



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114667805 A

(43) 申请公布日 2022. 06. 24

(21) 申请号 202080080226.0

(22) 申请日 2020.11.19

(30) 优先权数据

62/937537 2019.11.19 US

62/940039 2019.11.25 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.05.19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2020/061292 2020.11.19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/102147 EN 2021.05.27

(71) 申请人 海别得公司

地址 美国新罕布什尔州

(72) 发明人 H·乔丹 G·卡马特 O·墨菲

R·艾伦

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

专利代理师 姜云霞 张一舟

(51) Int.Cl.

H05H 1/34 (2006.01)

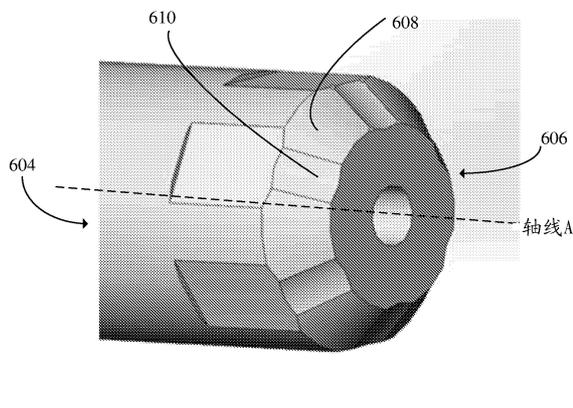
权利要求书2页 说明书13页 附图11页

(54) 发明名称

等离子弧炬的消耗品设计

(57) 摘要

提供了一种用于接触启动等离子弧割炬的液体冷却电极。电极包括限定纵向轴线的细长主体。细长主体包括近端和远端，近端被成形为配合地接合等离子弧割炬的炬主体，远端沿着纵向轴线与近端基本相对定位。该电极还包括一个或多个接触表面，接触表面设置在近端与远端之间的电极主体的远端的外表面上。该一个或多个接触表面被成形为在导引弧引发过程的部分期间物理接触设置在等离子弧割炬内的喷嘴。该物理接触被配置成支持在电极与喷嘴之间传输密度至少约为3000安培每平方英寸的导引弧电流。



1. 一种用于接触启动等离子弧割炬的液体冷却电极,所述液体冷却电极包括:

细长主体,所述细长主体限定纵向轴线,所述细长主体包括近端和远端,所述近端被成形为配合地接合所述接触启动等离子弧割炬的炬主体,所述远端沿着所述纵向轴线与所述近端基本相对地定位,所述远端包括发射插件;以及

设置在所述近端与所述远端之间的电极主体的所述远端的外表面上一个或多个接触表面,所述一个或多个接触表面被成形为在所述炬的导引弧引发过程的一部分期间物理接触设置在所述接触启动等离子弧割炬内的喷嘴,所述物理接触被配置成支持在所述电极与所述喷嘴之间传输密度至少约为3000安培每平方英寸的导引弧电流。

2. 根据权利要求1所述的液体冷却电极,其中所述电流传输密度约为5000安培每平方英寸。

3. 根据权利要求1所述的液体冷却电极,其中每个接触表面具有的表面面积大于约0.002平方英寸。

4. 根据权利要求1所述的液体冷却电极,其中所述一个或多个接触表面的组合面积大于约0.015平方英寸。

5. 根据权利要求1所述的液体冷却电极,其中所述接触表面围绕所述电极的外表面的周边径向设置。

6. 根据权利要求5所述的液体冷却电极,其中所述一个或多个接触表面是径向不连续的,并且在所述导引弧引发过程的部分期间,在所述电极与所述喷嘴之间形成不连续的周向接触。

7. 根据权利要求6所述的液体冷却电极,还包括设置在所述电极的外表面上一个或多个通道,所述一个或多个通道径向散布在所述一个或多个接触表面之间,以允许在所述导引弧引发过程的部分期间,增压气体在所述喷嘴与所述电极之间预流动。

8. 根据权利要求7所述的液体冷却电极,其中每个通道径向定位在一对接触表面之间。

9. 根据权利要求7所述的液体冷却电极,其中每个通道相对于一个或多个接触表面基本上是弓形的。

10. 根据权利要求7所述的液体冷却电极,其中每个通道具有的横截面宽度大于约0.05英寸。

11. 根据权利要求7所述的液体冷却电极,其中所述一个或多个接触表面和所述一个或多个通道围绕所述电极的外表面的周边均匀地间隔开,以促进基本对称的等离子弧引发和通过所述喷嘴的内孔的过渡。

12. 根据权利要求7所述的液体冷却电极,其中所述一个或多个接触表面和所述一个或多个通道围绕所述电极的外表面的周边不对称地分布,以影响等离子弧引发和通过所述喷嘴的内孔的过渡的方向。

13. 根据权利要求5所述的液体冷却电极,其中所述一个或多个接触表面围绕所述远端彼此径向邻接,以在所述导引弧引发过程的部分期间在所述电极与所述喷嘴之间形成连续的周向接触。

14. 根据权利要求1所述的液体冷却电极,其中每个接触表面被配置为在至少0.02英寸的轴向距离的至少一个上物理接触所述喷嘴。

15. 根据权利要求1所述的液体冷却电极,其中每个接触表面成角度以基本平行于所述

喷嘴的互补内表面。

16. 根据权利要求1所述的液体冷却电极,其中所述电极主体的远端包括截头圆锥形部段,所述截头圆锥形部段朝向所述发射插件呈锥形。

17. 根据权利要求16所述的液体冷却电极,其中所述一个或多个接触表面设置在所述截头圆锥形部段的表面上方凸起的多个垫上,所述多个垫被成形为适于在所述导引弧引发过程的部分期间抵靠所述喷嘴的内表面安放。

18. 根据权利要求16所述的液体冷却电极,其中所述一个或多个接触表面位于所述截头圆锥形部段中的所述发射插件后方远侧至少0.07英寸处。

19. 根据权利要求1所述的液体冷却电极,其中所述电极主体基本上是中空的,用于在其中传导液体冷却剂。

20. 一种用于接触启动等离子弧割炬的液体冷却喷嘴,所述液体冷却喷嘴包括:

主体,所述主体限定纵向轴线,所述主体包括近端和远端,所述近端被成形为配合地接合所述接触启动等离子弧割炬的炬主体,所述远端沿着所述纵向轴线与所述近端基本相对定位,所述远端限定等离子出口孔;以及

设置在喷嘴主体的所述远端的内表面上一个或多个接触表面,所述一个或多个接触表面在所述喷嘴的内圆锥形表面上延伸,并且被成形为适于在所述炬的导引弧引发过程的一部分期间物理接触所述接触启动等离子弧割炬的电极,其中所述一个或多个接触表面的组合面积至少为0.015平方英寸。

21. 根据权利要求20所述的液体冷却喷嘴,其中所述物理接触被配置成支持在所述电极与所述喷嘴之间传输密度至少约为3000安培每平方英寸的导引弧电流。

22. 根据权利要求20所述的液体冷却喷嘴,其中所述一个或多个接触表面围绕所述喷嘴的内表面的周边径向设置。

23. 根据权利要求22所述的液体冷却喷嘴,其中所述一个或多个接触表面是径向不连续的,并且在所述导引弧引发过程的部分期间在所述电极与所述喷嘴之间形成不连续的周向接触。

24. 根据权利要求23所述的液体冷却喷嘴,还包括设置在喷嘴的内表面上一个或多个通道,所述一个或多个通道径向散布在所述一个或多个接触表面之间,以允许在所述导引弧引发过程的部分期间,增压气体在所述喷嘴与所述电极之间预流动。

25. 根据权利要求22所述的液体冷却喷嘴,其中所述一个或多个接触表面围绕所述远端彼此径向邻接,并且在所述导引弧引发过程的部分期间,在所述电极与所述喷嘴之间形成连续周向接触。

26. 根据权利要求20所述的液体冷却喷嘴,其中所述一个或多个接触表面设置在相对于所述喷嘴的截头圆锥形部段的内表面凸起的多个垫上,所述多个垫被成形为在所述导引弧引发过程的部分期间抵靠所述电极的互补外表面安放。

27. 根据权利要求20所述的液体冷却喷嘴,其中每个接触表面成角度以基本平行于所述电极的互补外表面。

等离子弧炬的消耗品设计

[0001] 相关申请的交叉引用

本申请要求2019年11月19日提交的美国临时专利申请第62/937,537号和2019年11月25日提交的美国临时专利申请第62/940,039号的权益和优先权,这两项申请的全部内容均由本申请的受让人所有,并通过引用将其全部内容并入本文中。

技术领域

[0002] 本发明总体上涉及用于接触启动、液体冷却等离子弧割炬的消耗品设计,并且更具体而言,涉及在这些等离子弧炬的接触启动点火期间减少对加工关键几何特征的损害的消耗品设计。

背景技术

[0003] 等离子弧炬广泛用于金属材料的高温加工(例如,切割、焊接和标记)。等离子弧炬通常包括炬主体、安装在主体内的电极、设置在电极内孔内的发射插件、具有中心出口孔的喷嘴、屏蔽件、电连接、用于冷却和弧控制流体的通路、控制流体流动模式的涡流环以及电源。等离子弧炬可以产生等离子弧,等离子弧是具有高温和高动量的收缩的电离等离子气体射流。炬中使用的气体可以是非反应性的(例如氩气或氮气)或反应性的(例如氧气或空气)。

[0004] 等离子弧炬可使用接触启动方案产生等离子弧。这包括首先以导引弧模式操作炬,这种操作包括通过使用来自例如弹簧的偏置力,在两个导电炬消耗品例如电极与喷嘴之间建立物理接触和电连通。当电极和喷嘴一起偏置时,在电极与喷嘴之间建立电流路径和小的导引弧电流流动。等离子气体被引入喷嘴与电极之间的等离子腔室/增压室区域,使得气体压力在等离子腔室中积聚,以中断电极与喷嘴之间的物理接触并分离两个部件。该分离导致在等离子腔室中的电极与喷嘴之间的间隙中产生电弧。电弧电离等离子腔室中流动的等离子气体以产生等离子弧(即,导引弧)。等离子气体可以通过涡流环,以在气体通过炬时赋予其切向运动,从而改善炬的性能。接下来,在转移弧模式中,炬移动到接地工件附近,并且等离子弧与工件接触。在接触时,电流从喷嘴转移到工件,并从工件返回到电源。在转移弧模式期间,可以增加电流流动以有效地加工(例如,刨削、穿孔或切割)工件。

[0005] 传统上,接触启动等离子弧割炬中的可消耗部件,例如喷嘴和电极,在喷嘴内孔附近具有接触/配合特征,等离子弧通过喷嘴内孔从炬中喷出(例如,限制弧在到达工件之前需要在增压室内行进的距离)。这些接触/配合特征通常关于炬的纵向轴线对称,并且彼此具有非常窄的接触点,以驱动高电流密度的导引弧电流通过。当这些可消耗部件(例如喷嘴与电极)之间的接触在电弧引发期间中断时,由导引弧电流和分离引起的电阻加热(例如焦耳加热)会导致消耗品损坏,包括局部变形以及接触/配合特征的熔化和蒸发。此外,在该分离过程中排出的材料会沉积在等离子弧炬的增压室腔室中,并损害消耗品的邻近的加工关键几何特征(例如,电极尖端和衬套/喷嘴内孔)。此外,因为这种沉积和/或损坏经常发生在衬套/喷嘴内孔附近,随着时间的推移,这可能有利于某些区域,并且可能不对称地积聚,这

可能对气体流动和该区域中等离子弧产生造成干扰。

[0006] 图1a和图1b分别示出了在约3600次导引弧引发(即启动)后,现有技术接触启动等离子弧切割系统的现有技术喷嘴100和现有技术电极102上的示例性沉积和损坏。电极102和喷嘴100的表面显示出明显的受损/退化状况。例如,关于图1a,喷嘴100的增压室104和衬套内孔106中的深点蚀是明显的,并且代表这种消耗品的常见情况。此外,参照图1b,电极102的钎插件108周围的铜被显著腐蚀。除了加工关键特征上的消耗品表面损坏之外,喷嘴100和电极102的接触启动还会导致显著的沉积以及对关键流体流动和等离子弧产生的干扰,从而缩短了消耗品寿命以及影响整个寿命期间的切割品质。

