



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107956516 A

(43)申请公布日 2018.04.24

(21)申请号 201711183189.2

(22)申请日 2017.11.23

(71)申请人 中国航发沈阳黎明航空发动机有限责任公司

地址 110043 辽宁省沈阳市大东区东塔街6号

(72)发明人 吕永 李景波 孙晓超 孙远伟
梁晓龙

(74)专利代理机构 沈阳优普达知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 21234

代理人 俞鲁江

(51)Int.Cl.

F01D 11/12(2006.01)

B23H 9/00(2006.01)

B23H 1/00(2006.01)

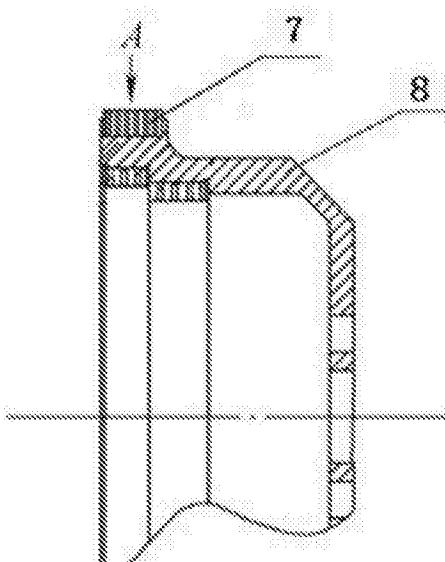
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种用于燃气轮机密封的蜂窝结构及其加工方法

(57)摘要

本发明涉及燃气轮机密封领域,公开一种用于燃气轮机密封的蜂窝结构及其加工方法,所述整体蜂窝结构为整体式分段熔模铸造结构,所述蜂窝的孔为正方形孔,与水平线成45°角布置,蜂窝壁厚为0.2mm~0.4mm,蜂窝芯格尺寸为3mm×3mm,蜂窝深为3mm~5mm,采用电火花加工方法加工成型加工整体蜂窝的电极上布置有与蜂窝芯格形状和尺寸相同的凸模。本发明新型铸造蜂窝结构的蜂窝为实体结构与壳体铸为一体,蜂窝壳体设计为熔模铸造扇形段,密封效果好,密封性能好。在相同间隙和压力的条件下,蜂窝式密封比外环涂层密封平均减小泄漏损失50%~70%,提高了机组效率,具有显著的经济效益,铸造蜂窝本身非常耐磨,运行寿命长,能够长期保持密封间隙,降低修理维护费用。



1. 一种用于燃气轮机密封的蜂窝结构,包括蜂窝芯格,其特征在于:所述整体蜂窝结构为整体式分段熔模铸造结构,蜂窝为实体结构与壳体铸为一体,蜂窝壳体设计为熔模铸造扇形段,所述蜂窝的孔为正方形孔,与水平线成45°角布置,蜂窝壁厚d为0.2~0.4mm,蜂窝芯格尺寸a为3mm×3mm,蜂窝深h为3~5mm,蜂窝芯格底部与基体的过渡圆角R=0.2~0.8mm。

2. 一种用于燃气轮机密封的蜂窝结构的加工方法,其特征在于:新式蜂窝嵌块为分段熔模铸造结构,将其置于工作液循环系统内,工具电极安装在伺服进给机构上,蜂窝芯格通过电火花加工方法成型,加工蜂窝的工具电极上预先加工与蜂窝芯格形状和尺寸相同的凸模,蜂窝孔为正方形孔,与水平线成45°角布置;工具电极和蜂窝嵌块分别接入脉冲电源的两极,并浸入工作液中,利用伺服进给机构控制工具电极向蜂窝嵌块作进给运动,当两电极的间隙达到一定距离时,两电极上施加脉冲电压将工作液击穿,产生火花放电,将蜂窝嵌块表面金属熔蚀掉,形成蜂窝孔;

具体步骤如下:

(1) 进行电火花加工时,工具电极和新式蜂窝嵌块分别接脉冲电源的两极,并浸入工作液中;

(2) 通过伺服进给机构控制工具电极向蜂窝嵌块进给,当两电极间的间隙达到0.05mm~0.5mm时,两电极上施加的脉冲电压将工作液击穿,产生火花放电;

(3) 在放电的微细通道中瞬时集中大量的热能,温度可高达一万摄氏度以上,压力也有急剧变化,从而使这一点工作表面局部微量的金属材料立刻熔化、气化,并爆炸式的飞溅到工作液中,迅速冷凝,形成固体的金属微粒,被工作液带走,在蜂窝嵌块表面上留下一个微小的凹坑痕迹,放电短暂停歇,两电极间工作液恢复绝缘状态,紧接着,下一个脉冲电压又在两电极相对接近的另一点处击穿,产生火花放电;

(4) 重复上述过程,放电延续时间一般为 $10^{-7} \sim 10^{-3}$ s,直至加工出与工具电极形状相对应的蜂窝。

一种用于燃气轮机密封的蜂窝结构及其加工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及燃气轮机密封领域,具体涉及一种用于燃气轮机密封的蜂窝结构及其加工方法。

背景技术

[0002] 在高速旋转的叶轮机械中,为了提高效率,减少泄漏,维持各个腔室的工作压力,保持主机正常高效的工作,通常需要采用各种封严措施。目前梳齿式密封和蜂窝密封是非接触式动态密封中应用最广泛的两种,然而随着现代叶轮机械向着高参数方向发展,对于密封间隙的要求越来越高,要求的密封间隙越来越小,而梳齿式密封转子流体激振的问题也越来越突出。相比之下,采用蜂窝密封结构的转子,其动态特性明显优于梳齿式密封,封严效果也好于梳齿式密封。因此,蜂窝式密封正在高效大功率流体机械中取得越来越广泛的应用。

[0003] 蜂窝密封结构是现代航空发动机、燃气轮机、汽轮机及航天飞机上转子与静子之间密封采用的先进结构,蜂窝结构件由蜂窝夹芯和壳体组成,蜂窝孔壁厚度d仅为0.05~0.10mm,由镍基耐高温合金经特殊工艺加工而成,蜂窝芯格形状为正六边形,蜂窝孔深度h一般为1.6~6mm,蜂窝孔对边距b小的仅有0.5mm,大的有几毫米。壳体材料一般为不锈钢和高温合金的锻、铸、钣金件。蜂窝结构件有环形、扇形段及平板结构。

[0004] 蜂窝结构制造的关键是蜂窝与壳体的连接,目前最为有效的连接方法是真空钎焊。但是蜂窝结构件真空钎焊加工主要的技术难点是:(1)钎焊面积大,对钎料预置的均匀性有较高要求;(2)组件装配定位必须牢固可靠,保证钎焊工艺间隙,且不得损伤蜂窝;(3)蜂窝条带较薄,钎焊加工须防止蜂窝产生溶蚀;(4)蜂窝芯格钎焊质量检测难度大;零件返修焊时蜂窝芯格内钎料容易过量。

[0005] 在燃气轮机高压涡轮叶片处燃气温度超过了钎焊温度,而无法采用钎焊蜂窝密封结构,通常采用在外环喷涂涂层与叶片叶尖进行摩擦密封。该种密封结构间隙过小极易导致涂层因摩擦脱落,且摩擦时对叶尖损伤也较大;间隙过大则会严重降低燃机效率。

发明内容

[0006] 为了解决上述技术问题,避免外环涂层密封结构的缺点,本发明提供了一种可以在燃气轮机高压涡轮叶片处使用的蜂窝结构及其加工方法,提高高压涡轮叶片处的密封效果,该整体式蜂窝密封结构可用于阻挡燃气在涡轮级之间的泄漏,提高高压涡轮的效率。

[0007] 具体技术方案如下:

[0008] 一种用于燃气轮机密封的蜂窝结构,包括蜂窝芯格,所述整体蜂窝结构为整体式分段熔模铸造结构,蜂窝为实体结构与壳体铸为一体,蜂窝壳体设计为熔模铸造扇形段,所述蜂窝的孔为正方形孔,与水平线成45°角布置,蜂窝壁厚d为0.2~0.4mm,蜂窝芯格尺寸a为3mm×3mm,蜂窝深h为3~5mm,蜂窝芯格底部与基体的过渡圆角R=0.2~0.8mm。

[0009] 用于燃气轮机密封的蜂窝结构的加工方法,新式蜂窝嵌块为分段熔模铸造结构,

将其置于工作液循环系统内,工具电极安装在伺服进给机构上,蜂窝芯格通过电火花加工方法成型,加工蜂窝的工具电极上预先加工与蜂窝芯格形状和尺寸相同的凸模,蜂窝孔为正方形孔,与水平线成45°角布置;工具电极和蜂窝嵌块分别接入脉冲电源的两极,并浸入工作液中,利用伺服进给机构控制工具电极向蜂窝嵌块作进给运动,当两电极的间隙达到一定距离时,两电极上施加脉冲电压将工作液击穿,产生火花放电,将蜂窝嵌块表面金属熔蚀掉,形成蜂窝孔;

[0010] 具体步骤如下:

[0011] (1) 进行电火花加工时,工具电极和新式蜂窝嵌块分别接脉冲电源的两极,并浸入工作液中。

[0012] (2) 通过伺服进给机构控制工具电极向蜂窝嵌块进给,当两电极间的间隙达到0.05mm~0.5mm时,两电极上施加的脉冲电压将工作液击穿,产生火花放电。

[0013] (3) 在放电的微细通道中瞬时集中大量的热能,温度可高达一万摄氏度以上,压力也有急剧变化,从而使这一点工作表面局部微量的金属材料立刻熔化、气化,并爆炸式的飞溅到工作液中,迅速冷凝,形成固体的金属微粒,被工作液带走。这时在蜂窝嵌块表面上便留下一个微小的凹坑痕迹,放电短暂停歇,两电极间工作液恢复绝缘状态。紧接着,下一个脉冲电压又在两电极相对接近的另一点处击穿,产生火花放电。

[0014] (4) 重复上述过程,放电延续时间一般为 $10^{-7} \sim 10^{-3}$ s,直至加工出与工具电极形状相对应的蜂窝。

[0015] 本方法的优点是:

[0016] (1) 本发明提供一种用于燃气轮机密封的蜂窝结构及其加工方法,新型铸造蜂窝结构的蜂窝不再通过钎焊连接在壳体上,蜂窝为实体结构与壳体铸为一体,蜂窝壳体设计为熔模铸造扇形段;

[0017] (2) 密封效果好。由于蜂窝带的较软特性,蜂窝式密封的安装间隙可以取设计间隙的下限,密封间隙小,提高燃机效率;

[0018] (3) 密封性能好。在相同间隙和压力的条件下,蜂窝式密封比外环涂层密封平均减小泄漏损失50%~70%。提高了机组效率,具有显著的经济效益;

[0019] (4) 运行寿命长。铸造蜂窝本身非常耐磨,运行寿命长,能够长期保持密封间隙,降低修理维护费用。

附图说明

[0020] 图1为传统钎焊蜂窝结构侧视图;

[0021] 图2为A-A向传统钎焊蜂窝结构示意图;

[0022] 图3为本发明新型铸造蜂窝结构侧视图;

[0023] 图4为本发明新型铸造蜂窝结构俯视图;

[0024] 图5为本发明新型铸造蜂窝结构局部放大图;

[0025] 图6为本发明铸造嵌块电火花加工蜂窝初始加工示意图;

[0026] 图7为本发明铸造嵌块电火花加工蜂窝加工过程示意图;

