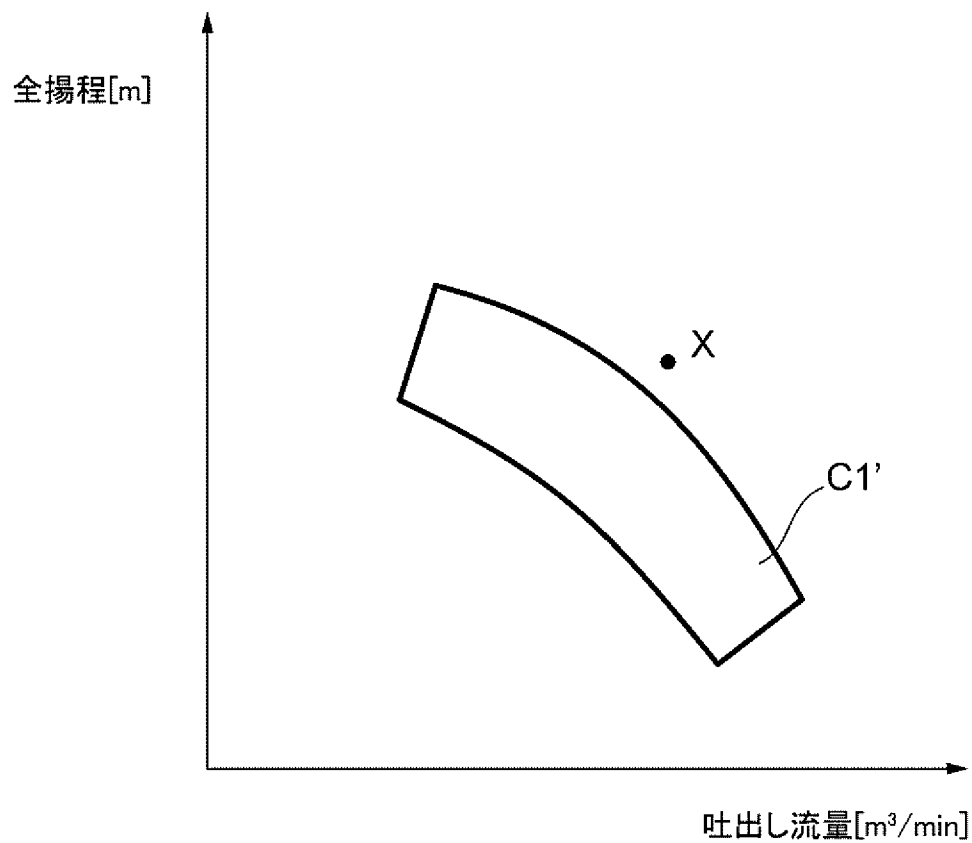


[図30]

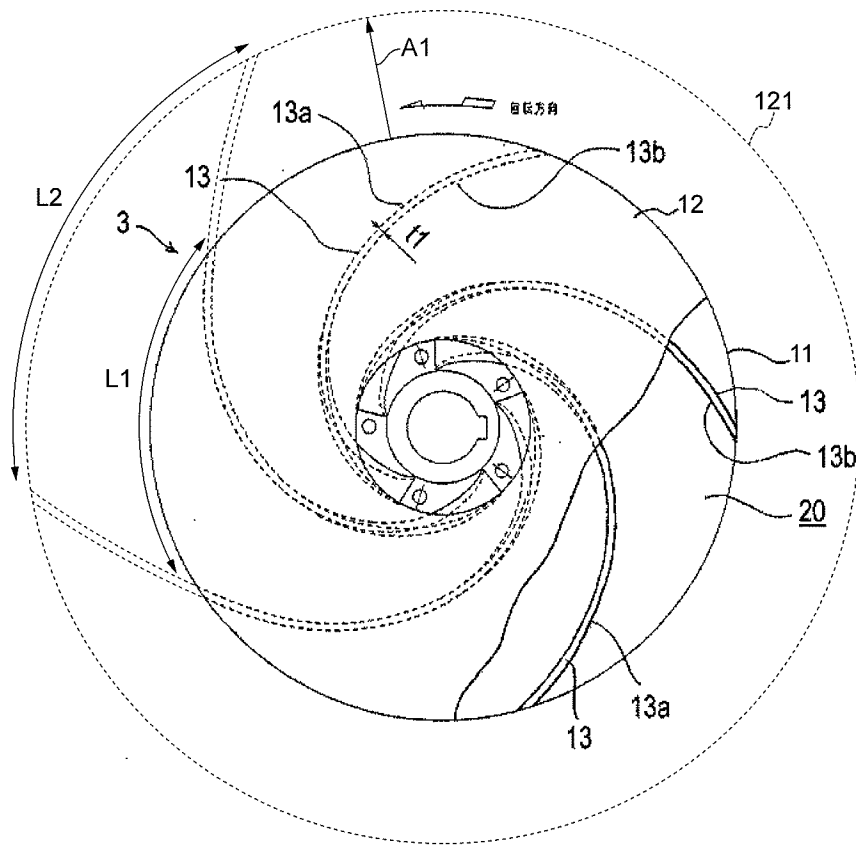
(A)



