

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6672466号
(P6672466)

(45) 発行日 令和2年3月25日 (2020.3.25)

(24) 登録日 令和2年3月6日 (2020.3.6)

(51) Int.Cl.

F O 4 D 29/28 (2006.01)

F I

F O 4 D 29/28

R

請求項の数 11 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2018-536661 (P2018-536661)	(73) 特許権者	310010564
(86) (22) 出願日	平成28年9月5日 (2016.9.5)		三菱重工コンプレッサ株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/075979		東京都港区芝五丁目34番6号
(87) 国際公開番号	W02018/042653	(74) 代理人	100149548
(87) 国際公開日	平成30年3月8日 (2018.3.8)		弁理士 松沼 泰史
審査請求日	平成30年9月25日 (2018.9.25)	(74) 代理人	100162868
			弁理士 伊藤 英輔
		(74) 代理人	100161702
			弁理士 橋本 宏之
		(74) 代理人	100189348
			弁理士 古部 智
		(74) 代理人	100196689
			弁理士 鎌田 康一郎
		(74) 代理人	100210572
			弁理士 長谷川 太一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 遠心式回転機械の製造方法、及びそのインペラの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸線を中心として円板状のディスクと、前記ディスクの外周面上に、前記軸線に対する周方向に互いに離間して設けられている複数のブレードと、前記ディスクとの間で複数の前記ブレードを挟み込むカバーと、を有し、前記ディスクと前記カバーとの相互間であって複数の前記ブレードの相互間に、前記軸線が延びる軸方向の一方側である軸方向前側から流入した流体を前記軸線に対する径方向外側に流出させる流路が形成されている、遠心式回転機械のインペラを一つのブロックから形成するインペラの製造方法において、

互いに種類の異なる複数の工具を用いて、前記ブロック中で前記流路になる流路領域を切削する流路切削工程を実行し、

前記流路切削工程は、複数の前記工具のうちの一工具である粗切削工具を用いて切削する粗切削工程と、前記粗切削工程後に、複数の前記工具のうちの一工具である中／仕上切削工具を用いて前記粗切削工程での切削残りを切削する中／仕上切削工程と、複数の前記工具のうちの一工具である残り切削工具を用いて前記中／仕上切削工程での切削残りを切削する残り切削工程と、を含み、

前記流路切削工程で用いる複数の前記工具は、いずれも、工具軸線を中心とし、少なくとも外周に刃が形成されている工具本体と、前記工具本体が固定されて、前記工具軸線を中心して前記工具軸線が延びる工具軸方向に長い柄と、を有し、

前記残り切削工具における前記工具本体の最大外径は、前記残り切削工具における前記柄の最小外径よりも大きく、前記残り切削工具における前記工具本体は、前記残り切削工

具における前記工具本体に対する前記柄の側である工具後側成分を含む方向に向いている後刃を有し、

前記粗切削工程は、

前記インペラで前記流体が流入する入口になる前記ブロック中の入口領域と前記インペラで前記流体が流出する出口になる前記ブロック中の出口領域とのうち、一方の領域から前記ブロック内に前記粗切削工具を入れて前記流路領域を切削する第一粗切削工程と、

前記第一粗切削工程後に、前記出口領域と前記入口領域とのうち、他方の領域から前記ブロック内に前記粗切削工具を入れて前記流路領域を切削する第二粗切削工程と、を含み、

前記中／仕上切削工程は、

前記第二粗切削工程後に、前記ブロック中の前記他方の領域から前記ブロック内に前記中／仕上切削工具を入れて、前記流路領域を切削する第一中／仕上切削工程と、

前記第一中／仕上切削工程後に、前記ブロック中の前記一方の領域から前記ブロック内に前記中／仕上切削工具を入れて、前記流路領域を切削する第二中／仕上切削工程と、を含み、

前記残り切削工程は、

前記第二中／仕上切削工程後に、前記ブロック中の前記一方の領域から前記ブロック内に前記残り切削工具を入れて、前記流路領域を切削する第一残り切削工程を含む、

インペラの製造方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のインペラの製造方法において、

前記残り切削工程では、前記残り切削工具を回転させつつ、前記工具後側成分を含む方向に前記残り切削工具を移動させて、前記残り切削工具の前記後刃で、前記粗切削工程での切削残りを切削する工程を含む、

インペラの製造方法。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のインペラの製造方法において、

前記工具軸線に対して垂直な方向で、前記柄の最小外径になる位置での外周面から前記工具本体の外周のうちで最大外径になる位置までの距離である張出量は、複数の前記工具のうちで、前記残り切削工具が最大である、

インペラの製造方法。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のインペラの製造方法において、

前記柄の最小外径は、複数の前記工具のうちで、前記残り切削工具が最少である、

インペラの製造方法。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のインペラの製造方法において、

前記工具本体の最大外径は、複数の前記工具のうちで、前記残り切削工具が最少である、

インペラの製造方法。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のインペラの製造方法において、

前記残り切削工具の前記工具本体は、前記工具軸線を含む仮想平面内で、 200° 以上の範囲で前記刃が形成されている、

インペラの製造方法。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のインペラの製造方法において、

前記残り切削工具の前記工具本体は、前記工具軸線を含む仮想平面内で、 240° 以上の範囲で前記刃が形成されている、

インペラの製造方法。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載のインペラの製造方法において、
前記中／仕上切削工具における前記柄の最小外径は、前記粗切削工具における前記柄の
最小外径以下である、
インペラの製造方法。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のインペラの製造方法において、
前記中／仕上切削工具における前記工具本体の最大外径は、前記粗切削工具における前
記工具本体の最大外径以下である、
インペラの製造方法。

10

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載のインペラの製造方法において、
前記中／仕上切削工具は、ボールエンドミルである、
インペラの製造方法。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の前記インペラの製造方法を実行すると共に、
前記インペラが装着され、前記軸線を中心とする回転軸と、前記インペラを覆うケーシ
ングとを含む部品を準備する準備工程と、
前記インペラと、前記回転軸及び前記ケーシングを含む前記部品とを組み合わせる組立
工程と、
を実行する遠心式回転機械の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、遠心式回転機械の製造方法、及びそのインペラの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

遠心回転機械のインペラとして、クローズド型インペラがある。このクローズド型イン
ペラは、軸線を中心として円板状のディスクと、ディスクの外周面上に、軸線に対する周
方向に互いに離間して設けられている複数のブレードと、ディスクとの間で複数のブレード
を挟み込むカバーと、を有している。このインペラで、ディスクとカバーとの相互間で
あって複数のブレードの相互間が流路になる。この流路は、この流路の入口から軸方向後
側に向いつつ、軸線に対する径方向外側に向かって次第に曲がっている。さらに、この流
路は、軸方向から見た場合、この流路の入口から径方向外側に向かいつつ、インペラの回
転方向に対して反対側に向って曲がっている。