[0027] 图8为本发明铸造嵌块电火花加工蜂窝完成加工示意图;

[0028] 图9为本发明铸造嵌块电火花加工蜂窝电极退出示意图。

[0029] 其中,1-脉冲电源;2-工具电极;3-伺服进给机构;4-蜂窝嵌块;5-工作液循环系统;6-火花放电腐蚀的金属微粒;7-蜂窝;8-壳体。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细说明,但本发明的保护范围不受附图和实施例所限。图3为本发明新型铸造蜂窝结构侧视图,图4为本发明新型铸造蜂窝结构俯视图,图5为本发明新型铸造蜂窝结构局部放大图。

[0031] 实施例1

[0032] 一种用于燃气轮机密封的蜂窝结构,包括蜂窝芯格,所述整体蜂窝结构为整体式分段熔模铸造结构,蜂窝为实体结构与壳体铸为一体,蜂窝壳体设计为熔模铸造扇形段,所述蜂窝的孔为正方形孔,与水平线成 45° 角布置,蜂窝壁厚d为0.2mm,蜂窝芯格尺寸a为3mm \times 3mm,蜂窝深h为3mm,蜂窝芯格底部与基体的过渡圆角R=0.2mm。

[0033] 实施例2

[0034] 一种用于燃气轮机密封的蜂窝结构,包括蜂窝芯格,所述整体蜂窝结构为整体式分段熔模铸造结构,蜂窝为实体结构与壳体铸为一体,蜂窝壳体设计为熔模铸造扇形段,所述蜂窝的孔为正方形孔,与水平线成 45° 角布置,蜂窝壁厚d为0.3mm,蜂窝芯格尺寸a为3mm \times 3mm,蜂窝深h为4mm,蜂窝芯格底部与基体的过渡圆角R=0.5mm。

[0035] 实施例3

[0036] 一种用于燃气轮机密封的蜂窝结构,包括蜂窝芯格,所述整体蜂窝结构为整体式分段熔模铸造结构,蜂窝为实体结构与壳体铸为一体,蜂窝壳体设计为熔模铸造扇形段,所述蜂窝的孔为正方形孔,与水平线成 45° 角布置,蜂窝壁厚d为0.4mm,蜂窝芯格尺寸a为3mm \times 3mm,蜂窝深h为5mm,蜂窝芯格底部与基体的过渡圆角R=0.8mm。

[0037] 图6为本发明铸造嵌块电火花加工蜂窝初始加工示意图,图7为本发明铸造嵌块电火花加工蜂窝加工过程示意图,图8为本发明铸造嵌块电火花加工蜂窝完成加工示意图,图9为本发明铸造嵌块电火花加工蜂窝电极退出示意图。

[0038] 如图所示,加工时,加工设备为电火花成型机,主要由脉冲电源1、伺服进给机构3、工作液循环系统5等组成。新式蜂窝嵌块4为分段熔模铸造结构,将其置于工作液循环系统5内,工具电极2安装在伺服进给机构3上,蜂窝芯格通过电火花加工方法成型,加工蜂窝的工具电极2上预先加工与蜂窝芯格形状和尺寸相同的凸模,蜂窝孔为正方形孔,与水平线(或垂直线)成 45° 角布置。工具电极2和蜂窝嵌块4分别接入脉冲电源1的两极,并浸入工作液中,利用伺服进给机构3控制工具电极2向蜂窝嵌块4作进给运动,当两电极的间隙达到一定距离时,两电极上施加脉冲电压将工作液5击穿,产生火花放电,将蜂窝嵌块4表面金属熔蚀掉,形成蜂窝孔。

[0039] 具体加工步骤如下:

[0040] (1) 进行电火花加工时,工具电极2和新式蜂窝嵌块4分别接脉冲电源1的两极,并浸入工作液5中。

[0041] (2) 通过伺服进给机构3控制工具电极2向蜂窝嵌块4进给,当两电极间的间隙达到0.05mm~0.5mm时,两电极上施加的脉冲电压将工作液击穿,产生火花放电。