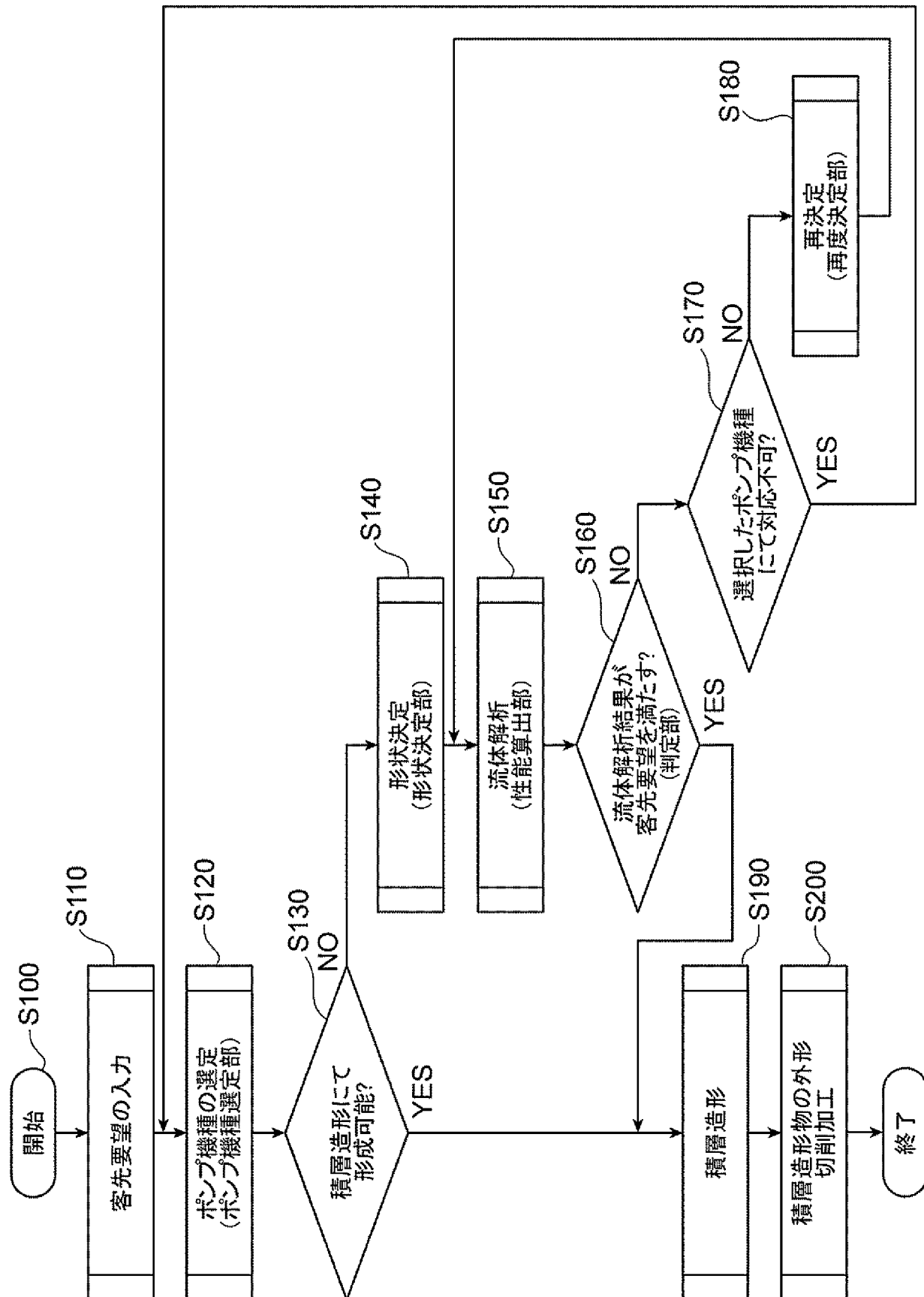
(B)



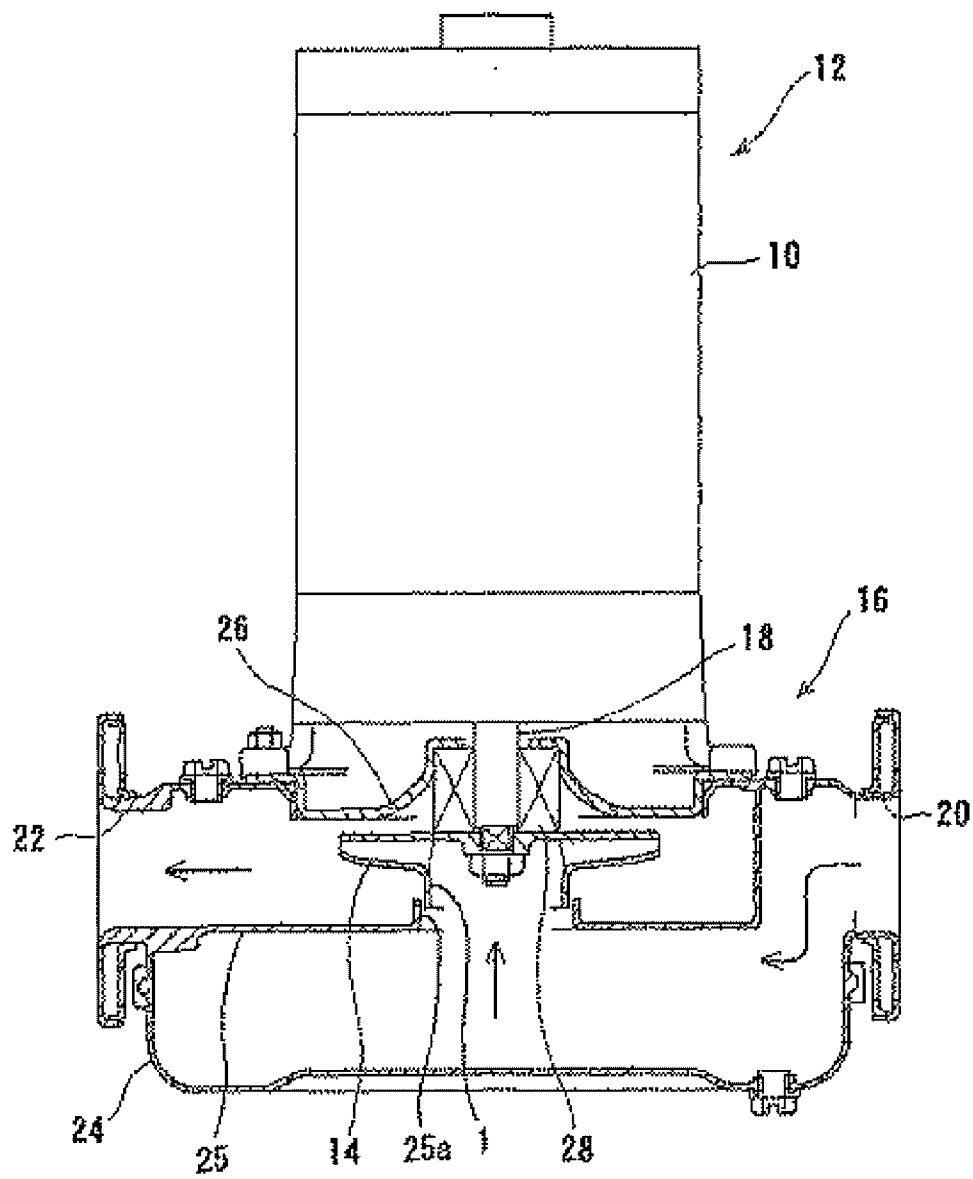
[図31]