30

【0003】

以下の特許文献 1 には、一のブロックから以上で説明したクローズド型インペラの製造
方法が記載されている。この製造方法では、インペラの入口になるブロック中の入口領域
からブロック内に切削工具を入れてブロックを切削すると共に、インペラの出口になるブ
ロック中の出口領域からブロック内に切削工具を入れてブロックを切削して、ブロック内
に曲がった流路を形成する。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2014-040838 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

遠心式回転機械の流路の曲りの曲率半径が、種類によっては入口や出口の開口面積に対
して相対的に小さい場合がある。この場合、上記特許文献 1 に記載の方法によりブロック

50

を切削しても、ブロック内に所望の流路を形成することが困難なことがある。

【0006】

そこで、本発明は、クローズド型インペラにおける流路の曲りの曲率半径が入口や出口の開口面積に対して相対的に小さい場合であっても、このインペラの製造するためのブロック中に流路を形成することができる、遠心式回転機械の製造方法、及びそのインペラの製造方法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】

【0007】

上記目的を達成するための発明に係る第一態様としてのインペラの製造方法は、

軸線を中心として円板状のディスクと、前記ディスクの外周面上に、前記軸線に対する周方向に互いに離間して設けられている複数のブレードと、前記ディスクとの間で複数の前記ブレードを挟み込むカバーと、を有し、前記ディスクと前記カバーとの相互間であって複数の前記ブレードの相互間に、前記軸線が延びる軸方向の一方側である軸方向前側から流入した流体を前記軸線に対する径方向外側に流出させる流路が形成されている、遠心式回転機械のインペラを一のブロックから形成するインペラの製造方法である。このインペラの製造方法は、互いに種類の異なる複数の工具を用いて、前記ブロック中で前記流路になる流路領域を切削する流路切削工程を実行する。前記流路切削工程は、複数の前記工具のうちの工具である粗切削工具を用いて切削する粗切削工程と、前記粗切削工程後に、複数の前記工具のうちの工具である中／仕上切削工具を用いて前記粗切削工程での切削残りを切削する中／仕上切削工程と、複数の前記工具のうちの工具である残り切削工具を用いて前記中／仕上切削工程での切削残りを切削する残り切削工程と、を含む。前記流路切削工程で用いる複数の前記工具は、いずれも、工具軸線を中心とし、少なくとも外周に刃が形成されている工具本体と、前記工具本体が固定されて、前記工具軸線を中心して前記工具軸線が延びる工具軸方向に長い柄と、を有する。前記残り切削工具における前記工具本体の最大外径は、前記残り切削工具における前記柄の最小外径よりも大きく、前記残り切削工具における前記工具本体は、前記残り切削工具における前記工具本体に対する前記柄の側である工具後側成分を含む方向に向いている後刃を有する。前記粗切削工程は、前記インペラで前記流体が流入する入口になる前記ブロック中の入口領域と前記インペラで前記流体が流出する出口になる前記ブロック中の出口領域とのうち、一方の領域から前記ブロック内に前記粗切削工具を入れて前記流路領域を切削する第一粗切削工程と、前記第一粗切削工程後に、前記出口領域と前記入口領域とのうち、他方の領域から前記ブロック内に前記粗切削工具を入れて前記流路領域を切削する第二粗切削工程と、を含む。前記中／仕上切削工程は、前記第二粗切削工程後に、前記ブロック中の前記他方の領域から前記ブロック内に前記中／仕上切削工具を入れて、前記流路領域を切削する第一中／仕上切削工程と、前記第一中／仕上切削工程後に、前記ブロック中の前記一方の領域から前記ブロック内に前記中／仕上切削工具を入れて、前記流路領域を切削する第二中／仕上切削工程と、を含む。前記残り切削工程は、前記第二中／仕上切削工程後に、前記ブロック中の前記一方の領域から前記ブロック内に前記残り切削工具を入れて、前記流路領域を切削する第一残り切削工程を含む。

【0008】

当該製造方法では、インペラにおける流路の曲りの曲率半径が入口や出口の開口面積に対して相対的に小さくても、粗切削工程の実行で残った部分を残り切削工具で切削することができる。よって、当該製造方法では、インペラにおける流路の曲りの曲率半径が入口や出口の開口面積に対して相対的に小さい場合でも、ブロック中に流路を形成することができる。

さらに、当該製造方法では、第二粗切削工程と第一中／仕上切削工程とは、共に、出口領域と入口領域とのうちの他方の領域から工具を流路領域に入れる。よって、当該製造方法では、第二粗切削工程後に、工作機械のテーブルに対するブロックの向きを変えずに、第一中／仕上切削工程を実行することができる。当該製造方法では、第二中／仕上切削工程と第一残り切削工程とは、共に、出口領域と入口領域とのうちの一方の領域から工具を

流路領域に入れる。よって、当該製造方法では、第二中／仕上切削工程後に、工作機械のテーブルに対するブロックの向きを変えずに、第一残り切削工程を実行することができる。

【0009】

上記目的を達成するための発明に係る第二態様としてのインペラの製造方法は、

前記第一態様の前記インペラの製造方法において、前記残り切削工程では、前記残り切削工具を回転させつつ、前記工具後側成分を含む方向に前記残り切削工具を移動させて、前記残り切削工具の前記後刃で、前記粗切削工程での切削残りを切削する工程を含む。

【0010】

当該製造方法では、残り切削工具をブロック中の流路領域内の所定の位置にセットした後、この残り切削工具を回転させつつ、工具後側成分を含む方向に残り切削工具を移動させて、引き切削加工を実行する。このため、当該製造方法では、切削中に柄が切削残りの部分や入口の開口縁又は出口の開口縁に接触する接触可能性を低くすることができる。

【0011】

上記目的を達成するための発明に係る第三態様としてのインペラの製造方法は、

前記第一又は前記第二態様の前記インペラの製造方法において、前記工具軸線に対して垂直な方向で、前記柄の最小外径となる位置での外周面から前記工具本体の外周のうちで最大外径になる位置までの距離である張出量は、複数の前記工具のうちで、前記残り切削工具が最大である。

【0012】

当該製造方法では、インペラにおける流路の曲りの曲率半径が入口や出口の開口面積に対して相対的により小さくても、粗切削工程の実行で残った部分を残り切削工具で切削することができる。

【0013】

上記目的を達成するための発明に係る第四態様としてのインペラの製造方法は、

前記第一から前記第三態様のうちのいずれかの前記インペラの製造方法において、前記柄の最小外径は、複数の前記工具のうちで、前記残り切削工具が最少である。

【0014】

上記目的を達成するための発明に係る第五態様としてのインペラの製造方法は、

前記第一から前記第四態様のうちのいずれかの前記インペラの製造方法において、前記工具本体の最大外径は、複数の前記工具のうちで、前記残り切削工具が最少である。

【0015】

当該製造方法では、残り切削工具により、インペラ中で曲率半径の小さい部分、例えば、ディスクとブレードとの角部や、カバーとブレードとの角部を切削することができる。

【0016】

上記目的を達成するための発明に係る第六態様としてのインペラの製造方法は、

前記第一から前記第五態様のうちのいずれかの前記インペラの製造方法において、前記残り切削工具の前記工具本体は、前記工具軸線を含む仮想平面内で、 200° 以上の範囲で前記刃が形成されている。

