



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106312454 B

(45)授权公告日 2018.11.13

(21)申请号 201610748584.X

(56)对比文件

(22)申请日 2016.08.29

CN 105522349 A, 2016.04.27,
CN 105563034 A, 2016.05.11,
CN 105618506 A, 2016.06.01,
JP 昭57-22675 B2, 1982.05.14, 全文.
CN 105598599 A, 2016.05.25,
CN 105598327 A, 2016.05.25, 全文.
CN 105728927 A, 2016.07.06, 全文.

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106312454 A

审查员 吴广贺

(43)申请公布日 2017.01.11

(73)专利权人 辽宁北祥重工机械制造有限公司

地址 112611 辽宁省铁岭市高新技术产业
开发区-73

专利权人 白仁伟

(72)发明人 白仁伟 白润达

(74)专利代理机构 沈阳亚泰专利商标代理有限公司 21107

代理人 史力伏

(51)Int.Cl.

B23P 15/00(2006.01)

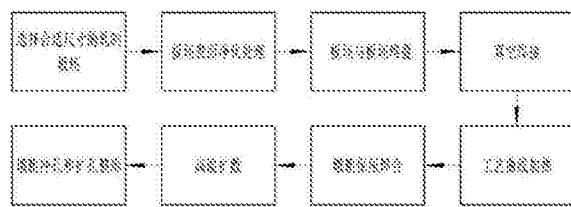
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

多单元同质金属叠锻生产主轴锻件的方法

(57)摘要

一种多单元同质金属叠锻生产主轴锻件的方法,解决现有技术存在的铸锭过程中由于操作不当或注速、铸温控制不当,使得铸成的钢锭内部存在空洞、裂纹、偏析和第二相等缺陷,从而导致大型锻件报废的问题。该方法包括:把符合成分要求的轧制板坯作为金属单元体,在真空焊接室内采用激光束进行融合焊接,根据大锻件内部空洞型缺陷闭合条件制定出合理的锻造和加热工艺,使多个金属板坯单元体通过高温保压焊合成整体坯料,再把坯料锻造成工艺尺寸要求的主轴锻件。该方法避免了大钢锭偏析、夹杂、缩孔、疏松、裂纹等缺陷,提升了锻件的整体质量,提高了材料的利用率,降低了能耗,具有显著的经济效益。



1. 一种多单元同质金属叠锻生产主轴锻件的方法,其特征在于:包括如下步骤:

步骤一、根据材质计算焊合所需应变量及温度因素的影响,依据在大锻件的生产过程中,锻坯内部宏观与微观空洞型缺陷的闭合条件:

$$\gamma_s \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_s} \right) = -F(V_0)$$

式中: γ_s ——八面体的切应变

V_0 ——原始的空洞率

$$\text{其中}, F(V_0) = \frac{4\sqrt{2}}{9} \{ V_0 [(\ln V_0)^2 - 2 \ln V_0 + 2] + \frac{1}{4} V_0^2 [2(\ln V_0)^2 - 2 \ln V_0 + 1] \}$$

确定空洞的面积,再根据空洞面积确定板坯单元体的截面尺寸,选择出合适尺寸的轧制板坯;

步骤二、多个相同材质的金属板坯单元体在进行堆叠之前,对板坯单元体的接触面进行处理,首先去除板坯单元体表面的氧化皮,然后用有机溶剂清洗板坯单元体的表面;以确保板坯单元体需要焊接的接触面高度清洁,无杂质、油渍及表面氧化物等残留,尽可能地减少主轴锻件的缺陷;

步骤三、将清洁后的板坯单元体逐层堆叠,然后快速地转入到真空焊接室内,采用激光束融化母材的方式,对堆叠的板坯单元体的各结合处进行融合焊接;以使堆叠的板坯单元体形成一个整体,并防止结合处进入杂质,影响锻造效果;

步骤四、将焊接成一体的堆叠板坯单元体平放在加热炉的垫铁上,堆叠板坯单元体的焊接面平行于水平面,然后开始对堆叠板坯单元体进行加热,加热工艺为:在350℃保温10小时后,以小于或等于50℃/小时的升温速率将温度升高到750℃,在750℃保温7小时,然后再以小于或等于50℃/小时的升温速率将温度升高到1080℃,并在1080℃保温12小时后,按照加热炉的自动加热功率快速升温到1220℃,最后在1220℃保温20小时;以在对堆叠板坯单元体进行加热的同时,消除经过激光束融合焊接的堆叠板坯单元体的内应力;

