

(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
2024年7月4日(04.07.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/142907 A1

(51) 国際特許分類:

B23H 3/04 (2006.01) B23H 9/14 (2006.01)
B23H 9/10 (2006.01)

〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/044391

(22) 国際出願日: 2023年12月12日(12.12.2023)

(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 2022-211124 2022年12月28日(28.12.2022) JP

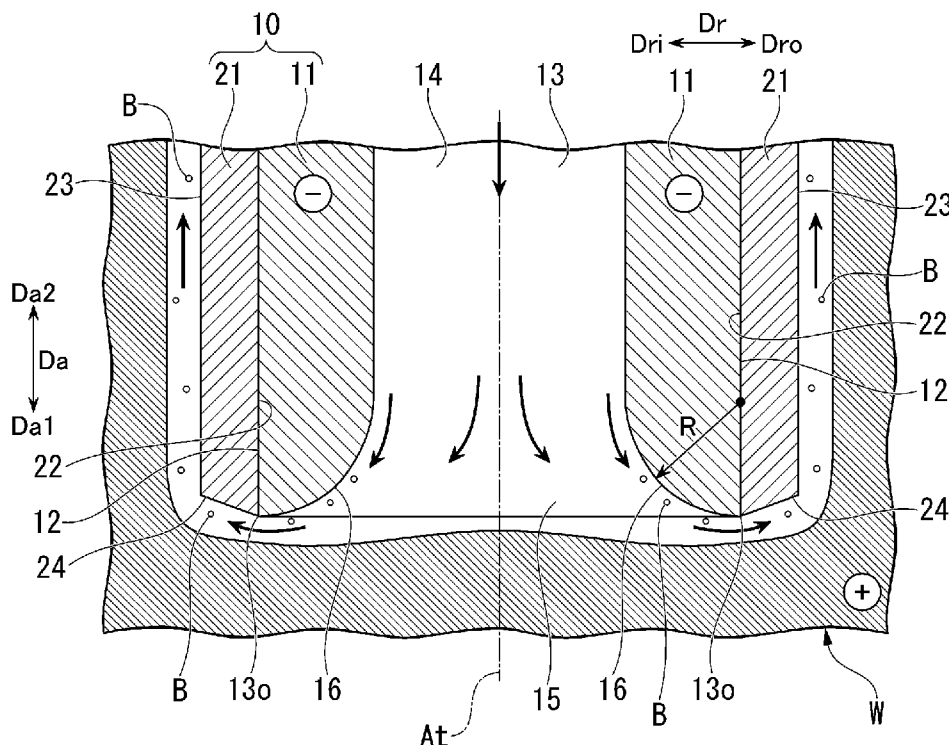
(71) 出願人 (KR についてのみ): 三菱パワー株式会社 (MITSUBISHI POWER, LTD.) [JP/JP];

(71) 出願人 (KR を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 向井 洋介 (MUKAI Yosuke); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 浅井 由季 (ASAI Yuki); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 小田 貴章 (ODA Takaaki); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). ▲高 ▼井 淳生 (TAKAI Sunao);

(54) Title: ELECTROCHEMICAL MACHINING TOOL, ELECTROCHEMICAL MACHINING DEVICE, AND BLADE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 電解加工工具、電解加工装置、及び翼の製造方法



(57) Abstract: The present invention has: a tool electrode that is cylindrical around the tool axis and that forms an electrolytic solution passage on the inner circumferential side thereof; and an insulating layer that is formed on the outer circumferential surface of the cylindrical tool electrode. The electrolytic solution passage has: an outlet that is formed at the end on a first side, among the first side and a second side in the axis direction in which the tool axis extends, within the tool electrode; and a diameter expansion portion in which the inner diameter thereof increases gradually toward the

〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3
号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 松沼 泰史, 外 (MATSUNUMA Yasushi
et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一
丁目 9 番 2 号 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

first side. The end on the first side in the diameter expansion portion is said outlet.

(57) 要約: 工具軸線回りに筒状で、内周側が電解液通路を形成する工具電極と、筒状の前記工具電極の外周面に形成されている絶縁層と、を有する。前記電解液通路は、前記工具電極中で前記工具軸線が延びる軸線方向における第一側と第二側とのうち、前記第一側の端に形成されている出口と、前記第一側に向かうに連れて次第に内径が大きくなる拡径部と、を有する。前記拡径部における前記第一側の端が前記出口である。

明 細 書

発明の名称：電解加工工具、電解加工装置、及び翼の製造方法 技術分野

[0001] 本発明は、電解加工工具、これを備える電解加工装置、及びこの装置を用いた翼の製造方法に関する。

本願は、２０２２年１２月２８日に、日本国に出願された特願２０２２－２１１１２４号に基づき優先権を主張し、この内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 機械加工が困難な難削材に孔を加工する際には電解加工法や放電加工法が採用されることが多い。特に、難削材に対して、高アスペクト比の孔を加工する際には、電解加工法が採用されることが多い。

[0003] 電解加工法を実行するための電解加工装置は、一般的に、電解加工工具と、ワークに対して電解加工工具を相対移動させる移動機構と、電源回路と、電解液供給機と、を備える。電解加工工具は、工具電極と、この工具電極の一部を覆う絶縁層とを有する。電源回路は、工具電極が負極になり、ワークが正極になるよう、工具電極とワークとの間に電圧を印加する。

[0004] 以下の特許文献１には、電解加工装置の電解加工工具が開示されている。この電解加工工具は、工具軸線回りに筒状の工具電極と、筒状の工具軸線の外周面を覆う絶縁層と、を有する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特許第６０７１７４２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 電解加工では、工具電極とワークとの間に印加する電圧をできる限り抑えつつも、電解液を介して、工具電極とワークとの間に流れる電流の値を大きくして、ワークの加工効率を高めることが望まれる。

[0007] そこで、本開示は、ワークの加工効率を高めることができる技術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

[0008] 前記目的を達成するための発明に係る一態様の電解加工工具は、
工具軸線回りに筒状で、内周側が電解液通路を形成する工具電極と、筒状の前記工具電極の外周面である電極外周面に形成されている絶縁層と、を有する。前記電解液通路は、前記工具電極中で前記工具軸線が延びる軸線方向における第一側と第二側とのうち、前記第一側の端に形成されている出口と、前記第一側に向かうに連れて次第に内径が大きくなる拡径部と、を有する。前記拡径部における前記第一側の端が前記出口である。

[0009] 電解加工中、電解液中に含まれている水素イオン又は水は、陰極として用いられる工具電極から電子を受け取って、水素の気泡になる。本態様における電解液通路は、第一側に向かうに連れて次第に内径が大きくなる拡径部を有し、拡径部における第一側の端が電解液通路の出口である。このため、本態様では、工具電極の第一側には、電解液の渦流れが形成され難く、複数の気泡がスムーズに流れ、工具電極とワークとの間における複数の気泡の滞留を抑えることができる。よって、本態様では、工具電極とワークとの間の電気抵抗が高まることを抑えることができ、工具電極とワークとの間に印加する電圧を上げると、電圧の上昇に伴って工具電極とワークとの間に流れる電流の値も大きくなり、加工効率を高めることができる。

[0010] 前記目的を達成するための発明に係る一態様の電解加工装置は、
前記電解加工工具と、前記電解加工工具の前記工具電極が負極となり、前記電解加工工具により加工されるワークが正極となるよう、前記工具電極と前記ワークとの間に電圧を印加可能な電源回路と、前記電解加工工具を前記ワークに対して相対移動させることができる移動機構と、前記電解液通路に電解液を供給可能な電解液供給機と、前記電源回路、前記移動機構、及び前記電解液供給機を制御可能な制御器と、を備える。

[0011] 本態様における電解加工装置は、先に説明した電解加工工具を備えるので

、工具電極とワークとの間における複数の気泡の滞留を抑えることができ、ワークの加工効率を高めることができる。

[0012] 前記目的を達成するための発明に係る一態様の翼の製造方法は、
目的の形状の外表面が形成されている翼中間品を形成する中間品形成工程と、前記翼中間品の内部に冷却通路を形成する冷却通路形成工程と、前記冷却通路が形成された前記翼中間品に対して仕上げ処理を施す仕上げ工程と、を実行する。前記冷却通路形成工程では、前記電解加工装置を用いて、前記翼中間品に前記冷却通路を形成する。

[0013] 本態様における翼の製造方法では、前記電解加工装置を用いて、翼中間品に冷却通路を形成するので、翼中間品の加工効率が高まり、翼の製造コストを抑えることができる。

発明の効果

[0014] 本開示の一態様によれば、ワークの加工効率を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本開示に係る一実施形態における電解加工装置の構成を示す模式図である。

[図2]本開示に係る一実施形態における電解加工工具の要部断面図である。

[図3]比較例における電解加工工具の要部断面図である。

[図4]本開示に係る一実施形態の第一変形例における電解加工工具の要部断面図である。

[図5]本開示に係る一実施形態の第二変形例における電解加工工具の要部断面図である。

[図6]本開示に係る一実施形態の第三変形例における電解加工工具の要部断面図である。

[図7]本開示に係る一実施形態の第四変形例における電解加工工具の要部断面図である。

[図8]本開示に係る一実施形態の第五変形例における電解加工工具の要部断面図である。

[図9]本開示に係る一実施形態における翼の製造方法の実行手順を示すフローチャートである。

[図10]本開示に係る一実施形態における翼中間品の断面図である。

[図11]本開示に係る一実施形態における冷却通路形成工程中の翼中間品の断面図である。

[図12]本開示に係る一実施形態における翼の断面図である。

[図13]本開示に係る一実施形態の変形例における翼の断面図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明の各種実施形態及びその変形例について、図面を参照して詳細に説明する。