[0007] 此外,在导引弧引发期间,当电极与喷嘴物理接触时,两个部件之间形成的狭窄、平滑且基本连续/均匀的接触可在发生电极与喷嘴分离之前,密封和/或抑制气体流动通过增压室并流出衬套/喷嘴内孔,这可对可消耗部件造成额外的损坏,因为在弧引发前没有建立预流。图2a和图2b分别示出了另一种现有技术电极200的端视图和透视图。图3示出了包括图2a和图2b的电极200的现有技术的接触启动等离子弧割炬300的一部分的剖视图。炬300还包括喷嘴,喷嘴衬套302与电极200物理接触。如图3所示,电极200与喷嘴衬套302之间的接触区304在电极200的几乎整个外圆周和喷嘴衬套302的几乎整个内圆周上延伸,从而在两个部件之间形成基本完全的密封。此外,接触区304轴向狭窄。在一些实施例中,接触区304足够小,使得它仅在喷嘴衬套302与电极200之间形成连续的周向接触线,如图2b所示。具体而言,图2b示出了围绕电极200的尖端的周向接触线304(为清楚起见以虚线示出),当电极200和喷嘴衬套302在炬300内被一起偏置时,在该位置,在电极200与喷嘴衬套302之间发生接触。

[0008] 这种窄的接触线304对等离子弧的产生有潜在的损害,并且会加剧上述的沉积和结构退化问题。例如,该接触线304和随后通过增压室306的(即,没有建立)气体流动的密封对消耗品寿命和等离子弧操作是有害的,因为等离子弧需要增压室306中围绕它的强气体流动来将电弧引导出衬套内孔307和喷嘴内孔308,并且该气体流动不能瞬间发展。这样,一旦喷嘴衬套302与电极200之间发生分离,在增压室306内形成的等离子弧只能次优地从内孔307、308中前进出来,同时仍在建立气体压力和流动速率。这种延迟导致进一步的消耗品退化、切割品质限制和整体低效的工件加工。

[0009] 因此,需要改善等离子弧割炬中某些消耗品之间(例如,电极与喷嘴之间)的接触表面和接触位置的消耗品设计,以减少等离子弧炬接触启动点火期间对加工关键几何特征和部件的损坏。

发明内容

[0010] 本发明提供了消耗品设计,其控制并显著改善了接触启动液体冷却等离子弧炬中两种消耗品之间(例如,电极与喷嘴之间)的接触表面参数和位置,从而减少了接触启动点火期间对加工关键几何特征的损害。本发明的各种实施例允许在消耗品仍然物理接触时在炬的增压室腔室中建立等离子气体流动和压力,包括允许在消耗品分离之前(即,在消耗品之间的物理接触中断之前)建立(例如,基本上建立)等离子气体流动。这对于将等离子弧快速转移到工件上至关重要,这样可以将流入消耗品的热能减到最少,并减少热损害,从而延长消耗品的寿命。此外,本发明的各种实施例将消耗品之间的接触区从加工关键特征(例

如,电极尖端和喷嘴/(多个)衬套的内孔)移开,以最小化接触启动期间对这些特征的损坏,这也延长了消耗品寿命和整个寿命期间的切割品质。

[0011] 一方面,本发明的特征在于用于接触启动等离子弧割炬的液体冷却电极。液体冷却电极包括限定纵向轴线的细长主体。细长主体包括近端和远端,近端被成形为配合地接触启动等离子弧割炬的炬主体,远端沿着纵向轴线与近端基本相对定向。远端包括发射插件。该电极还包括设置在近端与远端之间的电极主体的远端的外表面上一个或多个接触表面。一个或多个接触表面被成形为适于在炬的导引弧引发过程的部分期间物理接触设置在接触启动等离子弧割炬内的喷嘴。该物理接触被配置成支持在电极与喷嘴之间传输密度至少约为3000安培每平方英寸的导引弧电流。

[0012] 在一些实施例中,每个接触表面的表面面积大于约0.002平方英寸。在一些实施例中,一个或多个接触表面的组合面积大于约0.015平方英寸。在一些实施例中,每个接触表面被配置成在至少0.02英寸的轴向距离中的至少一个上物理接触喷嘴。在一些实施例中,每个接触表面成角度以基本平行于喷嘴的互补内表面。

[0013] 在一些实施例中,接触表面围绕电极的外表面的周边径向设置。一个或多个接触表面可以是径向不连续的,并且在导引弧引发过程的部分期间在电极与喷嘴之间形成不连续的周向接触。此外,电极还可以包括设置在电极外表面上的一个或多个通道。一个或多个通道可以径向散布在一个或多个接触表面之间,以允许在导引弧引发过程的部分期间,增压气体在喷嘴与电极之间预流动。在一些实施例中,每个通道径向定位在一对接触表面之间。在一些实施例中,每个通道相对于一个或多个接触表面基本上是弓形的。在一些实施例中,每个通道具有的横截面宽度大于约0.05英寸。在一些实施例中,一个或多个接触表面和一个或多个通道围绕电极的外表面的周边均匀地间隔开,以便于基本对称的等离子弧的引发和通过喷嘴内孔的过渡。替代地,一个或多个接触表面和一个或多个通道围绕电极的外表面的周边不对称地分布,以影响等离子弧引发和通过喷嘴内孔过渡的方向。

[0014] 在一些实施例中,一个或多个接触表面围绕远端彼此径向邻接,以在导引弧引发过程的部分期间,在电极与喷嘴之间形成连续的周向接触。

[0015] 在一些实施例中,电极主体的远端包括朝向发射插件呈锥形的截头圆锥形部段。在一些实施例中,一个或多个接触表面设置在多个垫上,多个垫在截头圆锥形部段的表面上方凸起,多个垫被成形为适于在导引弧引发过程的部分期间抵靠喷嘴的内表面安放。在一些实施例中,一个或多个接触表面位于截头圆锥形部段中的发射插件后方远侧至少0.07英寸处。

[0016] 在一些实施例中,电极与喷嘴之间的导引弧电流的电流传输密度约为5000安培每平方英寸。在一些实施例中,电极主体基本上是中空的,用于在其中传导液体冷却剂。

[0017] 在另一方面,本发明的特征在于用于接触启动等离子弧割炬的液体冷却喷嘴。液体冷却喷嘴包括限定纵向轴线的主体。该主体包括近端和远端,近端被成形为配合地接触启动等离子弧割炬的炬主体,远端沿着纵向轴线与近端基本相对地定位。远端限定了等离子体出口孔。喷嘴还包括设置在喷嘴主体远端的内表面上一个或多个接触表面。一个或多个接触表面在喷嘴的内圆锥形表面上延伸,并且成形为适于在炬的导引弧引发过程的部分期间物理接触该接触启动等离子弧割炬的电极。一个或多个接触表面的组合面积至少为0.015平方英寸。

[0018] 在一些实施例中,电极与喷嘴之间的物理接触被配置为支持电极与喷嘴之间的导引弧电流传输,密度至少约为3000安培每平方英寸。

[0019] 在一些实施例中,一个或多个接触表面围绕喷嘴内表面的周边径向地设置。一个或多个接触表面可以是径向不连续的,并且在导引弧引发过程的部分期间在电极与喷嘴之间形成不连续的周向接触。喷嘴还可以包括设置在喷嘴内表面上一个或多个通道。一个或多个通道可以径向散布在一个或多个接触表面之间,以允许在导引弧引发过程的部分期间,增压气体在喷嘴与电极之间预流动。

[0020] 在一些实施例中,一个或多个接触表面围绕远端彼此径向邻接,并在导引弧引发过程的部分期间,在电极与喷嘴之间形成连续的周向接触。

[0021] 在一些实施例中,一个或多个接触表面设置在多个垫上,这些垫相对于喷嘴的截头圆锥形部段的内表面凸起。多个垫被成形为适于在导引弧引发过程的部分期间抵靠电极的互补外表面安放。

[0022] 在一些实施例中,每个接触表面均成角度为与电极的互补外表面基本平行。

附图说明

[0023] 通过结合附图参考以下描述,可更好地理解本发明的上述优点以及其他优点。附图不一定按比例绘制,相反,重点通常放在说明本发明的原理上。

[0024] 图1a和图1b分别示出了对现有技术接触启动等离子弧切割系统的现有技术喷嘴和现有技术电极的示例性沉积和损坏。

[0025] 图2a和图2b分别示出了另一种现有技术电极的端视图和透视图。

[0026] 图3示出了包括图2a和图2b的电极的现有技术接触启动等离子弧割炬的一部分的横截面图。

[0027] 图4a-4c分别示出了根据本发明的一些实施例的示例性液体冷却电极的端视图、透视图和侧视图,该电极被配置用于接触启动液体冷却等离子弧割炬。

[0028] 图5示出了根据本发明的一些实施例,组装在示例性液体冷却接触启动等离子弧割炬内部的图4a-4c的电极。

[0029] 图6a-6c分别示出了根据本发明一些实施例的另一种示例性液体冷却电极的端视图、透视图和侧视图,该电极被配置用于接触启动液体冷却等离子弧割炬。

[0030] 图7示出了根据本发明的一些实施例,被配置用于接触启动液体冷却等离子弧割炬的示例性液体冷却喷嘴。

[0031] 图8示出了根据本发明的一些实施例,被配置用于接触启动液体冷却等离子弧割炬的另一示例性液体冷却喷嘴。

[0032] 图9示出了根据本发明的一些实施例,组装在示例性液体冷却接触启动等离子弧割炬内部的图8所示的喷嘴。

[0033] 图10示出了根据本发明的一些实施例,被配置用于接触启动液体冷却等离子弧割炬的另一示例性液体冷却喷嘴。

[0034] 图11示出了根据本发明的一些实施例,组装在示例性液体冷却接触启动等离子弧割炬内部的图10的喷嘴。

[0035] 图12示出了根据本发明的一些实施例,图4a-4c所示的电极在用于图5的等离子弧

割炬以完成约3600次启动后的示例性图像。

[0036] 图13示出了根据本发明的一些实施例,在大约3600次启动后,图5的等离子弧割炬的喷嘴的示例性图像。

[0037] 图14示出了根据本发明的一些实施例,在大约3600次启动期间,在大约50安培下操作的本发明的等离子弧炬的示例性寿命中的品质(QOL)结果。

[0038] 图15示出了根据本发明的一些实施例,在大约3600次启动的时间段,在大约80安培下操作的本发明的等离子弧炬的示例性寿命中的品质(QOL)结果。

具体实施方式

[0039] 图4a-4c分别示出了根据本发明的一些实施例的示例性液体冷却电极400的端视图、透视图和侧视图,该液体冷却电极400被配置用于接触启动液体冷却等离子弧割炬。例如,电极400可用于50安培接触启动液体冷却等离子弧割炬。在接触启动期间,电极400和炬的另一个消耗品(例如喷嘴)被偏置成彼此物理接触,同时导引弧电流在电极400与喷嘴之间传导。在建立导引电流之后,电极400和喷嘴被偏置远离彼此,以在炬的增压室区域中在它们之间产生间隙,同时等离子气体流被供应到增压室区域。导引弧电流和消耗品的分离导致在间隙中产生电弧,该电弧电离增压室区域中流动的等离子气体以产生等离子弧(即,导引弧)。在一些实施例中,电极400或喷嘴中的至少一个可在炬内平移(例如,通过选择性地致动炬内的反吹压力和前吹压力)以实现本文所描述的物理接触和分离。

[0040] 如图所示,电极400具有细长主体402,其限定了从电极主体402的近端404延伸至远端406的纵向轴线A,其中远端406是电极400在加工工件时最靠近工件(未图示)的一端,并且近端404是与远端406相对的一端。电极主体402的远端406包括发射插件407,其具有暴露在电极400的远端面420上的发射表面。发射插件407可由钨或具有合适的物理特性(包括耐腐蚀性和高热离子发射率)的其他材料制成。电极主体402的远端406可以包括朝向发射插件407呈锥形的截头圆锥形部段。电极主体402可以基本上是中空的,用于在其中传导液体冷却剂。

[0041] 如上文所描述,在接触启动期间,电极400的远端406适于被偏置为接触或远离另一消耗品(如喷嘴)。在一些实施例中,一个或多个接触表面408形成在电极主体402的远端406的外表面上,以在接触启动过程的至少一部分期间物理接触喷嘴。一个或多个接触表面408被成形为适于与喷嘴互补(例如,内部喷嘴表面、增压室等)。通常,一个或多个接触表面408被配置成当电极400与喷嘴彼此物理接触时支持电极400与喷嘴之间的导引弧电流的传输,其中导引弧电流可以具有至少大约3000安培每平方英寸的电流密度。例如,传输电流密度可以是大约5000安培每平方英寸。在一些实施例中,所支持的导引弧电流在大约9安培与大约60安培之间。在一些实施例中,由接触表面408支持的传输电流密度从大约100安培每平方英寸到大约3750安培每平方英寸。在电极400的一些实施例中,由接触表面408支持的导引弧电流密度约为500安培每平方英寸(例如,9A导引弧电流/0.016平方英寸),传输/操作电流密度约为3125安培每平方英寸(例如,50A传输电流/0.016平方英寸)。

[0042] 在一些实施例中,多个(例如,两个或更多个)接触表面408围绕电极主体402的纵向轴线A周向设置在电极主体402的外表面上,其中多个接触表面408在位置上径向不连续,使得它们在电极400与喷嘴之间形成一组不连续的周向接触。在一些实施例中,不连续可以

