(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 120265412 A
(43)申请公布日 2025.07.04

(21)申请号 202380084296.7

(22)申请日 2023.12.12

(30)优先权数据
2022-211124 2022.12.28 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2025.06.06

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/044391 2023.12.12

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2024/142907 JA 2024.07.04

(71)申请人 三菱重工业株式会社
地址 日本

(72)发明人 向井洋介 浅井由季 小田贵章 高井淳生

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
专利代理师 海坤

(51)Int.Cl.
B23H 3/04(2006.01)
B23H 9/10(2006.01)
B23H 9/14(2006.01)

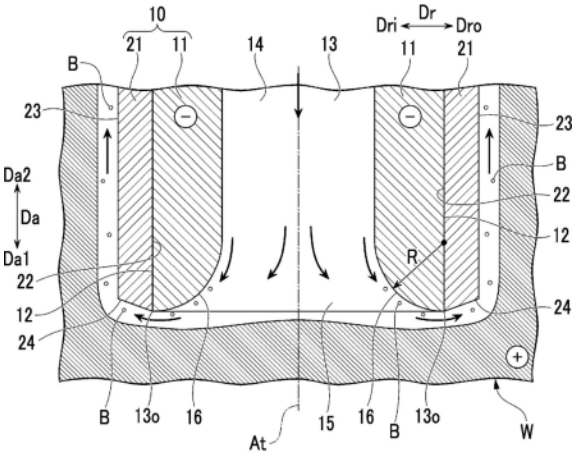
权利要求书1页 说明书12页 附图7页

(54)发明名称

电解加工工具、电解加工装置及叶片的制造方法

(57)摘要

本发明提供一种电解加工工具，其具有：工具电极，围绕工具轴线呈筒状，且内周侧形成有电解液通道；及绝缘层，形成在筒状的所述工具电极的外周面上。所述电解液通道具有：出口，形成在所述工具电极中所述工具轴线延伸的轴线方向上的第一侧及第二侧中的所述第一侧的端部；及扩径部，内径随着朝向所述第一侧而逐渐变大。所述扩径部中的所述第一侧的端部是所述出口。



CN 120265412 A

1.一种电解加工工具,其具有:

工具电极,围绕工具轴线呈筒状,且内周侧形成有电解液通道;及

绝缘层,形成在作为筒状的所述工具电极的外周面的电极外周面上,

所述电解液通道具有:

出口,形成在所述工具电极中所述工具轴线延伸的轴线方向上的第一侧及第二侧中的所述第一侧的端部;及

扩径部,内径随着朝向所述第一侧而逐渐变大,

所述扩径部中的所述第一侧的端部是所述出口。

2.根据权利要求1所述的电解加工工具,其中,

用于界定所述电解液通道的所述扩径部的所述工具电极的内周面是平滑的连续的曲面。

3.根据权利要求1所述的电解加工工具,其中,

用于界定所述电解液通道的所述扩径部的所述工具电极的内周面是以所述第二侧为顶点的一个圆锥的内周面的一部分的面或者组合以所述第二侧为顶点的多个圆锥的外周面的一部分而成的面。

4.根据权利要求1所述的电解加工工具,其中,

用于界定所述电解液通道的所述扩径部的所述工具电极的内周面是与喇叭的内周面相对应的形状。

5.根据权利要求1所述的电解加工工具,其中,

用于界定所述扩径部的所述工具电极的内周面的整体为向靠近所述工具轴线的一侧凸出的形状。

6.根据权利要求1所述的电解加工工具,其中,

所述绝缘层具有作为所述绝缘层的外周面的绝缘层外周面及从所述电极外周面的所述第一侧的端部向相对于所述工具轴线的径向外侧扩展至所述绝缘层外周面的所述第一侧的端部的第一侧绝缘层端面,

所述第一侧绝缘层端面随着朝向所述径向外侧而逐渐朝向所述第二侧延伸。

7.一种电解加工装置,其具备:

权利要求1至6中任一项所述的电解加工工具;

电源电路,能够以使所述电解加工工具的所述工具电极成为负极,并且使通过所述电解加工工具加工的工件成为正极的方式,在所述工具电极与所述工件之间施加电压;

移动机构,能够使所述电解加工工具相对于所述工件相对移动;

电解液供给装置,能够向所述电解液通道供给电解液;及

控制器,能够控制所述电源电路、所述移动机构及所述电解液供给装置。

8.一种叶片的制造方法,其执行如下工序:

中间产品接收工序,接收形成有目标形状的外表面的叶片中间产品;及

冷却通道形成工序,在所述叶片中间产品的内部形成冷却通道,

在所述冷却通道形成工序中,利用权利要求7所述的电解加工装置,在所述叶片中间产品上形成所述冷却通道。

电解加工工具、电解加工装置及叶片的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电解加工工具、具备该电解加工工具的电解加工装置及利用该装置的叶片的制造方法。

[0002] 本申请主张基于2022年12月28日在日本申请的日本专利申请2022-211124号的优先权,并将该内容援用于此。

背景技术

[0003] 在对难以进行机械加工的难加工材料进行钻孔时,通常采用电解加工法或放电加工法。尤其,在对难加工材料钻出高深宽比的孔时,通常采用电解加工法。

[0004] 用于执行电解加工法的电解加工装置通常具备电解加工工具、使电解加工工具相对于工件相对移动的移动机构、电源电路及电解液供给装置。电解加工工具具有工具电极及覆盖该工具电极的一部分的绝缘层。电源电路以使工具电极成为负极,并且使工件成为正极的方式,在工具电极与工件之间施加电压。

[0005] 以下的专利文献1中公开了一种电解加工装置的电解加工工具。该电解加工工具具有:工具电极,围绕工具轴线呈筒状;及绝缘层,覆盖筒状的工具轴线的外周面。

[0006] 以往技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本专利第6071742号公报

发明内容

[0009] 发明要解决的技术课题

[0010] 在电解加工中,希望尽量抑制施加在工具电极与工件之间的电压的同时,通过电解液而增大在工具电极与工件之间流动的电流的值,从而提高工件的加工效率。

[0011] 因此,本发明的目的在于提供一种能够提高工件加工效率的技术。

[0012] 用于解决技术课题的手段

[0013] 用于实现所述目标的发明所涉及的一方式的电解加工工具具有:

[0014] 工具电极,围绕工具轴线呈筒状,且内周侧形成有电解液通道;及绝缘层,形成在作为筒状的所述工具电极的外周面的电极外周面上。所述电解液通道具有:出口,形成在所述工具电极中所述工具轴线延伸的轴线方向上的第一侧及第二侧中的所述第一侧的端部;及扩径部,内径随着朝向所述第一侧而逐渐变大。所述扩径部中的所述第一侧的端部是所述出口。

[0015] 在电解加工过程中,电解液中所含有的氢离子或水从用作阴极的工具电极上得到电子,形成氢气泡。本方式中的电解液通道具有内径随着朝向第一侧而逐渐变大的扩径部,扩径部中的第一侧的端部是电解液通道的出口。因此,在本方式中,在工具电极的第一侧上不易形成电解液的涡流,能够使多个气泡顺畅地流动,从而抑制在工具电极与工件之间的多个气泡的滞留。因此,在本方式中,能够抑制在工具电极与工件之间的电阻的增加,若提

高施加在工具电极与工件之间的电压,则伴随电压的上升,在工具电极与工件之间流动的电流的值也会增大,能够提高加工效率。

[0016] 用于实现所述目标的发明所涉及的一方式的电解加工装置具备:电解加工工具;电源电路,能够以使所述电解加工工具的所述工具电极成为负极,并且使通过所述电解加工工具加工的工件成为正极的方式,在所述工具电极与所述工件之间施加电压;移动机构,能够使所述电解加工工具相对于所述工件相对移动;电解液供给装置,能够向所述电解液通道供给电解液;及控制器,能够控制所述电源电路、所述移动机构及所述电解液供给装置。

[0017] 本方式中的电解加工装置具备前面所说明的电解加工工具,因此能够抑制在工具电极与工件之间的多个气泡的滞留,从而能够提高工件的加工效率。

[0018] 用于实现所述目标的发明所涉及的一方式的叶片的制造方法执行如下工序:中间产品形成工序,形成形成有目标形状的外表面的叶片中间产品;冷却通道形成工序,在所述叶片中间产品的内部形成冷却通道;及精加工工序,对形成有所述冷却通道的所述叶片中间产品实施精加工处理。