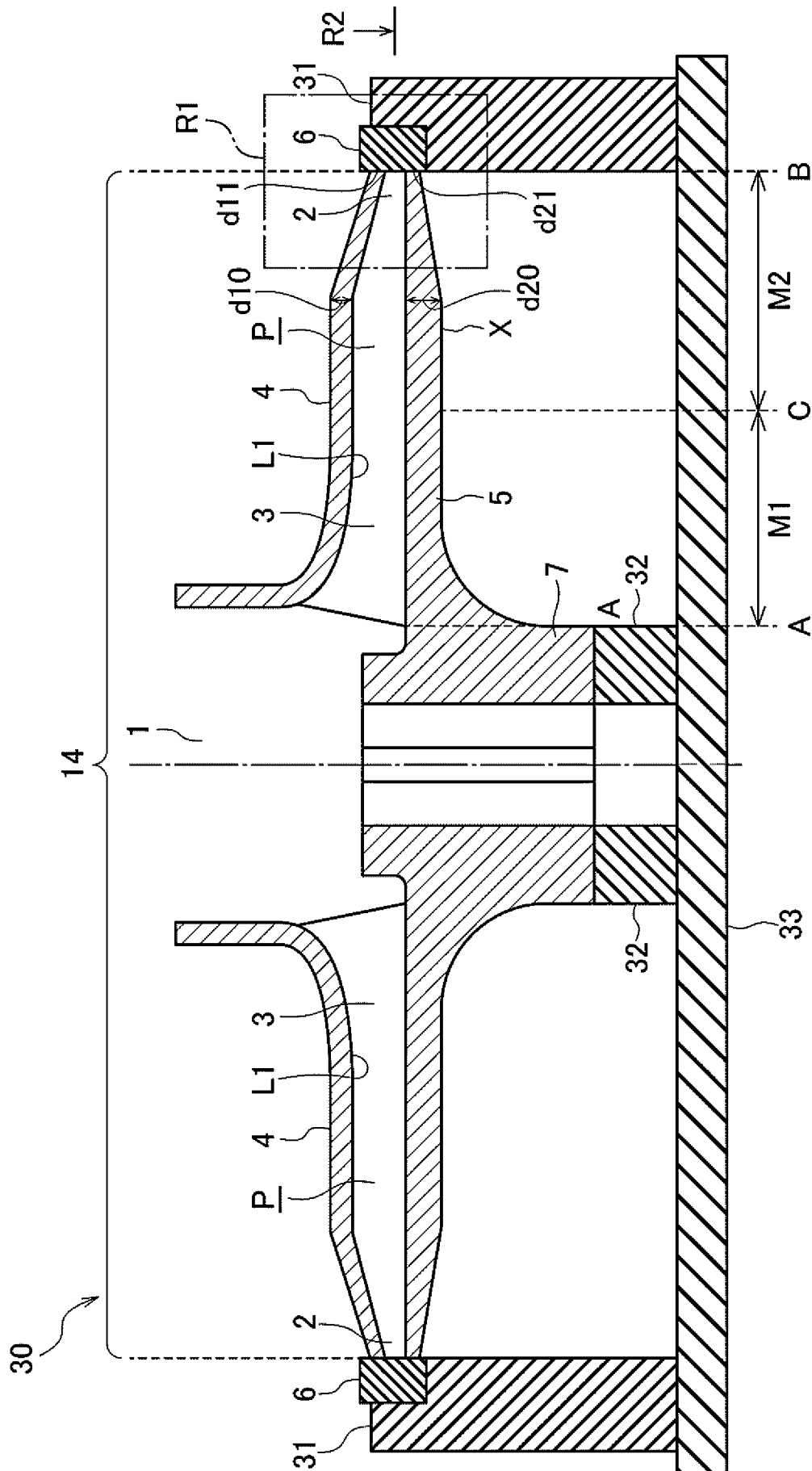
[図32]



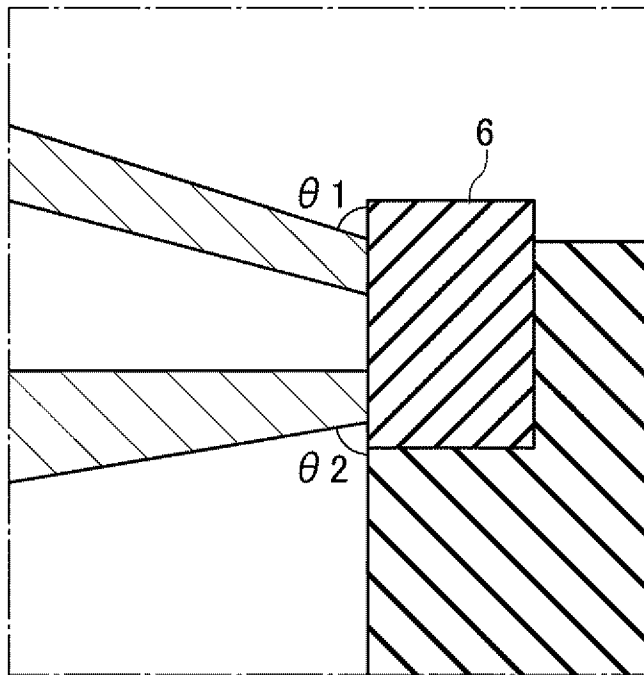
[図33]



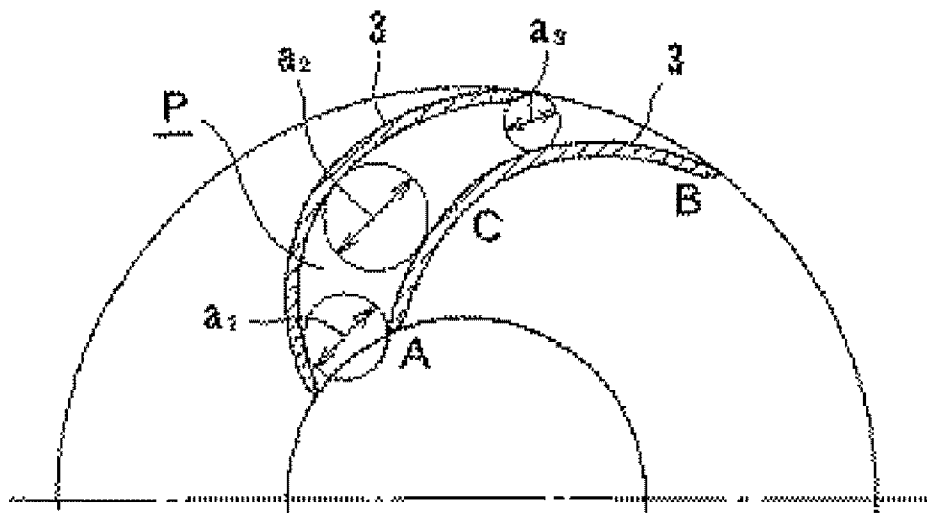
[図34A]