由电极400的多个非接触区域410产生,这些非接触区域410周向散布在电极400的外表面上的接触表面408之间。例如,每个非接触区域410可以周向定位在一对接触表面408之间。

[0043] 在一些实施例中,每个接触表面408均设置于电极400的远端406处的截头圆锥形部段的表面上方凸起的垫上。当电极400与喷嘴物理接触以引发导引弧时,这些垫被成形为适于抵靠喷嘴的内表面安放。在一些实施例中,每个接触表面408具有大于大约0.002平方英寸的表面面积。接触表面408的组合表面面积可以大于大约0.015平方英寸。例如,在图4a-4c的电极400(其可用于50安培接触启动、液体冷却等离子弧割炬)中,每个接触表面408可具有大约0.003平方英寸的表面面积,以形成大约0.016平方英寸的所有六个接触表面408的组合表面面积。

[0044] 在一些实施例中,每个非接触区域410为设置在电极主体402的外表面上并且散布在接触表面408之间的通道。每个通道410可以相对于接触表面408基本上是弓形的,以允许流体从中流过,即使当接触表面408与喷嘴的相对应内表面物理接触时。因此,当喷嘴与电极接触时,这些通道410在电极400的远端406周围形成流动通路,允许离散的等离子气流在电极400与喷嘴接触期间以及在这种接触中断之前预流过增压室区域。通常,与通道410相关联的参数(例如,宽度、深度、形状等)可以被定制以控制和影响预流和涡流以及其他期望的加工参数。例如,通道410可以是倾斜的和/或偏斜的,从而在等离子切割气体流动中引起涡流。在一些实施例中,每个通道410具有至少0.05英寸的径向宽度。具体地,如图4a所示,每个通道410可以在通道410的底部具有第一通道宽度412,第一通道宽度412小于在通道410的顶部暴露开口处的第二通道宽度414。如果电极400用在50安培等离子弧割炬中,第一通道宽度412可以被配置为大约0.01英寸,并且第二通道宽度414可以被配置为大约0.1英寸。此外,每个通道410可以具有大约0.007平方英寸的表面面积,以形成大约0.04平方英寸的所有六个通道410的组合表面面积。

[0045] 如图4a-4c的实施例所示,电极400具有散布在六个非接触区域(如通道)410中的六个接触表面408。接触表面408和/或非接触区域410可以围绕电极400的外表面上的圆周均匀分布,使得它们便于基本对称的等离子弧的引发和通过喷嘴内孔的过渡。替代地,接触表面408和/或非接触区域410可以不对称地分布在电极主体402的外表面的圆周周围,以影响等离子弧引发和通过喷嘴内孔过渡的方向。通常,接触表面408和/或非接触区域410可以围绕电极400的圆周均匀或非均匀分布。此外,接触表面408和/或非接触区域410的形状、尺寸和/或数量可以变化,同时仍然保持在本发明的范围内。

[0046] 在一些实施例中,一个或多个接触表面408围绕电极400的远端406处的外表面的圆周彼此径向邻接,以形成与相对应喷嘴表面的连续周向接触(例如,单个周向接触带)。该接触表面带408的表面面积可以大于大约0.015平方英寸。因此,在这种设计中不存在非接触区域410。

[0047] 一般而言,由(多个)接触表面408提供的更大的总接触表面面积降低了在电极400与喷嘴之间传输的电流的电流密度,从而降低了这些消耗品之间的焦耳加热/电阻加热,这种加热可能损坏消耗品。(多个)接触表面408的形状、大小和位置也改善了接触期间电极400与喷嘴之间的安放。在一些实施例中,一个或多个接触表面408中的每一个都是圆锥形的。如图4c所示,每个接触表面408可以由沿着纵向轴线A的近侧边缘416和远侧边缘418界定,其中由于接触表面408的圆锥形状,近侧边缘416比远侧边缘418更长。在一些实施例中,

一个或多个接触表面408中的每一个基本上轴向平行于纵向轴线A。在一些实施例中,每个接触表面408相对于纵向轴线A轴向成角度,使得每个接触表面408的圆锥角符合(即平行)相对应喷嘴的圆锥形内表面并与相对应喷嘴的圆锥形内表面互补。例如,每个接触表面408的圆锥角可以是大约45度。

[0048] 在一些实施例中,如图4c所示,一个或多个接触表面408大体上位于电极400的远端406处的端面420近侧。例如,至少在大约0.06和0.08英寸之间(例如,大约0.074英寸)的轴向距离422可以将电极400的远端面420与接触表面408的远侧边缘418分开。在传统的接触启动电极(例如,图2a和图2b的电极200)中,代表接触表面相对于电极远端面的位置的此轴向距离要短得多。例如,如图2b所示,现有技术电极200的接触线304正好沿着电极的远端面(例如,使该轴向距离基本为0)。因此,与传统电极相比,一个或多个接触表面408轴向离发射插件407更远隔开并朝向电极400的近端404,这最小化了等离子弧产生和转移期间的损坏和/或变形。在一些实施例中,轴向缩进距离422为电极400的总长度的大约3%至大约7%(例如,电极长度大约为2英寸)。此外,如上文所描述,一个或多个接触表面408周向位于电极的外表面上。由一个或多个接触表面408的(多个)远侧边缘形成的围绕电极400的圆周的直径424可以大于约0.2至0.3英寸,例如约0.25英寸。此外,接触表面408中的每一个可以在轴向方向和/或径向方向中的至少一个方向上显著延伸,例如在其近侧边缘416与远侧边缘418之间的至少约0.015至约0.03英寸(例如,约0.025英寸)的轴向长度426上,以及在约0.06英寸与约0.08英寸之间的径向宽度上。在一些实施例中,每个接触表面408的轴向长度426在电极400的总长度的大约1%与大约5%之间(例如,在长度在大约1.5英寸到2英寸之间的电极上,垫长度在大约0.02至0.08英寸之间)。在存在非接触区域(例如,通道)410的实施例中,每个通道410的第二通道宽度414可以跨越至少约0.05英寸至约0.15英寸,例如约0.1英寸的径向距离,如上文所描述。在一些实施例中,接触表面与远侧尖端轴向向后间隔至少两倍于其轴向长度(例如,轴向长度约为0.03英寸的接触表面位于远侧尖端后方至少0.06英寸处)。在一些实施例中,接触表面从远侧尖端轴向向后间隔至少它们的周向宽度(例如,周向宽度约为0.06英寸的接触表面位于远侧尖端后方至少0.06英寸处)。

[0049] 图5示出了根据本发明的一些实施例,组装在示例性液体冷却、接触启动等离子弧割炬500内部的图4a-4c的电极400。如图所示,炬500包括两件式喷嘴502,具有电极400与之接触的内衬套504和基本上包围喷嘴内衬504的外主体506。衬套内孔503设置在喷嘴衬套504中,以及喷嘴内孔501设置在喷嘴主体506中,两者合作地限定出口孔,等离子弧从该出口孔排出。在替代实施例中,喷嘴502是不存在喷嘴衬套504的单件喷嘴,在这种情况下,电极400替代地与喷嘴主体506直接物理接触。喷嘴502和电极400可以在它们之间合作地限定增压室508,在增压室508中可以形成等离子弧。如图所示,在接触启动的一部分期间,电极400与喷嘴衬套504的内表面物理接触。具体而言,电极400与喷嘴衬套504之间的接触建立在电极400的一个或多个接触表面408与喷嘴衬套504的内表面的(一个或多个)相对应的圆锥形部段510之间。通常,电极400与喷嘴502之间的接触在比传统消耗品更大的表面面积上(例如,在(多个)圆锥形接触表面408上,而不是如图2b所示的细接触线304上)。此外,如上文所解释的,与传统的接触位置相比,一个或多个接触表面408远离内孔501、503和电极400的远端面420轴向向后移动。(多个)接触表面408的这种形状、面积和位置适于在接触启动点火期间减少对加工关键几何特征的损害,包括减少污染物在喷嘴衬套504和衬套内孔501

上的沉积。

[0050] 在一些实施例中,当电极400与喷嘴502仍物理接触时,图4a-4c的电极设计允许在增压室区域508中建立等离子气体流动和压力。具体而言,电极400的(多个)非接触区域410形成流动通道,当电极400与喷嘴502仍然接触时,该流动通道允许等离子气体流进入增压室区域508,并在电极400与喷嘴502物理分离之前建立期望的压力和/或流动分布。这允许一旦电极400与喷嘴衬套504之间的接触中断,所产生的等离子弧就快速且最佳地转移出内孔502、503,而不像现有技术的密封接触启动系统那样等待最佳转移条件的形成/建立。

[0051] 图6a-6c是根据本发明的一些实施例,分别示出了另一示例性液体冷却电极600的端视图、透视图和侧视图,该电极600被配置用于接触启动液体冷却等离子弧割炬。例如,电极600可用于300安培接触启动、液体冷却等离子弧割炬。电极600基本上类似于图4a-4c的电极400。如图所示,电极600通常具有电极主体602,该电极主体602具有沿着纵向轴线A延伸的近端604和远端606。一个或多个接触表面608形成在电极主体602的远端606的外表面上,以在接触启动的一部分期间物理接触喷嘴。

[0052] 如图6a-6c的实施例所示,多个(例如,六个)接触表面608围绕电极主体602的纵向轴线A周向布置在电极主体602的外表面上。多个接触表面608在定位上径向不连续,使得它们在电极600与喷嘴之间形成不连续的周向接触。此外,多个(例如,六个)非接触区域610可以周向散布在电极600的外表面上的接触表面608之间。例如,每个非接触区域610可以周向位于一对接触表面608之间。通常,接触表面608和/或非接触区域610可以围绕电极600的圆周均匀或非均匀分布。

[0053] 在一些实施例中,每个非接触区域610包括通道,以形成等离子切割气体的流动通路,类似于用于图4a-4c中电极400的通道410。每个通道610可以具有的径向宽度至少约为0.05英寸。例如,如图6a所示,每个通道610可以在通道610的底部具有第一通道宽度612,该第一通道宽度612小于在通道610的顶部暴露开口处的第二通道宽度614。如果电极600用在300安培等离子弧割炬中,那么第一通道宽度612可以被配置为在大约0.05英寸与大约0.07英寸之间(例如,大约0.06英寸),并且第二通道宽度614可以被配置为大约0.06英寸。此外,每个通道610可具有约0.005至约0.007平方英寸(例如,约0.006平方英寸)的表面面积,以产生约0.03平方英寸的所有六个通道610的组合表面面积。此外,在电极600具有多个接触表面608的实施例中,每个接触表面608具有大于约0.002平方英寸的表面面积。接触表面608的组合表面面积可以大于大约0.015平方英寸。例如,图6a-c的电极600的每个接触表面608可以具有大约0.01平方英寸的表面面积,以形成大约0.06平方英寸的所有六个接触表面608的组合表面面积。此外,接触表面608中的每一个可在轴向方向和/或径向方向中的至少一个方向上显著延伸,例如在其近侧边缘616与远侧边缘618之间的至少约0.06至约0.08英寸(例如,约0.07英寸)的轴向长度625上,以及在约0.07英寸至约0.14英寸之间(例如,在约0.08英寸与约0.13英寸之间)的径向宽度上。在一些实施例中,每个接触表面608的轴向长度625在电极400的总长度的大约3%与7%之间(例如,在长度在大约1.5英寸到2英寸之间的电极上,垫长度在大约0.07英寸之间)。在电极600的一些实施例中,由接触表面608支持的导引弧电流密度约为1000安培每平方英寸(例如,60A导引弧电流/0.06平方英寸),传输/操作电流密度约为5000安培每平方英寸(例如,300A传输电流/0.06平方英寸)。一般而言,非接触区域610以及接触表面608的尺寸、形状和/或数量可以变化,同时仍保持在本发明的

范围内。

[0054] 在一些实施例中,一个或多个接触表面608可围绕电极600的远端606处的外表面的周边彼此径向邻接,以形成连续的周向接触(例如,单个周向接触带)。该接触表面带608的表面面积可以大于约0.015平方英寸,例如约0.033平方英寸。

[0055] 如图6c所示,一个或多个接触表面608中的每一个通常由沿纵向轴线A的近侧边缘616和远侧边缘618界定。接触表面608的远侧边缘618可基本位于电极400的远端面620,使得(多个)接触表面608的起点相对于电极600的远端面620具有最小的轴向缩进,以最大化接触表面面积。在一些实施例中,从近侧边缘616延伸到远侧边缘618的每个接触表面608的轴向长度625约为0.07英寸。此外,由一个或多个接触表面608的(多个)远侧边缘618形成的围绕电极400的圆周的直径624可以大于大约0.2英寸,例如大约0.25英寸。