[0019] 在所述冷却通道形成工序中,利用所述电解加工装置,在所述叶片中间产品上形成所述冷却通道。

[0020] 在本方式中的叶片的制造方法中,利用所述电解加工装置,在叶片中间产品上形成冷却通道,因此能够提高叶片中间产品的加工效率,从而抑制叶片的制造成本。

[0021] 发明效果

[0022] 根据本发明的一方式,能够提高工件的加工效率。

附图说明

[0023] 图1是表示本发明所涉及的一实施方式中的电解加工装置的结构的示意图。

[0024] 图2是本发明所涉及的一实施方式中的电解加工工具的主要部分剖视图。

[0025] 图3是比较例中的电解加工工具的主要部分剖视图。

[0026] 图4是本发明所涉及的一实施方式的第一变形例中的电解加工工具的主要部分剖视图。

[0027] 图5是本发明所涉及的一实施方式的第二变形例中的电解加工工具的主要部分剖视图。

[0028] 图6是本发明所涉及的一实施方式的第三变形例中的电解加工工具的主要部分剖视图。

[0029] 图7是本发明所涉及的一实施方式的第四变形例中的电解加工工具的主要部分剖视图。

[0030] 图8是本发明所涉及的一实施方式的第五变形例中的电解加工工具的主要部分剖视图。

[0031] 图9是表示本发明所涉及的一实施方式中的叶片的制造方法的执行步骤的流程图。

[0032] 图10是本发明所涉及的一实施方式中的叶片中间产品的剖视图。

[0033] 图11是本发明所涉及的一实施方式中的冷却通道形成工序中的叶片中间产品的

剖视图。

[0034] 图12是本发明所涉及的一实施方式中的叶片的剖视图。

[0035] 图13是本发明所涉及的一实施方式的变形例中的叶片的剖视图。

具体实施方式

[0036] 以下,参考附图对本发明的各种实施方式及其变形例进行详细说明。

[0037] “电解加工装置的实施方式”

[0038] 以下,参考图1～图3对本发明的一实施方式所涉及的电解加工装置进行说明。

[0039] 如图1所示,本实施方式中的电解加工装置具有电解加工工具10、电源电路1、移动机构2、电解液供给装置3及控制器4。

[0040] 电解加工工具10具有:工具电极11,围绕工具轴线At呈筒状,且内周侧形成有电解液通道13;及绝缘层21,形成在筒状的工具电极11的外周面上。电源电路1是如下电路:能够以使工具电极11成为负极,并且使通过电解加工工具10加工的工件W成为正极的方式,在工具电极11与工件W之间施加电压。移动机构2是使电解加工工具10相对于工件W相对移动的机构。另外,该移动机构2也可以是使电解加工工具10移动的机构,也可以是使工件W移动的机构。电解液供给装置3能够向电解加工工具10的电解液通道13供给电解液。该电解液供给装置3具有:用于储存电解液的储罐3a;电解液管路3b,将储罐3a与电解加工工具10的电解液通道13连接;及泵3c,设置在该电解液管路3b上。另外,本实施方式中的电解液例如是硝酸水溶液。电解液还有NaCl溶液或$NaNO_3$溶液等中性溶液、或者硫酸水溶液等酸性溶液等。控制器4能够控制电源电路1、移动机构2及电解液供给装置3的动作。

[0041] 在此,如图2所示,将工具轴线At延伸的方向设为轴线方向Da,将该轴线方向Da上的一侧设为第一侧Da1,并且将该轴线方向Da上的另一侧设为第二侧Da2。并且,将与工具轴线At垂直的方向设为径向Dr,将在该径向Dr上远离工具轴线At的一侧设为径向外侧Dro,并且将在该径向Dr上靠近工具轴线At的一侧设为径向内侧Dri。

[0042] 工具电极11由具有导电性的金属例如不锈钢、纯Ti、Ti合金等形成。形成在工具电极11上的电解液通道13以工具轴线At为中心,沿轴线方向Da延伸。该电解液通道13具有入口13i(参考图1)、出口13o、主通道部14及扩径部15。电解液通道13的入口13i形成在工具电极11中的第二侧Da2的端部。电解液通道13的出口13o形成在工具电极11中的径向外侧Dro的端部,且工具电极11中的第一侧Da1的端部。来自电解液供给装置3的电解液从入口13i流入电解液通道13内,并且从出口13o流出。主通道部14是在电解液通道13中,在轴线方向Da上的任一位置处均为恒定的内径的部分。该主通道部14的第二侧Da2的端部与工具电极11的第二侧Da2的端部的位置重合,并形成入口13i。扩径部15是在电解液通道13中,电解液通道13的内径随着朝向第一侧Da1而逐渐变大的部分。该扩径部15中的第二侧Da2的端部与主通道部14的第一侧Da1的端部连接。并且,该扩径部15中的第一侧Da1的端部是电解液通道13的出口13o。换言之,该扩径部15中的第一侧Da1的端部是工具电极11中的径向外侧Dro的端部,并且与工具电极11中的第一侧Da1的端部的位置重合。

[0043] 用于界定电解液通道13的扩径部15的工具电极11的内周面16是以比该内周面16更靠径向外侧Dro且比出口13o更靠第二侧Da2的位置为曲率中心,顺应曲率半径R的曲线的形状。因此,该内周面16是与喇叭的内周面的形状相对应的曲面。因此,该内周面16是平滑

的连续的曲面,且是该内周面16的整体向靠近工具轴线At的一侧凸出的曲面。

[0044] 绝缘层21形成在作为筒状的工具电极11的外周面的电极外周面12上。该绝缘层21具有绝缘层内周面22、绝缘层外周面23及第一侧绝缘层端面24。绝缘层内周面22是绝缘层21的内周面,并且与电极外周面12接触。绝缘层外周面23是绝缘层21的外周面。第一侧绝缘层端面24是连接绝缘层内周面22的第一侧Da1的端部与绝缘层外周面23的第一侧Da1的端部的面。因此,第一侧绝缘层端面24从电极外周面12的第一侧Da1的端部向径向外侧Dro扩展至绝缘层外周面23的第一侧Da1的端部。该第一侧绝缘层端面24随着朝向径向外侧Dro而逐渐朝向第二侧Da2延伸。但是,包括工具轴线At的工具电极11的截面中的第一侧绝缘层端面24是直线形状。在本实施方式中,在轴线方向Da上,绝缘层内周面22的第一侧Da1的端部的位置与电极外周面12的第一侧Da1的端部的位置重合。

[0045] 在电解加工中,希望尽量抑制施加在工具电极11与工件W之间的电压的同时,通过电解液而增大在工具电极11与工件W之间流动的电流的值,从而提高加工效率。因此,发明人对利用图3所示的比较例的电解加工工具10x时的电解液的流动进行了分析。

[0046] 比较例中的电解加工工具10x也与本实施方式中的电解加工工具10相同,具有:工具电极11x,围绕工具轴线At呈筒状,且内周侧形成有电解液通道13x;及绝缘层21x,形成在作为筒状的工具电极11x的外周面的电极外周面12x上。

[0047] 形成在工具电极11x上的电解液通道13x以工具轴线At为中心,沿轴线方向Da延伸。比较例中的电解液通道13x的内径在轴线方向Da上的任一位置处均为恒定的内径。因此,比较例中的电解液通道13x不具有与本实施方式中的电解液通道13的扩径部15相当的部分。在工具电极11x中的第一侧Da1的端部且工具电极11x中的径向内侧Dri的端部的位置上形成有出口13ox。因此,如本实施方式的出口13o那样,比较例的出口13ox未形成在工具电极11x中的径向外侧Dro的端部的位置上。

[0048] 比较例的工具电极11x中的内周面16x的第一侧Da1的端部与该工具电极11x中的电极外周面12x的第一侧Da1的端部通过朝向第一侧Da1的第一侧电极端面17x连接。绝缘层外周面23x的第一侧Da1的端部与绝缘层内周面22x的第一侧Da1的端部通过第一侧绝缘层端面24x连接。第一侧电极端面17x及第一侧绝缘层端面24x均为与工具轴线At垂直的面。并且,第一侧绝缘层端面24x与第一侧电极端面17x在同一平面上。

[0049] 发明人对利用比较例的电解加工工具10x时的电解液的流动进行了分析,其结果,发现沿着第一侧电极端面17x且在该第一侧电极端面17x的第一侧Da1的区域中形成有电解液的多个涡流V。认为这是因为,当电解液从电解液通道13的出口13o流出时,该电解液流动的流路急剧向径向外侧Dro扩展。

[0050] 在电解加工过程中,电解液中所含有的氢离子或水从作为阴极的工具电极11、11x上得到电子,形成氢气泡B。

[0051] 如上所述,在比较例中,沿着第一侧电极端面17x且在该第一侧电极端面17x的第一侧Da1的区域中形成有多个涡流V。因此,多个气泡B会滞留在多个涡流V中。若多个气泡B在工具电极11x与工件W之间滞留,则工具电极11x与工件W之间的电阻增加。因此,在比较例中,即使提高施加在工具电极11x与工件W之间的电压,在工具电极11x与工件W之间流动的电流的值也不会随着电压的变化而成比例地增大,工件W的加工效率不是很好。

[0052] 如以上所说明那样,本实施方式的电解液通道13具有内径随着朝向第一侧Da1而

逐渐变大的扩径部15。而且,用于界定该扩径部15的工具电极11的内周面16是与喇叭的内周面相对应的平滑的连续的曲面,且是该内周面16的整体向靠近工具轴线At的一侧凸出的曲面。因此,在本实施方式中,在工具电极11的第一侧Da1上实质上没有形成电解液的涡流V,能够使多个气泡B顺畅地流动,从而抑制在工具电极11与工件W之间的多个气泡B的滞留。因此,在本实施方式中,能够抑制在工具电极11与工件W之间的电阻的增加,若提高施加在工具电极11与工件W之间的电压,则伴随电压的上升,在工具电极11与工件W之间流动的电流的值也会增大,能够提高工件W的加工效率。