[0042] (3) 在放电的微细通道中瞬时集中大量的热能,温度可高达一万摄氏度以上,压力

也有急剧变化,从而使这一点工作表面局部微量的金属材料立刻熔化、气化,并爆炸式的飞溅到工作液中,迅速冷凝,形成固体的金属微粒6,被工作液带走。这时在蜂窝嵌块4表面上便留下一个微小的凹坑痕迹,放电短暂停歇,两电极间工作液恢复绝缘状态。紧接着,下一个脉冲电压又在两电极相对接近的另一点处击穿,产生火花放电。

[0043] (4) 重复上述过程,放电延续时间一般为 $10^{-7} \sim 10^{-3}$ s。

[0044] 这样,虽然每个脉冲放电蚀除的金属量极少,但因每秒有成千上万次脉冲放电作用,就能蚀除较多的金属,具有一定的生产率。在保持工具电极2与蜂窝嵌块4之间恒定放电间隙的条件下,一边蚀除较多的金属,一边使工具电极2不断地向蜂窝嵌块4进给,最后便加工出与工具电极2形状相对应的蜂窝。

[0045] 工具电极常用导电性良好、熔点较高、易加工的耐电蚀材料,如铜、石墨、铜钨合金和钼等。在加工过程中,工具电极也有损耗,但小于工件金属的蚀除量,甚至接近于无损耗。

[0046] 工作液作为放电介质,必须具有较高的绝缘强度($10^3 \sim 10^7 \Omega \cdot \text{cm}$),在加工过程中还起着冷却、排屑等作用。常用的工作液是粘度较低、闪电较高、性能稳定的介质,如煤油、去离子水和乳化液等。

