



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112856477 A

(43) 申请公布日 2021.05.28

(21) 申请号 202110060379.5

(22) 申请日 2021.01.18

(71) 申请人 哈电发电设备国家工程研究中心有
限公司

地址 150000 黑龙江省哈尔滨市香坊区赣
水路222-3号

(72) 发明人 车鹏程 贺怀志 周竞超 代海燕
任志远 蔡纳新 曲晓峰 孙永立

(74) 专利代理机构 哈尔滨市伟晨专利代理事务
所(普通合伙) 23209

代理人 陈润明

(51) Int. Cl.

F23M 5/08 (2006.01)

B23P 15/00 (2006.01)

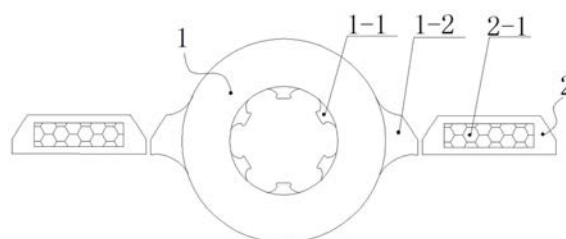
权利要求书1页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

一种水冷壁内螺纹管屏及其加工方法

(57) 摘要

本发明涉及一种水冷壁内螺纹管屏及其加工方法,属于锅炉水冷壁技术领域。为解决现有的内螺纹管屏的螺纹易产生应力集中、内螺纹管与扁钢间热应力过大导致而管屏爆管失效的问题,本发明提供了一种水冷壁内螺纹管屏及其加工方法,水冷壁内螺纹管屏由内螺纹管与扁钢焊接而成,内螺纹截面为内凹曲面梯形,内螺纹管两侧分别加工有弧形坡口,扁钢通过弧形坡口与内螺纹管焊接,扁钢加工有蜂窝状芯部。加工方法为:对内螺纹进行螺纹增材制造、在内螺纹管两侧采用增材制造的方式加工出弧形坡口并利用铣刀对两侧弧形坡口进行减材加工、采用增材制造方式加工扁钢、对扁钢与内螺纹管进行焊接。本发明可减少内螺纹管屏内部应力集中现象,提高其使用寿命。



1. 一种水冷壁内螺纹管屏,包括内螺纹管(1)和扁钢(2),每两个所述内螺纹管(1)间通过扁钢(2)连接,形成一面水冷壁内螺纹管屏,其特征在于,所述内螺纹管(1)的内螺纹(1-1)截面为内凹曲面梯形,其根部为圆弧过渡,其顶角为圆弧刃状,所述内螺纹管(1)的外壁两侧分别加工有弧形坡口(1-2),所述扁钢(2)通过弧形坡口(1-2)与内螺纹管(1)连接,所述扁钢(2)加工有蜂窝状芯部(2-1)。

2. 根据权利要求1所述一种水冷壁内螺纹管屏,其特征在于,所述弧形坡口(1-2)为根部圆弧过渡坡口。

3. 一种权利要求1或2所述水冷壁内螺纹管屏的加工方法,其特征在于,步骤为:

步骤一、使用增材制造的方式,对内螺纹管(1)的内螺纹(1-1)进行螺纹增材制造;

步骤二、在内螺纹管(1)的外壁两侧采用增材制造的方式加工出弧形坡口(1-2),并利用铣刀对两侧弧形坡口(1-2)进行减材加工;

步骤三、采用增材制造的方式加工有蜂窝状芯部(2-1)的扁钢(2);

步骤四、对扁钢(2)与内螺纹管(1)的弧形坡口(1-2)进行焊接。

4. 根据权利要求3所述一种水冷壁内螺纹管屏的加工方法,其特征在于,所述步骤一具体为:采用含钨元素的耐磨耐冲刷的Stellite6粉末对内螺纹管(1)的内螺纹(1-1)进行螺纹增材制造。

5. 根据权利要求4所述一种水冷壁内螺纹管屏的加工方法,其特征在于,所述步骤二的增材制造方式为双侧激光增材。

6. 根据权利要求5所述一种水冷壁内螺纹管屏的加工方法,其特征在于,所述步骤二的减材制造方式为磨削抛光减材加工。

7. 根据权利要求5所述一种水冷壁内螺纹管屏的加工方法,其特征在于,所述步骤二具体为:采用双侧可旋转和伸缩式增减材耦合机械手臂(3),通过两侧的旋转送粉式激光头(3-3)对管子两侧的扁钢(2)进行对称增材制造,将两侧的可伸缩式机械臂(3-1)旋转180°后,采用旋转式剪材刀具(3-2)进行两侧坡口的磨削抛光减材加工。

一种水冷壁内螺纹管屏及其加工方法

技术领域

[0001] 本发明属于锅炉水冷壁技术领域,尤其涉及一种水冷壁内螺纹管屏及其加工方法。

背景技术

[0002] 常规的锅炉水冷壁内螺纹管屏为内螺纹管和扁钢进行焊接连接而成,焊接方式为带坡口的扁钢和螺纹管外壁进行纵缝焊接。

[0003] 该种传统方式制造的内螺纹管屏在结构上存在以下问题:

[0004] 1、传统内螺纹管的螺纹截面为梯形,且顶角和根部均为尖角状,在锅炉运行过程中,顶角和根部的尖角状受到热应力和残余应力作用,极易产生应力集中导致的内壁螺纹失效,最终发生管屏爆管事故。

[0005] 2、传统扁钢为实心金属材质,同时,实心金属的重量较大,使受热面整体重量增大,由此导致炉膛上部的悬吊管数量增加导致锅炉总重增加,成本提升。且传统实心金属扁钢的传热效率极高,使炉膛内部煤粉燃烧产生的热量通过扁钢传热散到炉膛外,不能够通过管子内水工质产生有限蒸汽,使热量大幅浪费。金属扁钢的热传导速率较快,且在运行过程中,扁钢无工质换热处于干烧状态,且热量由扁钢传到管壁,导致扁钢与管子相接处温度较高,而非相接处由于工质换热作用温度较低,在管子周向产生较大热应力。

[0006] 且其在加工时,也存在着以下问题:

[0007] 传统管子和扁钢焊接方式为带坡口的扁钢和管子外壁无坡口的曲面进行焊接,且扁钢侧加工坡口后导致焊缝根部扁钢厚度减薄,在锅炉运行过程中,较易发生扁钢焊缝处撕裂,最终裂纹扩展到管子本体,导致管屏爆管失效事故。

发明内容

[0008] 为解决上述现有的内螺纹管屏的螺纹易产生应力集中、内螺纹管与扁钢间热应力过大导致而管屏爆管失效的问题,本发明提供了一种水冷壁内螺纹管屏。

[0009] 本发明的技术方案:

[0010] 一种水冷壁内螺纹管屏,包括内螺纹管和扁钢,每两个所述内螺纹管间通过扁钢连接,形成一面水冷壁内螺纹管屏,所述内螺纹管的内螺纹截面为内凹曲面梯形,其根部为圆弧过渡,其顶角为圆弧刃状,所述内螺纹管的外壁两侧分别加工有弧形坡口,所述扁钢通过弧形坡口与内螺纹管连接,所述扁钢加工有蜂窝状芯部。

[0011] 优选的,所述弧形坡口为根部圆弧过渡坡口。

[0012] 为解决上述利用现有的加工方法所加工出的内螺纹管屏在运行过程中易开裂失效的问题,本发明提供了一种水冷壁内螺纹管屏的加工方式。

[0013] 一种水冷壁内螺纹管屏的加工方法,步骤为:

[0014] 步骤一、使用增材制造的方式,对内螺纹管的内螺纹进行螺纹增材制造;

[0015] 步骤二、在内螺纹管的外壁两侧采用增材制造的方式加工出弧形坡口,并利用铣

刀对两侧弧形坡口进行减材加工；

[0016] 步骤三、采用增材制造的方式加工有蜂窝状芯部的扁钢；

[0017] 步骤四、对扁钢与内螺纹管的弧形坡口进行焊接。

[0018] 优选的，所述步骤一具体为：采用含钨元素的耐磨耐冲刷的Stellite6粉末对内螺纹管的内螺纹进行螺纹增材制造。

[0019] 优选的，所述步骤二的增材制造方式为双侧激光增材。

[0020] 优选的，所述步骤二的减材制造方式为磨削抛光减材加工。

[0021] 优选的，所述步骤二具体为：采用双侧可旋转和伸缩式增减材耦合机械手臂，通过两侧的旋转送粉式激光头对管子两侧的扁钢进行对称增材制造，将两侧的可伸缩式机械臂旋转180°后，采用旋转式剪材刀具进行两侧坡口的磨削抛光减材加工。

[0022] 本发明的有益效果：

[0023] 1、本发明所述的水冷壁内螺纹管屏的内螺纹截面为内凹曲面梯形，其根部为圆弧过渡，其顶角为圆弧刃状，通过曲面过渡消除应力集中。大大降低螺纹根部和顶角应力集中，同时通过圆弧刃增加切断膜态沸腾的流体通道，并通过内凹曲面减少内螺纹增材所用粉末的数量以降低制造成本。本发明方案在提升内螺纹管屏的内螺纹、扁钢使用寿命的同时，能够大大降低炉膛重量，降低管屏热应力，增加锅炉换热效率，产生更多富热水工质。一举多得。

[0024] 2、本发明对管子两侧采用双侧增材制造方式，加工出消应力式弧形坡口形貌，使扁钢和管子的曲面焊接转变为坡口之间的对接焊，同时以增厚圆弧过渡代替扁钢根部尖角状，大大增强扁钢根部强度，降低根部应力集中和撕裂风险；扁钢采用增材制造的芯部蜂窝状形貌，使扁钢重量和顶端悬吊数量大大降低，同时将低速水工质通过低参数集箱通入蜂窝状扁钢心部，大大增加炉膛换热效率，产生更多富热水工质，减少炉膛热量通过实心金属扁钢的散失。同时，该方式能够大大降低扁钢和管子的巨大温差产生的热应力导致管屏失效的风险。

[0025] 3、本发明采用双侧可旋转和伸缩式增减材耦合机械手臂，通过双侧激光增材对管子两侧的扁钢进行对称增材制造，旋转180°后，采用双头铣刀进行两侧坡口的磨削抛光减材加工，手臂装载于工业机器人。大大增加生产效率和管屏产品的对称性。