【0017】

上記目的を達成するための発明に係る第七態様としてのインペラの製造方法は、

前記第一から前記第六態様のうちのいずれかの前記インペラの製造方法において、前記残り切削工具の前記工具本体は、前記工具軸線を含む仮想平面内で、 240° 以上の範囲で前記刃が形成されている。

【0019】

上記目的を達成するための発明に係る第八態様としてのインペラの製造方法は、

前記第一から前記第七態様のうちのいずれかの前記インペラの製造方法において、前記中／仕上切削工具における前記柄の前記先端部の外径は、前記粗切削工具における前記柄の前記先端部の外径以下である。

【0020】

当該製造方法では、粗切削工程での切削残りを容易に切削することができる。

【0021】

上記目的を達成するための発明に係る第九態様としてのインペラの製造方法は、
前記第一から前記第八態様のうちのいずれかの前記インペラの製造方法において、前記中／仕上切削工具における前記工具本体の最大外径は、前記粗切削工具における前記工具本体の最大外径以下である。

【0022】

当該製造方法では、粗切削工程での切削残りを容易に切削することができる。

【0025】

上記目的を達成するための発明に係る第十態様としてのインペラの製造方法は、
前記第一から前記第九態様のうちのいずれかの前記インペラの製造方法において、前記中／仕上切削工具は、ボールエンドミルである。

10

【0026】

上記目的を達成するための発明に係る第十一態様としてのインペラの製造方法は、
前記第一から前記第十態様のうちのいずれかの前記インペラの製造方法において、前記粗切削工具は、ラジラスエンドミルである。

【0027】

上記目的を達成するための発明に係る第十二態様としてのインペラの製造方法は、
前記第一から前記第十一態様のうちのいずれかの前記インペラの製造方法において、前記残り切削工具は、ロリポップミルである。

20

【0028】

上記目的を達成するための発明に係る第十三態様としての遠心式回転機械の製造方法は、
、
前記第一から前記第十二態様のうちのいずれかの前記インペラの製造方法を実行すると共に、前記インペラが装着され、前記軸線を中心とする回転軸と、前記インペラを覆うケーシングとを含む部品を準備する準備工程と、前記インペラと、前記回転軸及び前記ケーシングを含む前記部品とを組み合わせる組立工程と、を実行する。

【発明の効果】

【0029】

本発明の一態様では、クローズド型インペラにおける流路の曲りの曲率半径が入口や出口の開口面積に対して相対的に小さい場合であっても、このインペラを製造するためのブロック中に流路を形成することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】本発明に係る一実施形態における遠心式回転機械の模式的な断面図である。

【図2】本発明に係る一実施形態におけるインペラの断面図である。

【図3】図2におけるI I I矢視図である。

【図4】本発明に係る一実施形態における遠心式回転機械の製造手順を示すフローチャートである。

【図5】本発明に係る一実施形態におけるインペラの製造手順を示すフローチャートである。

40

【図6A】本発明に係る一実施形態における粗切削工具の側面図である。

【図6B】図6AにおけるB部の拡大図である。

【図7A】本発明に係る一実施形態における中／仕上切削工具の側面図である。

【図7B】図7AにおけるB部の拡大図である。

【図8A】本発明に係る一実施形態における残り切削工具の側面図である。

【図8B】図8AにおけるB部の拡大図である。

【図9】本発明に係る一実施形態における中間ブロックの断面図である。

【図10】本発明に係る一実施形態における第一粗切削工程を説明するための説明図である。

50

【図 1 1】本発明に係る一実施形態における第二粗切削工程を説明するための説明図である。

【図 1 2】本発明に係る一実施形態における第一中／仕上切削工程を説明するための説明図である。

【図 1 3】本発明に係る一実施形態における第二中／仕上切削工程を説明するための説明図である。

【図 1 4】本発明に係る一実施形態における第一残り切削工程を説明するための説明図である。

【図 1 5】図 1 4 における X V 部の拡大図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0031】

以下、本発明に係る遠心式回転機械の製造方法の一実施形態について、図面を用いて説明する。

【0032】

本実施形態の遠心式回転機械は、遠心式多段圧縮機である。この遠心式多段圧縮機は、図 1 に示すように、回転軸 10 と、ケーシング 20 と、複数のインペラ 30 と、ラジアル軸受 11 と、スラスト軸受 12 と、を備える。回転軸 10 は、軸線 A r を中心として円柱状を成し、この軸線 A r を中心として回転する。ラジアル軸受 11 及びスラスト軸受 12 は、いずれもケーシング 20 に固定され、回転軸 10 を回転可能に支持する。複数のインペラ 30 は、軸線 A r が延びる軸方向 D a に並んで、回転軸 10 の外周側にそれぞれ固定されている。複数のインペラ 30 は、軸線 A r を中心として回転軸 10 と一体回転する。インペラ 30 は、ディスク 31 と、複数のブレード 35 と、カバー 36 と、を有する。ここで、軸方向 D a の一方側を軸方向前側 D a f、この軸方向 D a の他方側を軸方向後側 D a b とする。また、軸線 A r に対する径方向を単に径方向 D r、この径方向 D r で軸線 A r に近づく側を径方向内側 D r i、この径方向 D r で軸線 A r から遠ざかる側を径方向外側 D r o とする。また、軸線 A r に対する周方向を単に周方向 D c とする。

20

【0033】

ディスク 31 は、図 2 に示すように、軸方向前側 D a f から軸方向後側 D a b に向うに連れて次第に拡張されている。このため、ディスク 31 の外周面 32 で軸方向前側 D a f の部分では、軸方向後側 D a b に向う方向成分が径方向外側 D r o に向かう成分より大きい。また、この外周面 32 の軸方向後側 D a b の部分では、径方向外側 D r o に向かう方向成分が軸方向後側 D a b に向かう方向成分より大きい。このディスク 31 には、軸方向後側 D a b を向く背面 33 が形成されている。さらに、このディスク 31 には、軸線 A r 上を軸方向 D a に貫通する軸孔 34 が形成されている。この軸孔 34 には、回転軸 10 が装着される。複数のブレード 35 は、ディスク 31 の外周面 32 上に、周方向 D c に間隔をあけて設けられている。各ブレード 35 は、軸方向 D a から見た場合、径方向内側 D r i の部分から径方向外側 D r o に向かうに連れて、インペラ 30 の回転方向に対して反回転側に次第に向かうよう曲がっている。カバー 36 は、ディスク 31 の外周面 32 に対向配置され、ディスク 31 との間で複数のブレード 35 を挟み込んでいる。このカバー 36 の内周面 37 は、ディスク 31 の外周面 32 と対向する。このカバー 36 の内周面 37 の軸方向前側 D a f の部分では、軸方向後側 D a b に向う方向成分が径方向外側 D r o に向かう成分より大きい。また、この内周面 37 の軸方向後側 D a b の部分では、径方向外側 D r o に向かう方向成分が軸方向後側 D a b に向かう方向成分より大きい。このカバー 36 には、内周面 37 と背合わせの関係にある外周面 38 が形成されている。