[0056] 在一些实施例中,电极600被配置为组装在300安培液体冷却接触启动等离子弧炬内,类似于图5的50安培等离子弧炬中电极400的组装。在操作中,在接触启动的一部分期间,电极600的接触表面608可以与喷嘴衬套(或者喷嘴主体,如果没有喷嘴衬套的话)的相对应的内部锥形表面物理接触。在一些实施例中,电极600的(多个)非接触区域610形成流动通道,该流动通道允许等离子气体流进入炬的增压室区域,并在电极600与喷嘴物理分离之前建立期望的流动速率和/或压力,同时电极600与喷嘴仍然彼此接触。

[0057] 一般而言,可定制图4a-6c中电极400、600的接触表面的形状(例如,面积、宽度和/或角度)、数量和位置,以满足特定加工要求。例如,接触表面的形状可以在不同的操作安培数或不同类型的操作之间(例如,在刨削和切割操作之间)改变。在一些实施例中,图4a-6c的电极400、600的非接触区域的形状(例如,面积、宽度和/或角度)、数量和/或位置可以变化,以适应不同的加工目标,例如改变它们围绕纵向轴线A的分布(例如,不对称、对称、单侧等)以实现期望的等离子气体流动模式。

[0058] 在上文参照图4a-6c所描述的实施例中,接触特征和/或非接触区域设置在电极上。在其他实施例中,这些特征设置在喷嘴。在其他实施例中,这些特征分布在喷嘴与电极之间。图7示出了根据本发明的一些实施例的示例性液体冷却喷嘴700,其被配置用于接触启动、液体冷却等离子弧割炬中,其中接触特征设置在喷嘴700上。如图所示,喷嘴700具有基本中空的细长主体702,其限定了从喷嘴主体702的近端704延伸到远端706的纵向轴线A。喷嘴700的近端704被成形为配合地接合炬主体。喷嘴700的远端706包括中心内孔707,该中心内孔707用作等离子出口孔,在炬操作期间,等离子弧从该等离子出口孔排出。喷嘴主体702的远端706可以包括朝向内孔707呈锥形的截头圆锥形部段。

[0059] 在接触启动期间,可将电极偏置成与喷嘴700的远端706接触或远离与喷嘴700的远端706的接触。在一些实施例中,一个或多个接触表面708形成在喷嘴主体702的远端706的内表面上,以在接触启动过程的至少一部分期间物理接触电极的外表面。一个或多个接触表面708被成形为适于与电极,例如在电极远端处的截头圆锥形外表面互补。类似于电极400、600的接触表面408、608,喷嘴700的一个或多个接触表面708被配置成当电极和喷嘴700彼此物理接触时支持电极与喷嘴700之间的导引弧电流的传输,其中导引弧电流可以具有至少约3000安培每平方英寸的电流密度。例如,传输电流密度可以是大约5000安培每平方英寸。在一些实施例中,所支持的导引弧电流在大约9安培与大约60安培之间。在一些实施例中,由接触表面708支持的传输电流密度从大约100安培每平方英寸到大约3750安培每

平方英寸。在一些实施例中，由接触表面708支持的导引弧电流密度约为500安培每平方英寸（例如，9A导引弧电流/0.016平方英寸），传输/操作电流密度约为3125安培每平方英寸（例如，50A传输电流/0.016平方英寸）。在一些实施例中，由接触表面708支持的导引弧电流密度约为1000安培每平方英寸（例如，60A导引弧电流/0.06平方英寸），传输/操作电流密度约为5000安培每平方英寸（例如，300A传输电流/0.06平方英寸）。

[0060] 在一些实施例中，类似于电极400、600的接触表面408、608，多个（例如，两个或更多）接触表面708围绕喷嘴主体702的纵向轴线A周向布置在喷嘴主体702的内表面上，其中多个接触表面708径向不连续，使得其在电极与喷嘴700之间形成不连续的周向接触。在一些实施例中，不连续可由喷嘴700的多个非接触区域710产生，这些非接触区域710周向散布在喷嘴主体702的内表面上的接触表面708之间。例如，非接触区域710中的每一个可以周向定位在一对接触表面708之间。

[0061] 在一些实施例中，每个接触表面708设置在垫上，垫相对于喷嘴700远端706处的截头圆锥形部段的表面朝向电极径向向内凸起。当喷嘴700与用于导引弧引发的电极物理接触时，这些垫被成形为适于抵靠电极的外表面安放。在一些实施例中，每个接触表面708具有大于大约0.002平方英寸的表面面积。多个接触表面708的组合表面面积可以大于大约0.015平方英寸。在一些实施例中，每个接触表面708具有与图4a-4c的电极400的接触表面408或图6a-b的电极600的接触表面608大致相同的形状和/或尺寸。

[0062] 在某些实施例中，每个非接触区域710为设置在喷嘴主体702的内表面上并且散布在接触表面708之间的通道。每个通道710可以相对于接触表面708基本上是弓形的，以允许流体从中流过，即使当接触表面708与电极的相对应外表面物理接触时。因此，这些通道710在喷嘴700的远端706周围形成流动通路，允许离散的等离子气流在电极与喷嘴700之间接触期间和接触中断之前预流过增压室区域。在一些实施例中，通道710是倾斜的和/或偏斜的，使得在等离子切割气体流中引起漩涡。在一些实施例中，每个通道710具有与图4a-4c的电极400的通道410或图6a-b的电极600的通道610大致相同的形状和/或尺寸。

[0063] 在一些实施例中，喷嘴700具有散布在六个非接触区域（如通道）710之间六个接触表面708，中。接触表面708和/或非接触区域710可以围绕喷嘴的内表面上的周边均匀分布，如图7所示，使得它们有助于基本对称的等离子弧引发和通过喷嘴内孔707的过渡。替代地，接触表面708和/或非接触区域710可以围绕喷嘴主体702的内表面的周边不对称地分布，以影响等离子弧的引发和通过喷嘴内孔707的过渡的方向。通常，接触表面708和非接触区域710的大小、形状、数量和/或位置可以变化，同时仍然保持在本发明的范围内。

[0064] 在一些实施例中，一个或多个接触表面708围绕喷嘴700的远端706处内表面的圆周彼此径向邻接，以形成连续的周向接触（例如，单个周向接触带）。该接触表面708的带的表面面积可以大于大约0.015平方英寸。因此，在这样的设计/实施例中不存在非接触区域710。

[0065] 在某些实施例中，一个或多个接触表面708中的每一个均为截头圆锥形。在一些实施例中，一个或多个接触表面708中的每一个基本上轴向平行于纵向轴线A。在一些实施例中，每个接触表面408相对于纵向轴线A轴向成角度，使得每个接触表面708的圆锥角符合（即平行于）并补充相对应电极的圆锥形外表面。例如，每个接触表面708的圆锥角可以是大约45度。

[0066] 在一些实施例中,喷嘴700与电极之间所形成的接触表面面积大于传统消耗品,因为接触是在(多个)圆锥形接触表面708上,而不是图2b所示的细接触线304上。此外,与传统的接触位置相比,一个或多个接触表面708远离喷嘴内孔707和电极的远端面轴向向后移动。(多个)接触表面708的这种形状、面积和位置减少了在接触启动点火期间对加工关键几何特征的损害。在一些实施例中,当电极和喷嘴700仍然物理接触时,图7的喷嘴设计允许通过增压室区域建立等离子气体流动和压力。具体而言,喷嘴700的(多个)非接触区域710形成流动通道,该流动通道允许等离子气体流进入增压室,并在电极与喷嘴700物理分离之前,在电极与喷嘴700仍然接触时,建立期望的压力。

[0067] 另一方面,本文所描述的接触和非接触特征可形成于一个或多个插件上,该插件联接至电极的外表面和/或喷嘴的内表面。图8示出了根据本发明的一些实施例的另一个示例性的液体冷却喷嘴800,该喷嘴800被配置成用于接触启动液体冷却等离子弧割炬,其中接触特征设置在喷嘴800的插件801上。如图所示,插件801被配置成联接到喷嘴800的内表面的周向部段。插件801可以是基本上截头圆锥形的形状。在一些实施例中,插件801由导电材料例如银制成。一个或多个接触表面808和/或非接触区域810形成在插件801上,而不是形成在喷嘴800本身上。接触表面808基本上与上面关于图7的喷嘴700描述的接触表面708相同,并且非接触区域810与上面关于图7的喷嘴700描述的非接触区域710基本相同。在一些实施例中,插件801相对于喷嘴800的位置使得插件801的接触表面808和/或非接触区域810处于与图7的喷嘴700上的接触表面708和非接触区域710大致相同的位置。

[0068] 图9示出了根据本发明的一些实施例,组装在示例性液体冷却、接触启动等离子弧割炬900内部的图8的喷嘴800。在一些实施例中,炬900是300安培的接触启动、液体冷却的等离子弧割炬,并且喷嘴800被适当地被配置成在这样的电流水平下支持炬操作。如图所示,炬900包括电极902,电极902具有远侧尖端904,远侧尖端904基本上被喷嘴800的插件801包围。当电极902与喷嘴800被偏置成彼此接触时的接触启动部分期间,电极902的远端处的周向表面906适于与喷嘴插件801的接触表面808进行物理接触,在这些界面处形成密封。然而,在这种物理接触期间,等离子切割气体仍然可以通过蚀刻到喷嘴插件801中的非接触区域810(例如,通道)在电极902与喷嘴800之间流动。在一些实施例中,除了喷嘴插件801之外,插件(未示出)可以联接到电极902,其中电极插件可以具有某些接触和/或非接触特征。在一些实施例中,仅存在电极插件而没有喷嘴插件801,其中电极插件具有设置在其上的接触和/或非接触特征。在一些实施例中,插件可以包括固结到喷嘴800或电极902上的凸起垫。在一些实施例中,插件包括导电材料,例如钨、银等。

[0069] 在一些实施例中,喷嘴或电极的插件不包括在周向散布在接触表面中的任何非接触区域。相反,插件具有相对光滑的内表面,以形成与相对应消耗品接触的基本平坦的周向带。图10示出了根据本发明的一些实施例的又一示例性液体冷却喷嘴1000,该喷嘴1000被配置成用在接触启动、液体冷却等离子弧割炬中,其中喷嘴1000具有(i)喷嘴主体1002和(ii)喷嘴衬套1004,该喷嘴衬套1004包括相对光滑的插件1001。插件1001可以基本上是中空的并且是截头圆锥形的,被成形为配合地接合喷嘴衬套1004的内表面。插件1001可以由铜、黄铜、银、不锈钢等中的一种或多种构成。在一些实施例中,插件1001可以包括与铜相比具有更高熔点和更低电导率的材料,但仍然通过接近/接触的方式为导引电流和电弧产生提供源。图11示出了根据本发明的一些实施例的图10的喷嘴1000,该喷嘴1000组装在示例

性液体冷却的接触启动等离子弧割炬1100的内部。炬1100可以是300安培的接触启动、液体冷却的等离子弧割炬,并且喷嘴1000可以被适当地配置成在这样的电流水平下支持炬操作。如图所示,喷嘴插件1001的内表面相对光滑(即,不具有任何不规则特征)。喷嘴插件1001适于形成限定电极1102与喷嘴1000之间的增压室1106的表面的一部分。在操作中,当喷嘴1000与炬1100的电极1102接触时,喷嘴插件1001适于与电极1102远端处的相对应外表面1104形成均匀的周向密封带。在这种配置中,当喷嘴1000与电极1102彼此物理接触时,不允许等离子气体在它们之间流动。在一些实施例中,除了喷嘴插件1001之外或者代替喷嘴插件1001,类似的插件可以联接到电极1102,其中电极插件可以是相对平滑的,没有不规则特征。在一些实施例中,代替使用插件,导电涂层被施加到喷嘴1000的内表面和/或电极1102的外表面以形成接触表面。

[0070] 图12示出了根据本发明的一些实施例,图4a-c的电极400在用于图5的等离子弧割炬500中以完成约3600次导引弧引发(即启动)后的示例性图像。图13示出了根据本发明的一些实施例,在大约3600次启动之后,图5的等离子弧割炬500的喷嘴502的示例性图像。在接触启动期间,在喷嘴衬套504与电极400之间的物理接触中断之前,等离子气体压力已经在炬500的增压室区域508中预先建立。因此,一旦电极400与喷嘴衬套504彼此远离移动,增压室区域508中建立的气体压力能够通过衬套内孔503和喷嘴内孔501快速排出等离子弧,从而最小化分别在图1a和1b的现有技术喷嘴100和电极102中明显的任何热损害。结果,当分别与图1b和1a的现有技术电极102和喷嘴100相比时,在电极400的端面420处(如图12所示)和喷嘴502的增压室区域508中(如图13所示)的点蚀明显更浅且分布更广。图13还示出,与现有技术炬(例如,图3的炬300)中的接触位置相比,电极400与喷嘴502之间的接触区域向近侧移动远离衬套内孔503。具体而言,喷嘴502的接触区域511是点蚀和炭化在图13中明显的地方,其与衬套内孔503间隔开。这些接触区域511是喷嘴502与电极400的凸起接触表面408物理接触的区域。当在炬操作期间在电极400与喷嘴502之间发生分离时,等离子弧在增压室区域508中形成,并自旋出衬套内孔503和喷嘴内孔501,从而在图13中的接触区域511中产生可见的漩涡图案。因为接触区域511轴向远离衬套内孔503,这导致即使在大约3600次启动后衬套内孔503也几乎完好无损。此外,与图1b的现有技术电极102相比,电极400的发射插件407周围的铜大部分保持完好,如图12所示。图12还示出了电极400上的凸起接触表面408,在此处电极400与喷嘴502物理接触。一般而言,本发明的各种实施例将电极与喷嘴之间的接触区域向近侧移动得更远离包括喷嘴内孔(包括喷嘴主体内孔和喷嘴衬套内孔)以及电极前端面(包括电极的钎插件)的加工关键几何特征。例如,如图4a-4c和图5的实施例所示,轴向距离422将电极400的远端面420和接触表面408的远侧边缘418分离。这种轴向分离保护了过程的关键几何特征,其中径向对称性、完整性和清晰度(例如,其上没有点蚀/熔渣积聚)对于流体流动和等离子弧的产生至关重要。