[0017] 「電解加工装置の実施形態」

以下、本開示の一実施形態に係る電解加工装置について、図1～図3を参照して説明する。

[0018] 本実施形態における電解加工装置は、図1に示すように、電解加工工具10と、電源回路1と、移動機構2と、電解液供給機3と、制御器4と、を有する。

[0019] 電解加工工具10は、工具軸線A t 回りに筒状で、内周側が電解液通路13を形成する工具電極11と、筒状の工具電極11の外周に形成されている絶縁層21と、を有する。電源回路1は、工具電極11が負極となり、電解加工工具10により加工されるワークWが正極となるよう、工具電極11とワークWとの間に電圧を印加可能な回路である。移動機構2は、電解加工工具10をワークWに対して相対移動させる機構である。なお、この移動機構2は、電解加工工具10を移動させる機構であっても、ワークWを移動させる機構であってもよい。電解液供給機3は、電解加工工具10の電解液通路13に電解液を供給することができる。この電解液供給機3は、電解液が蓄えられるタンク3aと、タンク3aと電解加工工具10の電解液通路13とを接続する電解液ライン3bと、この電解液ライン3b中に設けられているポンプ3cと、を有する。なお、本実施形態における電解液は、例えば、硝酸

水溶液である。電解液は、この他、 NaCl 溶液や NaNO_3 溶液等の中性溶液や、硫酸水溶液等の酸性溶液等がある。制御器 4 は、電源回路 1、移動機構 2、及び電解液供給機 3 の動作を制御することができる。

[0020] ここで、図 2 に示すように、工具軸線 A_t が延びる方向を軸線方向 D_a 、この軸線方向 D_a における一方側を第一側 D_{a1} 、この軸線方向 D_a における他方側を第二側 D_{a2} とする。また、工具軸線 A_t に対して垂直な方向を径方向 D_r 、この径方向 D_r で工具軸線 A_t から遠ざかる側を径方向外側 D_{ro} 、この径方向 D_r で工具軸線 A_t に近づく側を径方向内側 D_{ri} とする。

[0021] 工具電極 11 は、導電性を有する金属、例えば、ステンレス、純 Ti 、 Ti 合金等で形成されている。工具電極 11 に形成されている電解液通路 13 は、工具軸線 A_t を中心として軸線方向 D_a に延びている。この電解液通路 13 は、入口 13*i*（図 1 参照）と、出口 13*o* と、主通路部 14 と、拡径部 15 と、を有する。電解液通路 13 の入口 13*i* は、工具電極 11 における第二側 D_{a2} の端に形成されている。電解液通路 13 の出口 13*o* は、工具電極 11 における径方向外側 D_{ro} の端であって、工具電極 11 における第一側 D_{a1} の端に形成されている。電解液供給機 3 からの電解液は、入口 13*i* から電解液通路 13 内に流入し、出口 13*o* から流出する。主通路部 14 は、電解液通路 13 中で、軸線方向 D_a におけるいずれの位置でも、一定の内径である部分である。この主通路部 14 の第二側 D_{a2} の端は、工具電極 11 の第二側 D_{a2} の端の位置に一致し、入口 13*i* を成す。拡径部 15 は、電解液通路 13 中で、電解液通路 13 の内径が第一側 D_{a1} に向かうに連れて次第に大きくなる部分である。この拡径部 15 における第二側 D_{a2} の端は、主通路部 14 の第一側 D_{a1} に端に接続されている。また、この拡径部 15 における第一側 D_{a1} の端は、電解液通路 13 の出口 13*o* である。言い換えると、この拡径部 15 における第一側 D_{a1} の端は、工具電極 11 における径方向外側 D_{ro} の端であって、工具電極 11 における第一側 D_{a1} の端の位置に一致している。

[0022] 電解液通路 13 の拡径部 15 を画定する工具電極 11 の内周面 16 は、この内周面 16 より径方向外側 D_{ro} で且つ出口 13 o より第二側 D_{a2} の位置を曲率中心として、曲率半径 R の曲線に沿った形状である。このため、この内周面 16 は、ラッパの内周面の形状に対応した曲面である。よって、この内周面 16 は、なだらかに連続する曲面で、且つ、この内周面 16 の全体が工具軸線 A_t に近づく側に凸状の曲面である。

[0023] 絶縁層 21 は、筒状の工具電極 11 の外周面である電極外周面 12 に形成されている。この絶縁層 21 は、絶縁層内周面 22 と絶縁層外周面 23 と第一側絶縁層端面 24 とを有する。絶縁層内周面 22 は、絶縁層 21 の内周面で、電極外周面 12 に接している。絶縁層外周面 23 は、絶縁層 21 の外周面である。第一側絶縁層端面 24 は、絶縁層内周面 22 の第一側 D_{a1} の端と絶縁層外周面 23 の第一側 D_{a1} の端とを接続する面である。このため、第一側絶縁層端面 24 は、電極外周面 12 の第一側 D_{a1} の端から絶縁層外周面 23 の第一側 D_{a1} の端まで、径方向外側 D_{ro} に広がっている。この第一側絶縁層端面 24 は、径方向外側 D_{ro} に向かうに連れて次第に第二側 D_{a2} に向かって延びている。但し、工具軸線 A_t を含む工具電極 11 の断面における第一側絶縁層端面 24 は、直線形状である。本実施形態では、軸線方向 D_a で、絶縁層内周面 22 の第一側 D_{a1} の端の位置と電極外周面 12 の第一側 D_{a1} の端の位置と一致している。

[0024] 電解加工では、工具電極 11 とワーク W との間に印加する電圧をできる限り抑えつつも、電解液を介して、工具電極 11 とワーク W との間に流れる電流の値を大きくして、加工効率を高めることが望まれる。そこで、発明者は、図 3 に示す比較例の電解加工工具 10 x を用いた際の電解液の流れについて解析した。

[0025] 比較例における電解加工工具 10 x も、本実施形態における電解加工工具 10 と同様、工具軸線 A_t 回りに筒状で、内周側が電解液通路 13 x を形成する工具電極 11 x と、筒状の工具電極 11 x の外周面である電極外周面 12 x に形成されている絶縁層 21 x と、を有する。

[0026] 工具電極 11x に形成されている電解液通路 13x は、工具軸線 A t を中心として軸線方向 D a に延びている。比較例における電解液通路 13x の内径は、軸線方向 D a におけるいずれの位置でも、一定の内径である。よって、比較例における電解液通路 13x は、本実施形態における電解液通路 13 の拡径部 15 に相当する部分を有していない。工具電極 11x における第一側 D a 1 の端で、且つ工具電極 11 における径方向内側 D r i の端の位置には、出口 13 o x が形成されている。よって、比較例の出口 13 o x は、本実施形態の出口 13 o のように、工具電極 11 における径方向外側 D r o の端の位置に形成されていない。

[0027] 比較例の工具電極 11x における内周面 16x の第一側 D a 1 の端とこの工具電極 11x における電極外周面 12x の第一側 D a 1 の端とは、第一側 D a 1 を向く第一側電極端面 17x で接続させている。絶縁層外周面 23x の第一側 D a 1 の端と絶縁層内周面 22x の第一側 D a 1 の端とは、第一側絶縁層端面 24x で接続されている。第一側電極端面 17x 及び第一側絶縁層端面 24x は、いずれも、工具軸線 A t に対して垂直な面である。また、第一側絶縁層端面 24x は、第一側電極端面 17x と面一である。

[0028] 発明者は、比較例の電解加工工具 10x を用いた際の電解液の流れについて解析した結果、第一側電極端面 17x に沿い且つこの第一側電極端面 17x の第一側 D a 1 の領域に、電解液の複数の渦流れ V が形成されることが判明した。これは、電解液が電解液通路 13 の出口 13 o から流出すると、この電解液が流れる流路が径方向外側 D r o に急激に広がるためであると考えられる。

[0029] 電解加工中、電解液中に含まれている水素イオン又は水は、陰極である工具電極 11, 11x から電子を受け取って、水素の気泡 B になる。

[0030] 前述したように、比較例では、第一側電極端面 17x に沿い且つこの第一側電極端面 17x の第一側 D a 1 の領域には、複数の渦流れ V が形成される。このため、複数の気泡 B は、複数の渦流れ V 中に滞留することになる。工具電極 11x とワーク W との間に、複数の気泡 B が滞留すると、工具電極 1

1 x とワークWとの間の電気抵抗が高まる。よって、比較例では、工具電極 1 1 x とワークWとの間に印加する電圧を上げても、工具電極 1 1 x とワークWとの間に流れる電流の値は、電圧の変化に比例して大きくなり、ワークWの加工効率があまりよくない。

[0031] 本実施形態の電解液通路 1 3 は、以上で説明したように、第一側 D a 1 に向かうに連れて次第に内径が大きくなる拡径部 1 5 を有する。しかも、この拡径部 1 5 を画定する工具電極 1 1 の内周面 1 6 は、ラッパの内周面に対応したなだらかに連続する曲面で、この内周面 1 6 の全体が工具軸線 A t に近づく側に凸状の曲面である。このため、本実施形態では、工具電極 1 1 の第一側 D a 1 には、電解液の渦流れ V が実質的に形成されず、複数の気泡 B がスムーズに流れ、工具電極 1 1 とワークWとの間における複数の気泡 B の滞留を抑えることができる。よって、本実施形態では、工具電極 1 1 とワークWとの間の電気抵抗が高まることを抑えることができ、工具電極 1 1 とワークWとの間に印加する電圧を上げると、電圧の上昇に伴って工具電極 1 1 とワークWとの間に流れる電流の値も大きくなり、ワークWの加工効率を高めることができる。

[0032] また、本実施形態における第一側絶縁層端面 2 4 は、径方向外側 D r o に向かうに連れて次第に第二側 D a 2 に向かって延びているので、拡径部 1 5 を画定する工具電極 1 1 の内周面 1 6 に沿って流れてきた電解液中の気泡 B が絶縁層外周面 2 3 の側に流れ易くなる。このため、本実施形態では、この観点からも、複数の気泡 B がスムーズに流れ、工具電極 1 1 とワークWとの間に、複数の気泡 B が滞留を抑えることができる。