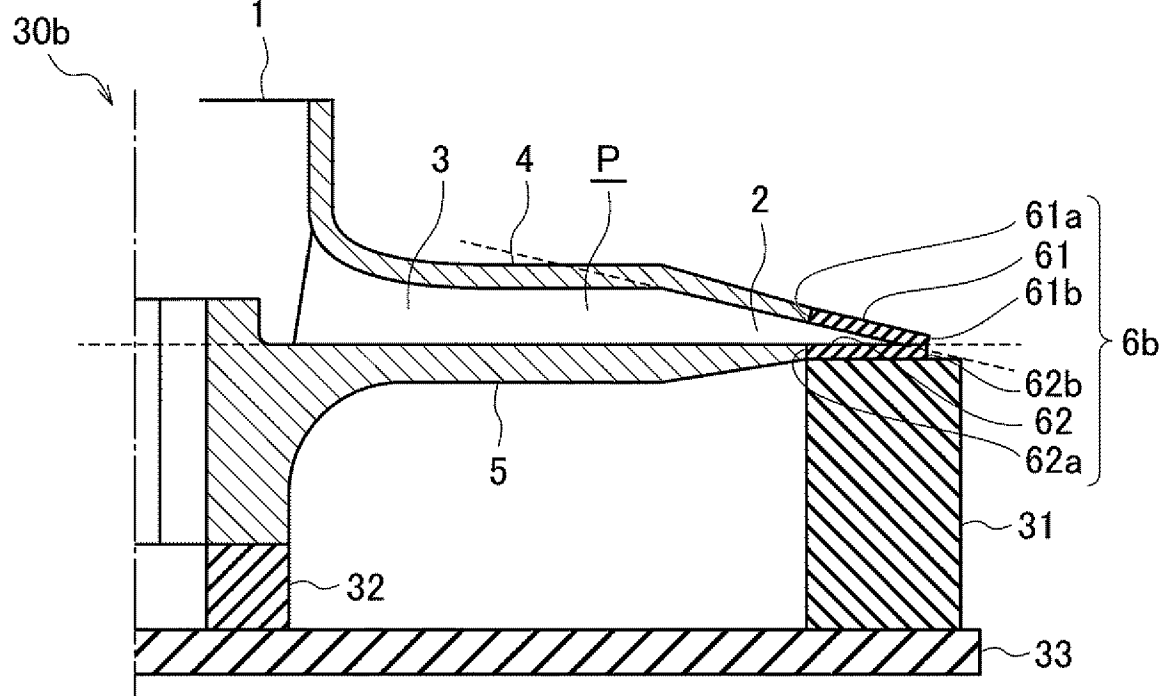
[図34B]



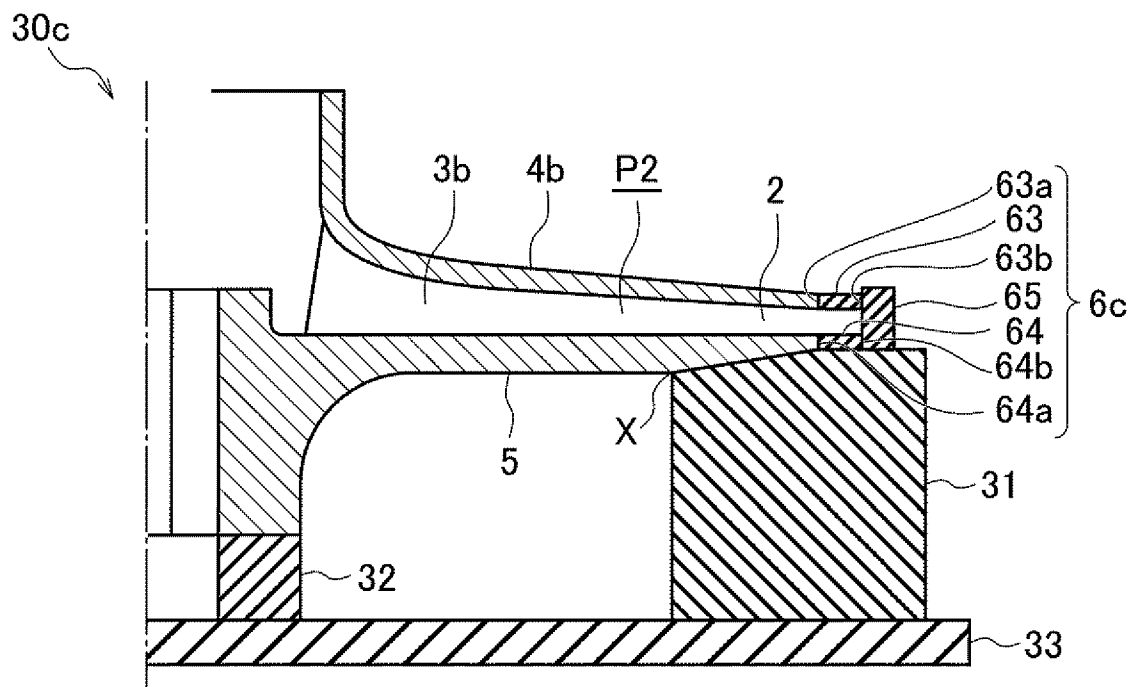
[図35]



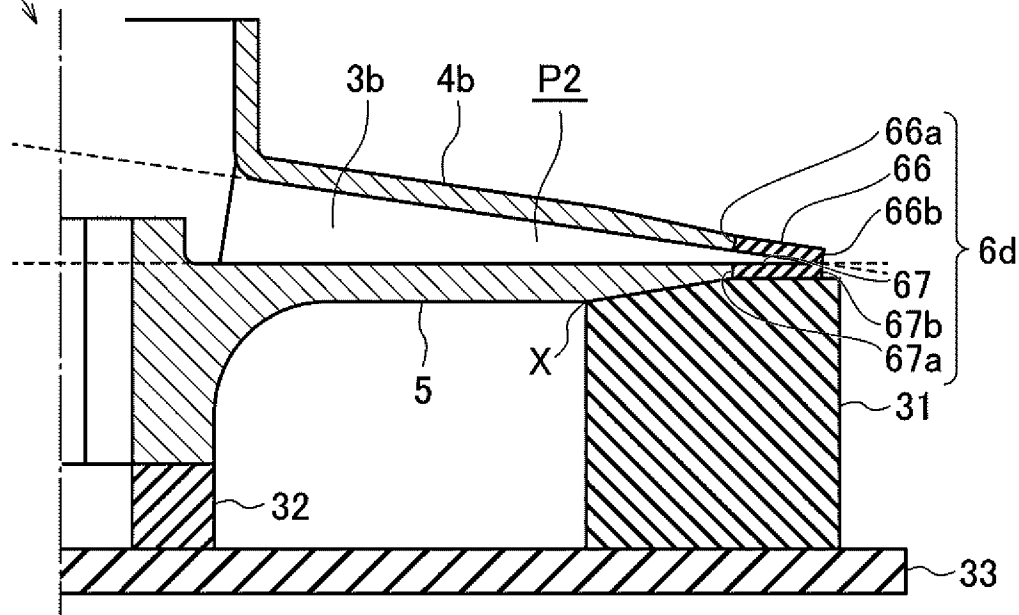
[図36]