[0071] 由于本发明的等离子弧炬中的消耗品损坏显著减少,因此延长了这些炬的在寿命中的切割品质(QOL)。图14示出了根据本发明的一些实施例,本发明的等离子弧炬在大约50安培下操作大约3600次启动的时间段的示例性寿命中的品质(QOL)结果。图15示出了根据本发明的一些实施例,本发明的等离子弧炬在大约80安培下操作大约3600次启动时间段的示例性寿命中的品质(QOL)结果。在一些实施例中,用于生成图14和图15的图表的炬具有与图5的炬500类似的配置。图14和图15的曲线图中相对平的迹线1400、1500表明在长的炬加

工持续时间(即,在3600次启动中)获得了稳定和一致的切割品质。如图所示,在最初几次切割(即使用新消耗品)与相同消耗品已累计3600次启动后进行的切割之间,切割品质没有太大差异。

[0072] 如上文所描述,本发明的消耗品(例如,电极和喷嘴)被配置为在接触启动点火期间,最大限度地减少对消耗品上加工关键几何特征的损害。这种损害的减少是通过多种方式实现的,包括将接触区(例如,在炬内部的电极与喷嘴之间)从衬套/喷嘴内孔(消耗品的加工关键几何特征位于此处)移开,增加接触表面,从而产生整体较大的接触表面面积,这降低了导引电流密度,和/或当消耗品彼此接触时,在消耗品之间形成一个或多个流动通道,以允许在增压室中建立等离子流动速率/压力,这在消耗品之间的物理接触中断后驱动快速弧转移。由此产生的快速弧转移允许最少的热能转移到消耗品中,从而减少对消耗品的热损害,并因此有助于延长消耗品的寿命和改善切割品质的一致性。即使在本发明的各种实施例中,电极被描述为动态部件(即,电极被配置为偏置到喷嘴中或远离喷嘴),能够相对于电极平移的动态喷嘴也在本发明的范围内。

[0073] 在本发明的上下文中,与特定值相关的术语“约”可解释为涵盖与该特定值 $\pm 5\%$ 偏差的范围。应当理解,本发明的各个方面和实施例可以以各种方式组合。基于本说明书的教导,本领域普通技术人员可以容易地确定如何组合这些不同的实施例。本领域技术人员在阅读说明书后也可以进行修改。

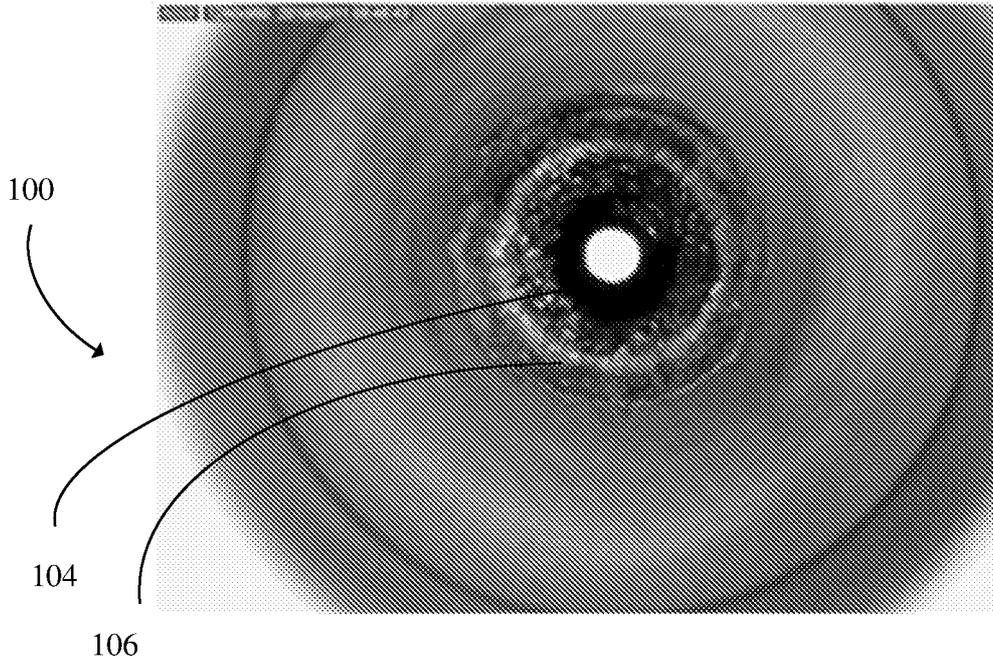


图 1a (现有技术)

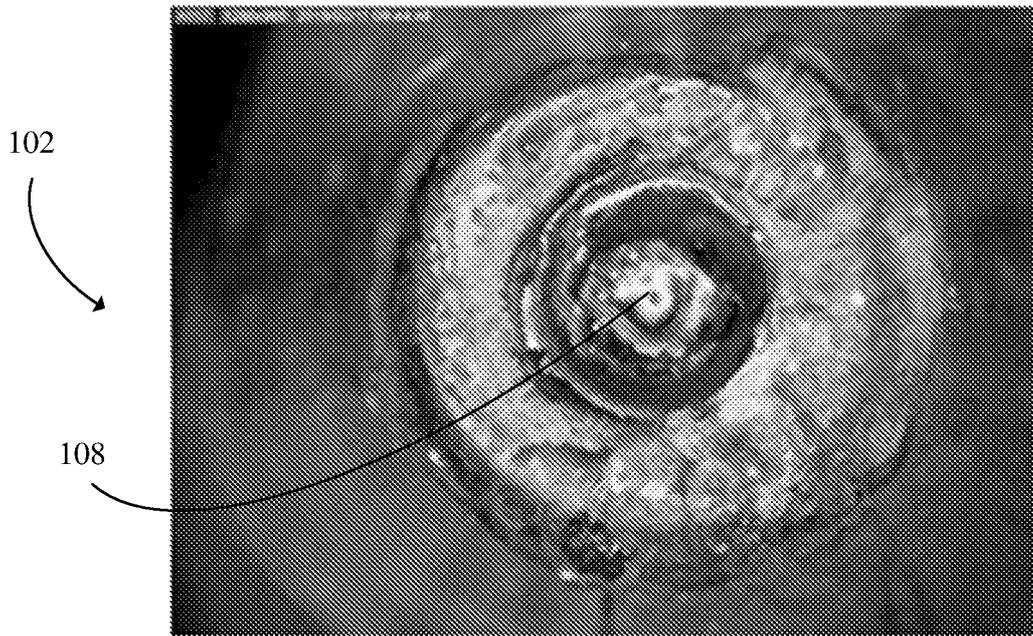


图 1b (现有技术)

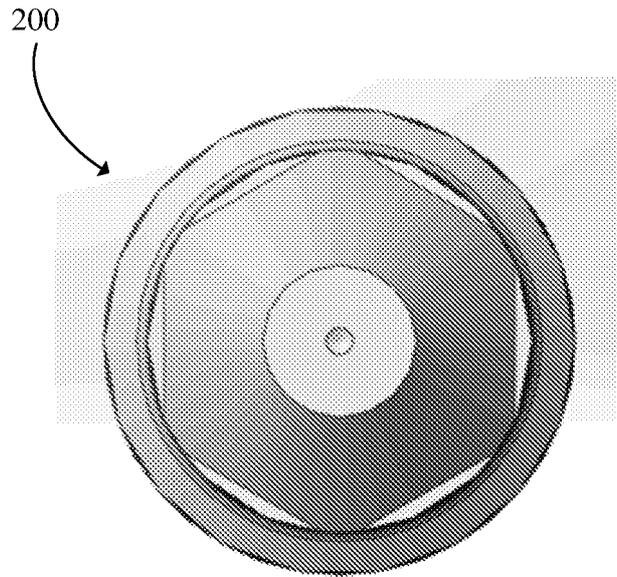


图 2a (现有技术)

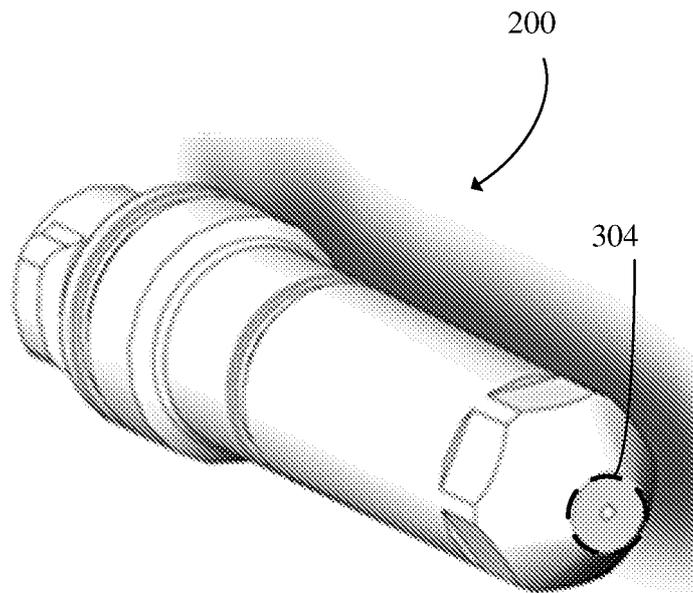


图 2b (现有技术)

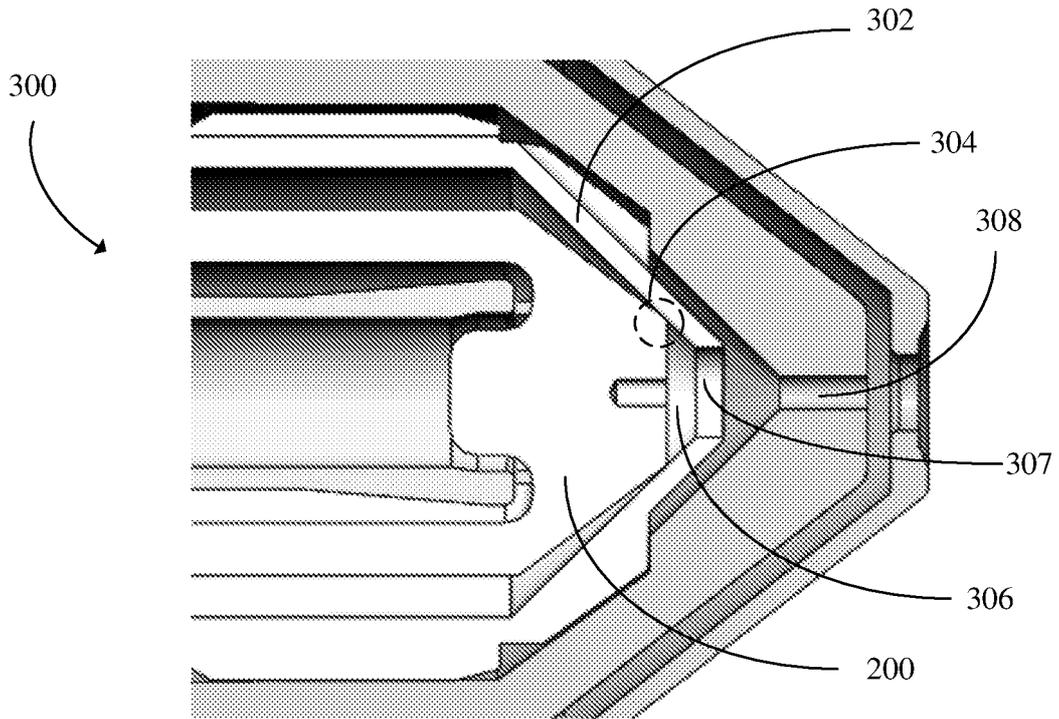


图 3 (现有技术)