[0033] 「電解加工工具の第一変形例」

電解加工工具の第一変形例について、図 4 を参照して説明する。

[0034] 本変形例における電解加工工具 1 0 a も、上記実施形態における電解加工工具 1 0 と同様、工具軸線 A t 回りに筒状で、内周側が電解液通路 1 3 a を形成する工具電極 1 1 a と、筒状の工具電極 1 1 a の外周面である電極外周面 1 2 に形成されている絶縁層 2 1 と、を有する。

[0035] 本変形例における電解液通路13aも、上記実施形態における電解液通路13と同様、入口と、出口13oと、主通路部14と、拡径部15aと、を有する。但し、本変形例における拡径部15aの構成は、上記実施形態における拡径部15の構成と異なる。

[0036] 上記実施形態における拡径部15を画定する工具電極11の内周面16は、一つの曲率半径Rで規定される曲線である。一方、本変形例における拡径部15aを画定する工具電極11aの内周面16aは、複数の曲率半径R1, R2で規定される曲面である。曲率半径R1に関する曲率中心の位置、及び曲率半径R2に関する曲率中心の位置は、いずれも、この拡径部15aを画定する工具電極11aの内周面16aより径方向外側Dr oで且つ出口13oより第二側Da2の位置である。曲率半径R1で規定される曲面と曲率半径R2で規定される曲面は、曲率半径R1で規定される曲面に接続されている。

[0037] よって、本変形例における拡径部15aを画定する工具電極11aの内周面16aも、上記実施形態と同様、ラッパの内周面の形状に対応した曲面である。このため、この内周面16aも、なだらかに連続する曲面で、且つ、この内周面16aの全体が工具軸線Atに近づく側に凸状の曲面である。このため、本変形例における電解加工工具10aでも、上記実施形態における電解加工工具10と同様、工具電極11aとワークWとの間における複数の気泡Bの滞留が抑えられ、工具電極11aとワークWとの間の電気抵抗が高まることを抑えることができる。

[0038] なお、本変形例における拡径部15aを画定する工具電極11aの内周面16aは、二つの曲率半径R1, R2で規定される曲面であるが、三つ以上の曲率半径で規定される曲面であってもよい。さらに、この内周面16aの曲率半径は、楕円のように、軸線方向Daの位置変化に応じて次第に変化してもよい。

[0039] 「電解加工工具の第二変形例」

電解加工工具の第二変形例について、図5を参照して説明する。

- [0040] 本変形例における電解加工工具 10b も、上記実施形態における電解加工工具 10 と同様、工具軸線 A t 回りに筒状で、内周側が電解液通路 13b を形成する工具電極 11b と、筒状の工具電極 11b の外周面である電極外周面 12 に形成されている絶縁層 21 と、を有する。
- [0041] 本変形例における電解液通路 13b も、上記実施形態における電解液通路 13 と同様、入口と、出口 13ob と、主通路部 14 と、拡径部 15b と、を有する。但し、本変形例における出口 13ob の位置は、上記実施形態における出口 13o の位置と異なる。
- [0042] 上記実施形態及び上記第一変形例における電解液通路 13, 13a の出口 13o は、工具電極 11, 11a における径方向外側 D r o の端であって、工具電極 11, 11a における第一側 D a 1 の端に形成されている。一方、本変形例における電解液通路 13b の出口 13ob は、工具電極 11b における径方向外側 D r o の端と径方向内側 D r i の端との間の位置であって、工具電極 11b における第一側 D a 1 の端に形成されている。
- [0043] 本変形例における工具電極 11b の外面であって、電解液通路 13b の出口 13ob と工具電極 11b の電極外周面 12 との間は、第一側 D a 1 を向く第一側電極端面 17b を成す。この第一側電極端面 17b は、電解液通路 13b の出口 13ob から径方向外側 D r o に向かうに連れて次第に第二側 D a 2 に向かうよう形成された面で、且つ径方向外側 D r o に向かって凸状の曲面である。
- [0044] 本変形例における電解液通路 13b の拡径部 15b を画定する工具電極 11b の内周面 16b は、上記実施形態及び上記各変形例と同様、内径が第一側 D a 1 に向かうに連れて次第に径方向外側 D r o になだらかに向かう曲面である。また、本変形例における拡径部 15b における第一側 D a 1 の端は、上記実施形態及び上記各変形例と同様、工具電極 11b における第一側 D a 1 の端であって、電解液通路 13b の出口 13ob である。
- [0045] このため、本変形例でも、上記実施形態及び上記各変形例と同様、工具電極 11b とワーク W との間における複数の気泡 B の滞留が抑えられ、工具電

極 1 1 b とワーク W との間の電気抵抗が高まることを抑えることができる。

[0046] 「電解加工工具の第三変形例」

電解加工工具の第三変形例について、図 6 を参照して説明する。

[0047] 本変形例における電解加工工具 1 0 c も、上記実施形態における電解加工工具 1 0 と同様、工具軸線 A t 回りに筒状で、内周側が電解液通路 1 3 c を形成する工具電極 1 1 c と、筒状の工具電極 1 1 c の外周面である電極外周面 1 2 に形成されている絶縁層 2 1 と、を有する。

[0048] 本変形例における電解液通路 1 3 c も、上記実施形態における電解液通路 1 3 と同様、入口と、出口 1 3 o と、主通路部 1 4 と、拡径部 1 5 c と、を有する。但し、本変形例における拡径部 1 5 c の構成は、上記実施形態における拡径部 1 5 の構成と異なる。

[0049] 本変形例における拡径部 1 5 c を画定する工具電極 1 1 c の内周面 1 6 c は、第一内周面 1 6 1 c と、第二内周面 1 6 2 c と、第三内周面 1 6 3 c と、を有する。第一内周面 1 6 1 c、第二内周面 1 6 2 c、及び第三内周面 1 6 3 c は、いずれも、第二側 D a 2 を頂点とし第一側 D a 1 を底面とする円錐の外周面の一部に対応した面形状である。第一内周面 1 6 1 c の第二側 D a 2 の端は、電解液通路 1 3 c における主通路部 1 4 の第一側 D a 1 の端に接続されている。第二内周面 1 6 2 c の第二側 D a 2 の端は、第一内周面 1 6 1 c の第一側 D a 1 の端に接続されている。第三内周面 1 6 3 c の第二側 D a 2 の端は、第二内周面 1 6 2 c の第一側 D a 1 の端に接続されている。第三内周面 1 6 3 c の第一側 D a 1 の端は、出口 1 3 o である。このため、工具軸線 A t を含む工具電極 1 1 c の断面における、拡径部 1 5 c を画定する工具電極 1 1 c の内周面 1 6 c の形状は、三本の直線が互いに接続された形状になる。

[0050] ここで、各内周面 1 6 1 c、1 6 2 c、1 6 3 c における、第一側 D a 1 への単位変位量に対する径方向外側 D r o の変位量を拡径率とする。第二内周面 1 6 2 c の拡径率は、第一内周面 1 6 1 c の拡径率よりも大きい。また、第三内周面 1 6 3 c の拡径率は、第二内周面 1 6 2 c の拡径率よりも大きい。

い。

[0051] よって、本変形例における拡張部15cも、上記実施形態及び上記各変形例における拡張部15、15a、15bと同様、第一側Da1に向かうに連れて次第に内径が大きくなる。また、本変形例における拡張部15cを画定する工具電極11cの内周面16cは、上記実施形態及び上記各変形例における拡張部15、15a、15bを画定する工具電極11、11a、11bの内周面16、16a、16bと同様、この内周面16cの全体が工具軸線Atに近づく側に凸状の面である。

[0052] また、工具軸線Atを含む工具電極11cの断面で、第一内周面161cと第二内周面162cとが成す内角 θ 、及び第二内周面162cと第三内周面163cとが成す内角は、いずれも、 150° 以上で 180° 未満である。

[0053] 本変形例における拡張部15cを画定する内周面16cは、以上で説明したように、上記実施形態及び上記各変形例と異なり、工具軸線Atを含む工具電極11cの断面における、拡張部15cを画定する内周面16cの形状が、三本の直線が互いに接続された形状である。しかしながら、本変形例における拡張部15cは、上記実施形態及び上記各変形例における拡張部15、15a、15bと同様、第一側Da1に向かうに連れて次第に内径が大きくなる。しかも、この拡張部15cを画定する内周面16cは、全体として、工具軸線Atに近づく側に凸状の面で、ラッパの内周面の形状に対応した面形状である。このため、本変形例でも、工具電極11cの第一側Da1には、電解液の渦流れがほぼ形成されず、複数の気泡Bが上記比較例よりもスムーズに流れる。よって、本変形例でも、工具電極11cとワークWとの間における複数の気泡Bの滞留が抑えられ、工具電極11cとワークWとの間の電気抵抗が高まることを抑えることができる。

[0054] なお、第一内周面161cと第二内周面162cとが成す内角 θ 、及び第二内周面162cと第三内周面163cとが成す内角のうち、いずれかの内角が 135° 未満であると、二つの内周面により形成される角の周りに、電

解液の渦流れが形成され易くなるため、各内角は 135° 以上であることが好ましい。

[0055] また、本変形例における拡径部15cを画定する内周面16cの形状は、第二側Da2を頂点とする複数の円錐の外周面の一部を組み合わせた面形状である。しかしながら、拡径部を画定する内周面は、第二側Da2を頂点とする一つの円錐の外周面の一部の面形状であってもよい。

[0056] 「電解加工工具の第四変形例」

電解加工工具の第四変形例について、図7を参照して説明する。

[0057] 本変形例における電解加工工具10dも、上記実施形態における電解加工工具10と同様、工具軸線At回りに筒状で、内周側が電解液通路13dを形成する工具電極11dと、筒状の工具電極11dの外周面である電極外周面12に形成されている絶縁層21と、を有する。