[0053] 并且,本实施方式中的第一侧绝缘层端面24随着朝向径向外侧Dro而逐渐朝向第二侧Da2延伸,因此沿着用于界定扩径部15的工具电极11的内周面16流过来的电解液中的气泡B容易流向绝缘层外周面23侧。因此,在本实施方式中,从该观点来看,也能够使多个气泡B顺畅地流动,从而抑制多个气泡B在工具电极11与工件W之间滞留。

[0054] “电解加工工具的第一变形例”

[0055] 参考图4对电解加工工具的第一变形例进行说明。

[0056] 本变形例中的电解加工工具10a也与上述实施方式中的电解加工工具10相同,具有:工具电极11a,围绕工具轴线At呈筒状,且内周侧形成有电解液通道13a;及绝缘层21,形成在作为筒状的工具电极11a的外周面的电极外周面12上。

[0057] 本变形例中的电解液通道13a也与上述实施方式中的电解液通道13相同,具有入口、出口13o、主通道部14及扩径部15a。但是,本变形例中的扩径部15a的结构与上述实施方式中的扩径部15的结构不同。

[0058] 用于界定上述实施方式中的扩径部15的工具电极11的内周面16是由一个曲率半径R规定的曲线。另一方面,本变形例中的用于界定扩径部15a的工具电极11a的内周面16a是由多个曲率半径R1、R2规定的曲面。与曲率半径R1相关的曲率中心的位置及与曲率半径R2相关的曲率中心的位置均为在比用于界定该扩径部15a的工具电极11a的内周面16a更靠径向外侧Dro且比出口13o更靠第二侧Da2的位置。以曲率半径R1规定的曲面及以曲率半径R2规定的曲面与以曲率半径R1规定的曲面连接。

[0059] 因此,本变形例中的用于界定扩径部15a的工具电极11a的内周面16a也与上述实施方式相同,是与喇叭的内周面的形状相对应的曲面。因此,该内周面16a也是平滑的连续的曲面,且是该内周面16a的整体向靠近工具轴线At的一侧凸出的曲面。由此,即使是本变形例中的电解加工工具10a也与上述实施方式中的电解加工工具10相同,能够抑制在工具电极11a与工件W之间的多个气泡B的滞留,并且抑制在工具电极11a与工件W之间的电阻的增加。

[0060] 另外,本变形例中的用于界定扩径部15a的工具电极11a的内周面16a是由两个曲率半径R1、R2规定的曲面,但也可以是由三个以上的曲率半径规定的曲面。而且,该内周面16a的曲率半径如椭圆那样可以随着轴线方向Da的位置变化而逐渐变化。

[0061] “电解加工工具的第二变形例”

[0062] 参考图5对电解加工工具的第二变形例进行说明。

[0063] 本变形例中的电解加工工具10b也与上述实施方式中的电解加工工具10相同,具有:工具电极11b,围绕工具轴线At呈筒状,且内周侧形成有电解液通道13b;及绝缘层21,形成在作为筒状的工具电极11b的外周面的电极外周面12上。

[0064] 本变形例中的电解液通道13b也与上述实施方式中的电解液通道13相同,具有入口、出口13ob、主通道部14及扩径部15b。但是,本变形例中的出口13ob的位置与上述实施方式中的出口13o的位置不同。

[0065] 上述实施方式及上述第一变形例中的电解液通道13、13a的出口13o形成在工具电极11、11a中的径向外侧Dro的端部,且工具电极11、11a中的第一侧Da1的端部。另一方面,本变形例中的电解液通道13b的出口13ob形成在工具电极11b中的径向外侧Dro的端部与径向内侧Dri的端部之间的位置,且工具电极11b中的第一侧Da1的端部。

[0066] 在本变形例中的工具电极11b的外表面,且电解液通道13b的出口13ob与工具电极11b的电极外周面12之间,形成朝向第一侧Da1的第一侧电极端面17b。该第一侧电极端面17b是形成为随着从电解液通道13b的出口13ob朝向径向外侧Dro而逐渐朝向第二侧Da2的面,且是朝向径向外侧Dro的凸出的曲面。

[0067] 本变形例中的用于界定电解液通道13b的扩径部15b的工具电极11b的内周面16b与上述实施方式及上述各变形方式相同,是内径随着朝向第一侧Da1而逐渐平滑地朝向径向外侧Dro的曲面。并且,本变形例中的扩径部15b中的第一侧Da1的端部与上述实施方式及上述各变形例相同,是工具电极11b中的第一侧Da1的端部,且是电解液通道13b的出口13ob。

[0068] 因此,在本变形例中,也与上述实施方式及上述各变形例相同,能够抑制在工具电极11b与工件W之间的多个气泡B的滞留,并且抑制工具电极11b与工件W之间的电阻的增加。

[0069] “电解加工工具的第三变形例”

[0070] 参考图6对电解加工工具的第三变形例进行说明。

[0071] 本变形例中的电解加工工具10c也与上述实施方式中的电解加工工具10相同,具有:工具电极11c,围绕工具轴线At呈筒状,且内周侧形成有电解液通道13c;及绝缘层21,形成在作为筒状的工具电极11c的外周面的电极外周面12上。

[0072] 本变形例中的电解液通道13c也与上述实施方式中的电解液通道13相同,具有入口、出口13o、主通道部14及扩径部15c。但是,本变形例中的扩径部15c的结构与上述实施方式中的扩径部15的结构不同。

[0073] 在本变形例中的用于界定扩径部15c的工具电极11c的内周面16c具有第一内周面161c、第二内周面162c及第三内周面163c。第一内周面161c、第二内周面162c及第三内周面163c均为与以第二侧Da2为顶点且以第一侧Da1为底面的圆锥的外周面的一部分相对应的面形状。第一内周面161c的第二侧Da2的端部与电解液通道13c中的主通道部14的第一侧Da1的端部连接。第二内周面162c的第二侧Da2的端部与第一内周面161c的第一侧Da1的端部连接。第三内周面163c的第二侧Da2的端部与第二内周面162c的第一侧Da1的端部连接。第三内周面163c的第一侧Da1的端部是出口13o。因此,包括工具轴线At的工具电极11c的截面中的、用于界定扩径部15c的工具电极11c的内周面16c的形状成为三条直线彼此连接而成的形状。

[0074] 在此,将各内周面161c、162c、163c中的径向外侧Dro的位移量相对于向第一侧Da1的单位位移量定义为扩径率。第二内周面162c的扩径率比第一内周面161c的扩径率大。并且,第三内周面163c的扩径率比第二内周面162c的扩径率大。

[0075] 因此,本变形例中的扩径部15c也与上述实施方式及上述各变形例中的扩径部15、

15a、15b相同,内径随着朝向第一侧Da1而逐渐变大。并且,本变形例中的用于界定扩径部15c的工具电极11c的内周面16c与上述实施方式及上述各变形例中的用于界定扩径部15、15a、15b的工具电极11、11a、11b的内周面16、16a、16b相同,是该内周面16c整体向靠近工具轴线At的一侧凸出的面。

[0076] 并且,在包括工具轴线At的工具电极11c的截面中,第一内周面161c与第二内周面162c所成的内角θ及第二内周面162c与第三内周面163c所成的内角均为150°以上且小于180°。

[0077] 如以上所说明那样,本变形例中的用于界定扩径部15c的内周面16c与上述实施方式及上述各变形例不同,包括工具轴线At的工具电极11c的截面中的、用于界定扩径部15c的内周面16c的形状是三条直线彼此连接而成的形状。然而,本变形例中的扩径部15c与上述实施方式及上述各变形例中的扩径部15、15a、15b相同,内径随着朝向第一侧Da1而逐渐变大。而且,用于界定该扩径部15c的内周面16c是整体向靠近工具轴线At的一侧凸出的面,且是与喇叭的内周面的形状相对应的面形状。因此,在本变形例中,在工具电极11c的第一侧Da1上也几乎没有形成电解液的涡流,从而使多个气泡B比上述比较例更顺畅地流动。因此,在本变形例中,也能够抑制在工具电极11c与工件W之间的多个气泡B的滞留,并且抑制在工具电极11c与工件W之间的电阻的增加。

[0078] 另外,第一内周面161c与第二内周面162c所成的内角θ及第二内周面162c与第三内周面163c所成的内角中的任一个内角小于135°时,电解液的涡流容易形成在由两个内周面形成的角的周围,因此各内角优选为135°以上。

[0079] 并且,本变形例中的用于界定扩径部15c的内周面16c的形状是组合以第二侧Da2为顶点的多个圆锥的外周面的一部分而成的面形状。然而,用于界定扩径部的内周面可以是以第二侧Da2为顶点的一个圆锥的外周面的一部分的面形状。

[0080] “电解加工工具的第四变形例”

[0081] 参考图7对电解加工工具的第四变形例进行说明。

[0082] 本变形例中的电解加工工具10d也与上述实施方式中的电解加工工具10相同,具有:工具电极11d,围绕工具轴线At呈筒状,且内周侧形成有电解液通道13d;及绝缘层21,形成在作为筒状的工具电极11d的外周面的电极外周面12上。

[0083] 本变形例中的电解液通道13d也与上述实施方式中的电解液通道13相同,具有入口、出口13o、主通道部14及扩径部15d。但是,本变形例中的扩径部15d的结构与上述实施方式中的扩径部15的结构不同。