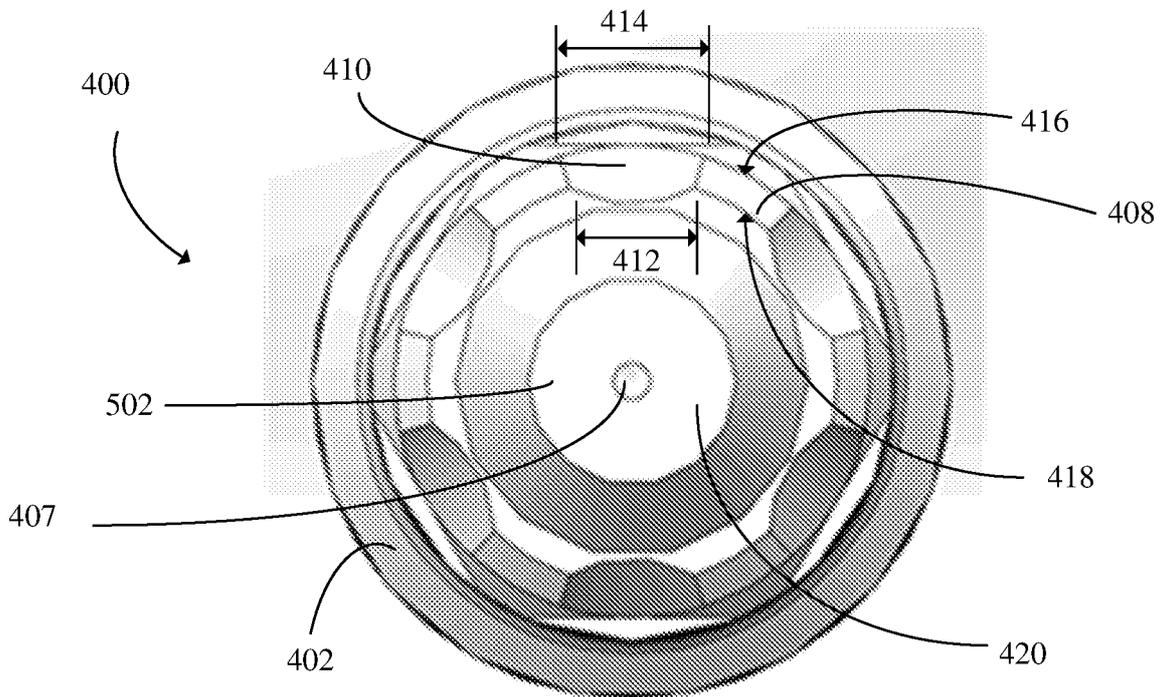


图 4a

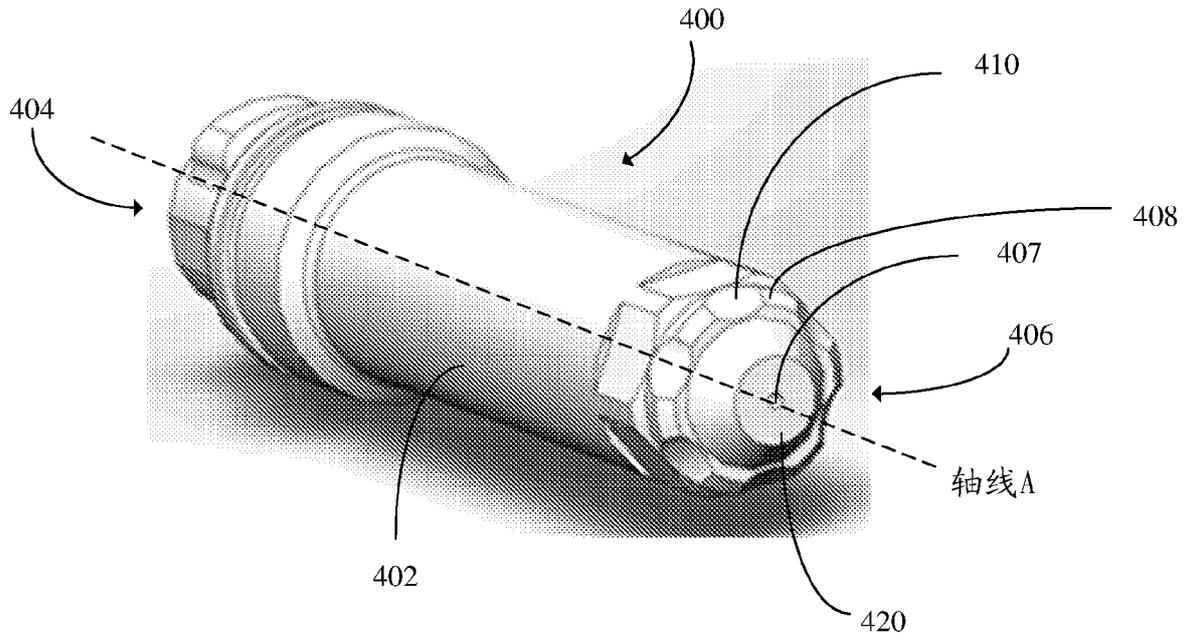


图 4b

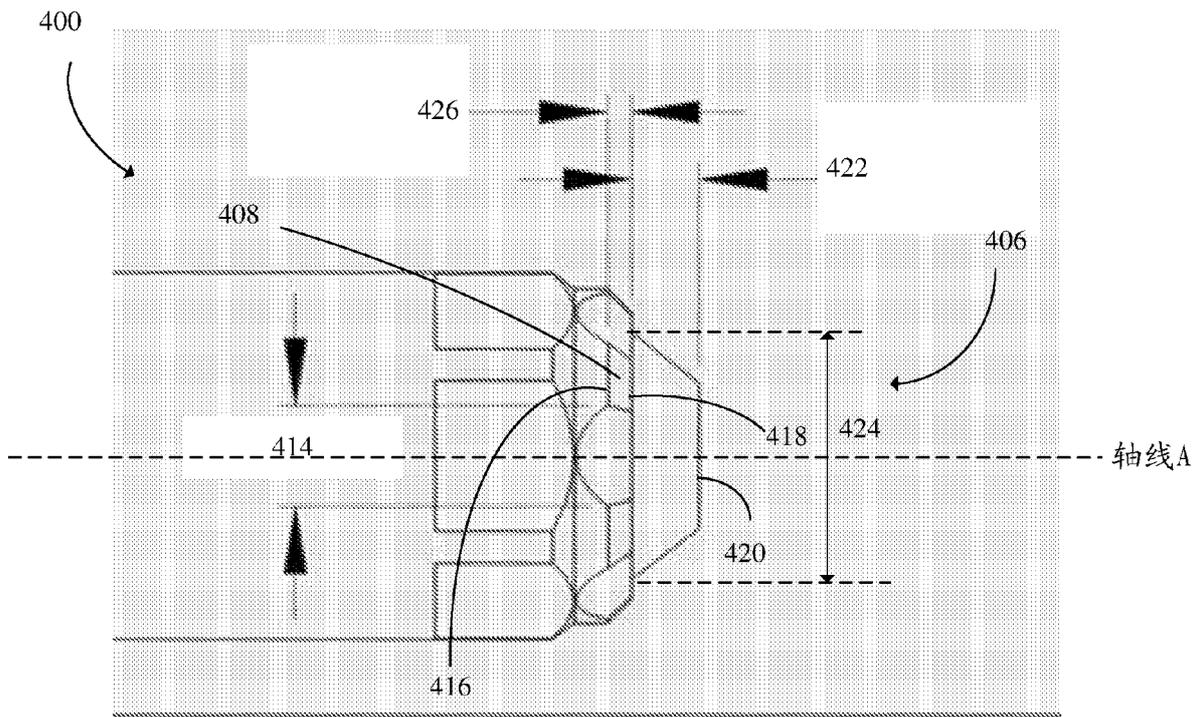


图 4c

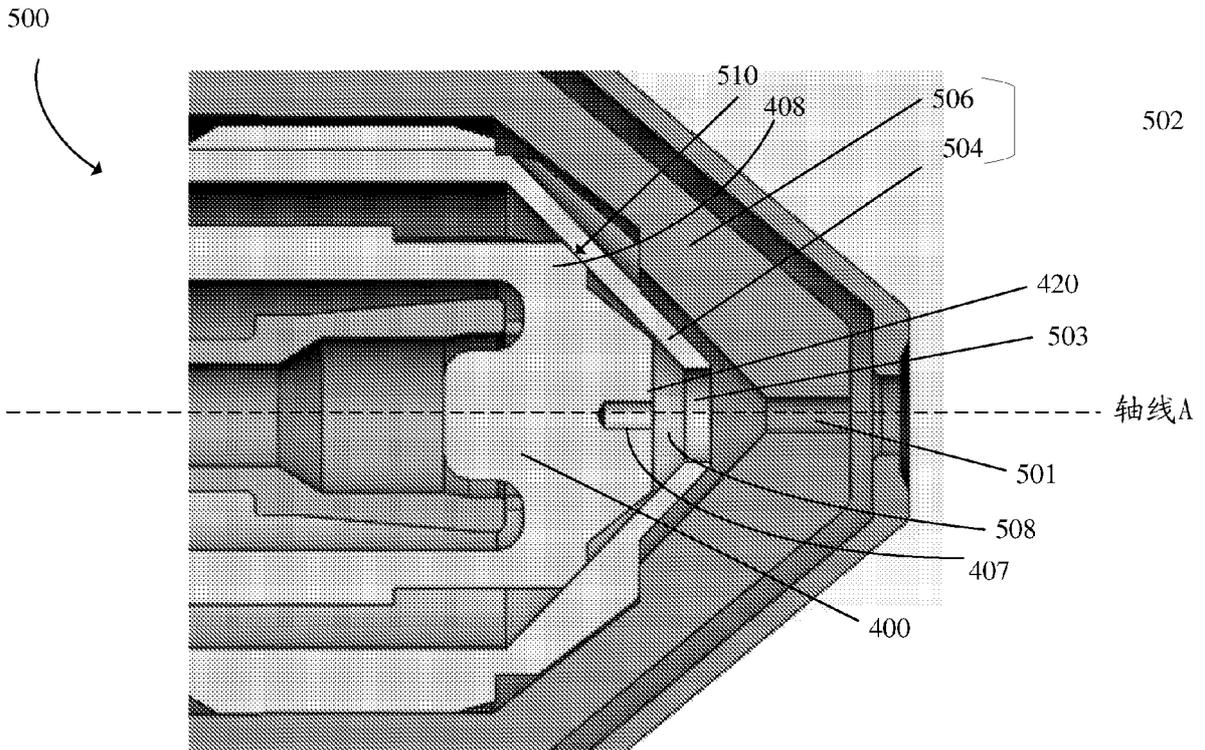


图 5

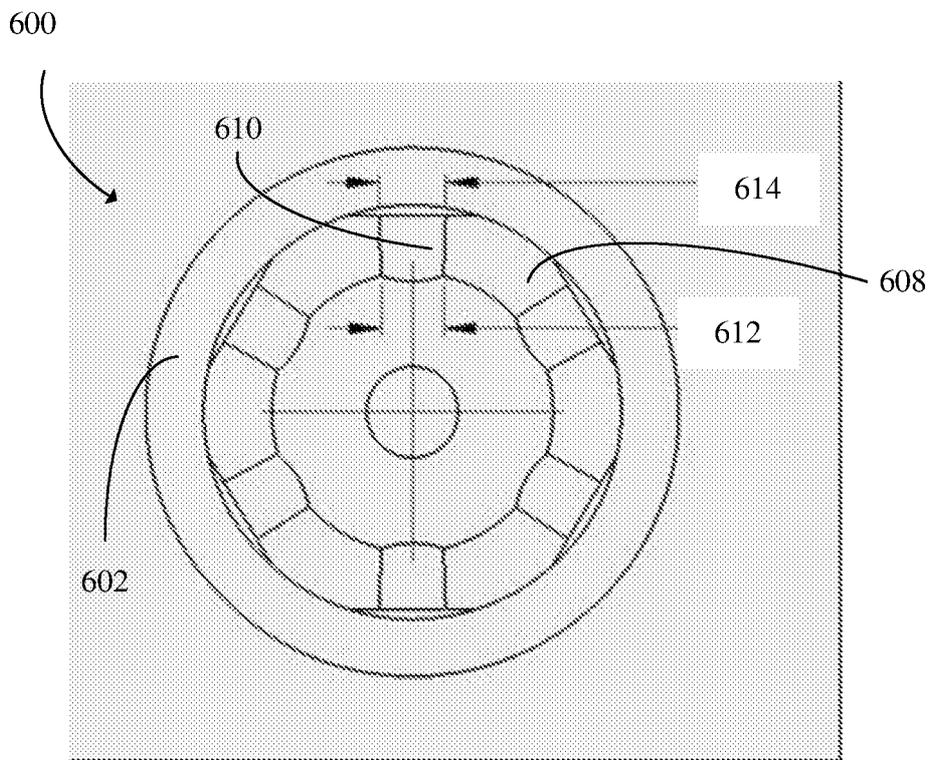


图 6a