[0058] 本変形例における電解液通路13dも、上記実施形態における電解液通路13と同様、入口と、出口13oと、主通路部14と、拡径部15dと、を有する。但し、本変形例における拡径部15dの構成は、上記実施形態における拡径部15の構成と異なる。

[0059] 本変形例における拡径部15dを画定する工具電極11dの内周面16dは、第一内周面161dと、第二内周面162dと、第三内周面163dと、第四内周面164dと、を有する。第一内周面161d、第二内周面162d、第三内周面163d、及び第四内周面164dは、いずれも、第二側Da2を頂点とし第一側Da1を底面とする円錐の外周面の一部に対応した面形状である。第一内周面161dの第二側Da2の端は、電解液通路13dにおける主通路部14の第一側Da1の端に接続されている。第二外周面の第二側Da2の端は、第一内周面161dの第一側Da1の端に接続されている。第三外周面の第二側Da2の端は、第二内周面162dの第一側Da1の端に接続されている。第四内周面164dの第二側Da2の端は、第三内周面163dの第一側Da1の端に接続されている。第四内周面164dの第一側Da1の端は、出口13oである。このため、工具軸線Atを含

む工具電極 1 1 d の断面における、拡径部 1 5 d を画定する内周面 1 6 d の形状は、四本の直線が互いに接続された形状になる。

[0060] 第二内周面 1 6 2 d の拡径率は、第一内周面 1 6 1 d の拡径率よりも大きい。また、第三内周面 1 6 3 d の拡径率は、第二内周面 1 6 2 d の拡径率よりも小さい。第四内周面 1 6 4 d の拡径率は、第三内周面 1 6 3 d の拡径率より大きい。

[0061] 以上、本変形例における拡径部 1 5 d も、上記実施形態及び上記各変形例における拡径部 1 5, 1 5 a, 1 5 b, 1 5 c と同様、第一側 D a 1 に向かって連れて次第に内径が大きくなる。また、工具軸線 A t を含む工具電極 1 1 d の断面で、第一内周面 1 6 1 d と第二内周面 1 6 2 d とが成す内角、第二内周面 1 6 2 d と第三内周面 1 6 3 d とが成す内角 θd 、及び第三内周面 1 6 3 d と第四内周面 1 6 4 d とが成す内角は、いずれも、 135° 以上である。

[0062] このため、本変形例でも、第三変形例と同様、工具電極 1 1 d の第一側 D a 1 には、電解液の渦流れがあまり形成されず、複数の気泡 B が上記比較例よりもスムーズに流れる。

よって、本変形例でも、工具電極 1 1 d とワーク W との間における複数の気泡 B の滞留が抑えられ、工具電極 1 1 d とワーク W との間の電気抵抗が高まることを抑えることができる。

[0063] 但し、本変形例では、第三内周面 1 6 3 d の拡径率が第二内周面 1 6 2 d の拡径率よりも小さく、且つ第四内周面 1 6 4 d の拡径率が第三内周面 1 6 3 d の拡径率よりも大きいため、言い換えると、第二内周面 1 6 2 d と第三内周面 1 6 3 d とが成す内角 θd が 180° より大きいため、本変形例における拡径部 1 5 d を画定する工具電極 1 1 d の内周面 1 6 d の一部が工具軸線 A t から遠ざかる側に凹状になっている。このため、本変形例では、第三変形例よりも、工具電極 1 1 d の第一側 D a 1 に、電解液の渦流れが形成され易く、工具電極 1 1 d とワーク W との間に、複数の気泡 B が滞留し易くなる。よって、拡径部を画定する工具電極の内周面の全体は、上記実施形態及

び上記各変形例のように、工具軸線 A t に近づく側に凸状の面であることが好ましい。

[0064] 本変形例は、工具軸線 A t を含む工具電極 1 1 d の断面における、拡径部 1 5 d を画定する内周面 1 6 d の形状が、複数の直線を互いに接続した形状である。しかしながら、工具軸線 A t を含む工具電極の断面における、拡径部を画定する内周面の形状が一つの曲線で規定される形状であっても、拡径部を画定する内周面の全体は、工具軸線 A t に近づく側に凸状の面であることが好ましい。

[0065] 「電解加工工具の第五変形例」

電解加工工具の第五変形例について、図 8 を参照して説明する。

[0066] 本変形例における電解加工工具 1 0 e も、上記実施形態における電解加工工具 1 0 と同様、工具軸線 A t 回りに筒状で、内周側が電解液通路 1 3 を形成する工具電極 1 1 と、筒状の工具電極 1 1 の外周面である電極外周面 1 2 に形成されている絶縁層 2 1 e と、を有する。但し、本変形例における絶縁層 2 1 e の構成が、上記実施形態における絶縁層 2 1 の構成と異なる。

[0067] 本変形例における絶縁層 2 1 e も、上記実施形態及び上記各変形例における絶縁層 2 1 と同様、絶縁層内周面 2 2、絶縁層外周面 2 3、及び第一側絶縁層端面 2 4 e を有する。本変形例における第一側絶縁層端面 2 4 e も、上記実施形態及び上記各変形例における第一側絶縁層端面 2 4 と同様、径方向外側 D r o に向かうに連れて次第に第二側 D a 2 に向かって延びている。但し、工具軸線 A t を含む絶縁層 2 1 e の断面における第一側絶縁層端面 2 4 e の形状は、上記実施形態及び上記各変形例における第一側絶縁層端面 2 4 と異なり、径方向外側 D r o に凸状の曲面である。このため、本変形例では、工具電極 1 1 の表面における径方向外側 D r o の端（出口 1 3 o）と第一側絶縁層端面 2 4 e の径方向内側 D r i の端との接続部分、及び第一側絶縁層端面 2 4 e の径方向外側 D r o の端と絶縁層外周面 2 3 の第一側 D a 1 の端との接続部分には角が形成されていない。

[0068] 本変形例では、電解液が工具電極 1 1 の表面に沿った位置から第一側絶縁

層端面 24 e に沿った位置にスムーズに流れる。また、電解液が第一側絶縁層端面 24 e に沿った位置から絶縁層外周面 23 に沿った位置にスムーズに流れる。このため、本変形例では、上記実施形態及び上記各変形例よりも、工具電極 11 とワーク W との間における複数の気泡 B の滞留が抑えられ、工具電極 11 とワーク W との間の電気抵抗が高まることを抑えることができる。

[0069] なお、本変形例は、上記実施形態の変形例であるが、上記各変形例における絶縁層 21 も、本変形例と同様の形状にしてもよい。

[0070] 「翼の製造方法の実施形態」

翼の製造方法の実施形態について、図 9 ～図 13 を参照して説明する。

[0071] 本実施形態で製造する翼は、ガスタービンの翼である。図 12 に示すように、この翼 50 は、断面が翼形を成し、この断面に垂直な翼高さ方向 Dh に延びている翼体 51 を有する。この翼体 51 は、外面 52 と、翼通路 53 と、複数の冷却通路 54 と、を有する。翼通路 53 は、翼体 51 の外面 52 の内側に形成されている。複数の冷却通路 54 は、翼通路 53 から外面 52 に貫通している。この翼 50 は、場合によっては、さらに、遮熱層 56 を有する。この遮熱層 56 は、翼体 51 の外面 52 上に形成されている。

[0072] ガスタービンの翼 50 は、高温の燃焼ガスに晒される。このため、翼通路 53 に冷却空気を導入し、この冷却空気を複数の冷却通路 54 を介して、翼 50 の外に噴出させる。翼 50 は、翼通路 53 及び複数の冷却通路 54 を流れる冷却空気より対流冷却される。

[0073] この翼 50 は、図 9 のフローチャートに示すように、中間品受取工程 S1、冷却通路形成工程 S2、仕上げ工程 S3 を経て、製造される。

[0074] 中間品受取工程 S1 では、目的の形状の外面 52 が形成された翼中間品 55 を受け取る。この翼中間品 55 は、例えば、鋳型を用いて鋳造されたものである。この翼中間品 55 は、図 10 に示すように、外面 52 及び翼通路 53 を有するものの、冷却通路 54 を有していない。なお、中間品受取工程 S1 では、外部者が翼中間品 55 を形成し、この外部者からこの翼の最終製造

者が受け取ってもよいが、この翼の最終製造者自身が翼中間品 5 5 を形成し、この最終製造者自身が受け取ってもよい。

[0075] 冷却通路形成工程 S 2 では、以上で説明した電解加工装置を用いて、図 1 1 に示すように、翼中間品 5 5 に冷却通路 5 4 を形成する。この際、電解加工過程で発生する気泡を効率的に排出するため、形成する冷却通路 5 4 の延在方向が鉛直成分を有する方向になるよう、翼中間品 5 5 の向きを調整する。そして、翼中間品 5 5 に対して、電解加工装置の電解加工工具 1 0 を鉛直下方に移動させて、冷却通路 5 4 を形成する。

[0076] 仕上げ工程 S 3 では、冷却通路 5 4 が形成された翼中間品 5 5 の表面を研磨して、場合によって、図 1 2 に示すように、冷却通路 5 4 が形成された翼中間品 5 5 の表面に遮熱層 5 6 を形成して、翼 5 0 を仕上げる。

[0077] 本実施形態では、以上で説明した電解加工装置を用いて、翼中間品 5 5 に冷却通路 5 4 を形成するので、冷却通路 5 4 の加工効率が高まり、翼 5 0 の製造コストを抑えることができる。

[0078] なお、以上の翼 5 0 の翼体 5 1 は、外面 5 2 と、翼通路 5 3 と、複数の冷却通路 5 4 と、を有する。しかしながら、図 1 3 に示すように、翼 5 0 a の翼体 5 1 a は、外面 5 2 と、複数の冷却通路 5 4 と、を有し、翼通路 5 3 を有していなくてもよい。この場合、中間品受取工程 S 1 で受け取る翼中間品 5 5 a は、外面 5 2 を有するものの、翼通路 5 3 を有してない。また、この場合、複数の冷却通路 5 4 に冷却空気を導入し、これら複数の冷却通路 5 4 から冷却空気を翼 5 0 a の外に噴出させる。