步骤五、把加热后的堆叠板坯单元体吊装到水压机的墩粗平台上,对堆叠板坯单元体进行墩粗保压焊合,墩粗保压焊合的温度、保温时间和焊接比压三者满足菲克第二定律,使堆叠板坯单元体的裂隙型缺陷充分的焊合;菲克第二定律指出,在非稳态扩散过程中,在距

离x处,浓度随时间的变化率 $\frac{\partial C}{\partial t}$ 等于该处的扩散通量随距离变化率 $\frac{\partial J}{\partial x}$ 的负值,即

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial J}{\partial x}$$

将 $J = -D \frac{dC}{dx}$ 代入上式,得

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} (D \frac{dC}{dx})$$

式中:t——扩散时间(s)

C——扩散物质的体积浓度(kg/m³)

x——距离(m)

堆叠板坯单元体的裂纹在墩粗保压焊合过程中,经过裂尖钝化、裂纹分节、裂腔球化、空洞愈合及质量均匀化阶段,最终完成愈合;

步骤六、对墩粗保压焊合的堆叠板坯单元体进行高温扩散处理,裂隙型缺陷的焊合是通过原子扩散来实现的,原子扩散走过的平均距离与扩散时间的平方根成正比,一般满足以下公式:

$$X = K\sqrt{\tau}$$

式中:X——原子的平均距离

τ ——保温时间

K——常数,与材质有关

堆叠板坯单元体主轴锻件高温扩散的速度是50~70mm/h;

步骤七、墩粗冲孔和马杠扩孔成形。

2. 根据权利要求1所述的多单元同质金属叠锻生产主轴锻件的方法,其特征在于:所述步骤二,对板坯单元体的接触面进行处理时,采用铣床去除板坯单元体表面的氧化皮。

3. 根据权利要求1所述的多单元同质金属叠锻生产主轴锻件的方法,其特征在于:所述步骤二,对板坯单元体的接触面进行处理后,需保证加工后的板坯单元体表面粗糙度小于6.3。

4. 根据权利要求1所述的多单元同质金属叠锻生产主轴锻件的方法,其特征在于:所述步骤二,在去除板坯单元体表面的氧化皮之后,用来清洗板坯单元体表面的有机溶剂是丙酮或酒精。

5. 根据权利要求1所述的多单元同质金属叠锻生产主轴锻件的方法,其特征在于:所述步骤五,采用20SiMn作为主轴锻件的材料时,该材质的焊接温度为1100~1150℃,焊接比压为5~10MPa,焊接时间为30~60min。

多单元同质金属叠锻生产主轴锻件的方法

技术领域

[0001] 本发明属于锻造技术领域,具体涉及一种将多个相同材质的金属板坯单元体通过表面净化处理,真空焊接,锻造过程中高温保压,来消除板坯单元体间的空洞型缺陷的多单元同质金属叠锻生产主轴锻件的方法。

背景技术

[0002] 大型铸锻件行业是一个非常特殊的行业,其发展水平是衡量一个国家综合国力的标志之一。大型铸锻件产品是电力、冶金、石化、造船、铁路、矿山、航空航天、军工和工程等装备的基础部件,是重大装备制造业的基础,关系到国家安全和国民经济命脉。

[0003] 由于大型锻件的原始钢锭一般是浇铸而成,而钢铁的冶金质量和凝固特性不可避免地会给钢锭带来许多原始缺陷,常见的缺陷有:偏析、夹杂、气体、气泡、缩孔、疏松、裂纹和溅疤。这些缺陷的形成与冶炼,浇铸和冷却等过程紧密相关,而且钢锭愈大,缺陷愈严重,这些缺陷也往往是造成大型锻件报废的主要原因,大幅度降低了钢锭的成坯率;并且钢锭内部的缺陷是不可视的,这些缺陷也很难通过冶炼工艺的改进而消除。传统的锻造过程中,钢锭的冒口和锭尾由于存在的缺陷较多,通常需要切除,使得材料的利用率降低,能源的消耗量增大。