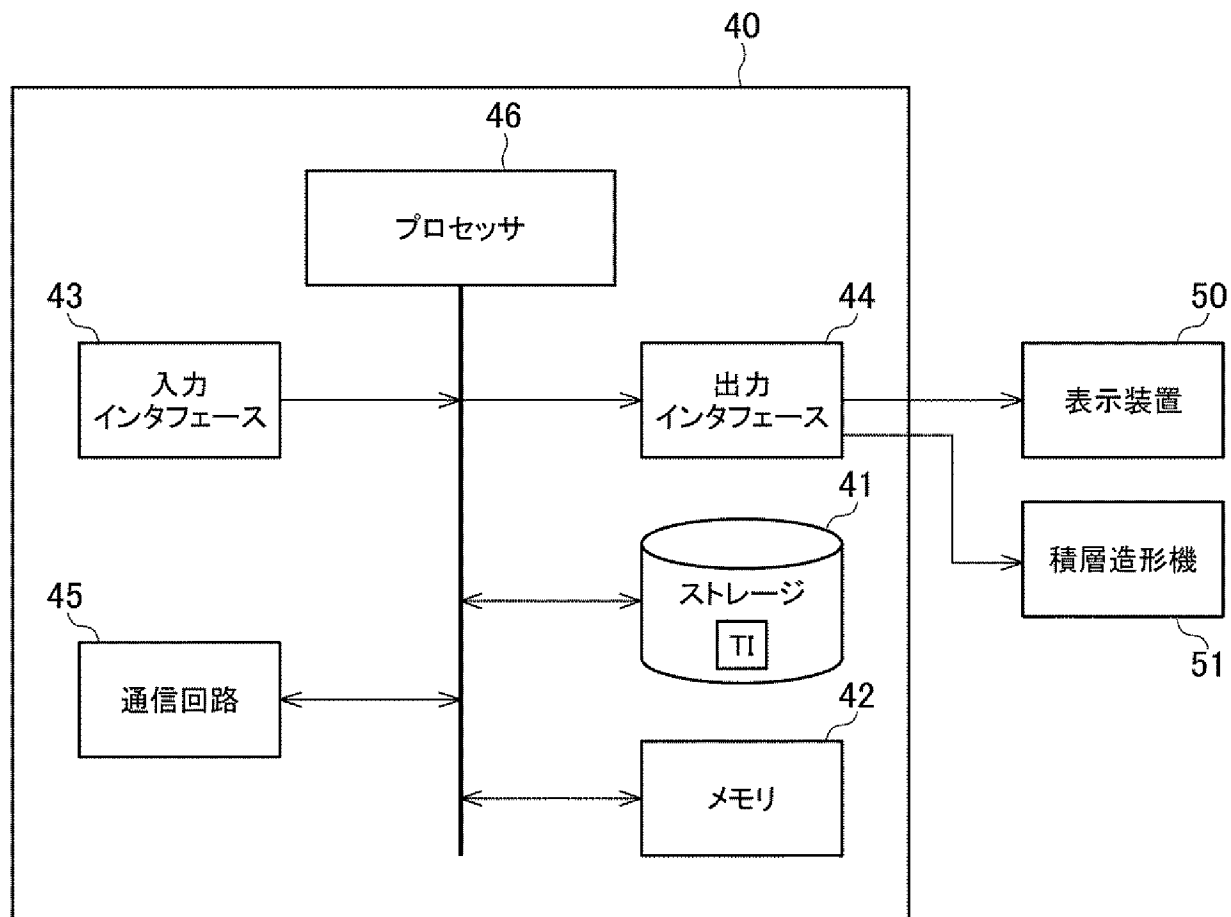
[図37]



30d



[図39]

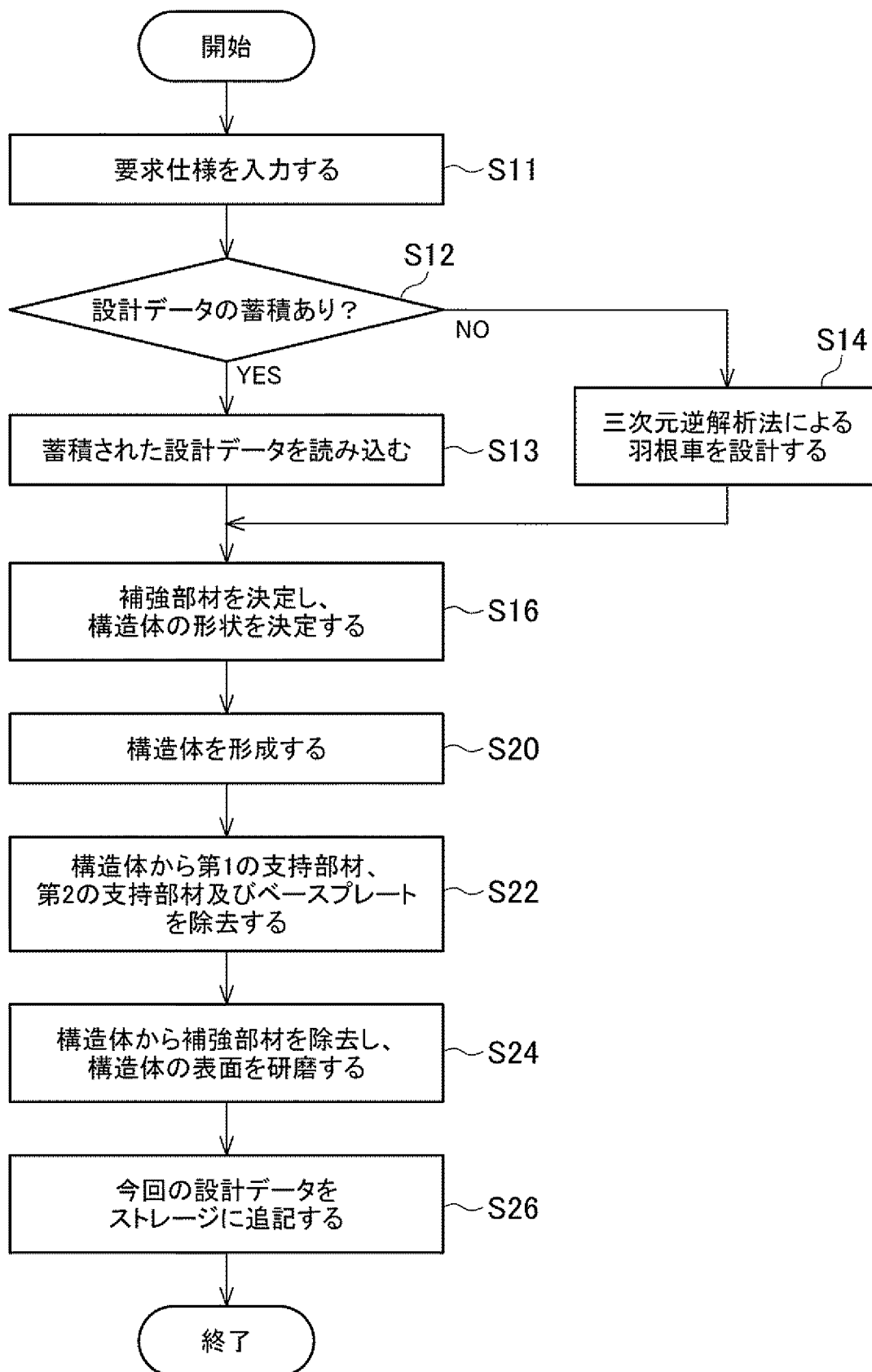


[図40]