[0079] 図 1 2 に示す翼 5 0 は、翼体 5 1 の外面 5 2 に沿った部分の全てにわたって複数の冷却通路 5 4 が設けられている。また、図 1 3 に示す翼 5 0 a は、翼体 5 1 a の全体にわたって複数の冷却通路 5 4 が設けられている。しかしながら、翼の一部のみ、例えば、翼高さ方向における一方側の部分にのみ複数の冷却通路を設けてもよい。

[0080] 本開示は、以上で説明した実施形態及び各変形例に限定されるものではない。特許請求の範囲に規定された内容及びその均等物から導き出される本発

明の概念的な思想と趣旨を逸脱しない範囲において、種々の追加、変更、置き換え、部分的削除等が可能である。

[0081] 「付記」

以上の実施形態及び変形例における電解加工工具10, 10a, 10b, 10c, 10d, 10eは、例えば、以下のように把握される。

[0082] (1) 第一態様における電解加工工具は、

工具軸線A_t回りに筒状で、内周側が電解液通路13, 13a, 13b, 13c, 13dを形成する工具電極11, 11a, 11b, 11c, 11dと、筒状の前記工具電極11, 11a, 11b, 11c, 11dの外周面である電極外周面12に形成されている絶縁層21, 21eと、を有する。前記電解液通路13, 13a, 13b, 13c, 13dは、前記工具電極11, 11a, 11b, 11c, 11d中で前記工具軸線A_tが延びる軸線方向D_aにおける第一側D_a1と第二側D_a2とのうち、前記第一側D_a1の端に形成されている出口13o, 13obと、前記第一側D_a1に向かうに連れて次第に内径が大きくなる拡径部15, 15a, 15b, 15c, 15dと、を有する。前記拡径部15, 15a, 15b, 15c, 15dにおける前記第一側D_a1の端が前記出口13o, 13obである。

[0083] 電解加工中、電解液中に含まれている水素イオン又は水は、陰極として用いられる工具電極11, 11a, 11b, 11c, 11dから電子を受け取って、水素の気泡Bになる。本態様における電解液通路13, 13a, 13b, 13c, 13dは、第一側D_a1に向かうに連れて次第に内径が大きくなる拡径部15, 15a, 15b, 15c, 15dを有し、拡径部15, 15a, 15b, 15c, 15dにおける第一側D_a1の端が電解液通路13, 13a, 13b, 13c, 13dの出口13o, 13obである。このため、本態様では、工具電極11, 11a, 11b, 11c, 11dの第一側D_a1には、電解液の渦流れVが形成され難く、複数の気泡Bがスムーズに流れ、工具電極11, 11a, 11b, 11c, 11dとワークWとの間における複数の気泡Bの滞留を抑えることができる。よって、本態様では、工

具電極 11, 11a, 11b, 11c, 11d とワーク W との間の電気抵抗が高まることを抑えることができ、工具電極 11, 11a, 11b, 11c, 11d とワーク W との間に印加する電圧を上げると、電圧の上昇に伴って工具電極 11, 11a, 11b, 11c, 11d とワーク W との間に流れる電流の値も大きくなり、ワーク W の加工効率を高めることができる。

[0084] (2) 第二態様における電解加工工具は、

前記第一態様における電解加工工具 10, 10a, 10b, 10e において、前記電解液通路 13, 13a, 13b の前記拡径部 15, 15a, 15b を画定する前記工具電極 11, 11a, 11b の内周面 16, 16a, 16b は、なだらかに連続する曲面である。

[0085] 本態様では、電解液通路 13, 13a, 13b の拡径部 15, 15a, 15b を画定する工具電極 11, 11a, 11b の内周面 16, 16a, 16b に沿って、電解液及び気泡 B がスムーズに流れ、工具電極 11, 11a, 11b とワーク W との間における複数の気泡 B の滞留を抑えることができる。

[0086] (3) 第三態様における電解加工工具は、

前記第一態様における電解加工工具 10c において、前記電解液通路 13c の前記拡径部 15c を画定する前記工具電極 11c の内周面 16c の形状は、前記第二側 Da2 を頂点とする一の円錐の内周面の一部の面形状、又は前記第二側 Da2 を頂点とする複数の円錐の外周面の一部を組み合わせた面形状である。

[0087] (4) 第四態様における電解加工工具は、

前記第一態様から前記第三態様のうちのいずれか一態様における電解加工工具 10, 10a, 10b, 10c, 10e において、前記電解液通路 13, 13a, 13b, 13c の前記拡径部 15, 15a, 15b, 15c を画定する前記工具電極 11, 11a, 11b, 11c の内周面 16, 16a, 16b, 16c は、ラッパの内周面に対応した形状である。

[0088] 本態様では、電解液通路 13, 13a, 13b, 13c の拡径部 15, 1

5 a, 15 b, 15 cを画定する内周面16, 16 a, 16 b, 16 cに沿って、電解液及び気泡Bがスムーズに流れ、工具電極11, 11 a, 11 b, 11 cとワークWとの間における複数の気泡Bの滞留を抑えることができる。

[0089] (5) 第五態様における電解加工工具は、

前記第一態様から前記第四態様のうちのいずれか一態様における電解加工工具10, 10 a, 10 b, 10 c, 10 eにおいて、前記拡径部15, 15 a, 15 b, 15 cを画定する前記工具電極11, 11 a, 11 b, 11 c, 11 dの内周面16, 16 a, 16 b, 16 cの全体は、前記工具軸線A tに近づく側に凸状である。

[0090] 本態様では、拡径部を画定する工具電極の内周面の一部が工具軸線A tから遠ざかる側に凹状になっている場合よりも、気泡Bの滞留を抑えることができる。

[0091] (6) 第六態様における電解加工工具は、

前記第一態様から前記第五態様のうちのいずれか一態様における電解加工工具10, 10 a, 10 b, 10 c, 10 d, 10 eにおいて、前記絶縁層21, 21 eは、前記絶縁層21, 21 eの外周面である絶縁層外周面23と、前記電極外周面12の前記第一側D a 1の端から前記絶縁層外周面23の前記第一側D a 1の端まで、前記工具軸線A tに対する径方向外側D r oに広がっている第一側絶縁層端面24, 24 eと、を有する。前記第一側絶縁層端面24, 24 eは、前記径方向外側D r oに向かうに連れて次第に前記第二側D a 2に向かって延びている。

[0092] 本態様における第一側絶縁層端面24, 24 eは、径方向外側D r oに向かうに連れて次第に第二側D a 2に向かって延びているので、工具電極11, 11 a, 11 b, 11 c, 11 dの表面に沿って流れてきた電解液中の気泡Bが絶縁層外周面23の側に流れ易くなる。このため、本態様では、この観点からも、複数の気泡Bがスムーズに流れ、工具電極11, 11 a, 11 b, 11 c, 11 dとワークWとの間に、複数の気泡Bが滞留することを抑

えることができる。

[0093] 以上の実施形態における電解加工装置は、例えば、以下のように把握される。

(7) 第七態様における電解加工装置は、

前記第一態様から前記第六態様のうちのいずれか一態様における電解加工工具10、10a、10b、10c、10d、10eと、前記電解加工工具10、10a、10b、10c、10d、10eの前記工具電極11、11a、11b、11c、11dが負極となり、前記電解加工工具10、10a、10b、10c、10d、10eにより加工されるワークWが正極となるよう、前記工具電極11、11a、11b、11c、11dと前記ワークWとの間に電圧を印加可能な電源回路1と、前記電解加工工具10、10a、10b、10c、10d、10eを前記ワークWに対して相対移動させることができる移動機構2と、前記電解液通路13、13a、13b、13c、13dに電解液を供給可能な電解液供給機3と、前記電源回路1、前記移動機構2、及び前記電解液供給機3を制御可能な制御器4と、を備える。

[0094] 本態様における電解加工装置は、以上で説明した前記第一態様から前記第五態様のうちのいずれか一態様における電解加工工具10、10a、10b、10c、10d、10eを備えるので、工具電極11、11a、11b、11c、11dとワークWとの間における複数の気泡Bの滞留を抑えることができ、ワークWの加工効率を高めることができる。

[0095] 以上の実施形態における翼の製造方法は、例えば、以下のように把握される。

(8) 第八態様における翼の製造方法は、

目的の形状の外面52が形成された翼中間品55を受け取る中間品受取工程S1と、前記翼中間品55の内部に冷却通路54を形成する冷却通路形成工程S2と、を実行する。

前記冷却通路形成工程S2では、前記第七態様における電解加工装置を用いて、前記翼中間品55に前記冷却通路54を形成する。

[0096] 本態様における翼の製造方法では、前記第七態様における電解加工装置を用いて、翼中間品 5 5 に冷却通路 5 4 を形成するので、翼中間品 5 5 の加工効率が高まり、翼 5 0 の製造コストを抑えることができる。

産業上の利用可能性

[0097] 本開示の一態様によれば、ワークの加工効率を高めることができる。

符号の説明

[0098] 1 : 電源回路
2 : 移動機構
3 : 電解液供給機
3 a : タンク
3 b : 電解液ライン
3 c : ポンプ
4 : 制御器
1 0, 1 0 a, 1 0 b, 1 0 c, 1 0 d, 1 0 e, 1 0 x : 電解加工工具
1 1, 1 1 a, 1 1 b, 1 1 c, 1 1 d, 1 1 x : 工具電極
1 2, 1 2 x : 電極外周面
1 3, 1 3 a, 1 3 b, 1 3 c, 1 3 d, 1 3 x : 電解液通路
1 3 i : 入口
1 3 o, 1 3 o b, 1 3 o x : 出口
1 4 : 主通路部
1 5, 1 5 a, 1 5 b, 1 5 c, 1 5 d : 拡径部
1 6, 1 6 a, 1 6 b, 1 6 c, 1 6 d, 1 6 x : 内周面
1 6 1 c, 1 6 1 d : 第一内周面
1 6 2 c, 1 6 2 d : 第二内周面
1 6 3 c, 1 6 3 d : 第三内周面
1 6 4 d : 第四内周面
1 7 b, 1 7 x : 第一側電極端面
2 1, 2 1 e, 2 1 x : 絶縁層