[0004] 据相关专利文献报导,公告号为CN101722260B的“一种转臂类锻件的自由锻造方法”,旋转镦粗台放置在移动工作台上,胎模置于旋转镦粗台上,将锻件坯料放置在胎模中进行锻造,然后平整锻件坯料大圆面,冲孔,滚圆和多次精整,制成转臂类锻件产品。该方法可通过简单的胎模和镦粗冲子控制锻件外形尺寸,实现在设备能力小的自由锻造设备上锻造形状复杂的转臂类锻件,但对于钢液冷凝成为钢锭时发生的物理收缩,所形成的钢锭内部空洞以及疏松的消除能力较差,并且无法满足提升大型锻件内部质量的锻造要求,生产效率低。

[0005] 公开号为CN1364667A的“刀剑专用多层折叠花纹钢及其制造方法”,主要是以相同或不同配比的半硬钢与硬钢加温后交叠锻打,再经多次折叠或扭转,最后再夹入一层弹簧钢,并利用气锤按所需形状锤打锻制,使弹簧钢与硬钢和半硬钢结合为一体,制成具有自然花纹的多层折叠花纹钢。制成的多层折叠花纹钢的锋利维持性、易磨度和耐冲击性都高过一般包钢、片刃及夹钢,强韧性及耐磨损性优于一般刃材,且抗锈蚀性较佳。但这种方法只适合锻造片状的材料,无法应用于轴类零件的锻造。

[0006] 公告号为CN102500733B的“一种高效率愈合钢锭内部孔洞型缺陷的锻造方法”,以及公告号为CN104399854B的“提高钢材横向冲击性能的锻造方法”,采用数值模拟技术研究在传统自由锻过程中钢锭内部应变的分布状况及对钢锭中孔洞型缺陷闭合效果的影响,并在此基础上提出包括轴向预镦粗、径向镦粗等步骤的锻造方法。通过锻造钢材前的多次镦拔锻造工序,使得钢材的等向性和横纵向组织均匀性得到一定改善,钢材在纵向性能不降低的同时横向性能有所提高,由于每完成一次镦拔即回炉加热保温,回炉实现镦拔坯回复再结晶,有利于下一次的墩拔锻造和晶粒细化。但这类方法对破坏金属的连续性、引起显微

裂纹、降低锻造性能和锻后力学性能的异相质点类夹杂,以及钢锭中残存气体(例如氧、氮、氢等)最终以氧化物和氮化物形式,在钢锭内形成的导致钢材塑性降低的锻件内部白点和氢脆等缺陷,无法起到有效消除的作用,故对质量要求严格的锻件缺乏适应性。

[0007] 而公开号为CN105499459A的“异质金属构筑成形方法”,公开了一种异质金属构筑成形方法,包括制备由第一材料制成的至少一个第一基元和由第二材料制成的多个第二基元构成的多个基元,将多个基元堆垛成预定形状,将堆垛成预定形状的多个基元封装成预制坯,再通过锻焊使得多个基元之间的界面焊合以将预制坯制成毛坯等步骤。该成形方法中制备基元的过程只是简单地描述为“将多块小规格金属坯下料为指定尺寸”,并没有具体介绍基元截面尺寸的确定依据和方式,比较笼统,不利于方法的实施。该成形方法对预制坯实施锻前加热的方式与普通钢锭的加热方式相同,但由于经过锻焊的预制坯,在焊接后没有进行去应力退火,所以通过普通加热方式易引起焊缝处的变形,影响异质金属后续加工的质量。并且,该成形方法中对预制坯实施的镦粗与锻焊的步骤描述,也只是简单地叙述了镦粗的下压变形量,没有涉及镦粗过程中温度、保温时间和焊接比压之间的关系,难以实现多个基元内部裂纹的充分焊合,不能完全消除基元的空洞型缺陷,故无法满足同质金属类大型锻件的锻造质量要求。

[0008] 铸锭过程中由于操作不当或注速、铸温控制不当,使得铸成的钢锭内部存在空洞、裂纹、偏析和第二相等缺陷。这些缺陷在钢锭制造过程中普遍存在,而且钢锭越大,钢锭的内部冶金质量越难保障;而且,好多缺陷不可视,不可预见,通过简单的锻造很难消除。目前国内报废的大型锻件80%以上是由于钢锭质量不合格引起的。特别是作为水力发电用的主轴锻件,其力学性能要求更为严格。故有必要对现有的大型锻件的锻造方法予以改进。