附图说明

[0026] 图1为内螺纹管与扁钢的结构示意图；

[0027] 图2为内螺纹管的内螺纹的局部示意图；

[0028] 图3为双侧可旋转和伸缩式增减材耦合机械手臂的结构示意图；

[0029] 图4为实施例一所得水冷壁内螺纹管屏的内螺纹宏观形貌（体视显微镜放大30倍）；

[0030] 图5为实施例一所得水冷壁内螺纹管屏的内螺纹壁的SEM图（500μm）；

[0031] 图6为实施例一所得水冷壁内螺纹管屏的螺纹截面的螺纹形貌示意图；

[0032] 图7为对比例一所得的内螺纹管与扁钢的结构示意图；

[0033] 图8为对比例一所得的内螺纹管的内螺纹的局部示意图；

[0034] 图9为对比例一所得水冷壁内螺纹管屏的内螺纹宏观形貌（体视显微镜放大30

倍)；

[0035] 图10为对比例一所得水冷壁内螺纹管屏的内螺纹壁的SEM图(500 μ m)；

[0036] 图11为对比例一所述螺纹原始形貌示意图；

[0037] 图12为对比例一所述螺纹冲刷减薄失效形貌示意图；

[0038] 图13为对比例一所述实心扁钢水冷壁管屏热应力分布云图；

[0039] 图中：1、内螺纹管；1-1、内螺纹；1-2、弧形坡口；2、扁钢；2-1、蜂窝状芯部；3、双侧可旋转和伸缩式增减材耦合机械手臂；3-1、可伸缩式机械臂、3-2、旋转式剪材刀具；3-3、旋转送粉式激光头。

具体实施方式

[0040] 下面结合实施例对本发明的技术方案做进一步的说明，但并不局限于此，凡是对本发明技术方案进行修改或者等同替换，而不脱离本发明技术方案的精神和范围，均应涵盖在本发明的保护范围内。

[0041] 实施例一

[0042] 一种水冷壁内螺纹管屏，包括内螺纹管1和扁钢2，每两个所述内螺纹管1间通过扁钢2连接，形成一面水冷壁内螺纹管屏，所述内螺纹管1的内螺纹1-1截面为内凹曲面梯形，其根部为圆弧过渡，其顶角为圆弧刃状，所述内螺纹管1的外壁两侧分别加工有根部圆弧过渡的坡口弧形坡口1-2，所述扁钢2通过弧形坡口1-2与内螺纹管1连接，所述扁钢2加工有蜂窝状芯部2-1，其结构示意图如图1、图2所示。

[0043] 其加工方法具体步骤为：

[0044] 步骤一、采用含钨元素的耐磨耐冲刷的Stellite6粉末对内螺纹管1的内螺纹1-1进行螺纹增材制造；

[0045] 步骤二、采用双侧可旋转和伸缩式增减材耦合机械手臂3，通过两侧旋转送粉式激光头3-3对管子两侧的扁钢2进行对称增材加工出弧形坡口1-2，将两侧的可伸缩式机械臂3-1旋转180°后，采用旋转式剪材刀具3-2对弧形坡口1-2进行减材加工；

[0046] 步骤三、采用增材制造的方式加工有蜂窝状芯部2-1的扁钢2；

[0047] 步骤四、对扁钢2与内螺纹管1的弧形坡口1-2进行焊接。

[0048] 对所得到的水冷壁内螺纹管屏的螺纹内壁通过电子扫描电镜观察其表面形貌，观察结果如图4、图5所示，从图中可以观察到螺纹面仅出现了少量不明显的横纹和龟裂失效形貌，此时，大多横纹和龟裂出现的原因是因为原基体的内螺纹管壁材料产生的，由管壁扩展至内螺纹所致，是不可避免的。

[0049] 对所得到的水冷壁内螺纹管屏的的螺纹截面通过光学显微镜观察其螺纹形貌，观察结果如图6所示，从图中可以观察到螺纹几乎保持原貌，没有变形和龟裂。

[0050] 综上所述，用本实施例的加工方法所得到的水冷壁内螺纹管屏不易变形和龟裂。

[0051] 本实施方式可达到的有益效果：

[0052] 1、对内螺纹管1两侧采用双侧增材制造方式，加工出消应力式弧形坡口1-2，使扁钢2和内螺纹管1的曲面焊接转变为坡口之间的对接焊，同时以增厚圆弧过渡代替扁钢根部尖角状，大大增强扁钢根部强度，降低根部应力集中和撕裂风险。

[0053] 2、扁钢2采用增材制造的芯部蜂窝状形貌，使扁钢2重量和顶端悬吊数量大大降

低,同时将低速水工质通过低参数集箱通入蜂窝状扁钢2芯部,大大增加炉膛换热效率,产生更多富热水工质,减少炉膛热量通过实心金属扁钢2的散失。同时,该方式能够大大降低扁钢2和内螺纹管1的巨大温差产生的热应力导致管屏失效的风险。

[0054] 3、使用增材制造方式,对15CrMoG旋转管子内壁进行螺纹增材制造,采用含钨元素的耐磨耐冲刷的stellite6粉末,内螺纹1-1截面选用内凹曲面梯形,顶角采用圆弧刃状,通过曲面过渡消除应力集中。大大降低螺纹根部和顶角应力集中,同时通过圆弧刃增加切断膜态沸腾的流体通道,并通过内凹曲面减少内螺纹增材所用粉末的数量以降低制造成本。