2 2, 2 2 x : 絶縁層内周面
2 3, 2 3 x : 絶縁層外周面
2 4, 2 4 e, 2 4 x : 第一側絶縁層端面
5 0, 5 0 a : 翼
5 1, 5 1 a : 翼体
5 2 : 外面
5 3 : 翼通路
5 4 : 冷却通路
5 5, 5 5 a : 翼中間品
5 6 : 遮熱層
A t : 工具軸線
D a : 軸線方向
D a 1 : 第一側
D a 2 : 第二側
D r : 径方向
D r i : 径方向内側
D r o : 径方向外側
B : 気泡
V : 渦流れ
W : ワーク

請求の範囲

- [請求項1] 工具軸線回りに筒状で、内周側が電解液通路を形成する工具電極と、
筒状の前記工具電極の外周面である電極外周面に形成されている絶縁層と、
を有し、
前記電解液通路は、
前記工具電極中で前記工具軸線が延びる軸線方向における第一側と第二側とのうち、前記第一側の端に形成されている出口と、
前記第一側に向かうに連れて次第に内径が大きくなる拡径部と、
を有し、
前記拡径部における前記第一側の端が前記出口である、
電解加工工具。
- [請求項2] 請求項1に記載の電解加工工具において、
前記電解液通路の前記拡径部を画定する前記工具電極の内周面は、
なだらかに連続する曲面である、
電解加工工具。
- [請求項3] 請求項1に記載の電解加工工具において、
前記電解液通路の前記拡径部を画定する前記工具電極の内周面は、
前記第二側を頂点とする一の円錐の内周面の一部の面、又は前記第二側を頂点とする複数の円錐の外周面の一部を組み合わせた面である、
電解加工工具。
- [請求項4] 請求項1に記載の電解加工工具において、
前記電解液通路の前記拡径部を画定する前記工具電極の内周面は、
ラッパの内周面に対応した形状である、
電解加工工具。
- [請求項5] 請求項1に記載の電解加工工具において、
前記拡径部を画定する前記工具電極の内周面の全体は、前記工具軸

線に近づく側に凸状である、

電解加工工具。

[請求項6]

請求項 1 に記載の電解加工工具において、

前記絶縁層は、前記絶縁層の外周面である絶縁層外周面と、前記電極外周面の前記第一側の端から前記絶縁層外周面の前記第一側の端まで、前記工具軸線に対する径方向外側に広がっている第一側絶縁層端面と、を有し、

前記第一側絶縁層端面は、前記径方向外側に向かうに連れて次第に前記第二側に向かって延びている、

電解加工工具。

[請求項7]

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の電解加工工具と、

前記電解加工工具の前記工具電極が負極となり、前記電解加工工具により加工されるワークが正極となるよう、前記工具電極と前記ワークとの間に電圧を印加可能な電源回路と、

前記電解加工工具を前記ワークに対して相対移動させることができる移動機構と、

前記電解液通路に電解液を供給可能な電解液供給機と、

前記電源回路、前記移動機構、及び前記電解液供給機を制御可能な制御器と、

を備える電解加工装置。

[請求項8]

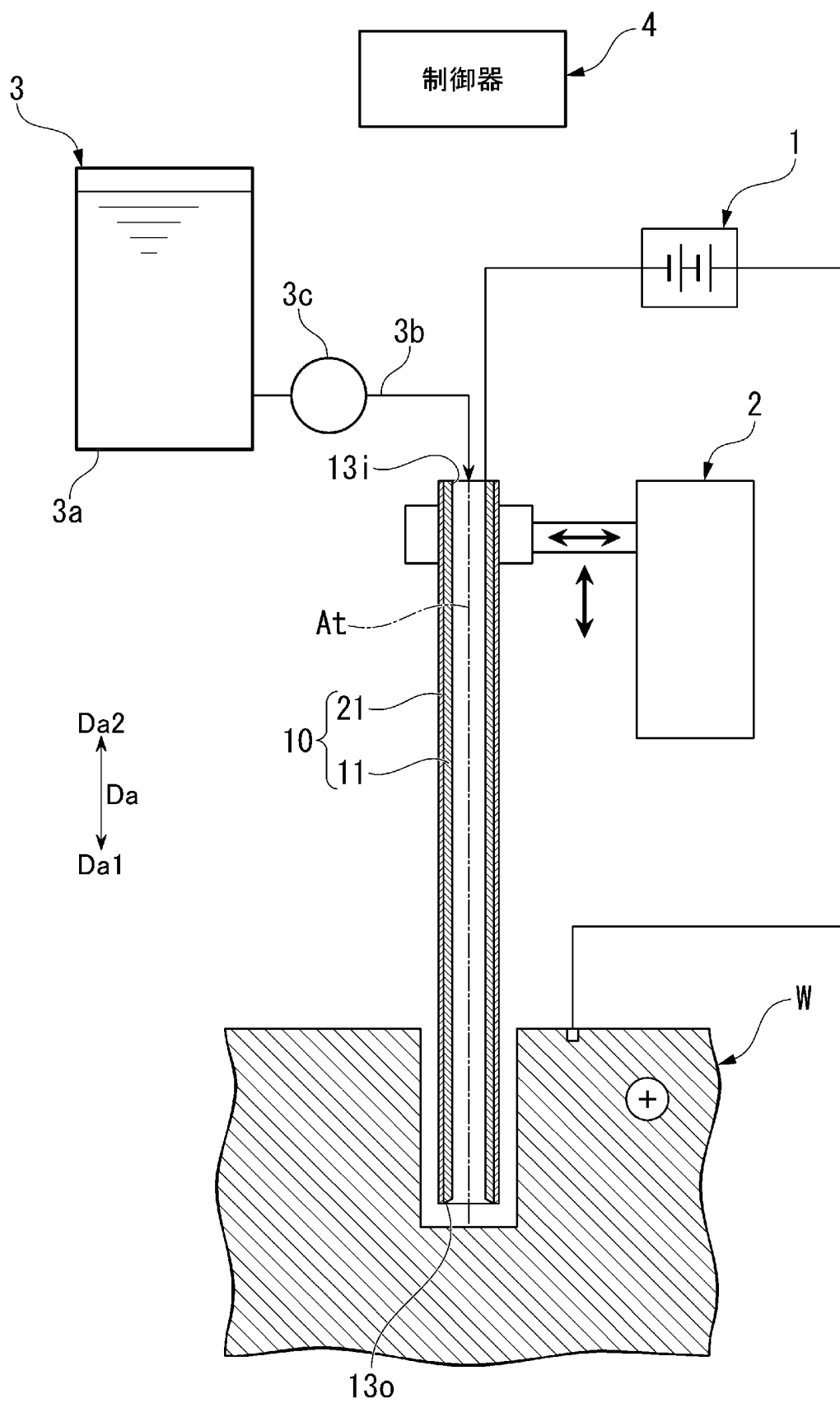
目的の形状の外表面が形成された翼中間品を受け取る中間品受取工程と、

前記翼中間品の内部に冷却通路を形成する冷却通路形成工程と、
を実行し、

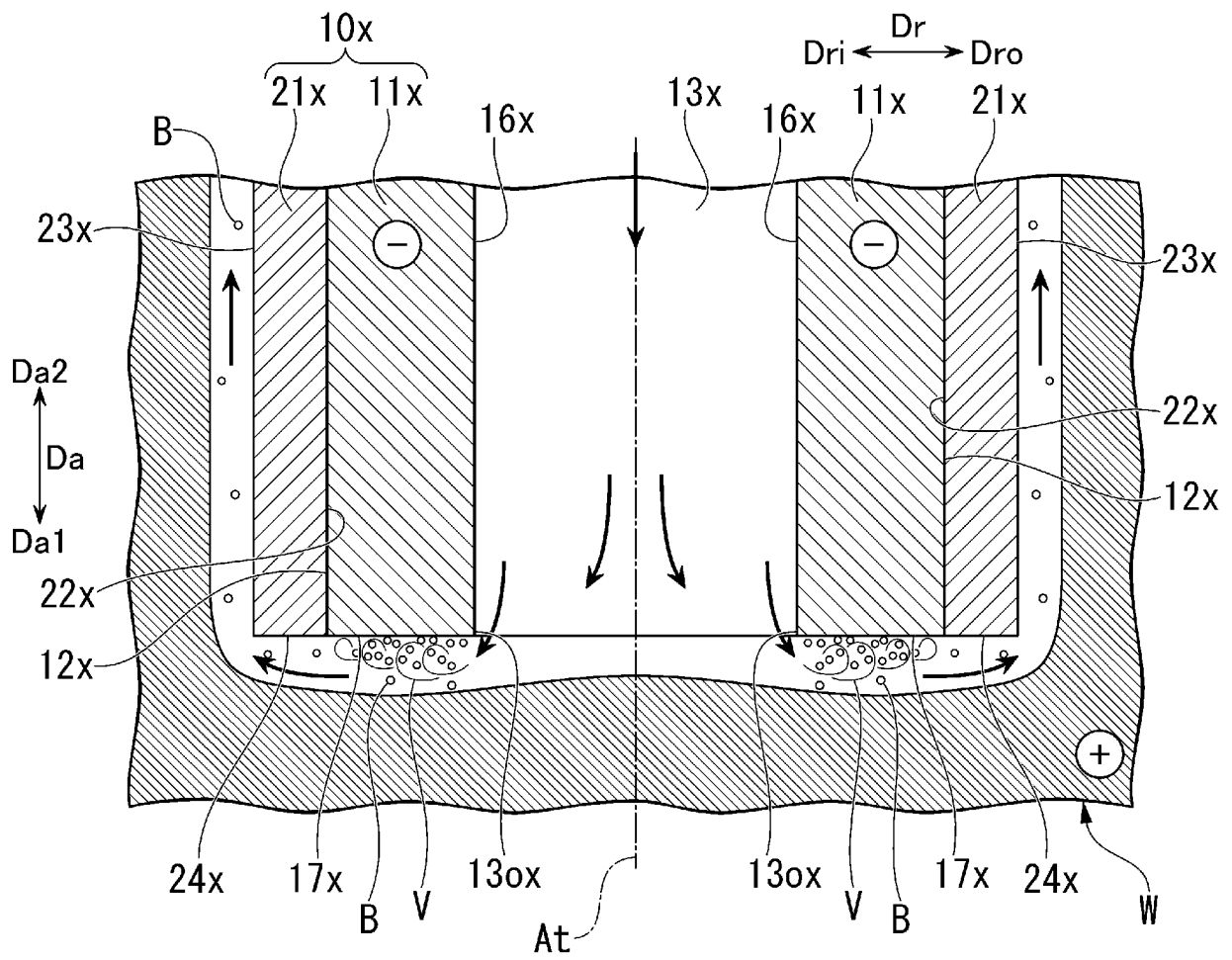
前記冷却通路形成工程では、請求項 7 に記載の電解加工装置を用いて、前記翼中間品に前記冷却通路を形成する、