[0084] 在本变形例中的用于界定扩径部15d的工具电极11d的内周面16d具有第一内周面161d、第二内周面162d、第三内周面163d及第四内周面164d。第一内周面161d、第二内周面162d、第三内周面163d及第四内周面164d均为与以第二侧Da2为顶点且以第一侧Da1为底面的圆锥的外周面的一部分相对应的面形状。第一内周面161d的第二侧Da2的端部与电解液通道13d中的主通道部14的第一侧Da1的端部连接。第二外周面的第二侧Da2的端部与第一内周面161d的第一侧Da1的端部连接。第三外周面的第二侧Da2的端部与第二内周面162d的第一侧Da1的端部连接。第四内周面164d的第二侧Da2的端部与第三内周面163d的第一侧Da1的端部连接。第四内周面164d的第一侧Da1的端部是出口13o。因此,包括工具轴线At的工具电极11d的截面中的、用于界定扩径部15d的内周面16d的形状是四条直线彼此连接而

成的形状。

[0085] 第二内周面162d的扩径率比第一内周面161d的扩径率大。并且,第三内周面163d的扩径率比第二内周面162d的扩径率小。第四内周面164d的扩径率比第三内周面163d的扩径率大。

[0086] 以上,本变形例中的扩径部15d也与上述实施方式及上述各变形例中的扩径部15、15a、15b、15c相同,内径随着朝向第一侧Da1而逐渐变大。并且,在包括工具轴线At的工具电极11d的截面中,第一内周面161d与第二内周面162d所成的内角、第二内周面162d与第三内周面163d所成的内角θd及第三内周面163d与第四内周面164d所成的内角均为135°以上。

[0087] 因此,在本变形例中,与第三变形例相同,在工具电极11d的第一侧Da1上也几乎没有形成电解液的涡流,从而使多个气泡B比上述比较例更顺畅地流动。

[0088] 因此,在本变形例中,也能够抑制在工具电极11d与工件W之间的多个气泡B的滞留,并且抑制在工具电极11d与工件W之间的电阻的增加。

[0089] 但是,在本变形例中,第三内周面163d的扩径率比第二内周面162d的扩径率小,并且第四内周面164d的扩径率比第三内周面163d的扩径率大,因此,换言之,第二内周面162d与第三内周面163d所成的内角θd大于180°,因此在本变形例中的用于界定扩径部15d的工具电极11d的内周面16d的一部分向远离工具轴线At的一侧凹陷。因此,在本变形例中,与第三变形例相比,更容易在工具电极11d的第一侧Da1上形成电解液的涡流,且多个气泡B容易在工具电极11d与工件W之间滞留。因此,如上述实施方式及上述各变形例那样,优选为用于界定扩径部的工具电极的内周面的整体是向靠近工具轴线At的一侧凸出的面。

[0090] 本变形例中,包括工具轴线At的工具电极11d的截面中的、用于界定扩径部15d的内周面16d的形状是将多条直线彼此连接而成的形状。然而,即使包括工具轴线At的工具电极的截面中的、用于界定扩径部的内周面的形状是由一条曲线规定的形状,也优选为用于界定扩径部的内周面的整体是向靠近工具轴线At的一侧凸出的面。

[0091] “电解加工工具的第五变形例”

[0092] 参考图8对电解加工工具的第五变形例进行说明。

[0093] 本变形例中的电解加工工具10e也与上述实施方式中的电解加工工具10相同,具有:工具电极11,围绕工具轴线At呈筒状,且内周侧形成有电解液通道13;及绝缘层21e,形成在作为筒状的工具电极11的外周面的电极外周面12上。但是,本变形例中的绝缘层21e的结构与上述实施方式中的绝缘层21的结构不同。

[0094] 本变形例中的绝缘层21e也与上述实施方式及上述各变形例中的绝缘层21相同,具有绝缘层内周面22、绝缘层外周面23及第一侧绝缘层端面24e。本变形例中的第一侧绝缘层端面24e也与上述实施方式及上述各变形例中的第一侧绝缘层端面24相同,随着朝向径向外侧Dro而逐渐朝向第二侧Da2延伸。但是,包括工具轴线At的绝缘层21e的截面上的第一侧绝缘层端面24e的形状与上述实施方式及上述各变形例中的第一侧绝缘层端面24不同,是向径向外侧Dro凸出的曲面。因此,在本变形例中,工具电极11的表面上的径向外侧Dro的端部(出口13o)与第一侧绝缘层端面24e的径向内侧Dri的端部的连接部分及第一侧绝缘层端面24e的径向外侧Dro的端部与绝缘层外周面23的第一侧Da1的端部的连接部分未形成角。

[0095] 在本变形例中,电解液从顺应工具电极11的表面的位置顺畅地流动到顺应第一侧

绝缘层端面24e的位置。并且,电解液从顺应第一侧绝缘层端面24e的位置顺畅地流动到顺应绝缘层外周面23的位置。因此,在本变形例中,与上述实施方式及上述各变形例相比,更能够抑制在工具电极11与工件W之间的多个气泡B的滞留,并且抑制在工具电极11与工件W之间的电阻的增加。

[0096] 另外,本变形例是上述实施方式的变形例,但上述各变形例中的绝缘层21也可以制成与本变形例相同的形状。

[0097] “叶片的制造方法的实施方式”

[0098] 参考图9～图13对叶片的制造方法的实施方式进行说明。

[0099] 通过本实施方式制造的叶片是燃气轮机的叶片。如图12所示,该叶片50具有截面呈叶片形状且沿与该截面垂直的叶片高度方向Dh延伸的叶片主体51。该叶片主体51具有外表面52、叶片通道53及多个冷却通道54。叶片通道53形成在叶片主体51的外表面52的内侧。多个冷却通道54从叶片通道53贯穿至外表面52。根据情况,该叶片50还具有隔热层56。该隔热层56形成在叶片主体51的外表面52上。

[0100] 燃气轮机的叶片50暴露于高温的燃烧气体中。因此,向叶片通道53导入冷却空气,并且使该冷却空气经由多个冷却通道54向叶片50的外部喷出。叶片50通过在叶片通道53及多个冷却通道54中流动的冷却空气进行对流冷却。

[0101] 如图9的流程图所示,该叶片50经过中间产品接收工序S1、冷却通道形成工序S2、精加工工序S3来制造。

[0102] 在中间产品接收工序S1中,接收形成有目标形状的外表面52的叶片中间产品55。该叶片中间产品55例如利用铸型铸造而成。如图10所示,该叶片中间产品55虽然具有外表面52及叶片通道53,但是不具有冷却通道54。另外,在中间产品接收工序S1中,可以是外部人员形成叶片中间产品55,并且由该叶片的最终制造者从该外部人员接收,但是也可以是叶片的最终制造者自身形成叶片中间产品55,并且由该最终制造者自身接收。

[0103] 如图11所示,在冷却通道形成工序S2中,利用以上所说明的电解加工装置,在叶片中间产品55上形成冷却通道54。此时,为了有效地排出在电解加工过程中产生的气泡,以使所形成的冷却通道54的延伸方向成为具有铅垂分量的方向的方式,调整叶片中间产品55的方向。然后,使电解加工装置的电解加工工具10相对于叶片中间产品55向铅垂下方移动,从而形成冷却通道54。

[0104] 在精加工工序S3中,对形成有冷却通道54的叶片中间产品55的表面进行抛光,根据情况,如图12所示,在形成有冷却通道54的叶片中间产品55的表面上形成隔热层56来精加工叶片50。

[0105] 在本实施方式中,利用以上所说明的电解加工装置,在叶片中间产品55上形成冷却通道54,因此能够提高冷却通道54的加工效率,从而抑制叶片50的制造成本。

[0106] 另外,以上的叶片50的叶片主体51具有外表面52、叶片通道53及多个冷却通道54。然而,也可以如图13所示,叶片50a的叶片主体51a具有外表面52及多个冷却通道54,不具有叶片通道53。在该情况下,在中间产品接收工序S1中接收的叶片中间产品55a虽然具有外表面52,但是不具有叶片通道53。并且,在该情况下,向多个冷却通道54导入冷却空气,并且使冷却空气从这些多个冷却通道54向叶片50a的外部喷出。

[0107] 图12所示的叶片50中遍及顺应叶片主体51的外表面52的整个部分设置有多个冷

却通道54。并且,图13所示的叶片50a中遍及叶片主体51a的整体设置有多个冷却通道54。然而,也可以仅在叶片的一部分例如仅在叶片高度方向上的一侧的部分设置多个冷却通道。

[0108] 本发明并不限定于以上所说明的实施方式及各变形例。在不脱离技术方案中规定的内容及从其等同物导出的本发明的概念性思想及宗旨的范围内,能够进行各种追加、变更、替换、部分删除等。

[0109] “附记”