[0055] 4、采用双侧可旋转和伸缩式增减材耦合机械手臂3,通过双侧激光增材对管子两侧的扁钢2进行对称增材制造,旋转180°后,采用双头铣刀进行两侧坡口的磨削抛光减材加工。4只手臂均为可旋转和可伸缩式,手臂装载于工业机器人。大大增加生产效率和管屏产品的对称性,双侧可旋转和伸缩式增减材耦合机械手臂3的结构示意图如图3所示。

[0056] 5、该发明方案在提升内螺纹管屏的内螺纹、扁钢使用寿命的同时,能够大大降低炉膛重量,降低管屏热应力,增加锅炉换热效率,产生更多富热水工质。一举多得。

[0057] 实施例二

[0058] 一种水冷壁内螺纹管屏,包括内螺纹管1和扁钢2,每两个所述内螺纹管1间通过扁钢2连接,形成一面水冷壁内螺纹管屏,所述内螺纹管1的内螺纹1-1截面为内凹曲面梯形,其根部为圆弧过渡,其顶角为圆弧刃状,所述内螺纹管1的外壁两侧分别加工有根部圆弧过渡的坡口弧形坡口1-2,所述扁钢2通过弧形坡口1-2与内螺纹管1连接,所述扁钢2加工有蜂窝状芯部2-1,其结构示意图如图1、图2所示。

[0059] 其加工方法具体步骤为:

[0060] 步骤一、采用含钨元素的耐磨耐冲刷的Stellite6粉末对内螺纹管1的内螺纹1-1进行螺纹增材制造;

[0061] 步骤二、采用双侧可旋转和伸缩式增减材耦合机械手臂3,通过两侧的旋转送粉式激光头3-3对管子两侧的扁钢2进行对称增材加工出弧形坡口1-2,将两侧的可伸缩式机械臂3-1旋转180°后,采用旋转式剪材刀具3-2对弧形坡口1-2进行减材加工;

[0062] 步骤三、采用增材制造的方式加工有蜂窝状芯部2-1的扁钢2;

[0063] 步骤四、对扁钢2与内螺纹管1的弧形坡口1-2进行焊接。

[0064] 本实施方式可达到的有益效果:

[0065] 1、对内螺纹管1两侧采用双侧增材制造方式,加工出消应力式弧形坡口1-2,使扁钢2和内螺纹管1的曲面焊接转变为坡口之间的对接焊,同时以增厚圆弧过渡代替扁钢根部尖角状,大大增强扁钢根部强度,降低根部应力集中和撕裂风险。

[0066] 2、扁钢2采用增材制造的芯部蜂窝状形貌,使扁钢2重量和顶端悬吊数量大大降低,同时将低速水工质通过低参数集箱通入蜂窝状扁钢2芯部,大大增加炉膛换热效率,产生更多富热水工质,减少炉膛热量通过实心金属扁钢2的散失。同时,该方式能够大大降低扁钢2和内螺纹管1的巨大温差产生的热应力导致管屏失效的风险。

[0067] 3、使用增材制造方式,对15CrMoG旋转管子内壁进行螺纹增材制造,采用含钨元素的耐磨耐冲刷的stellite6粉末,内螺纹1-1截面选用内凹曲面梯形,顶角采用圆弧刃状,通过曲面过渡消除应力集中。大大降低螺纹根部和顶角应力集中,同时通过圆弧刃增加切断膜态沸腾的流体通道,并通过内凹曲面减少内螺纹增材所用粉末的数量以降低制造成本。

[0068] 4、该发明方案在提升内螺纹管屏的内螺纹、扁钢使用寿命的同时,能够大大降低炉膛重量,降低管屏热应力,增加锅炉换热效率,产生更多富热水工质。一举多得。

[0069] 对比例一

[0070] 常规的锅炉水冷壁内螺纹管屏为内螺纹管和扁钢进行焊接连接而成,焊接方式为带坡口的扁钢和螺纹管外壁进行纵缝焊接,如图7所示,其内螺纹管的内螺纹截面为梯形,如图8所示。

[0071] 该种传统方式制造的内螺纹管屏存在以下问题:

[0072] 1、传统内螺纹管采用内螺纹芯棒旋转拉拔而成,螺纹截面为梯形,且顶角和根部均为尖角状。拉拔成型使螺纹内部存在较大残余应力,同时在锅炉运行过程中,顶角和根部的尖角状受到热应力和残余应力作用,极易产生应力集中导致的内壁螺纹失效,如图9和图10所示,最终发生管屏爆管事故。

[0073] 2、传统内螺纹管为芯棒穿孔后拉拔生产,螺纹和管壁不可避免为同材质,但在锅炉运行过程中,内螺纹持续受到水工质的冲刷作用。长时运行后,导致螺纹减薄变形失效,顶角磨成圆弧,不能起到阻止内壁膜态沸腾作用,最终易导致管子过热失效。螺纹原始形貌如图11所示和冲刷后失效形貌如图12所示。

[0074] 该传统方式制造水冷壁管屏的普遍问题存在:

[0075] 1、传统管子和扁钢焊接方式为带坡口的扁钢和管子外壁无坡口的曲面进行焊接,且扁钢侧加工坡口后导致焊缝根部扁钢厚度减薄,在锅炉运行过程中,较易发生扁钢焊缝处撕裂,最终裂纹扩展到管子本体,导致管屏爆管失效事故。

[0076] 2、传统扁钢为实心金属材质,同时,实心金属的重量较大,使受热面整体重量增大,由此导致炉膛上部的悬吊管数量增加导致锅炉总重增加,成本提升。

[0077] 3、传统实心金属扁钢的传热效率极高,使炉膛内部煤粉燃烧产生的热量通过扁钢传热散到炉膛外,不能够通过管子内水工质产生有限蒸汽,使热量大幅浪费。

[0078] 4、金属扁钢的热传导速率较快,且在运行过程中,扁钢无工质换热处于干烧状态,且热量由扁钢传到管壁,导致扁钢与管子相接处温度较高,而非相接处由于工质换热作用温度较低,在管子周向产生较大热应力,热分布云图如图13所示。

[0079] 通过图9与图4对比、图10与图5对比可以观察出,本发明所述加工方法所得的水冷壁内螺纹管屏较现有加工方法所得的水冷壁内螺纹管屏,其螺纹面上所产生的横纹和龟裂纹明显减少,3D打印的螺纹已经能够明显抵抗水流冲击和失效变形,龟裂纹失效形貌明显大大降低;通过图12与图7对比可以观察出,本发明所述加工方法所得的水冷壁内螺纹管屏较现有加工方法所得的水冷壁内螺纹管屏,其螺纹截面几乎保持螺纹原貌,没有变形和龟裂纹。综上所述,本发明所述加工方法所得的水冷壁内螺纹管屏较现有加工方法所得的水冷壁内螺纹管屏减少了应力集中和螺纹失效的情况。