翼の製造方法。

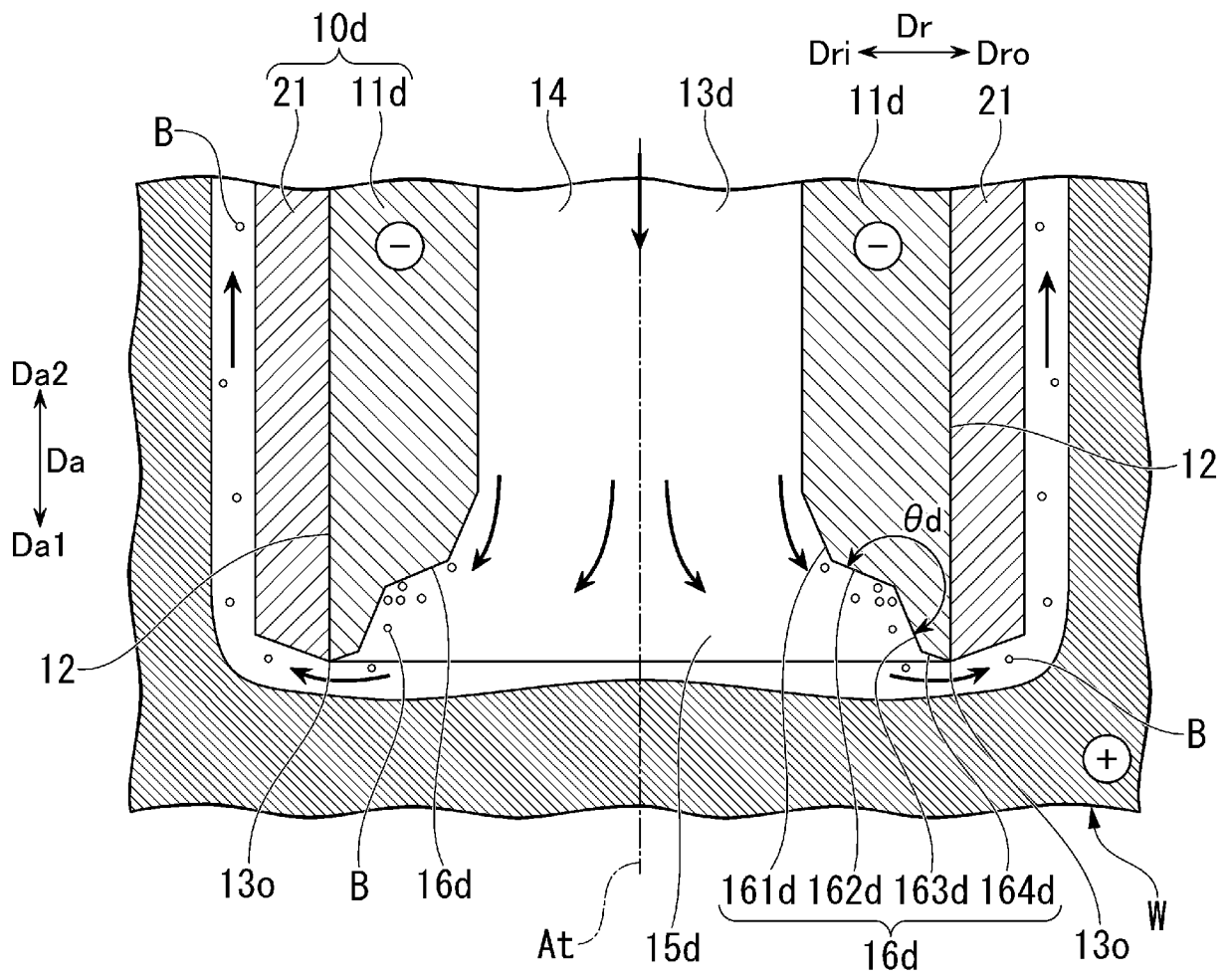
[図1]

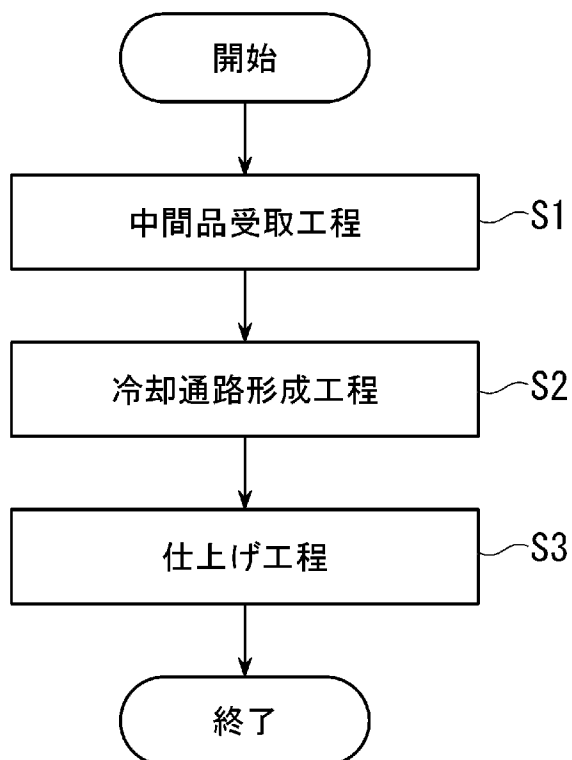
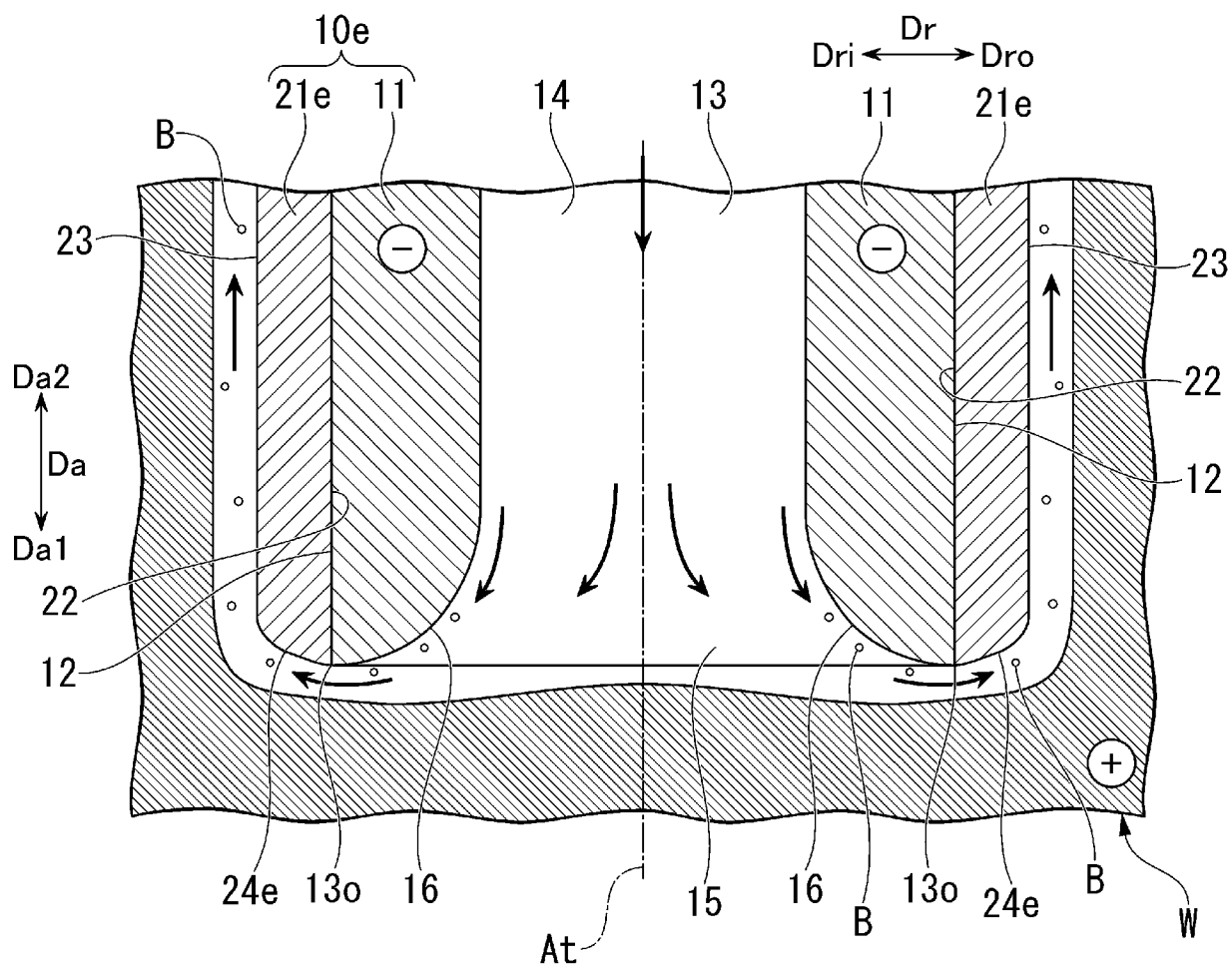