30

40

【0034】

ディスク 31 とカバー 36 との相互間であって複数のブレード 35 の相互間には、軸方向前側 D a f から流入した流体を径方向外側 D r o に流出させるインペラ内流路 41 が形成されている。よって、このインペラ内流路 41 の入口 42 は、軸方向前側 D a f に向かって開口している。また、このインペラ内流路 41 の出口 43 は、径方向外側 D r o に向かって開口している。このインペラ内流路 41 は、インペラ内流路 41 の入口 42 から軸

50

方向後側 D a b に向いつつ、軸線 A r に対する径方向外側 D r o に向かって次第に曲がっている。さらに、このインペラ内流路 4 1 は、軸方向 D a から見た場合、インペラ内流路 4 1 の入口 4 2 から径方向外側 D r o に向かいつつ、インペラ 3 0 の回転方向に対して反対側に向って次第に曲がっている。

【0035】

図 3 に示すように、ディスク 3 1 とブレード 3 5 との角部、及びカバー 3 6 とディスク 3 1 との角部は、いずれもフィレット部 3 9 を形成する。フィレット部 3 9 は、インペラ内流路 4 1 の内側から外側に向かって滑らかな凹形状を成している。

【0036】

ケーシング 2 0 は、図 1 に示すように、回転軸 1 0、各軸受 1 1、1 2、及び複数のディスク 3 1 を覆う。このケーシング 2 0 には、吸込流路 2 1 と、吐出流路 2 2 と、中間流路 2 3 とが形成されている。吸込流路 2 1 は、外部からの流体を最も軸方向前側 D a f に配置されているインペラ 3 0 のインペラ内流路 4 1 内に導く。吐出流路 2 2 は、最も軸方向後側 D a b に配置されているインペラ 3 0 からの流体を外部へ導く。中間流路 2 3 は、一のインペラ 3 0 の出口 4 3 から流出した流体を、この一のインペラ 3 0 に対して軸方向後側 D a b に隣接している他のインペラ 3 0 の入口 4 2 からこの他のインペラ 3 0 のインペラ内流路 4 1 内に導く。

【0037】

次に、以上で説明した遠心式多段圧縮機の製造手順について、図 4 に示すフローチャートに従って説明する。

【0038】

まず、遠心式多段圧縮機を構成する複数の部品を準備する。ここでは、遠心式多段圧縮機械のケーシング 2 0 を準備すると共に（S 1：ケーシング準備工程）、遠心式多段圧縮機のインペラ 3 0 を準備する（S 2：インペラ準備工程）。さらに、前述の回転軸 1 0、軸受 1 1、1 2、さらに図示されていない軸封等の部品も準備する（S 3：部品準備工程）。

【0039】

次に、以上で準備した複数の部品を組み合わせる（S 4：組立工程）。

【0040】

以上で、遠心式多段圧縮機が完成する。

【0041】

次に、図 5 に示すフローチャートに従って、インペラ 3 0 の準備工程（S 2）におけるこのインペラ 3 0 の製造手順について説明する。

【0042】

まず、インペラ 3 0 の外形よりも大きなブロックを準備する（S 10：ブロック準備工程）。次に、図 9 に示すように、このブロックの外形等を切削して中間ブロック 5 0 を形成する（S 11：外形切削工程）。この外形切削工程（S 11）では、ブロックの外形を切削すると共に、ブロック中で軸孔 3 4 となる領域を切削して、軸孔 3 4 a も形成する。なお、この軸孔 3 4 a は、ブロックに既に形成されている場合がある。この場合、ブロックから中間ブロック 5 0 を形成するための外形切削工程（S 11）を実施しなくてもよい。ここで、この中間ブロック 5 0 中で、インペラ 3 0 のインペラ内流路 4 1 になる領域を流路領域 5 1 とする。また、この中間ブロック中で、インペラ内流路 4 1 の入口 4 2 になる領域を入口領域 5 2、インペラ内流路 4 1 の出口 4 3 になる領域を出口領域 5 3 とする。

【0043】

次に、中間ブロック 5 0 を切削して、この中間ブロック 5 0 中にインペラ内流路 4 1 を形成する（S 12：流路切削工程）。この流路切削工程（S 12）では、少なくとも三種類の工具を用いて、中間ブロック 5 0 を切削する。各工具は、いずれも、工具軸線 A t を中心とし、少なくとも外周に刃が形成されている工具体体と、工具体体が固定されて、工具軸線 A t を中心して工具軸線 A t が延びる工具軸方向 D t a に長い柄と、を有する。

【0044】

第一の工具は、図6A及び図6Bに示すように、粗切削工具60aである。この粗切削工具60aは、この粗切削工具60aは、例えば、ラジাসエンドミルである。粗切削工具60aは、工具本体61aと、この工具本体61aが固定されている柄65aと、を有する。工具本体61aは、工具軸線At1を中心として円柱状のヘッド63aと、このヘッド63aの外周に固定されている複数のチップ62aとを有する。複数のチップ62aは、工具軸線At1に対する周方向に並んでいる。各チップ62aには刃が形成されている。なお、この工具本体61aは、ヘッド部分と複数の刃の部分とが一体的なものであってもよい。柄65aは、シャンク66aと、ホルダ67aと、を有する。シャンク66a及びホルダ67aは、いずれも、工具軸線At1を中心として、工具軸線At1が延びる工具軸方向Dt aに長い柱状を成している。シャンク66a及びホルダ67aは、それぞれ、工具軸方向Dt aの端である先端及び基端を有する。シャンク66aの先端には、工具本体61aのヘッド63aが固定されている。このシャンク66aの基端は、ホルダ67aの先端に取り付けられている。ホルダ67aの基端68aは、工作機械にチャックされる部分である。工具本体61aの最大外径は、Dt1である。シャンク外径Ds1は、ホルダ67aの最小外径よりも小さい。よって、シャンク外径Ds1は、柄65aの最小外径である。このシャンク外径Ds1、つまり柄65aの最小外径は、工具本体61aの最大外径Dt1よりも僅かに小さい。

10

【0045】

第二の工具は、図7A及び図7Bに示すように、中／仕上切削工具60bである。中／仕上切削工具60bは、例えば、ボールエンドミルである。この中／仕上切削工具60bは、工具軸線At2を中心として半球状の工具本体61bと、この工具本体61bが固定されている柄65bと、を有する。半球状の工具本体61bには刃が形成されている。この工具本体61bは、粗切削工具60aの工具本体61aと同様に、ヘッドと、このヘッドに取り付けられている複数のチップとを有する。なお、この工具本体61bも、ヘッド部分と複数の刃の部分とが一体的なものであってもよい。柄65bは、シャンク66bと、ホルダ67bと、を有する。シャンク66b及びホルダ67bは、いずれも、工具軸線At2を中心として、工具軸線Atbが延びる工具軸方向Dt aに長い柱状を成している。シャンク66b及びホルダ67bは、それぞれ、工具軸方向Dt aの端である先端及び基端を有する。シャンク66bの先端には、工具本体61bが固定されている。このシャンク66bの基端は、ホルダ67bの先端に取り付けられている。ホルダ67bの基端68bは、工作機械にチャックされる部分である。工具本体61bの最大外径は、Dt2である。この工具本体61bの最大外径Dt2は、フィレット部39における凹形状の曲率半径r（図3参照）の2倍（2r）未満である。つまり、この工具本体61bの最大半径Dt2は、フィレット部39における凹形状の曲率半径r未満である。シャンク外径Ds2は、ホルダ67bの最小外径よりも小さい。よって、シャンク外径Ds2は、柄65bの最小外径である。このシャンク外径Ds2、つまり柄65bの最小外径は、工具本体61bの最大外径Dt2よりも僅かに小さい。