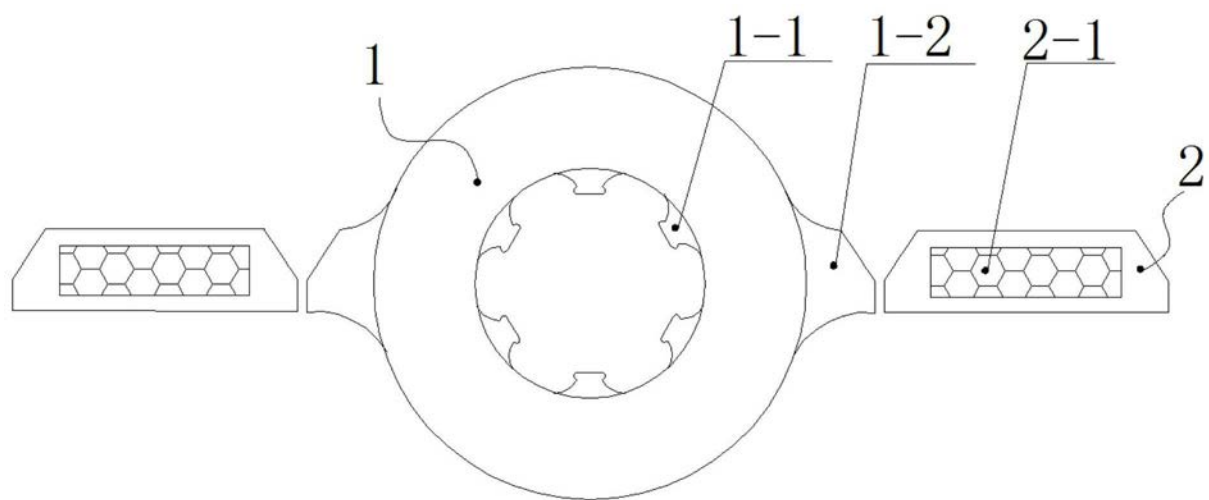


图1

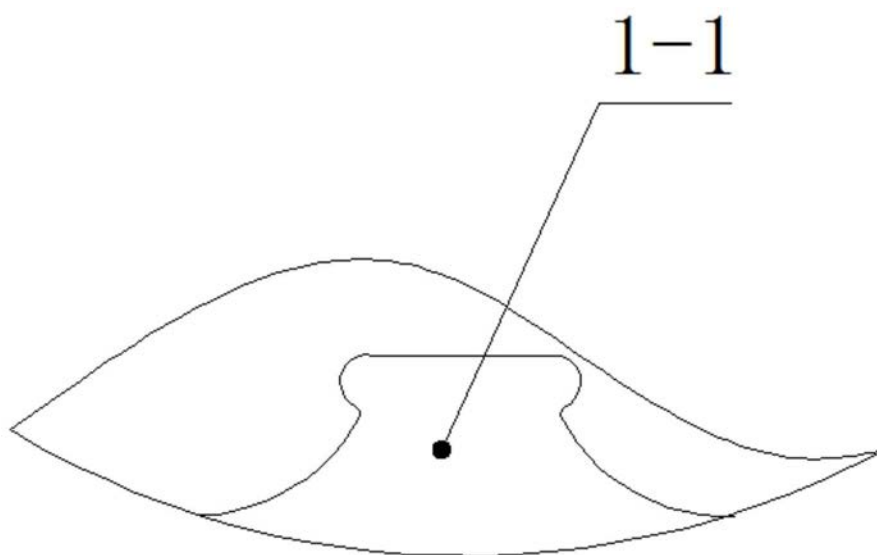


图2

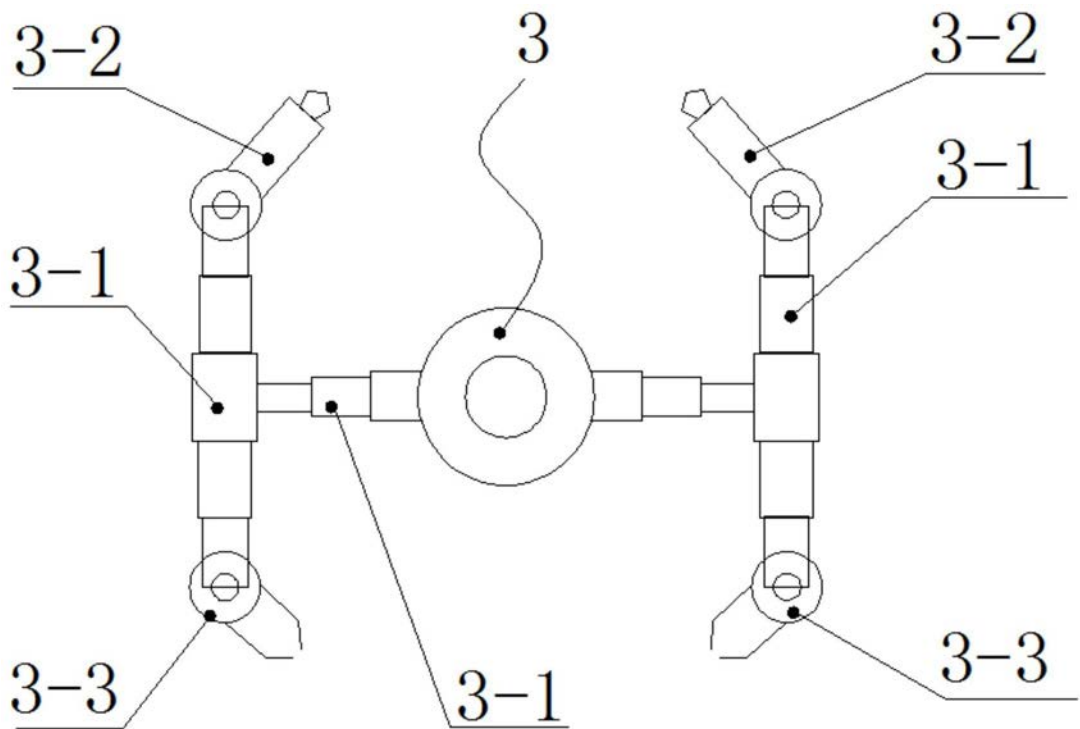


图3

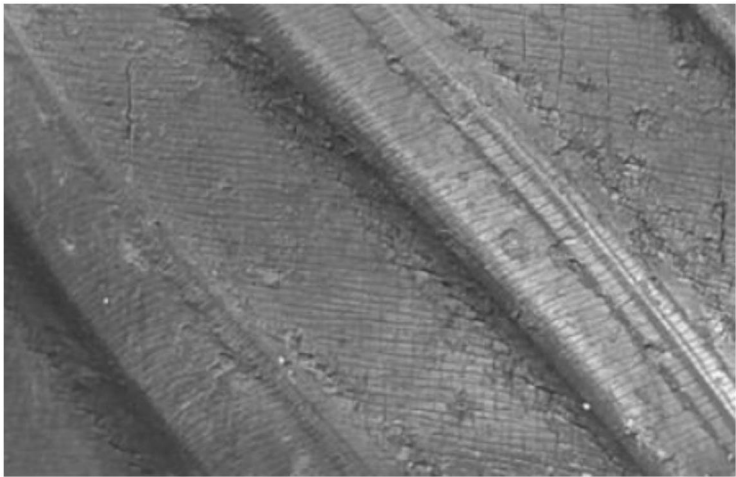


图4