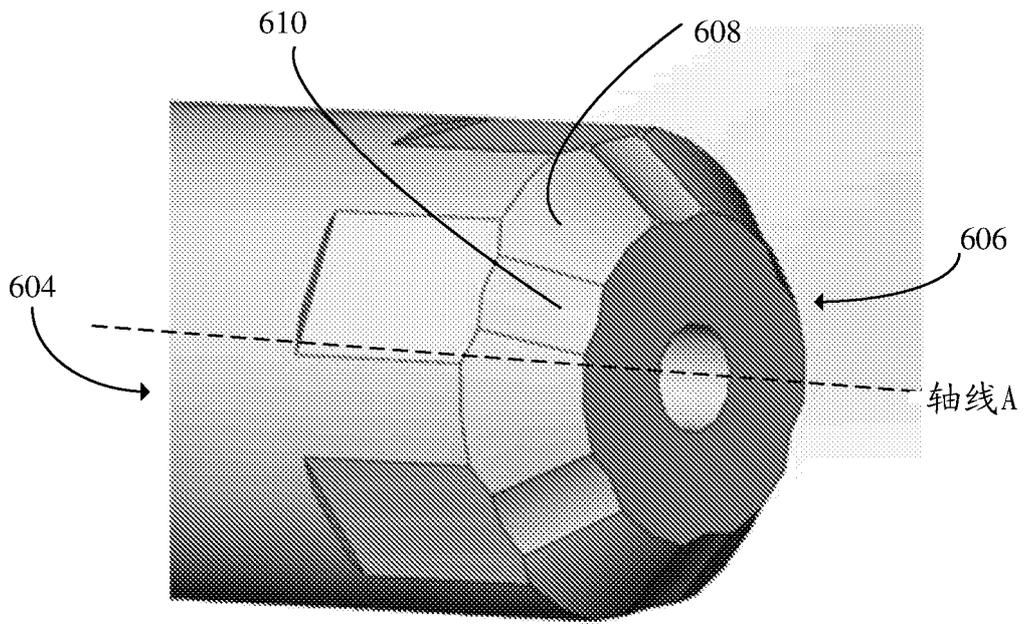


图 6b

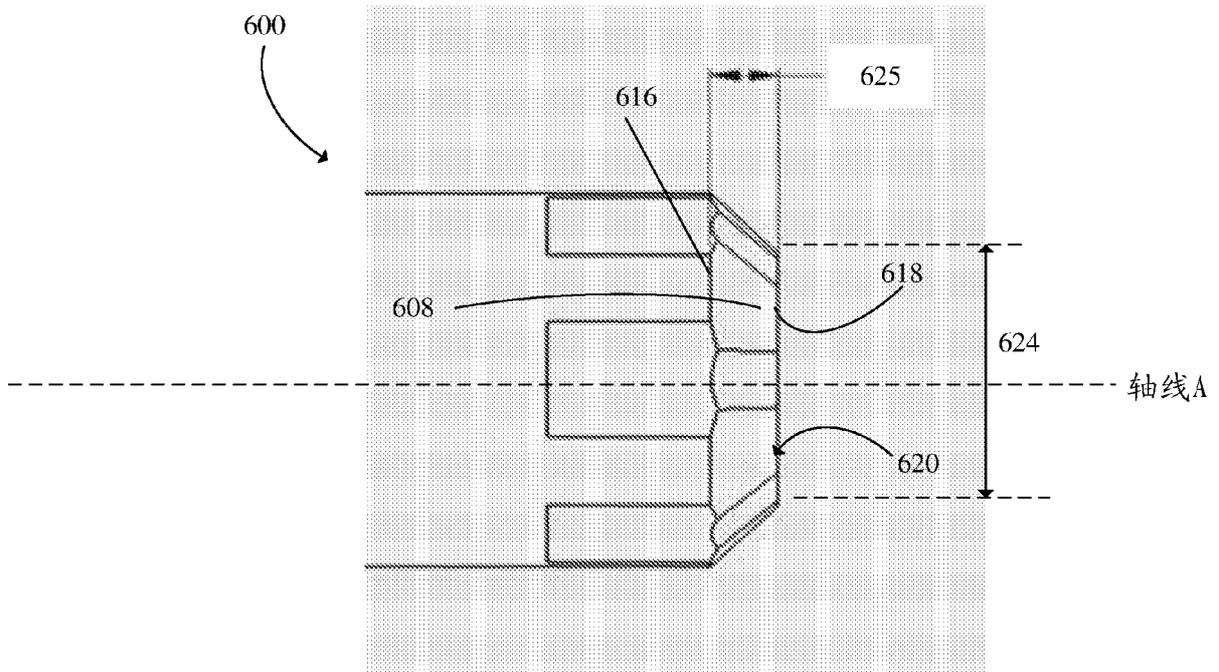


图 6c

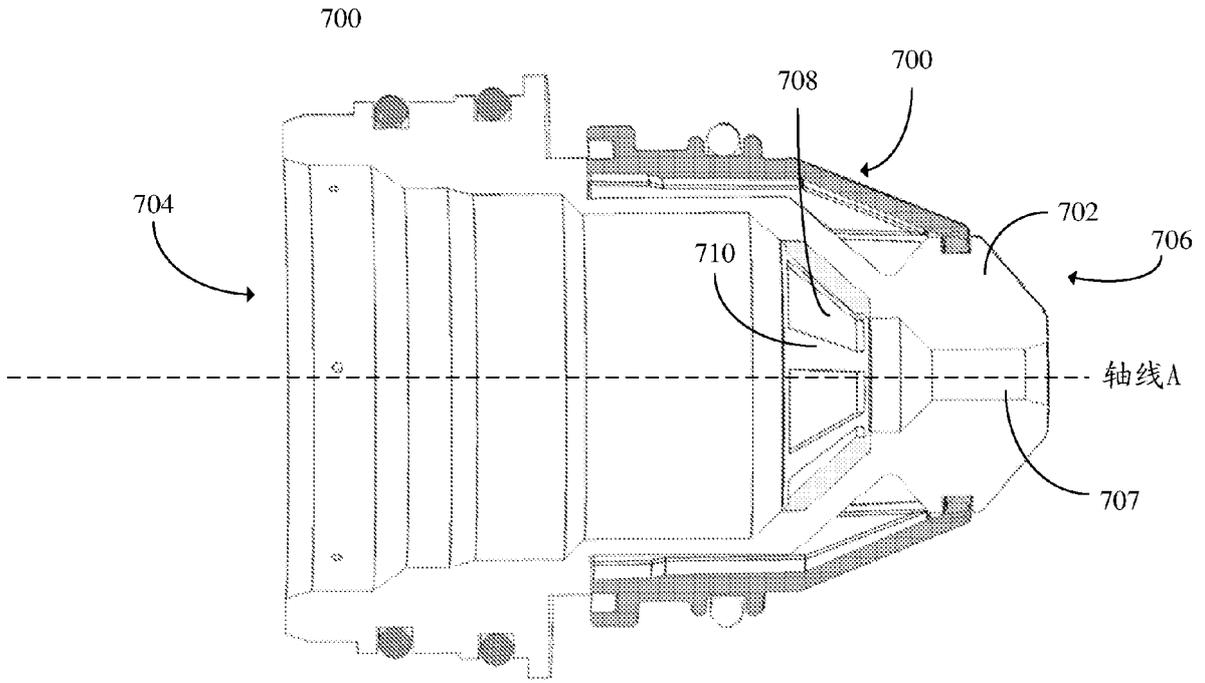


图 7

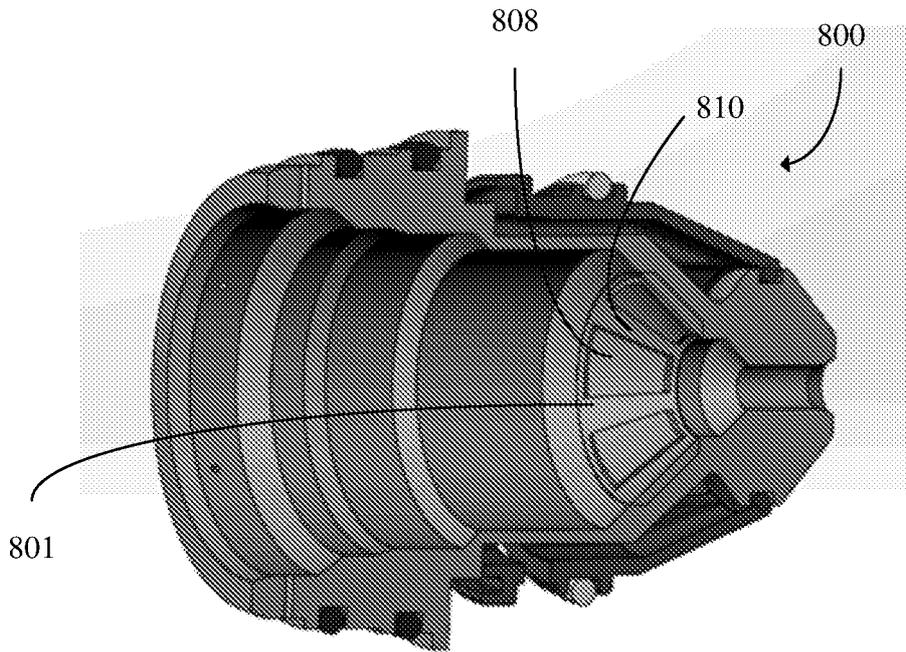


图 8

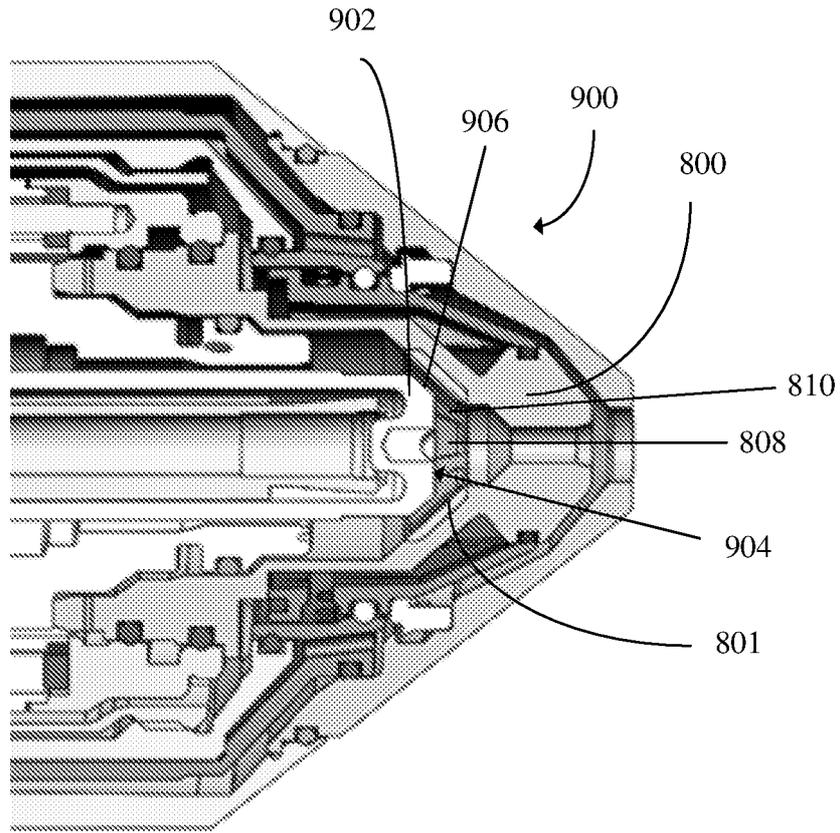


图 9

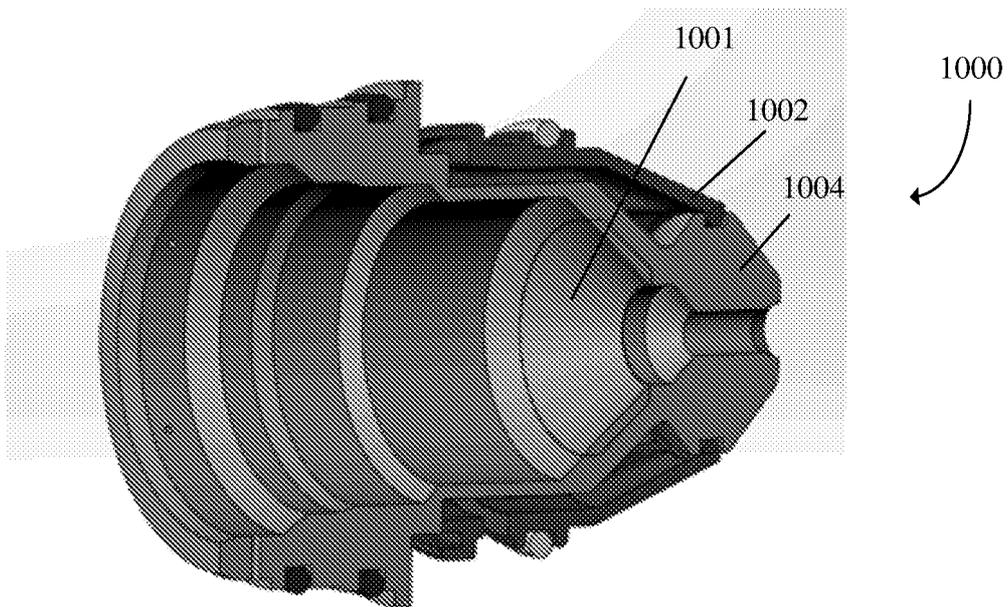