[0110] 例如,如下掌握以上的实施方式及变形例中的电解加工工具10、10a、10b、10c、10d、10e。

[0111] (1)第一方式中的电解加工工具具有:工具电极11、11a、11b、11c、11d,围绕工具轴线At呈筒状,且内周侧形成有电解液通道13、13a、13b、13c、13d;及绝缘层21、21e,形成在作为筒状的所述工具电极11、11a、11b、11c、11d的外周面的电极外周面12上。所述电解液通道13、13a、13b、13c、13d具有:出口13o、13ob,形成在所述工具电极11、11a、11b、11c、11d中所述工具轴线At延伸的轴线方向Da上的第一侧Da1及第二侧Da2中的所述第一侧Da1的端部;及扩径部15、15a、15b、15c、15d,内径随着朝向所述第一侧Da1而逐渐变大。所述扩径部15、15a、15b、15c、15d中的所述第一侧Da1的端部是所述出口13o、13ob。

[0112] 在电解加工过程中,电解液中所含有的氢离子或水从用作阴极的工具电极11、11a、11b、11c、11d上得到电子,形成氢气泡B。本方式中的电解液通道13、13a、13b、13c、13d具有内径随着朝向第一侧Da1而逐渐变大的扩径部15、15a、15b、15c、15d,扩径部15、15a、15b、15c、15d中的第一侧Da1的端部是电解液通道13、13a、13b、13c、13d的出口13o、13ob。因此,在本方式中,在工具电极11、11a、11b、11c、11d的第一侧Da1上不易形成电解液的涡流V,能够使多个气泡B顺畅地流动,从而抑制在工具电极11、11a、11b、11c、11d与工件W之间的多个气泡B的滞留。因此,在本方式中,能够抑制在工具电极11、11a、11b、11c、11d与工件W之间的电阻的增加,若提高施加在工具电极11、11a、11b、11c、11d与工件W之间的电压,则伴随电压的上升,在工具电极11、11a、11b、11c、11d与工件W之间流动的电流的值也会增大,能够提高工件W的加工效率。

[0113] (2)关于第二方式中的电解加工工具,在所述第一方式中的电解加工工具10、10a、10b、10e中,用于界定所述电解液通道13、13a、13b的所述扩径部15、15a、15b的所述工具电极11、11a、11b的内周面16、16a、16b是平滑的连续的曲面。

[0114] 在本方式中,能够使电解液及气泡B沿着用于界定电解液通道13、13a、13b的扩径部15、15a、15b的工具电极11、11a、11b的内周面16、16a、16b顺畅地流动,从而抑制在工具电极11、11a、11b与工件W之间的多个气泡B的滞留。

[0115] (3)关于第三方式中的电解加工工具,在所述第一方式中的电解加工工具10c中,用于界定所述电解液通道13c的所述扩径部15c的所述工具电极11c的内周面16c的形状是以所述第二侧Da2为顶点的一个圆锥的内周面的一部分的面形状或者组合以所述第二侧Da2为顶点的多个圆锥的外周面的一部分而成的面形状。

[0116] (4)关于第四方式中的电解加工工具,在所述第一方式至所述第三方式中的任一方式中的电解加工工具10、10a、10b、10c、10e中,用于界定所述电解液通道13、13a、13b、13c的所述扩径部15、15a、15b、15c的所述工具电极11、11a、11b、11c的内周面16、16a、16b、16c是与喇叭的内周面相对应的形状。

[0117] 在本方式中,能够使电解液及气泡B沿着用于界定电解液通道13、13a、13b、13c的扩径部15、15a、15b、15c的内周面16、16a、16b、16c顺畅地流动,从而抑制在工具电极11、11a、11b、11c与工件W之间的多个气泡B的滞留。

[0118] (5)关于第五方式中的电解加工工具,在所述第一方式至所述第四方式中的任一方式中的电解加工工具10、10a、10b、10c、10e中,用于界定所述扩径部15、15a、15b、15c的所述工具电极11、11a、11b、11c、11d的内周面16、16a、16b、16c的整体为向靠近所述工具轴线At的一侧凸出的形状。

[0119] 在本方式中,与用于界定扩径部的工具电极的内周面的一部分向远离工具轴线At的一侧凹陷的情况相比,更能够抑制气泡B的滞留。

[0120] (6)关于第六方式中的电解加工工具,在所述第一方式至所述第五方式中的任一方式中的电解加工工具10、10a、10b、10c、10d、10e中,所述绝缘层21、21e具有作为所述绝缘层21、21e的外周面的绝缘层外周面23及从所述电极外周面12的所述第一侧Da1的端部向相对于所述工具轴线At的径向外侧Dro扩展至所述绝缘层外周面23的所述第一侧Da1的端部的第一侧绝缘层端面24、24e。所述第一侧绝缘层端面24、24e随着朝向所述径向外侧Dro而逐渐朝向所述第二侧Da2延伸。

[0121] 本方式中的第一侧绝缘层端面24、24e随着朝向径向外侧Dro而逐渐朝向第二侧Da2延伸,因此沿工具电极11、11a、11b、11c、11d的表面流过来的电解液中的气泡B容易流向绝缘层外周面23侧。因此,在本方式中,从该观点来看,也能够使多个气泡B顺畅地流动,从而抑制多个气泡B在工具电极11、11a、11b、11c、11d与工件W之间滞留。

[0122] 例如,如下掌握以上的实施方式中的电解加工装置。

[0123] (7)第七方式中的电解加工装置具备:从所述第一方式到所述第六方式中的任一方式中的电解加工工具10、10a、10b、10c、10d、10e;电源电路1,能够以使所述电解加工工具10、10a、10b、10c、10d、10e的所述工具电极11、11a、11b、11c、11d成为负极,并且使通过所述电解加工工具10、10a、10b、10c、10d、10e加工的工件W成为正极的方式,在所述工具电极11、11a、11b、11c、11d与所述工件W之间施加电压;移动机构2,能够使所述电解加工工具10、10a、10b、10c、10d、10e相对于所述工件W相对移动;电解液供给装置3,能够向所述电解液通道13、13a、13b、13c、13d供给电解液;及控制器4,能够控制所述电源电路1、所述移动机构2及所述电解液供给装置3。

[0124] 本方式中的电解加工装置具备以上所说明的第一方式至第五方式中的任一方式中的电解加工工具10、10a、10b、10c、10d、10e,因此能够抑制在工具电极11、11a、11b、11c、11d与工件W之间的多个气泡B的滞留,从而能够提高工件W的加工效率。

[0125] 例如,如下掌握以上的实施方式中的叶片的制造方法。

[0126] (8)第八方式中的叶片的制造方法执行如下工序:中间产品接收工序S1,接收形成有目标形状的外表面52的叶片中间产品55;及冷却通道形成工序S2,在所述叶片中间产品55的内部形成冷却通道54。

[0127] 在所述冷却通道形成工序S2中,利用所述第七方式中的电解加工装置,在所述叶片中间产品55上形成所述冷却通道54。

[0128] 在本方式中的叶片的制造方法中,利用所述第七方式中的电解加工装置,在叶片中间产品55上形成冷却通道54,因此能够提高叶片中间产品55的加工效率,从而抑制叶片

50的制造成本。

[0129] 产业上的可利用性

[0130] 根据本发明的一方式,能够提高工件的加工效率。

[0131] 符号说明

[0132] 1-电源电路,2-移动机构,3-电解液供给装置,3a-储罐,3b-电解液管路,3c-泵,4-控制器,10、10a、10b、10c、10d、10e、10x-电解加工工具,11、11a、11b、11c、11d、11x-工具电极,12、12x-电极外周面,13、13a、13b、13c、13d、13x-电解液通道,13i-入口,13o、13ob、13ox-出口,14-主通道部,15、15a、15b、15c、15d-扩径部,16、16a、16b、16c、16d、16x-内周面,161c、161d-第一内周面,162c、162d-第二内周面,163c、163d-第三内周面,164d-第四内周面,17b、17x-第一侧电极端面,21、21e、21x-绝缘层,22、22x-绝缘层内周面,23、23x-绝缘层外周面,24、24e、24x-第一侧绝缘层端面,50、50a-叶片,51、51a-叶片主体,52-外表面,53-叶片通道,54-冷却通道,55、55a-叶片中间产品,56-隔热层,At-工具轴线,Da-轴线方向,Da1-第一侧,Da2-第二侧,Dr-径向,Dri-径向内侧,Dro-径向外侧,B-气泡,V-涡流,W-工件。