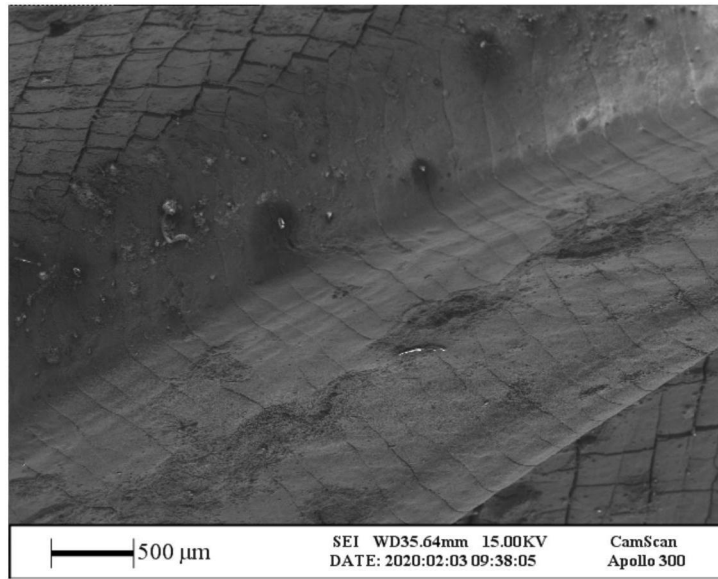


图5

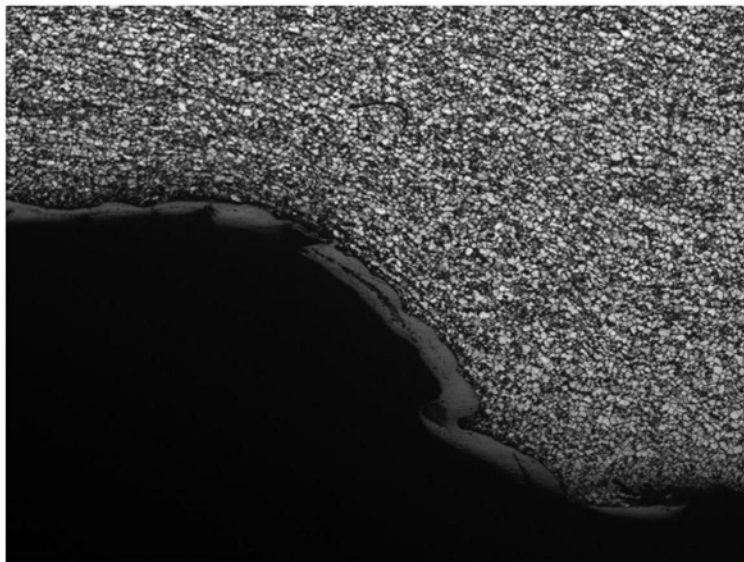


图6

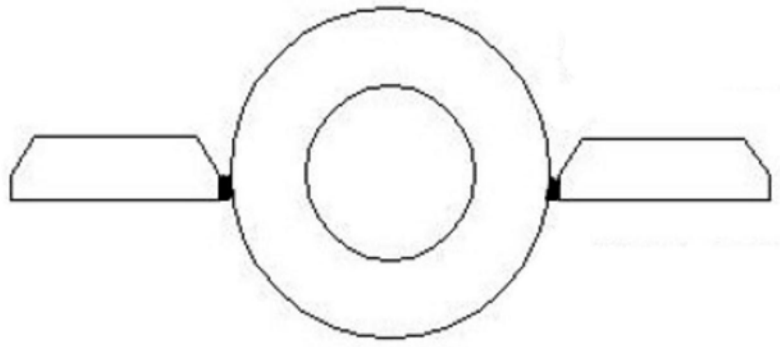


图7

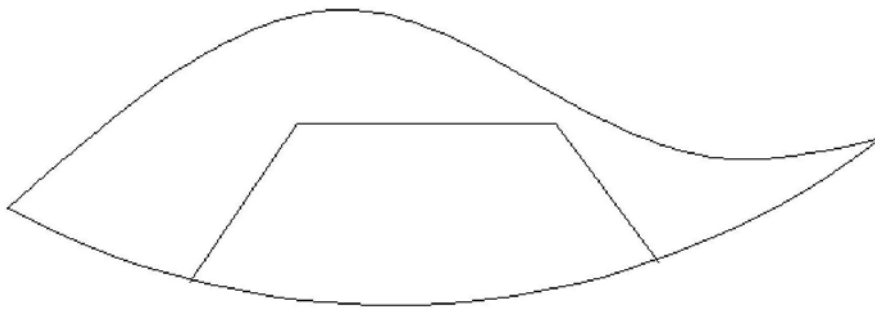


图8

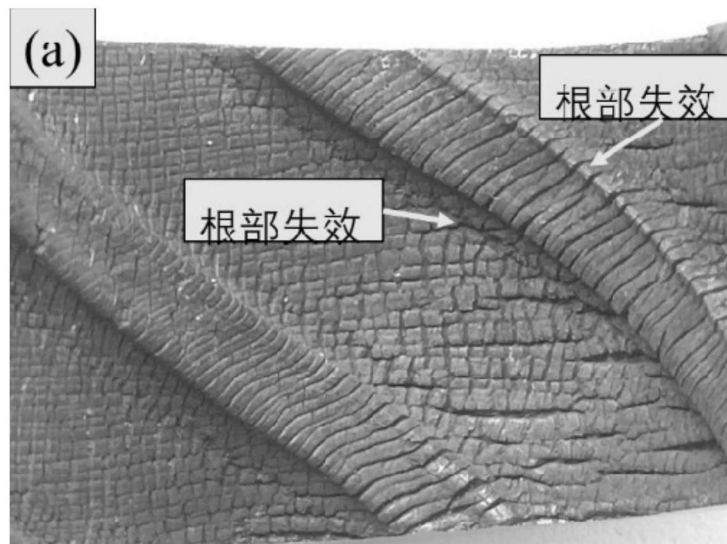