[図3]

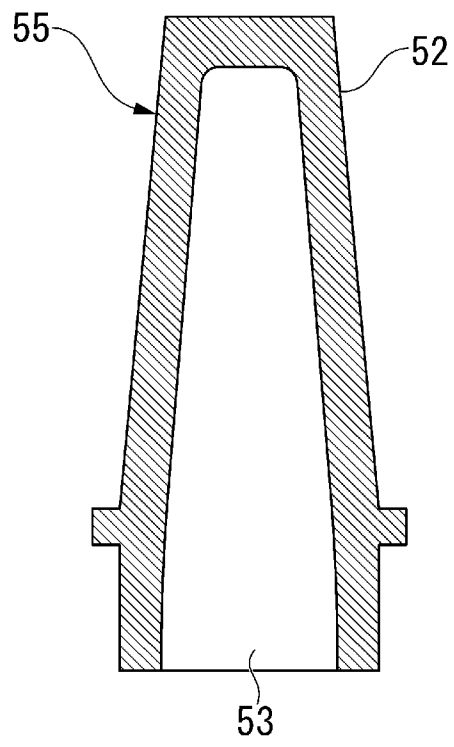


[図7]

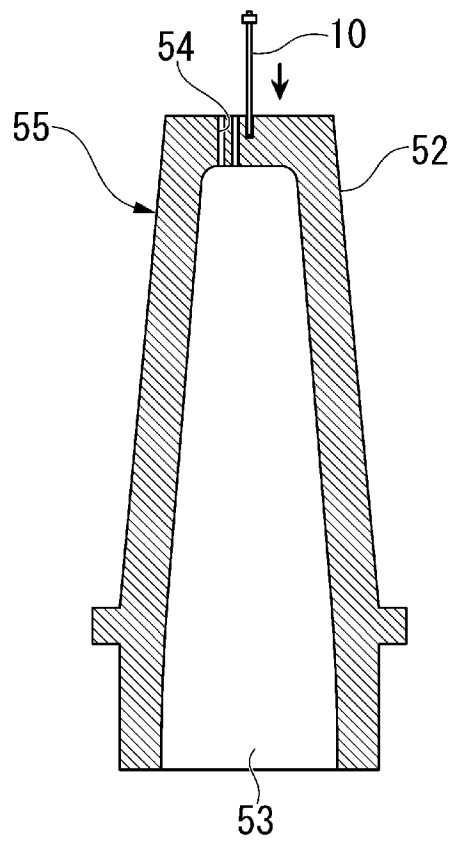




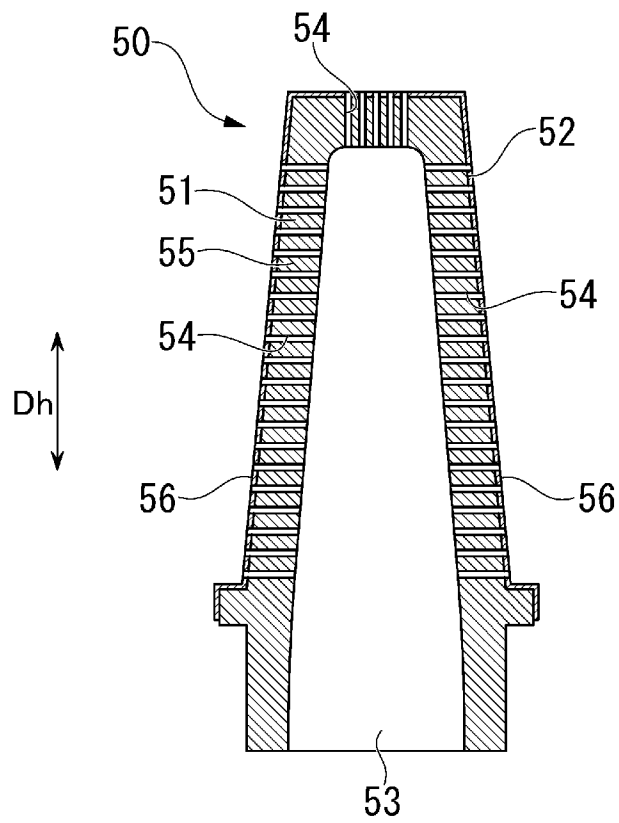
[図10]



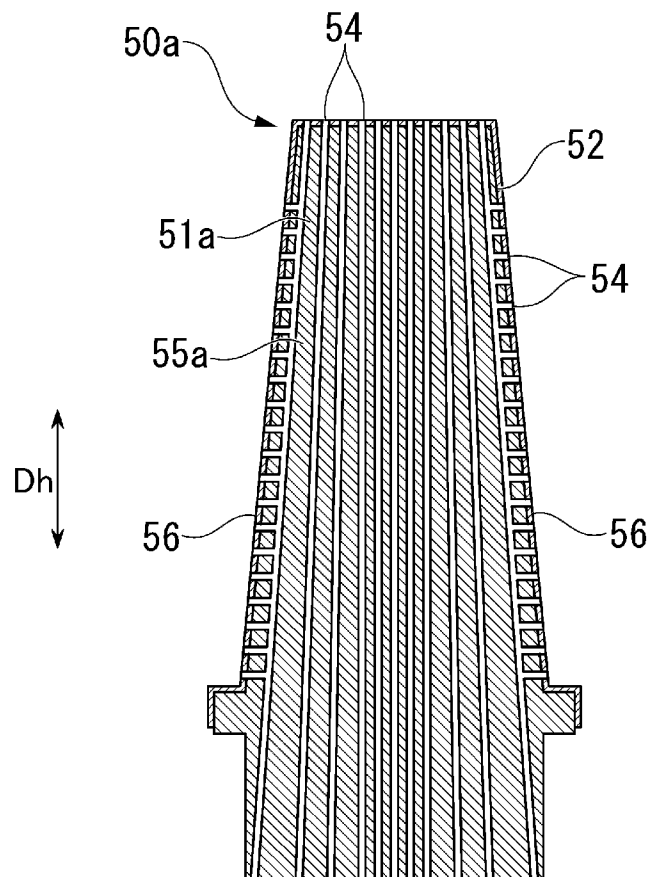
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/044391

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B23H 3/04**(2006.01)i; **B23H 9/10**(2006.01)i; **B23H 9/14**(2006.01)i

FI: B23H3/04 Z; B23H9/14; B23H9/10

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)

B23H3/04; B23H9/10; B23H9/14

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 1971-2024
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-136140 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 11 July 2013 (2013-07-11) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2019-18281 A (MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.) 07 February 2019 (2019-02-07) entire text, all drawings	1-8
A	WO 2014/073453 A1 (HODEN SEIMITSU KAKO KENKYUSHO LTD.) 15 May 2014 (2014-05-15) entire text, all drawings	1-8



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
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “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

18 January 2024

Date of mailing of the international search report

30 January 2024

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/044391

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2013-136140	A	11 July 2013	US 2015/0231717	A1
				entire text, all drawings	
				WO 2013/081000	A1
				EP 2752267	A1
				CN 103781581	A
JP	2019-18281	A	07 February 2019	KR 10-2014-0043499	A
				US 2020/0086410	A1
				entire text, all drawings	
				WO 2019/017191	A1
				CN 110719824	A
WO	2014/073453	A1	15 May 2014	KR 10-2020-0003070	A
				US 2015/0273603	A1
				entire text, all drawings	
				US 2018/0185943	A1
				US 2020/0261993	A1
WO	2014/073453	A1	15 May 2014	EP 2918363	A1
				CN 104903040	A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23H 3/04(2006.01)i; B23H 9/10(2006.01)i; B23H 9/14(2006.01)i FI: B23H3/04 Z; B23H9/14; B23H9/10		
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）） B23H3/04; B23H9/10; B23H9/14 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-136140 A（三菱重工業株式会社）11.07.2013（2013-07-11） 全文，全図	1-8
A	JP 2019-18281 A（三菱日立パワーシステムズ株式会社）07.02.2019（2019-02-07） 全文，全図	1-8
A	WO 2014/073453 A1（株式会社放電精密加工研究所）15.05.2014（2014-05-15） 全文，全図	1-8
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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 18.01.2024	国際調査報告の発送日 30.01.2024	
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） 松田 長親 3P 4032 電話番号 03-3581-1101 内線 3363	

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/JP2023/044391

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2013-136140	A	11.07.2013	US	2015/0231717	A1	
				全文, 全図			
				WO	2013/081000	A1	
				EP	2752267	A1	
				CN	103781581	A	
				KR	10-2014-0043499	A	

JP	2019-18281	A	07.02.2019	US	2020/0086410	A1	
				全文, 全図			
				WO	2019/017191	A1	
				CN	110719824	A	
				KR	10-2020-0003070	A	

WO	2014/073453	A1	15.05.2014	US	2015/0273603	A1	
				全文, 全図			
				US	2018/0185943	A1	
				US	2020/0261993	A1	
				EP	2918363	A1	
				CN	104903040	A	