图 10

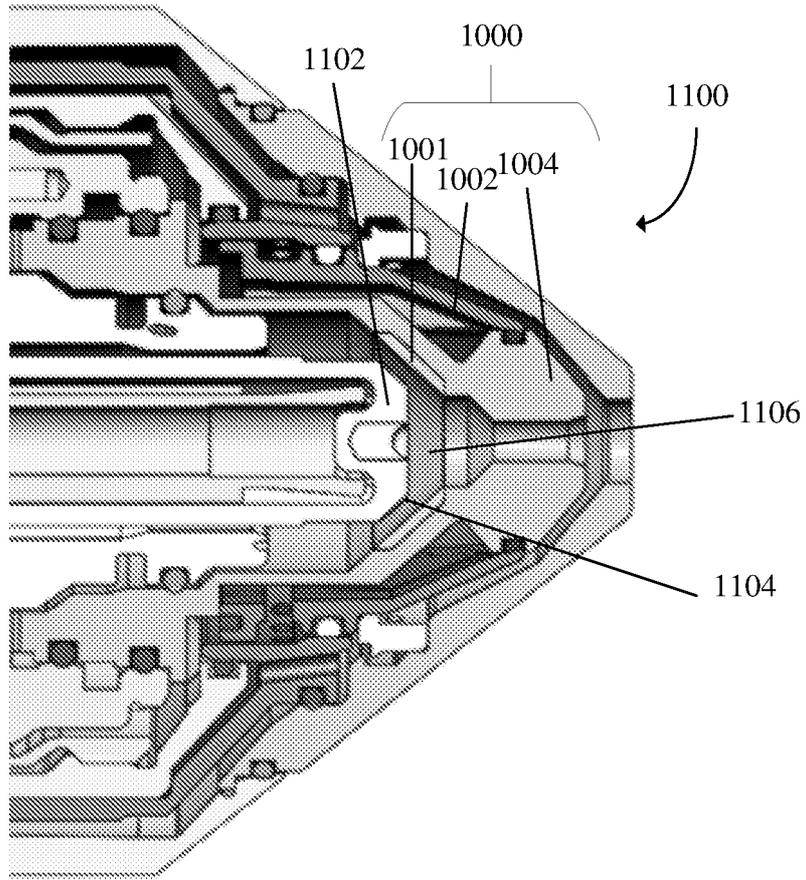


图 11

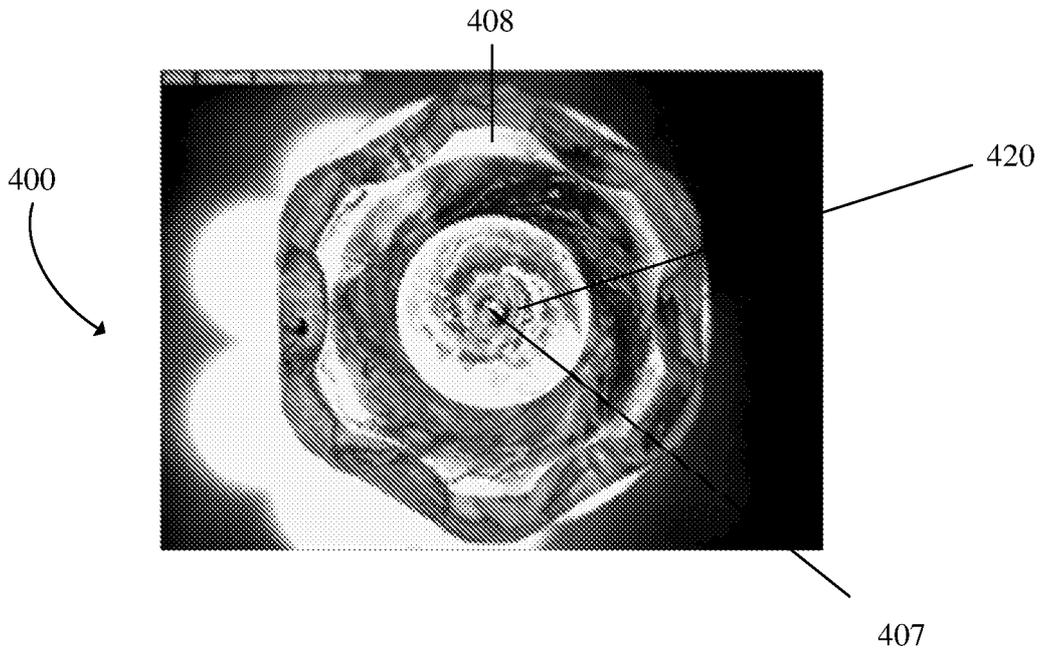


图 12

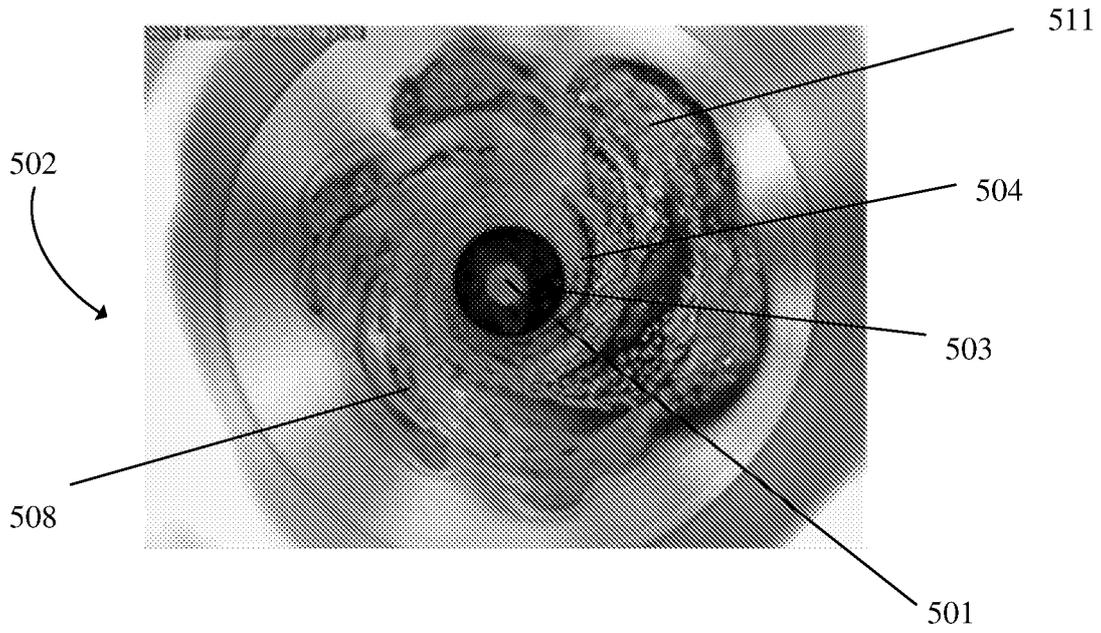


图 13

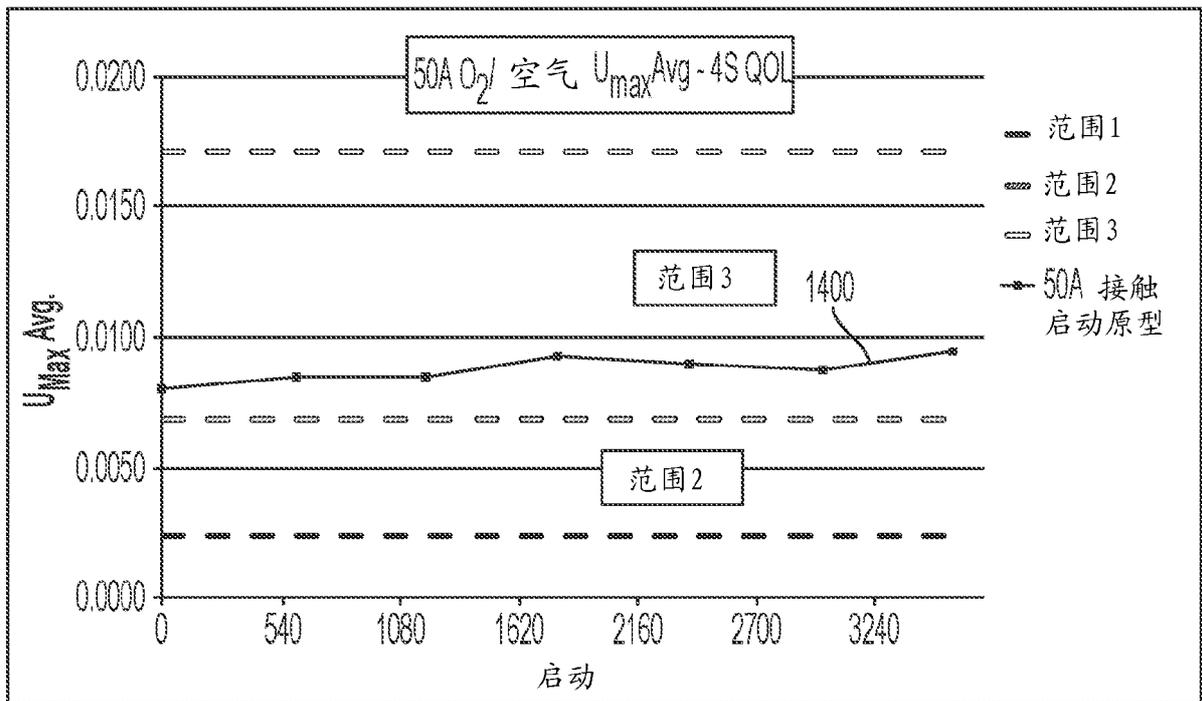


图 14

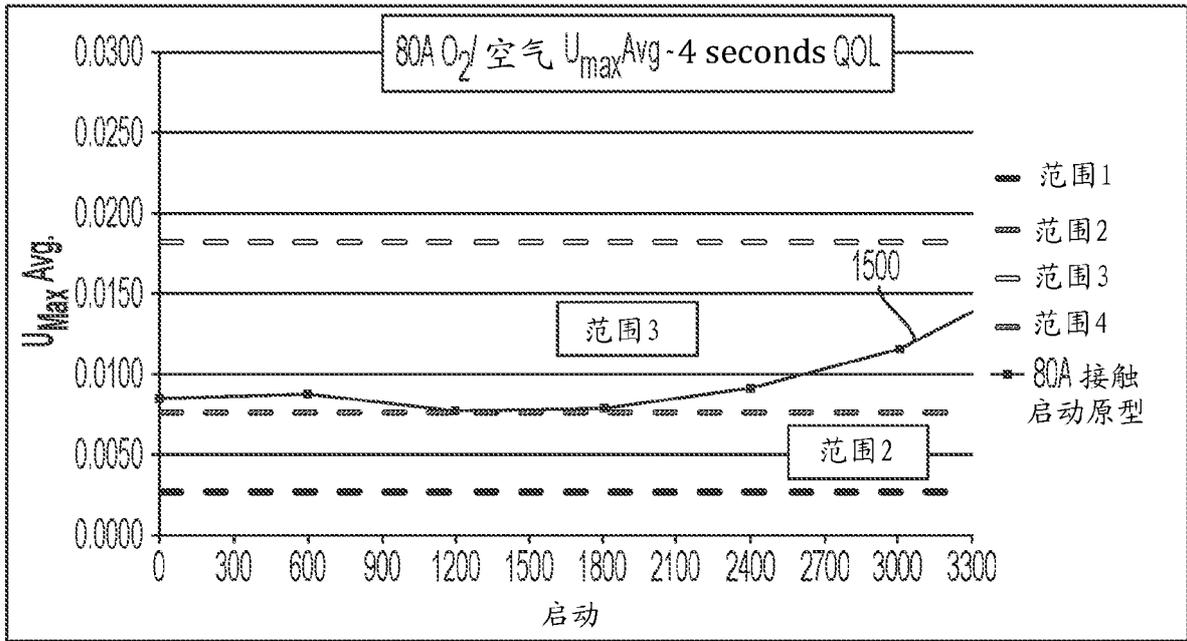


图 15