20

30

【0046】

第三の工具は、図8A及び図8Bに示すように、残り切削工具60cである。残り切削工具60cは、例えば、ロリポップミルである。この残り切削工具60cは、工具軸線At3を中心として球欠状の工具本体61cと、この工具本体61cが固定されている柄65cと、を有する。ここで、ここでの球欠状とは、球の中心を通らない平面で球を切断し、二つの部分のうちで体積の大きな方の部分の形状である。球欠状の工具本体61cの外周には、刃が形成されている。この工具本体61cは、粗切削工具60aの工具本体61aと同様に、ヘッドと、このヘッドに取り付けられている複数のチップとを有する。なお、この工具本体61cも、ヘッド部分と複数の刃の部分とが一体的なものであってもよい。柄65cは、シャンク66cと、ホルダ67cと、を有する。シャンク66c及びホルダ67cは、いずれも、工具軸線At3を中心として、工具軸線Atbが延びる工具軸方向Dt aに長い柱状を成している。シャンク66c及びホルダ67cは、それぞれ、工具

40

50

軸方向 D t a の端である先端及び基端を有する。シャンク 6 6 c の先端には、工具本体 6 1 c が固定されている。このシャンク 6 6 c の基端は、ホルダ 6 7 c の先端に取り付けられている。ホルダ 6 7 c の基端 6 8 c は、工作機械にチャックされる部分である。工具本体 6 1 c の最大外径は、D t 3 である。この工具本体 6 1 c の最大外径 D t 3 も、前述した工具本体 6 1 b の最大外径 D t 2 と同様、フィレット部 3 9 における凹形状の曲率半径 r (図 3 参照) の 2 倍 (2 r) 未満である。つまり、この工具本体 6 1 c の最大半径 D t 3 も、フィレット部 3 9 における凹形状の曲率半径 r 未満である。シャンク外径 D s 3 は、ホルダ 6 7 c の最小外径よりも小さい。よって、シャンク外径 D s 3 は、柄 6 5 c の最小外径である。このシャンク外径 D s 3、つまり柄 6 5 c の最小外径は、工具本体 6 1 c の最大外径 D t 3 よりも小さい。

10

【0047】

各工具本体 6 1 a, 6 1 b, 6 1 c の最大外径 D t の寸法関係は、以下の通りである。

$$D t 1 \geq D t 2 \geq D t 3$$

よって、残り切削工具 6 0 c の工具本体 6 1 c の最大外径 D t 3 は、基本的に、三種類の切削工具 6 0 a, 6 0 b, 6 0 c の工具本体 6 1 a, 6 1 b, 6 1 c の最大外径 D t 1, D t 2, D t 3 のうちで最少になる。但し、残り切削工具 6 0 c の工具本体 6 1 c の最大外径 D t 3 は、中／仕上切削工具 6 0 b の工具本体 6 1 b の最大外径 D t 2 と同じであってもよい。

【0048】

また、各柄 6 5 a, 6 5 b, 6 5 c の最小外径 D s の寸法関係は、以下の通りである。

$$D s 1 \geq D s 2 > D s 3$$

よって、残り切削工具 6 0 c の柄 6 5 c の最小外径 D s 3 は、三種類の切削工具 6 0 a, 6 0 b, 6 0 c の柄 6 5 a, 6 5 b, 6 5 c の最小外径 D s 1, D s 2, D s 3 のうちで最少になる。

20

【0049】

また、図 8 B に示すように、工具軸線 A t 3 に対して垂直な方向で、柄 6 5 c の最小外径部分の外周面 (シャンク 6 6 c の外周面) から工具本体 6 1 c の外周のうちで最大外径になる位置までの距離である張出量 O H は、複数の工具 6 0 a, 6 0 b, 6 0 c の各張出量のうちで、最大である。

【0050】

このように、残り切削工具 6 0 c の張出量 O H を最大にしているのは、この残り切削工具 6 0 c で、引き切削加工するためである。この引き切削加工とは、残り切削工具 6 0 c を工具軸線 A t 3 を中心として回転させつつ、工具軸方向 D t a における基端 6 8 c 側、つまり工具後側 D t b (図 1 5 参照) に工具を移動させて、加工対象を切削する方法である。このため、残り切削工具 6 0 c の工具本体 6 1 c は、工具後側成分を含む方向に向いている後刃 6 2 を有する。よって、この工具本体 6 1 c は、工具軸線 A t 3 を含む仮想平面内で、2 0 0 ° 以上の範囲で刃が形成されている、好ましくは、2 4 0 ° 以上の範囲内で刃が形成されている。

30

【0051】

以上で説明した残り切削工具 6 0 c の工具本体 6 1 c は、工具軸線 A t 3 を含む仮想平面での形状が円欠形状である。しかしながら、残り切削工具 6 0 c の工具本体 6 1 c は、工具軸線 A t 3 を含む仮想平面での形状が楕円の短軸の一方側を切り欠いた形状等であってもよい。また、残り切削工具 6 0 c で専ら引き切削加工を行う場合には、この残り切削工具 6 0 c の工具本体 6 1 c の先端側に刃が無くてもよい。

40

【0052】

流路切削工程 (S 1 2) では、まず、粗切削工具 6 0 a を用いて、中間ブロック 5 0 中の流路領域 5 1 を切削する (S 1 3: 粗切削工程)。この粗切削工程 (S 1 3) では、図 1 0 に示すように、中間ブロック 5 0 における軸方向後側 D a b が下向きになるよう、この中間ブロック 5 0 を工作機械のテーブル 7 0 上にセットする。さらに、この工作機械のチャックに粗切削工具 6 0 a を取り付ける。そして、粗切削工具 6 0 a を回転させつつ、

50

中間ブロック50中の入口領域52から軸方向後側Dabに向かって粗切削工具60aを入れて、中間ブロック50中の流路領域51を切削する（S13a：第一粗切削工程）。この第一粗切削工程（S13a）では、流路領域51中の入口領域52側の領域が切削される。

【0053】

この粗切削工程（S13）では、第一粗切削工程（S13a）後、図11に示すように、中間ブロック50における軸方向前側Dafが下向きになるよう、この中間ブロック50を工作機械のテーブル70上にセットする。そして、粗切削工具60aを回転させつつ、中間ブロック50中の出口領域53から径方向内側Driに向かって粗切削工具60aを入れて、中間ブロック50中の流路領域51を切削する（S13b：第二粗切削工程）。この第二粗切削工程（S13b）では、流路領域51中の出口領域53側の領域が切削される。