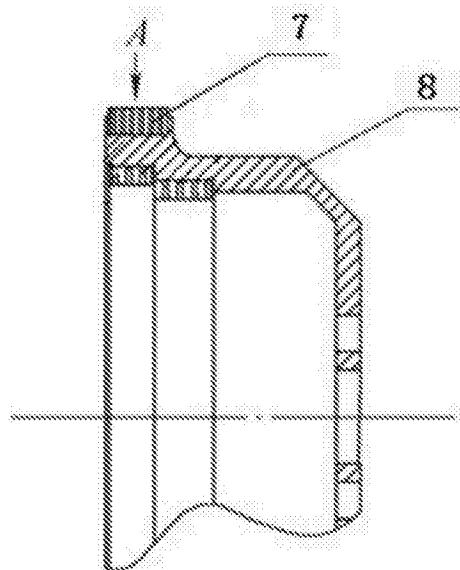


图1

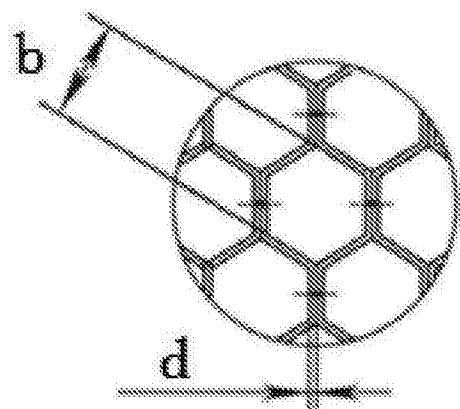


图2

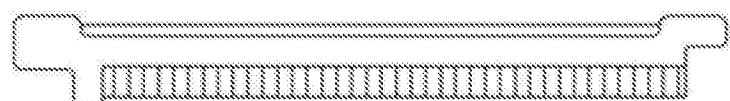


图3