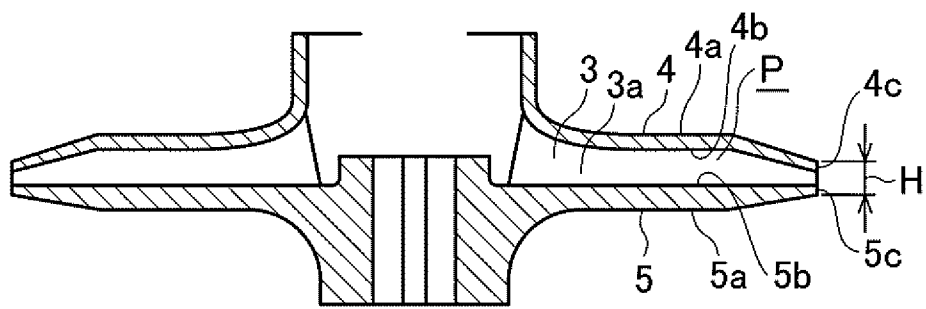
TI
}

設計データID	仕様	設計データファイル名
00001	XXX	Data00001.dat
...	...	...

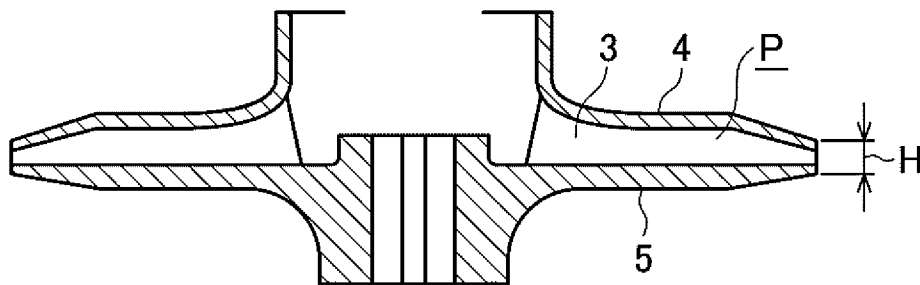
[図41]



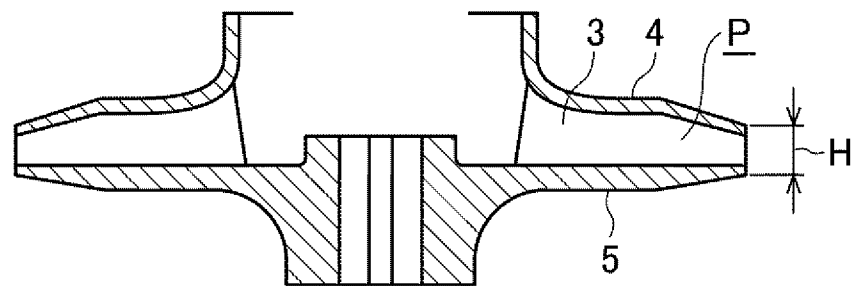
[図42A]



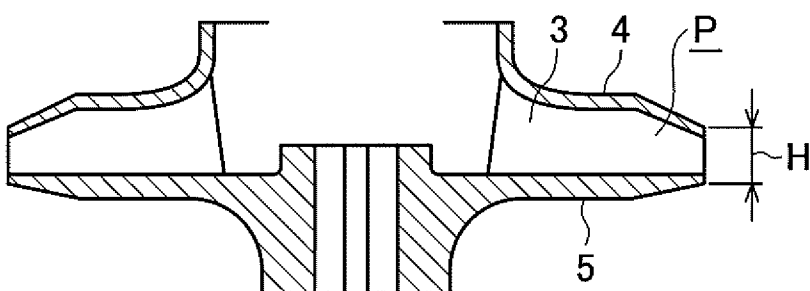
[図42B]



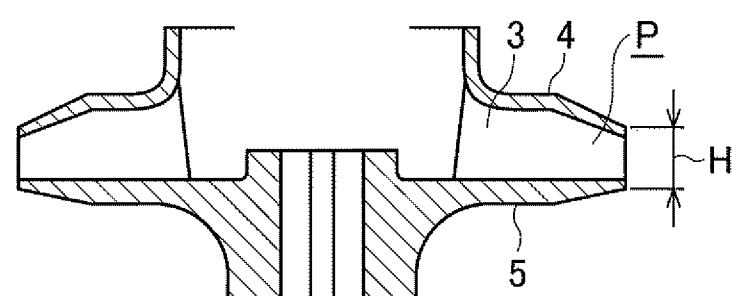
[図42C]



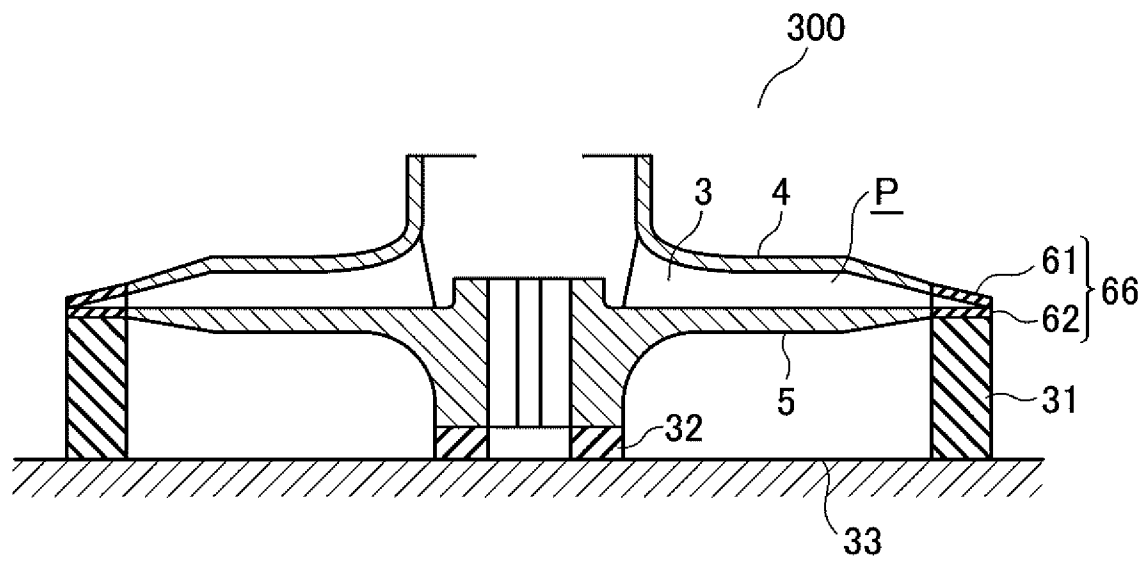
[図42D]