10

【0054】

以上で粗切削工程（S13）が終了する。

【0055】

次に、中／仕上切削工具60bを用いて、流路領域51中で粗切削工程（S13）で残った部分を切削する（S14：中／仕上切削工程）。この中／仕上切削工程（S14）では、図12に示すように、工作機械のチャックに中／仕上切削工具60bを取り付ける。なお、中間ブロック50は、第二粗切削工程（S13b）の状態のまま、つまり、軸方向前側Dafが下向きになるよう工作機械のテーブル70上にセットされたままである。そして、中／仕上切削工具60bを回転させつつ、中間ブロック50中の出口領域53から径方向内側Driに向かって中／仕上切削工具60bを入れて、中間ブロック50中の流路領域51を切削する（S14a：第一中／仕上切削工程）。この第一中／仕上切削工程（S14a）では、流路領域51中の粗切削工程（S13）で残った部分のうち、出口領域53側の領域が切削される。

20

【0056】

この中／仕上切削工程（S14）では、第一中／仕上切削工程（S14a）後、図13に示すように、中間ブロック50における軸方向後側Dabが下向きになるよう、この中間ブロック50を工作機械のテーブル70上にセットする。そして、中／仕上切削工具60bを回転させつつ、中間ブロック50中の入口領域52から軸方向後側Dabに向かって中／仕上切削工具60bを入れて、中間ブロック50中の流路領域51を切削する（S14b：第二中／仕上切削工程）。この第二中／仕上切削工程（S14b）では、流路領域51中の粗切削工程（S13）で残った部分のうち、入口領域52側の領域が切削される。

30

【0057】

以上で中／仕上切削工程（S14）が終了する。

【0058】

以上の粗切削工程（S13）及び中／仕上切削工程（S14）では、いずれも、中間ブロック50の入口領域52から軸方向後側Dabに向かって工具60a、60bを入れて中間ブロック50を切削する工程（S13a、S14b）と、中間ブロック50の出口領域53から径方向内側Driに向かって工具60a、60bを入れて中間ブロック50を切削する工程（S13b、S14a）と、を実行する。しかしながら、インペラ内流路41の曲りの曲率半径が入口42や出口43の開口面積に対して相対的に小さい場合には、流路領域51を完全に切削できない場合がある。具体的には、図14及び図15に示すように、インペラ内流路41を画定する面のうち、ディスク31の外周面32の曲率半径よりもカバー36の内周面37の曲率半径の方が小さくなるため、このカバー36の内周面37のうち、入口42と出口43との中間部に、以上の粗切削工程（S13）及び中／仕上切削工程（S14）で切削できない切削残り55が生じる場合がある。そこで、本実施形態では、中／仕上切削工程（S14）後に残り切削工程（S15）を実行する。

40

【0059】

50

残り切削工程（S15）では、図14及び図15に示すように、工作機械のチャックに残り切削工具60cを取り付ける。なお、中間ブロック50は、第二中／仕上切削工程（S14b）の状態のまま、つまり、軸方向後側Dabが下向きになるよう工作機械のテーブル70上にセットされたままである。そして、残り切削工具60cを回転させつつ、中間ブロック50中の入口領域52から軸方向後側Dabに向かって残り切削工具60cを入れて、中間ブロック50中の流路領域51で前述の切削残り55を切削する（S15a：第一残り切削工程）。この際、残り切削工具60cを工具軸線At3が延びる方向に往復移動させて、切削残り55を切削する。すなわち、ここでは、残り切削工具60cによる引き切削加工と突き切削加工とを交互に繰り返す。なお、引き切削加工時には、工具後側Dt b成分を含む方向に残り切削工具60cを移動させて、残り切削工具60cの後刃62で、切削残り55を切削する。

10

【0060】

残り切削工具60cの工具本体61cは、前述したように、三つの工具60a, 60b, 60cのうちで、張出量OHが最も大きい。このため、この残り切削工具60cにより、曲率半径の小さいカバー36の内周面37における切削残り55を引き切削加工することができる。また、この残り切削工具60cは、前述したように、工具本体61cの最大外径Dt3が三つの工具60a, 60b, 60cのうちで、基本的に最も小さい。このため、インペラ30のフィレット部39も切削することができる。

【0061】

以上の第一残り切削工程（S15a）を実行した後も、切削残り55が存在する場合には、中間ブロック50における軸方向前側Dafが下向きになるよう、この中間ブロック50を工作機械のテーブル70上にセットする。そして、残り切削工具60cを回転させつつ、中間ブロック50中の出口領域53から径方向内側Driに向かって残り切削工具60cを入れて、中間ブロック50中の流路領域51の切削残り55を切削する（S15b：第二残り切削工程）。この際も、残り切削工具60cを工具軸線At3が延びる方向に往復移動させて、切削残り55を切削する。

20

【0062】

以上で、流路切削工程（12）が終了し、中間ブロック50中にインペラ内流路流路41が形成される。

【0063】

中間ブロック50中にインペラ内流路流路41を形成すると、この中間ブロック50をさらに加工して（S16：仕上げ工程）、インペラ30を完成させる。この仕上げ工程（S16）では、必要に応じて、インペラ内流路流路41が形成される中間ブロック50に熱処理を施す。そして、この中間ブロック50の外周等を切削して、カバー36の外周面38を形成すると共に、ディスク31の背面33を形成する。さらに、この中間ブロック50の軸孔34aを形成している部分を切削して、この軸孔34を形成する。

30

【0064】

以上のように、本実施形態では、インペラ30におけるインペラ内流路41の曲りの曲率半径が入口42や出口43の開口面積に対して相対的に小さい場合であっても、残り切削工具60cを用いることで、中間ブロック50中にインペラ内流路41を形成することができる。また、本実施形態では、残り切削工具60cの他に、粗切削工具60a及び中／仕上切削工具60bを用いて中間ブロック50を切削するので、流路領域51の切削効率を高めることができる。

40

【0065】

また、本実施形態では、第二粗切削工程（S13b）後、工作機械のテーブル70上に中間ブロック50をセットし直さずに、第一中／仕上切削工程（S14a）を実行する。さらに、第一中／仕上切削工程（S14a）後、工作機械のテーブル70上に中間ブロック50をセットし直さずに、第一残り切削工程（S15a）を実行する。よって、中間ブロック50のセットの手間を省略することができる。