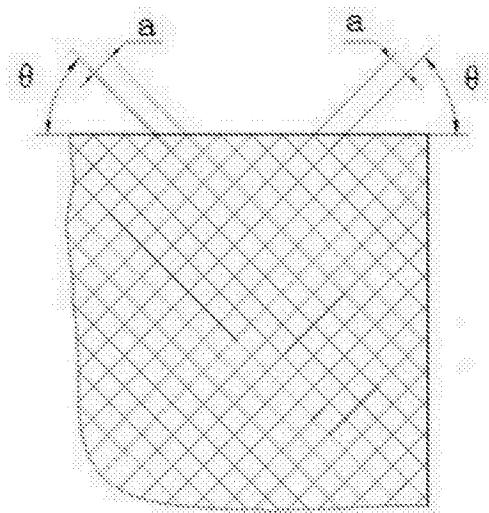


图4

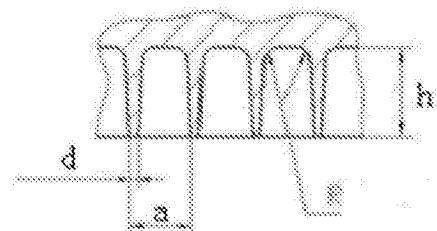


图5

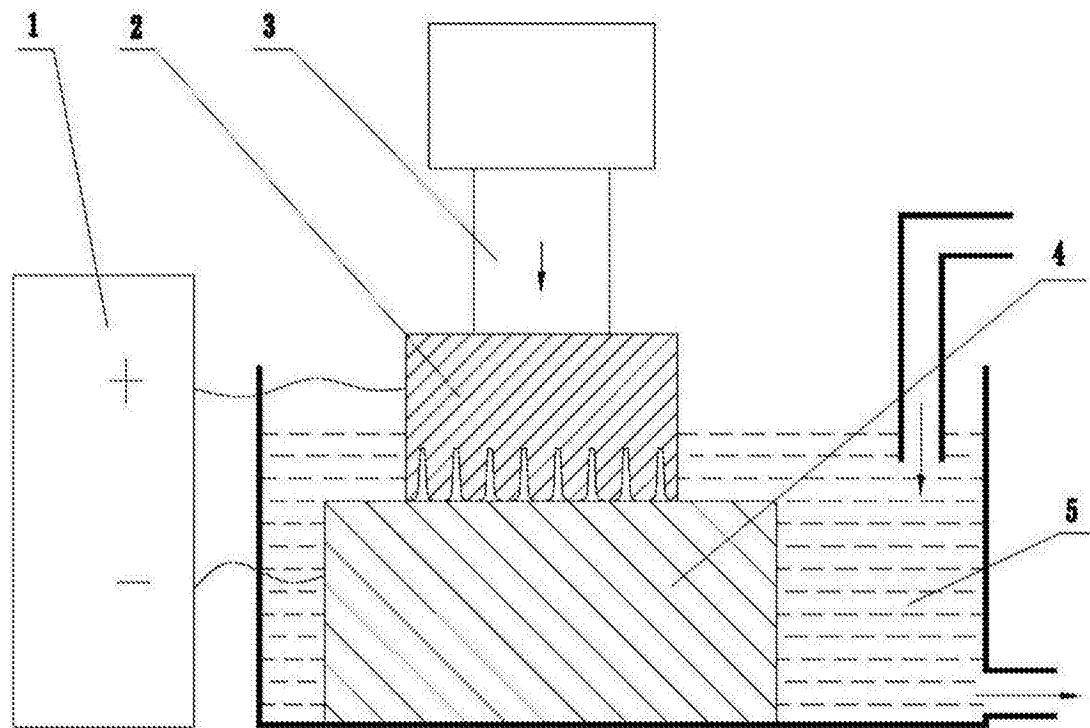


图6