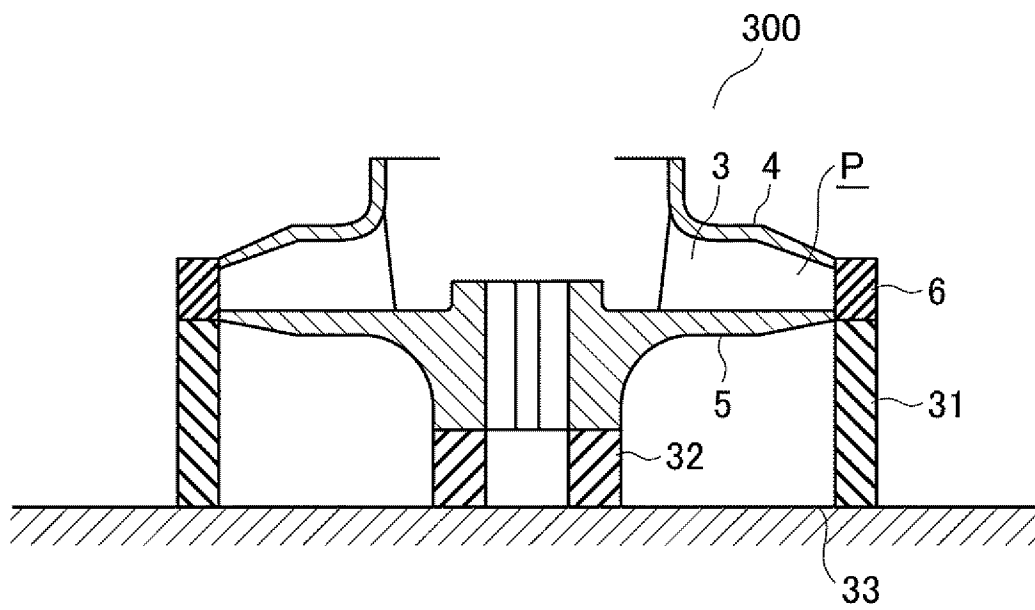
[図42E]



[図43A]

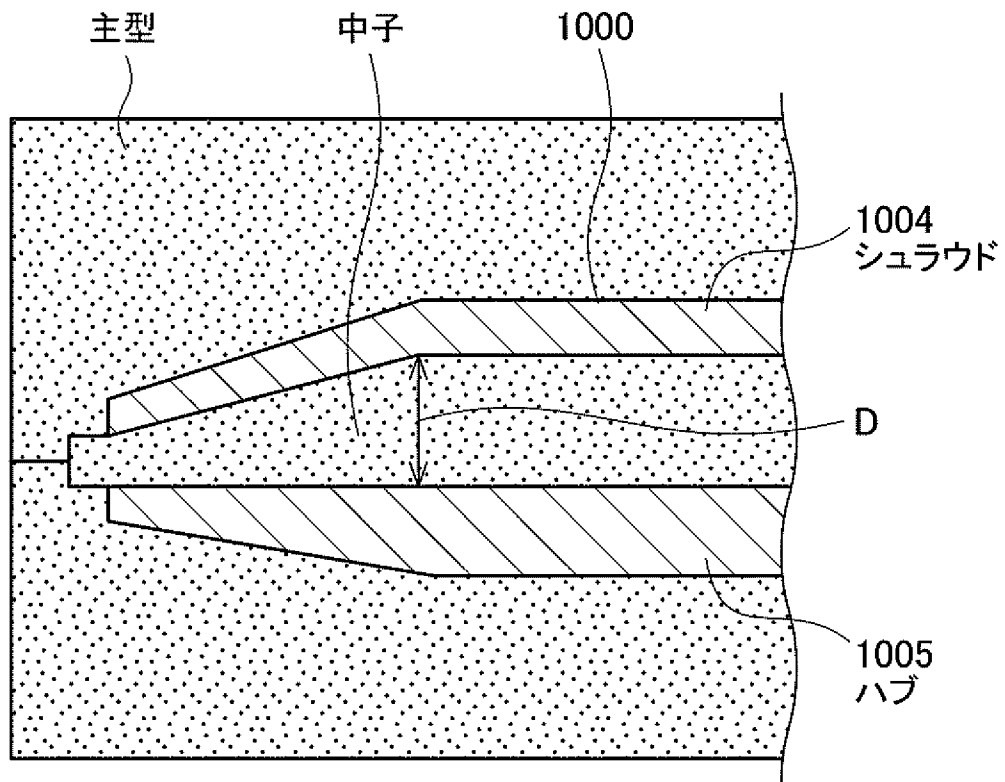


[図43B]



[図44]

従来技術



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/003852

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B22F3/105(2006.01)i, B22F3/16(2006.01)i, B22F5/00(2006.01)i, C22C1/04(2006.01)i, B33Y10/00(2015.01)i, B33Y30/00(2015.01)i, B33Y50/00(2015.01)i, B33Y80/00(2015.01)i, B29C64/153(2017.01)i, B29C64/386(2017.01)i, B29C64/40(2017.01)i, F04D29/22(2006.01)i, F04D29/24(2006.01)i
FI: F04D29/24G, B22F3/105, B22F3/16, B22F5/00Z, B29C64/153, B29C64/386, B29C64/40, B33Y10/00, B33Y30/00, B33Y50/00, B33Y80/00, C22C1/04E, F04D29/22A, F04D29/22H

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. B22F3/105, B22F3/16, B22F5/00, C22C1/04, B33Y10/00, B33Y30/00, B33Y50/00, B33Y80/00, B29C64/153, B29C64/386, B29C64/40, F04D29/22, F04D29/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020
Registered utility model specifications of Japan 1996-2020
Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
X	WO 2018/154737 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND COMPRESSOR CORP.) 30.08.2018 (2018-08-30), paragraphs [0019]-[0051], fig. 1-4	1-2, 8, 10-18, 20-21, 25-30, 41, 43-50, 54-55
Y		3-7, 9, 19, 22-24, 31-40, 42, 51-53
X	DE 102015010388 A1 (FTAS GMBH) 09.02.2017 (2017-02-09), paragraphs [0016]-[0021], fig. 1-6	1-2, 8, 10-18, 20-21, 25-30, 41, 43-50, 54-55
Y		3-7, 9, 19, 22-24, 31-40, 42, 51-53