【0066】

50

なお、以上の粗切削工程（S 1 3）、中／仕上切削工程（S 1 4）、及び残り切削工程（S 1 5）で、中間ブロック 5 0 を以上とは逆向きにセットしてもよい。具体的に、第一粗切削工程（S 1 3 a）では、中間ブロック 5 0 における軸方向前側 D a f が下向きになるようセットして、中間ブロック 5 0 の出口領域 5 3 から粗切削工具 6 0 a を入れる。第二粗切削工程（S 1 3 b）では、中間ブロック 5 0 における軸方向後側 D a b が下向きになるようセットして、中間ブロック 5 0 の入口領域 5 2 から粗切削工具 6 0 a を入れる。第一中／仕上切削工程（S 1 4 a）では、中間ブロック 5 0 における軸方向後側 D a b が下向きになるようセットされたまま、中間ブロック 5 0 の入口領域 5 2 から中／仕上切削工具 6 0 b を入れる。第二中／仕上切削工程（S 1 4 b）では、中間ブロック 5 0 における軸方向前側 D a f が下向きになるようセットして、中間ブロック 5 0 の出口領域 5 3 から中／仕上切削工具 6 0 b を入れる。第一残り切削工程（S 1 5 a）では、中間ブロック 5 0 における軸方向前側 D a f が下向きになるようセットされたまま、中間ブロック 5 0 の出口領域 5 3 から残り切削工具 6 0 c を入れる。なお、必要に応じて、第二残り切削工程（S 1 5 b）を実行する場合には、中間ブロック 5 0 における軸方向後側 D a b が下向きになるようセットして、中間ブロック 5 0 の入口領域 5 2 から残り切削工具 6 0 c を入れる。

10

【0067】

また、残り切削工具 6 0 c は、工具軸線 A t 3 を含む仮想平面内で、240°以上の範囲で刃が形成されているロリポップミルを用いている。しかしながら、残り切削工程（S 1 5）では引き切削加工のみを行う場合、前述したように、この残り切削工具 6 0 c の工具本体 6 1 c の先端側に刃が無くてもよい。

20

【0068】

また、以上では、粗切削工具 6 0 a を用いた粗切削工程（S 1 3）、中／仕上切削工具 6 0 b を用いた中／仕上切削工程（S 1 4）、及び残り切削工具 6 0 c を用いた残り切削工程（S 1 5）を実行する。しかしながら、場合によっては、中／仕上切削工程（S 1 4）を省いてもよい。

【0069】

また、以上の実施形態は、遠心式多段圧縮機のインペラ 3 0 を製造する方法である。しかしながら、本発明は、遠心式回転機械が多段である必要性はなく、単段であってもよい。また、本発明は、遠心式圧縮機のインペラ 3 0 に限定されない。例えば、遠心式回転機械の一種である遠心式ポンプのインペラを以上と同様の方法で製造してもよい。

30

【産業上の利用可能性】

【0070】

本発明の一態様によれば、クローズド型インペラにおける流路の曲りの曲率半径が入口や出口の開口面積に対して相対的に小さい場合であっても、このインペラを製造するためのブロック中に流路を形成することができる。

【符号の説明】

【0071】

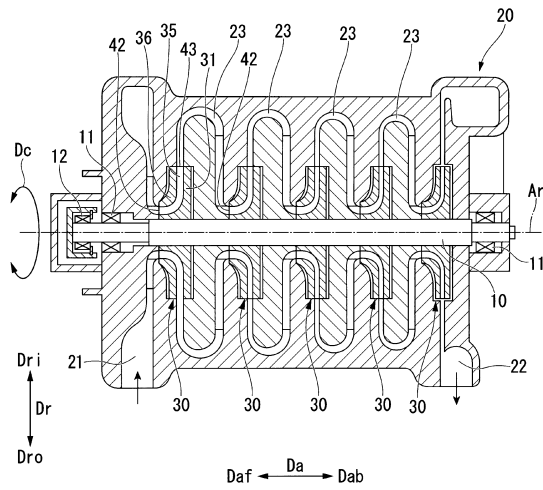
- 1 0：回転軸
- 1 1：ラジアル軸受
- 1 2：スラスト軸受
- 2 0：ケーシング
- 2 1：吸込流路
- 2 2：吐出流路
- 2 3：中間流路
- 3 0：インペラ
- 3 1：ディスク
- 3 2：外周面
- 3 3：背面
- 3 4, 3 4 a：軸孔

40

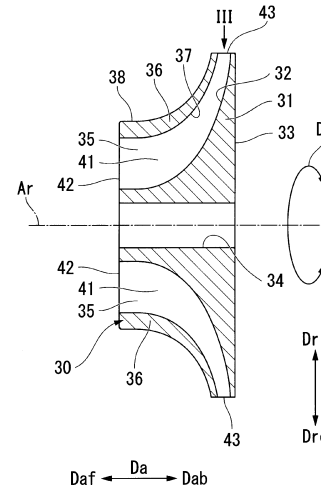
50

35：ブレード	
36：カバー	
37：内周面	
38：外周面	
39：フィレット部	
41：インペラ内流路	
42：入口	
43：出口	
50：中間ブロック	
51：流路領域	10
52：入口領域	
53：出口領域	
55：切削残り	
60a：粗切削工具	
60b：中／仕上切削工具	
60c：残り切削工具	
61a, 61b, 61c：工具本体	
62：後刃	
65a, 65b, 65c：柄	
66a, 66b, 66c：シャンク	20
67a, 67b, 67c：ホルダ	
68a, 68b, 68c：基端	
70：テーブル	
Ar：軸線	
At1, At2, At3：工具軸線	
Da：軸方向	
Dab：軸方向後側	
Daf：軸方向前側	
Dc：周方向	
Dr：径方向	30
Dr i：径方向内側	
Dr o：径方向外側	
Dta：工具軸方向	
Dtb：工具後側	
OH：張出量	