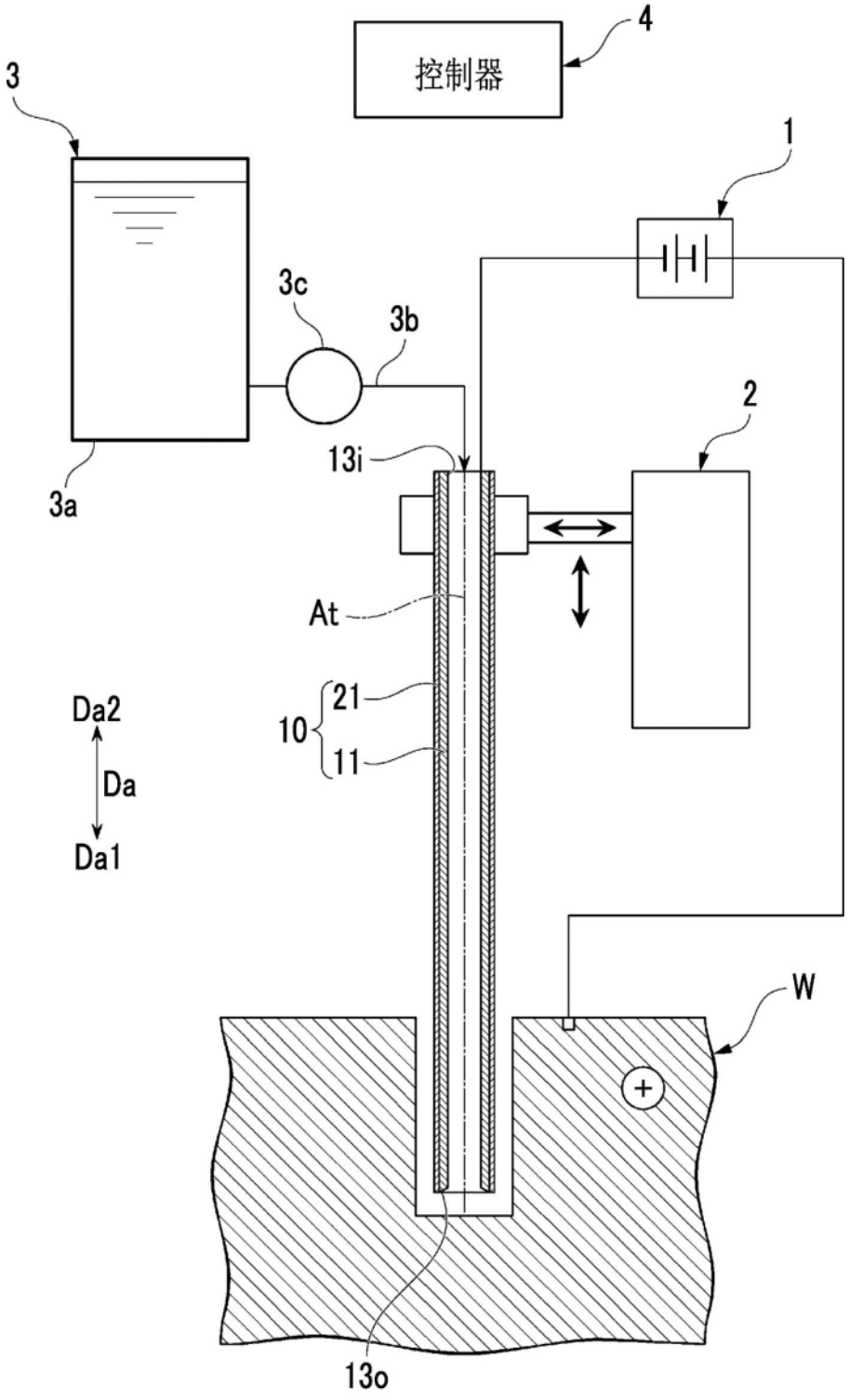


图1

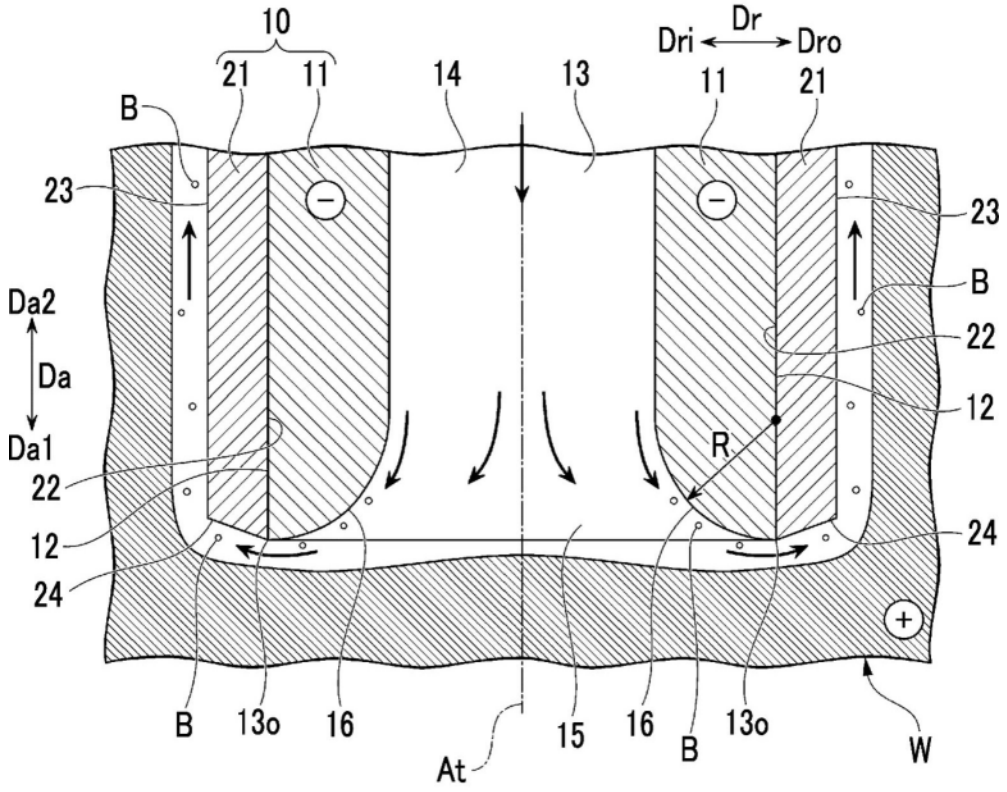

10
21
11
14
13
Dr
Dri
Dro
11
21
B
23
Da2
Da
Da1
22
12
24
R
B
13o
16
At
15
16
B
13o
W

图2

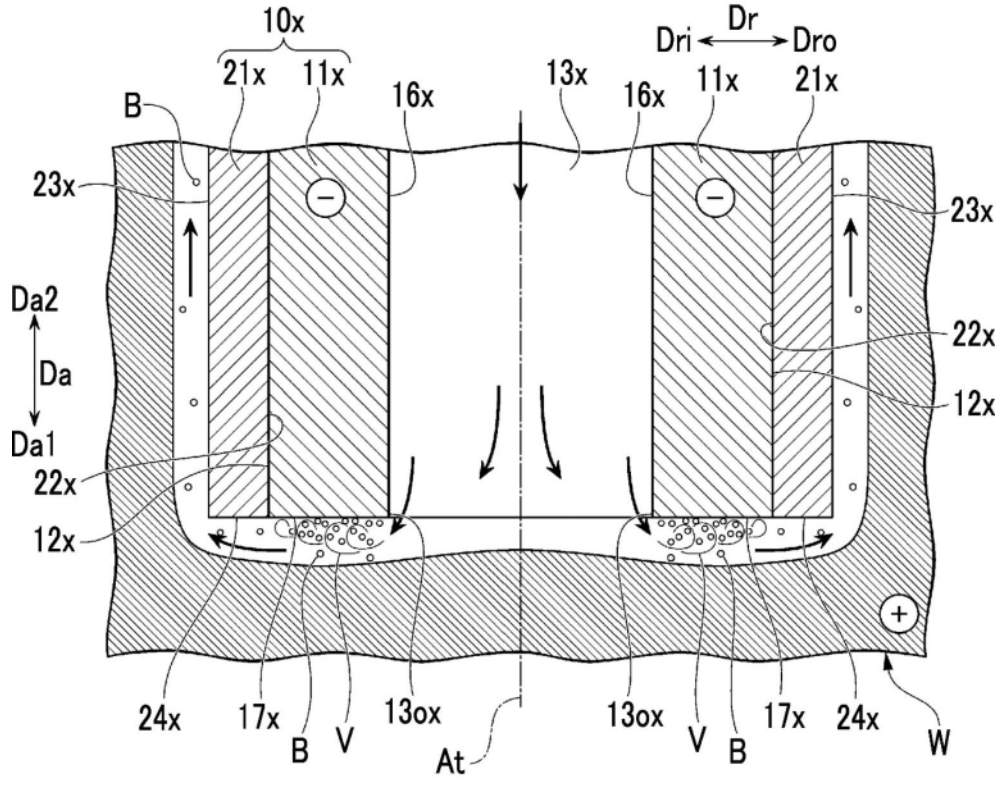

10x
21x
11x
16x
13x
Dr
Dri
Dro
11x
21x
B
23x
Da2
Da
Da1
22x
12x
24x
17x
B
V
13ox
At
13ox
V
B
17x
24x
W