☒ 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
06.03.2020

Date of mailing of the international search report
24.03.2020

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/JP2020/003852

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 2018-95946 A (CANON INC.) 21.06.2018 (2018-06-21), paragraphs [0055]-[0058], fig. 7(a)	3-7, 9, 19, 22-24
Y	JP 2007-51592 A (EBARA CORPORATION) 01.03.2007 (2007-03-01), paragraphs [0022]-[0029], fig. 10, 11	31-40, 42
Y	JP 2005-537420 A (EBARA CORPORATION) 08.12.2005 (2005-12-08), paragraphs [0012]-[0022], fig. 3	51-53

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/003852

WO 2018/154737 A1	30.08.2018	EP 3561308 A1 paragraphs [0019]-[0053] fig. 1-4
DE 102015010388 A1	09.02.2017	(Family: none)
JP 2018-95946 A	21.06.2018	US 2018/0169757 A1 paragraphs [0071]-[0074], fig. 7A EP 3335819 A1
JP 2007-51592 A	01.03.2007	(Family: none)
JP 2005-537420 A	08.12.2005	US 2006/0120866 A1 paragraphs [0026]-[0040], fig. 3 WO 2004/020836 A2 EP 1795759 A2 CN 101027493 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B22F 3/105(2006.01)i; B22F 3/16(2006.01)i; B22F 5/00(2006.01)i; C22C 1/04(2006.01)i; B33Y 10/00(2015.01)i; B33Y 30/00(2015.01)i; B33Y 50/00(2015.01)i; B33Y 80/00(2015.01)i; B29C 64/153(2017.01)i; B29C 64/386(2017.01)i; B29C 64/40(2017.01)i; F04D 29/22(2006.01)i; F04D 29/24(2006.01)i FI: F04D29/24 G; B22F3/105; B22F3/16; B22F5/00 Z; B29C64/153; B29C64/386; B29C64/40; B33Y10/00; B33Y30/00; B33Y50/00; B33Y80/00; C22C1/04 E; F04D29/22 A; F04D29/22 H																				
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）） B22F3/105; B22F3/16; B22F5/00; C22C1/04; B33Y10/00; B33Y30/00; B33Y50/00; B33Y80/00; B29C64/153; B29C64/386; B29C64/40; F04D29/22; F04D29/24 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年										
日本国実用新案公報	1922-1996年																			
日本国公開実用新案公報	1971-2020年																			
日本国実用新案登録公報	1996-2020年																			
日本国登録実用新案公報	1994-2020年																			
C. 関連すると認められる文献 <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>WO 2018/154737 A1（三菱重工コンプレッサ株式会社）30.08.2018（2018-08-30） 段落 [0019] - [0051]、図1-4</td> <td>1-2, 8, 10-18, 20-21, 25-30, 41, 43-50, 54-55</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>3-7, 9, 19, 22-24, 31-40, 42, 51-53</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>DE 102015010388 A1（FTAS GMBH）09.02.2017（2017-02-09） 段落 [0016] - [0021]、図1-6</td> <td>1-2, 8, 10-18, 20-21, 25-30, 41, 43-50, 54-55</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>3-7, 9, 19, 22-24, 31-40, 42, 51-53</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2018-95946 A（キヤノン株式会社）21.06.2018（2018-06-21） 段落 [0055] - [0058]、図7（a）</td> <td>3-7, 9, 19, 22-24</td> </tr> </tbody> </table>			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	X	WO 2018/154737 A1（三菱重工コンプレッサ株式会社）30.08.2018（2018-08-30） 段落 [0019] - [0051]、図1-4	1-2, 8, 10-18, 20-21, 25-30, 41, 43-50, 54-55	Y		3-7, 9, 19, 22-24, 31-40, 42, 51-53	X	DE 102015010388 A1（FTAS GMBH）09.02.2017（2017-02-09） 段落 [0016] - [0021]、図1-6	1-2, 8, 10-18, 20-21, 25-30, 41, 43-50, 54-55	Y		3-7, 9, 19, 22-24, 31-40, 42, 51-53	Y	JP 2018-95946 A（キヤノン株式会社）21.06.2018（2018-06-21） 段落 [0055] - [0058]、図7（a）	3-7, 9, 19, 22-24
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																		
X	WO 2018/154737 A1（三菱重工コンプレッサ株式会社）30.08.2018（2018-08-30） 段落 [0019] - [0051]、図1-4	1-2, 8, 10-18, 20-21, 25-30, 41, 43-50, 54-55																		
Y		3-7, 9, 19, 22-24, 31-40, 42, 51-53																		
X	DE 102015010388 A1（FTAS GMBH）09.02.2017（2017-02-09） 段落 [0016] - [0021]、図1-6	1-2, 8, 10-18, 20-21, 25-30, 41, 43-50, 54-55																		
Y		3-7, 9, 19, 22-24, 31-40, 42, 51-53																		
Y	JP 2018-95946 A（キヤノン株式会社）21.06.2018（2018-06-21） 段落 [0055] - [0058]、図7（a）	3-7, 9, 19, 22-24																		
☒ 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抵触するものではなく、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 06.03.2020		国際調査報告の発送日 24.03.2020																		
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 岩田 健一 30 3415 電話番号 03-3581-1101 内線 3358																		

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
Y	JP 2007-51592 A (株式会社荏原製作所) 01.03.2007 (2007 - 03 - 01) 段落 [0022] - [0029]、図10-11	31-40, 42
Y	JP 2005-537420 A (株式会社荏原製作所) 08.12.2005 (2005 - 12 - 08) 段落 [0012] - [0022]、図3	51-53

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/003852

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2018/154737	A1	30.08.2018	EP 3561308 A1 段落 [0 0 1 9] - [0 0 5 3]、図 1 - 4	
DE	102015010388	A1	09.02.2017	(ファミリーなし)	
JP	2018-95946	A	21.06.2018	US 2018/0169757 A1 段落 [0 0 7 1] - [0 0 7 4]、図 7 A	
				EP 3335819 A1	
JP	2007-51592	A	01.03.2007	(ファミリーなし)	
JP	2005-537420	A	08.12.2005	US 2006/0120866 A1 段落 [0 0 2 6] - [0 0 4 0]、図 3	
				WO 2004/020836 A2	
				EP 1795759 A2	
				CN 101027493 A	