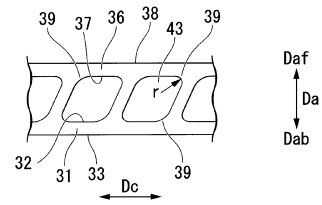
【図 1】



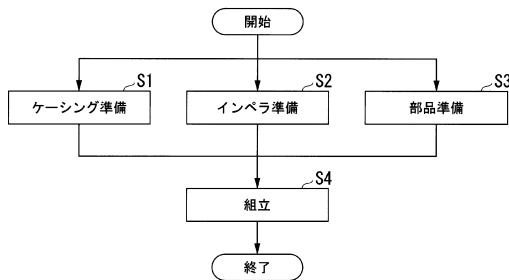
【図 2】



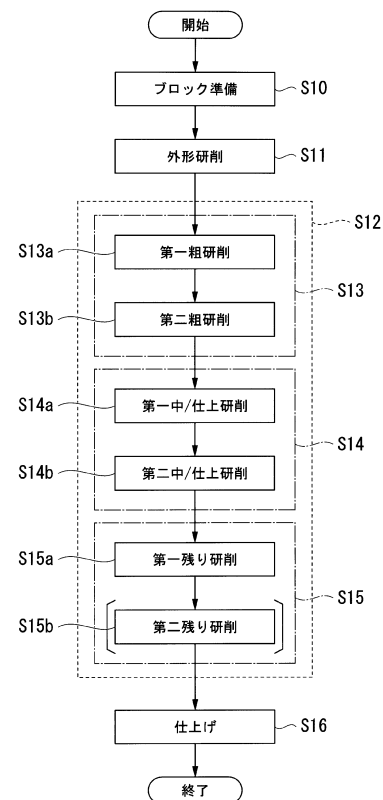
【図 3】



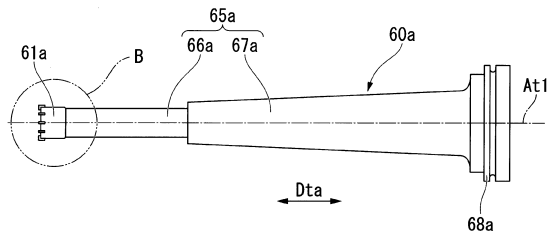
【図 4】



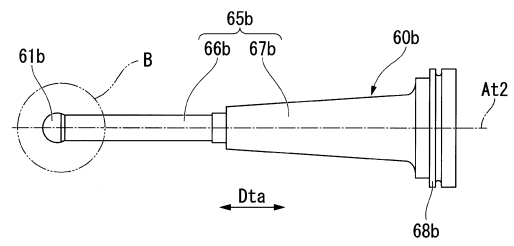
【図 5】



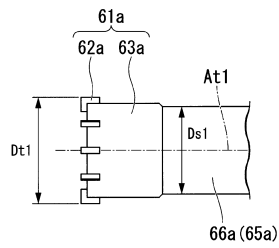
【図 6 A】



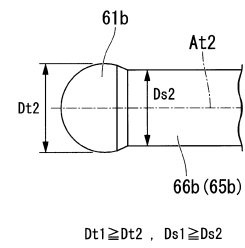
【図 7 A】



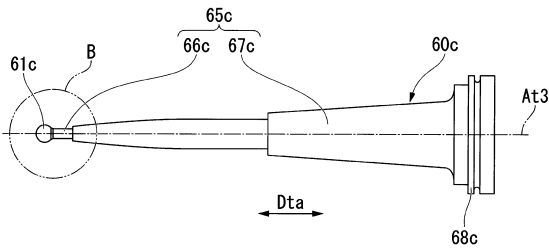
【図 6 B】



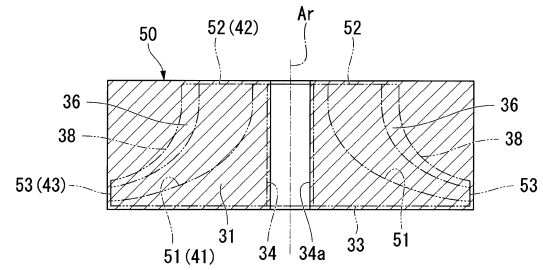
【図 7 B】



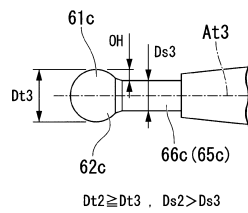
【図 8 A】



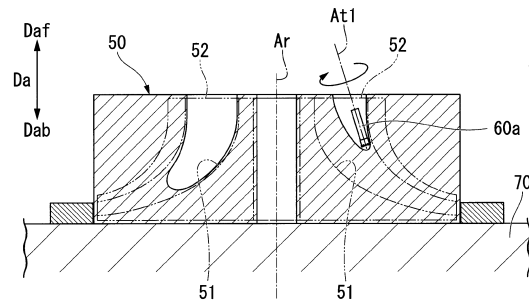
【図 9】



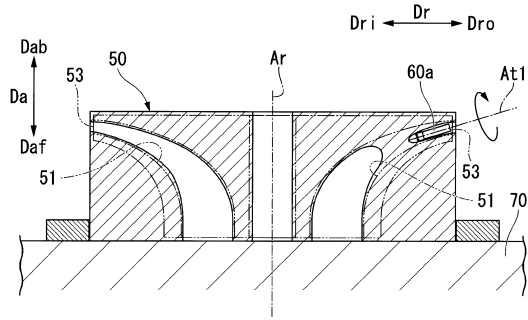
【図 8 B】



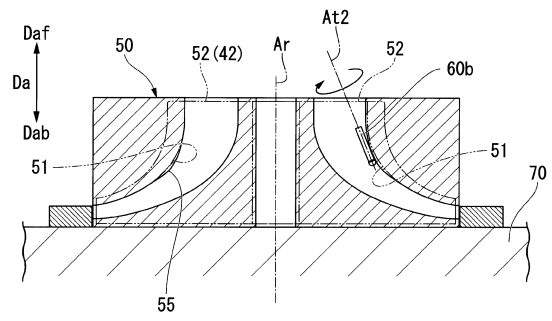
【図 10】



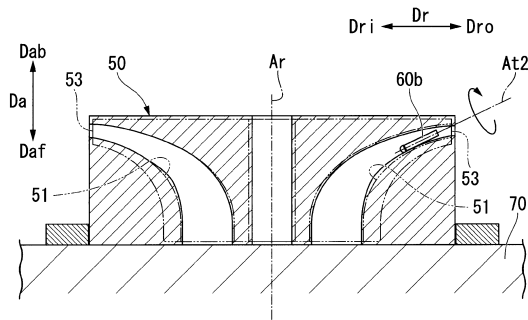
【図 1 1】



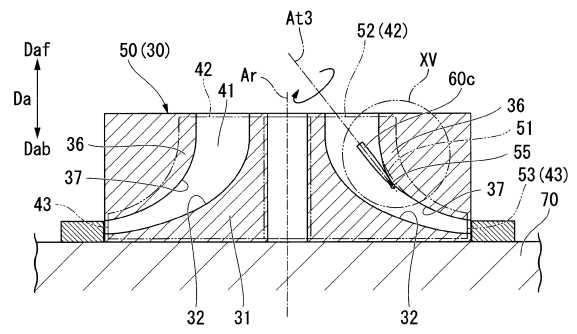
【図 1 3】



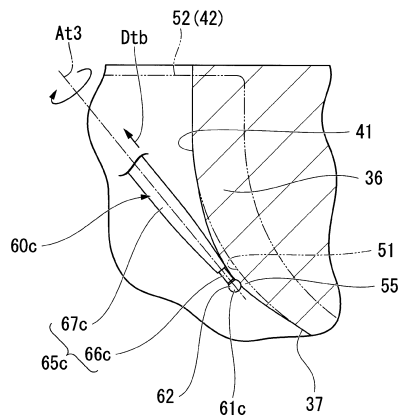
【図 1 2】



【図 1 4】



【図 1 5】



フロントページの続き

(72)発明者 ▲高▼木 裕基

広島県広島市西区観音新町4丁目6番22号 三菱重工コンプレッサ株式会社内

(72)発明者 田澤 好樹

広島県広島市西区観音新町4丁目6番22号 三菱重工コンプレッサ株式会社内

(72)発明者 河合 佑亮

広島県広島市西区観音新町4丁目6番22号 三菱重工コンプレッサ株式会社内

審査官 岩田 健一

(56)参考文献 特開2015-206368 (JP, A)

特開2010-269416 (JP, A)

特開2015-226953 (JP, A)

特開2004-009158 (JP, A)

特表2008-509012 (JP, A)

国際公開第2011/125080 (WO, A1)

特開2003-120203 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F04D 29/28