图3

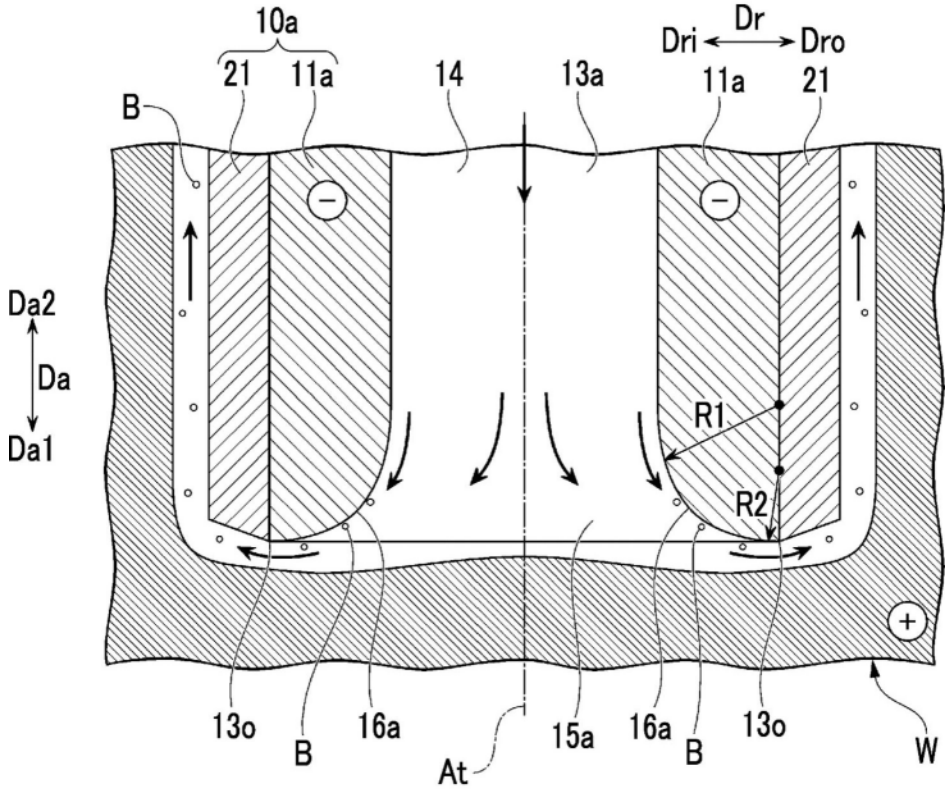

10a
21
11a
14
13a
Dr
Dri
Dro
11a
21
B
Da2
Da
Da1
R1
R2
13o
B
16a
At
15a
16a
B
13o
W

图4

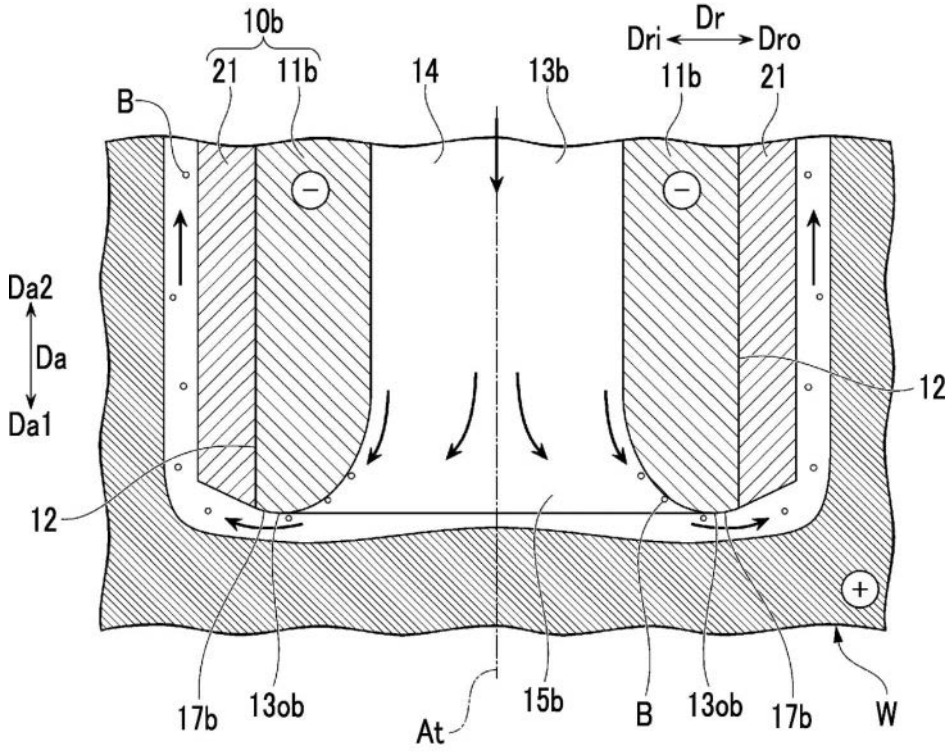

10b
21
11b
14
13b
Dr
Dri
Dro
11b
21
B
Da2
Da
Da1
12
12
17b
13ob
At
15b
B
13ob
17b
W

图5

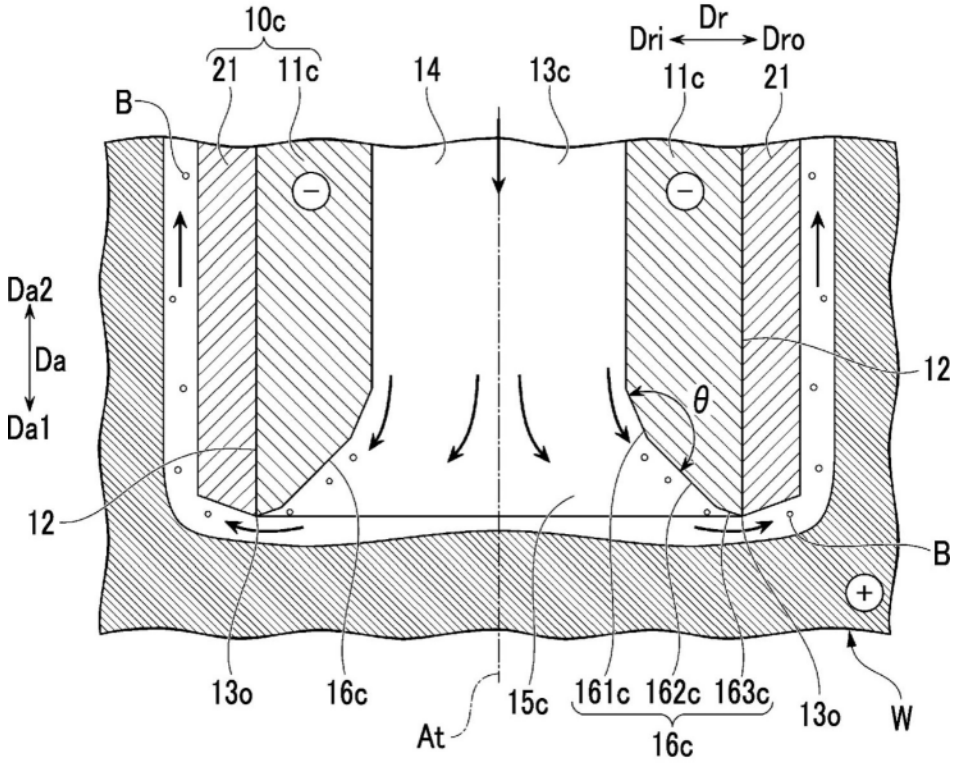

10c
21
11c
14
13c
Dr
Dri
Dro
11c
21
B
Da2
Da
Da1
12
θ
12
B
13o
16c
At
15c
161c
162c
163c
16c
13o
W

图6

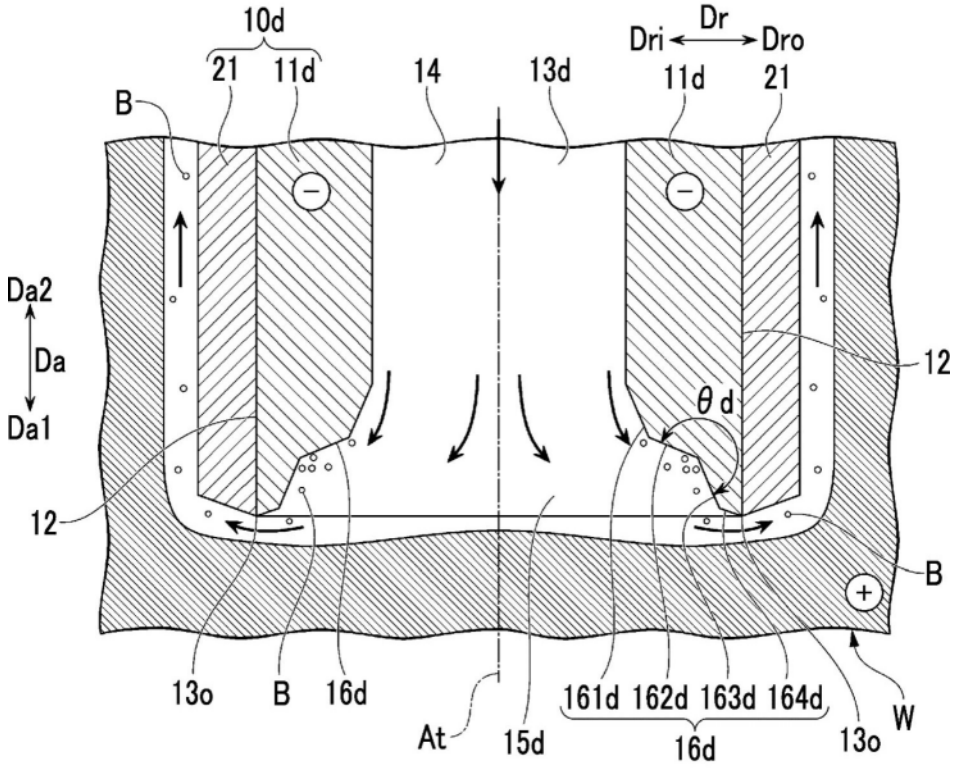

10d
21
11d
14
13d
Dr
Dri
Dro
11d
21
B
Da2
Da
Da1
12
θ d
12
B
13o
B
16d
At
15d
161d
162d
163d
164d
16d
13o
W