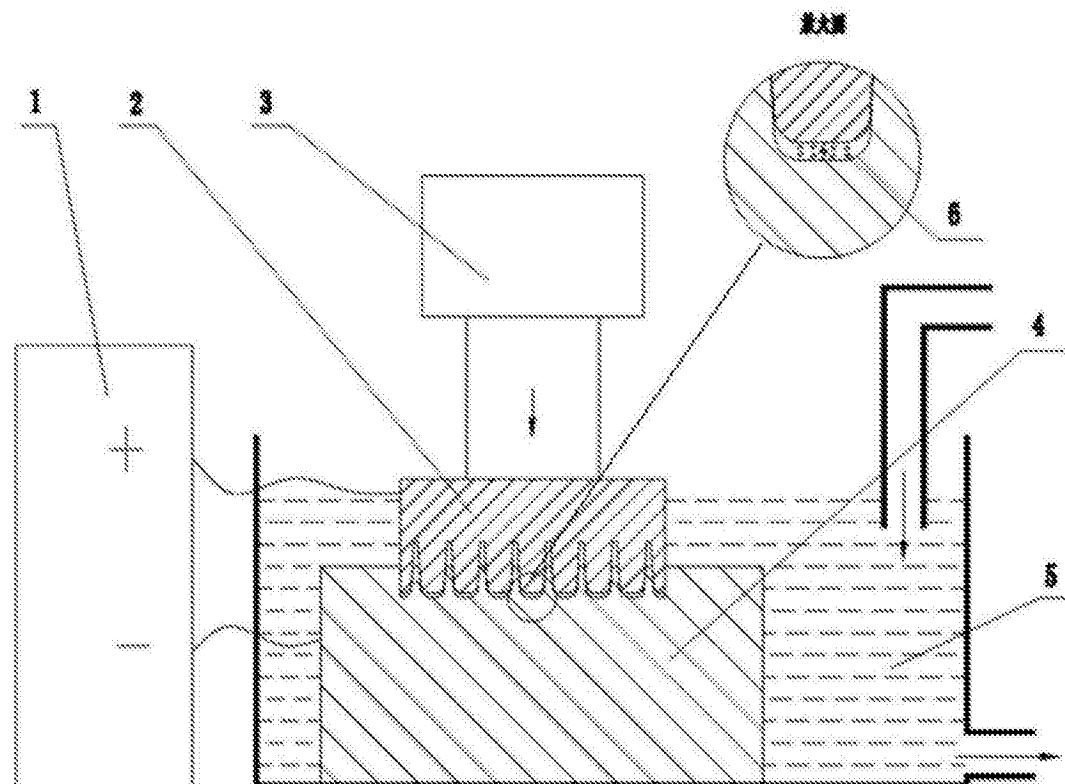


图7

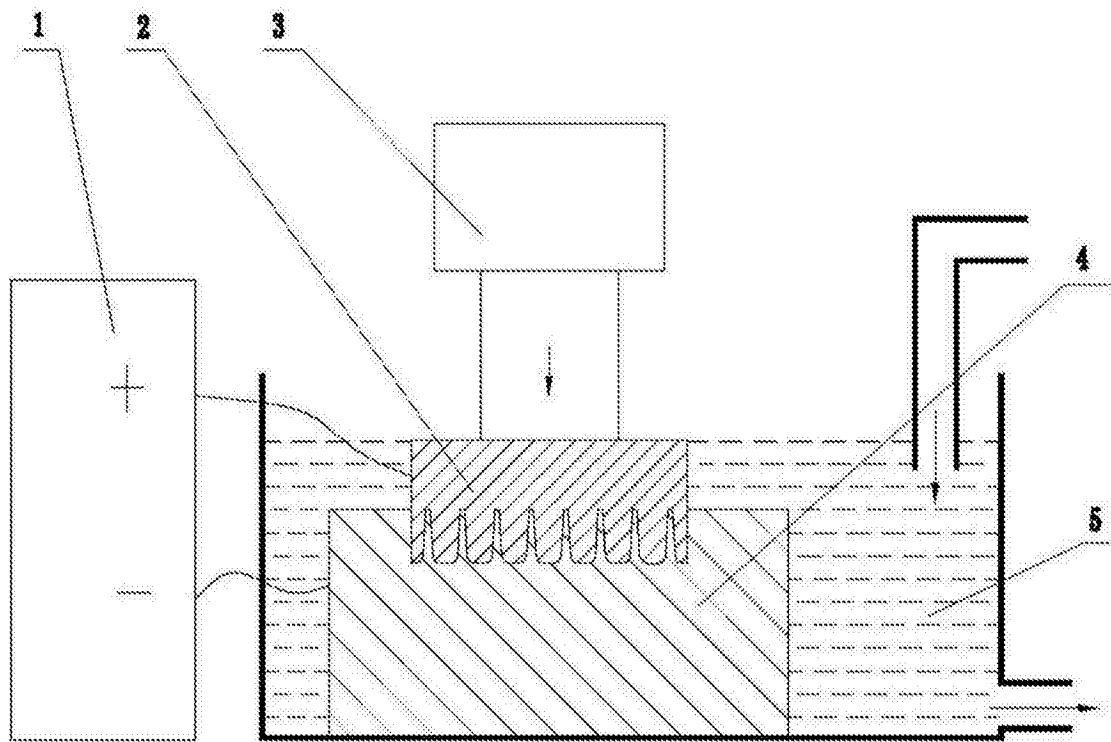


图8

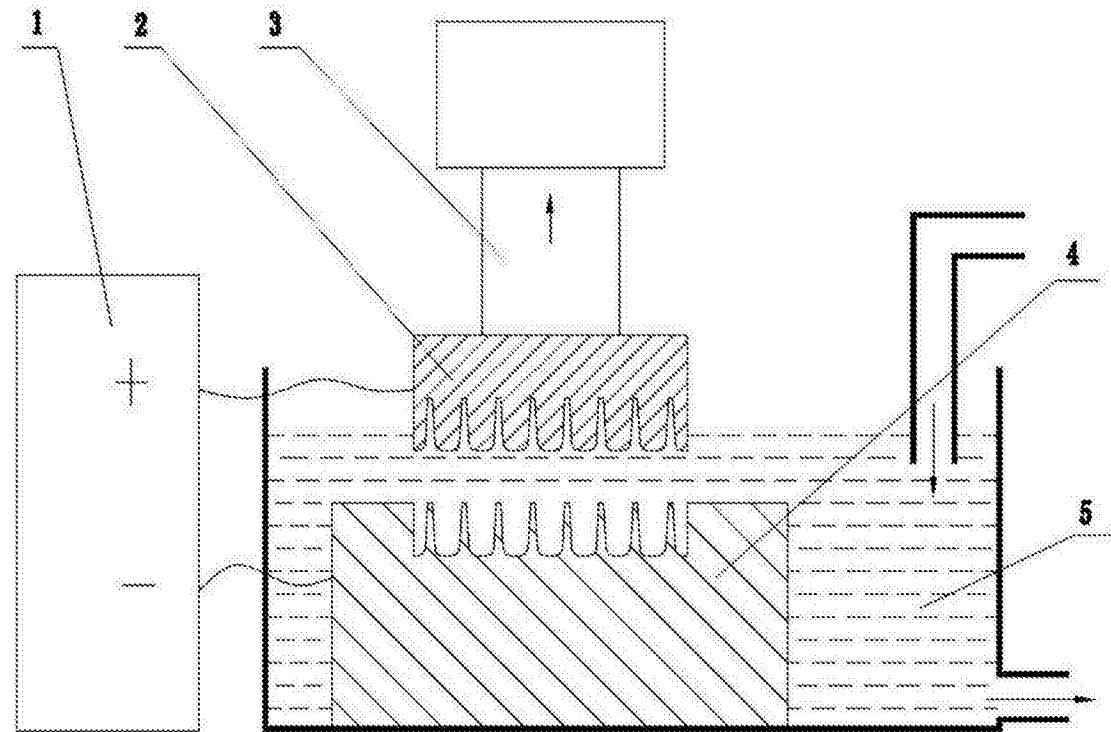


图9