图9

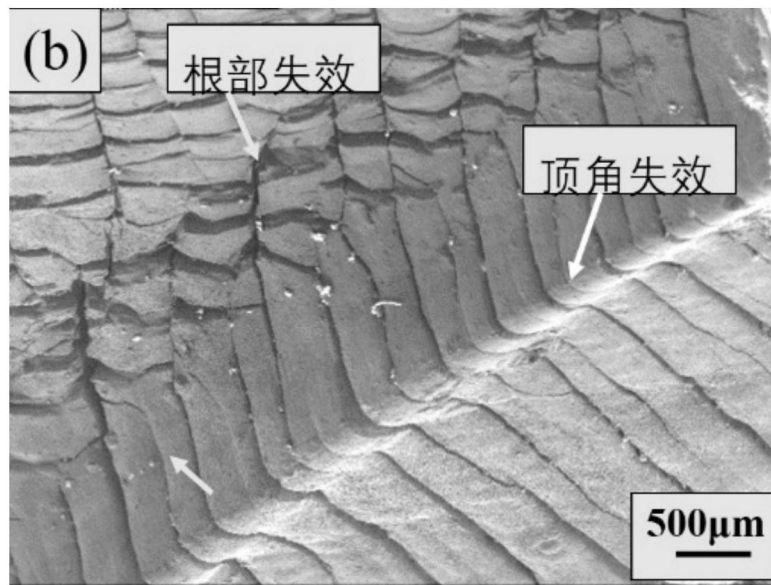


图10

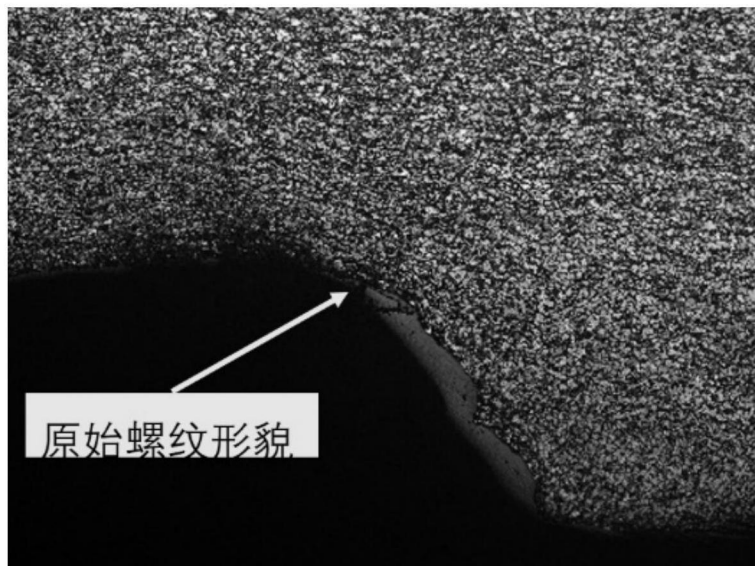


图11

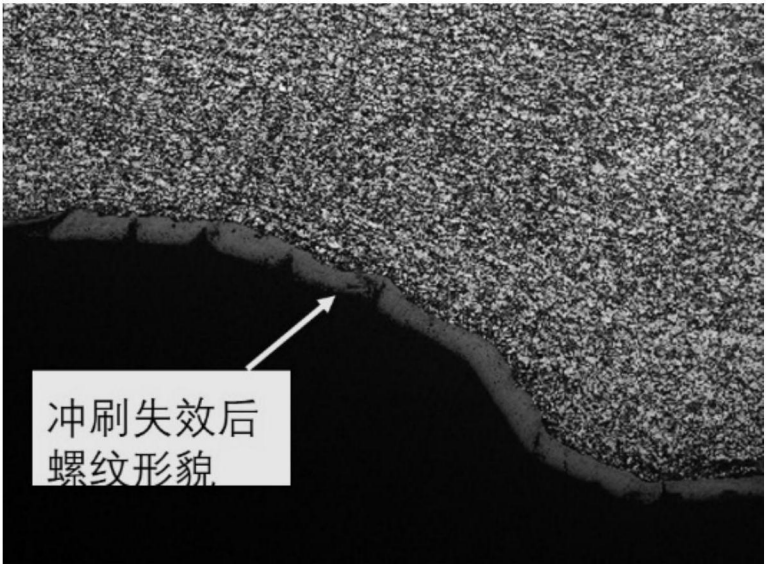


图12

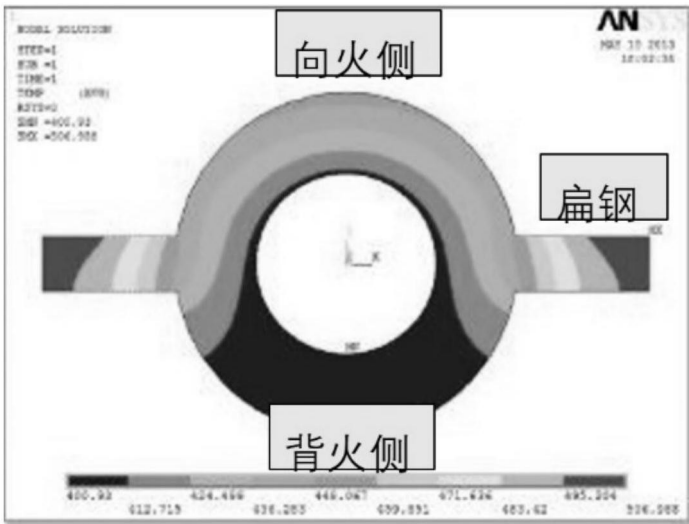


图13