图7

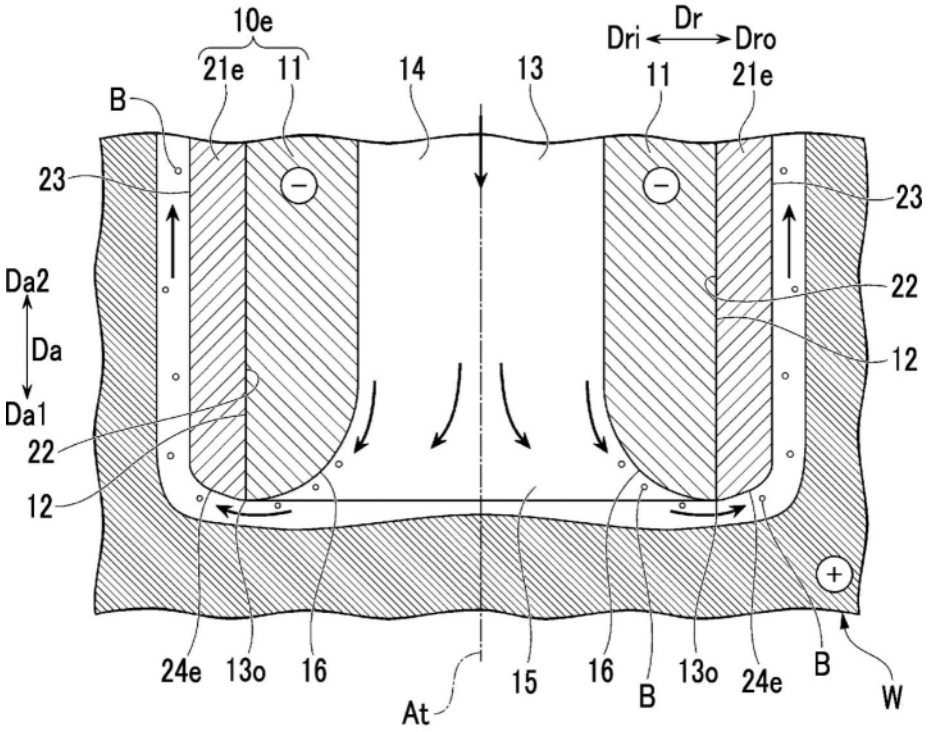

10e
21e
11
14
13
Dr
Dri
Dro
11
21e
B
23
23
Da2
Da
Da1
22
22
12
12
24e
13o
16
At
15
16
B
13o
24e
B
W

图8

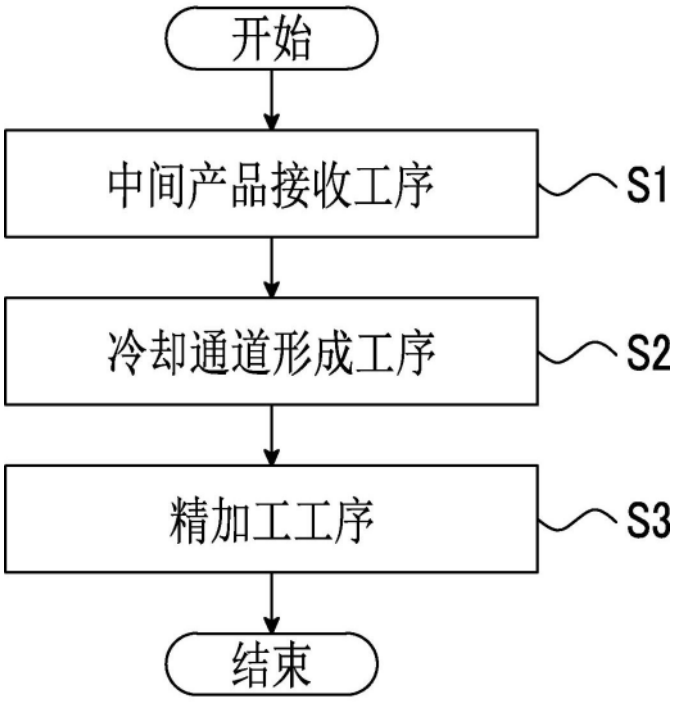

开始
中间产品接收工序
S1
冷却通道形成工序
S2
精加工工序
S3
结束

图9

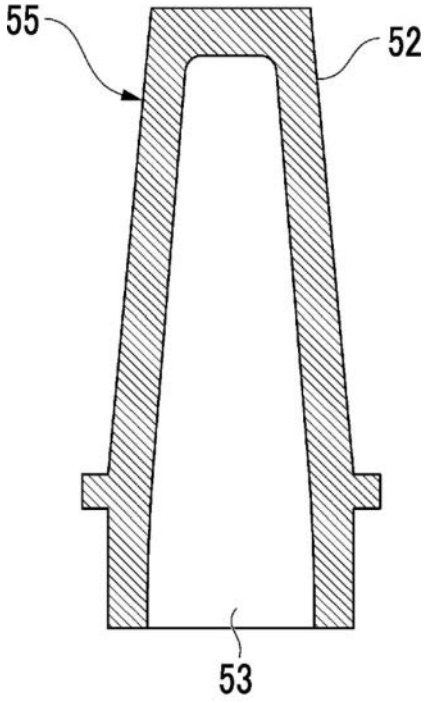


图10

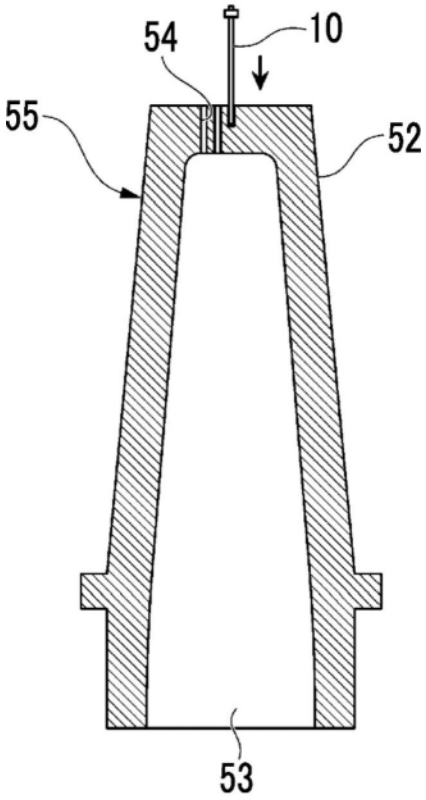


图11

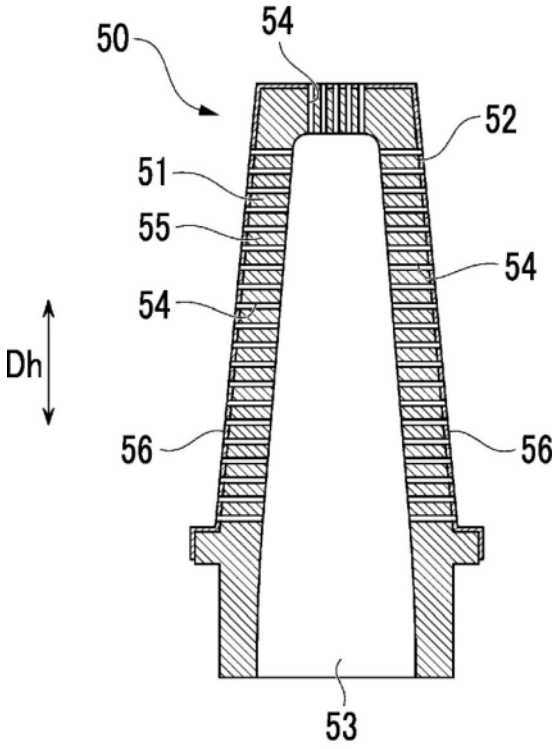


图12

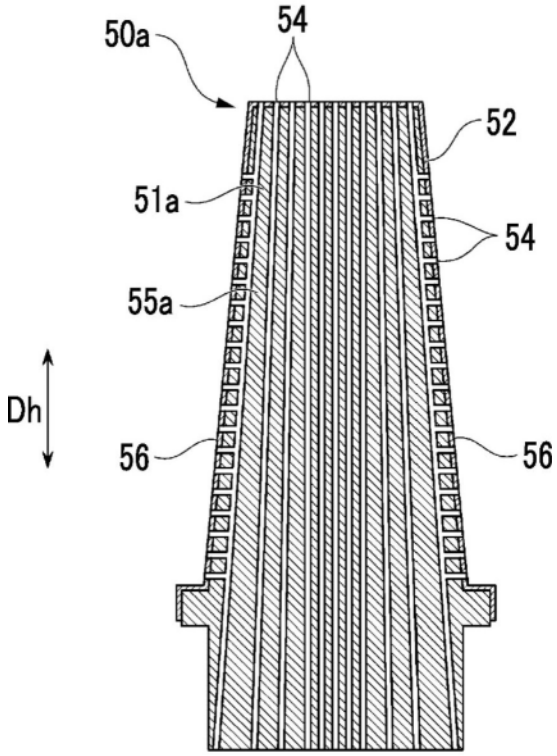


图13