发明内容

[0009] 本发明就是针对上述问题,提供一种将多个相同材质的金属板坯单元体通过表面净化处理,真空焊接,锻造过程中高温保压,来消除板坯单元体间的空洞型缺陷的多单元同质金属叠锻生产主轴锻件的方法。

[0010] 本发明所采用的技术方案是:该多单元同质金属叠锻生产主轴锻件的方法包括如下步骤:

[0011] 步骤一、根据材质计算焊合所需应变量及温度等因素的影响,依据在大锻件的生产过程中,锻坯内部宏观与微观空洞型缺陷的闭合条件:

$$[0012] \gamma_s \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_s} \right) = -F(V_0)$$

[0013] 式中: γ_s ——八面体的切应变

[0014] V_0 ——原始的空洞率

$$[0015] \text{其中, } F(V_0) = \frac{4\sqrt{2}}{9} \{ V_0 [(\ln V_0)^2 - 2 \ln V_0 + 2] + \frac{1}{4} V_0^2 [2(\ln V_0)^2 - 2 \ln V_0 + 1] \}$$

[0016] 确定空洞的面积,再根据空洞面积确定板坯单元体的截面尺寸,选择出合适尺寸的轧制板坯;

[0017] 步骤二、多个相同材质的金属板坯单元体在进行堆叠之前,对板坯单元体的接触面进行处理,首先去除板坯单元体表面的氧化皮,然后用有机溶剂清洗板坯单元体的表面;

以确保板坯单元体需要焊接的接触面高度清洁,无杂质、油渍及表面氧化物等残留,尽可能地减少主轴锻件的缺陷;

[0018] 步骤三、将清洁后的板坯单元体逐层堆叠,然后快速地转入到真空焊接室内,采用激光束融化母材的方式,对堆叠的板坯单元体的各结合处进行融合焊接;以使堆叠的板坯单元体形成一个整体,并防止结合处进入杂质,影响锻造效果;

[0019] 步骤四、将焊接成一体的堆叠板坯单元体平放在加热炉的垫铁上,单元体的焊接面平行于水平面,然后开始对板坯单元体进行加热,加热工艺为:在350℃保温10小时后,以小于或等于50℃/小时的升温速率将温度升高到750℃,在750℃保温7小时,然后再以小于或等于50℃/小时的升温速率将温度升高到1080℃,并在1080℃保温12小时后,按照加热炉的自动加热功率快速升温到1220℃,最后在1220℃保温20小时;以在对板坯单元体进行加热的同时,消除经过激光束融合焊接的堆叠板坯单元体的内应力;

[0020] 步骤五、把加热后的堆叠板坯单元体吊装到水压机的墩粗平台上,对堆叠板坯单元体进行墩粗保压焊合,墩粗保压焊合的温度、保温时间和焊接比压三者满足菲克第二定律,使板坯单元体的裂隙型缺陷充分的焊合;菲克第二定律指出,在非稳态扩散过程中,

距离x处,浓度随时间的变化率 $\frac{\partial C}{\partial t}$ 等于该处的扩散通量随距离变化率 $\frac{\partial J}{\partial x}$ 的负值,即

$$[0021] \quad \frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial J}{\partial x}$$

[0022] 将 $J = -D \frac{dC}{dx}$ 代入上式,得

$$[0023] \quad \frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{dC}{dx} \right)$$

[0024] 式中:t——扩散时间(s)

[0025] C——扩散物质的体积浓度(kg/m³)

[0026] x——距离(m)

[0027] 板坯单元体的裂纹在墩粗保压焊合过程中,经过裂尖钝化、裂纹分节、裂腔球化、空洞愈合及质量均匀化等阶段,最终完成愈合;

[0028] 步骤六、对墩粗保压焊合的堆叠板坯单元体进行高温扩散处理,裂隙型缺陷的焊合是通过原子扩散来实现的,原子扩散走过的平均距离与扩散时间的平方根成正比,一般满足以下公式:

$$[0029] \quad X = K\sqrt{\tau}$$

[0030] 式中:X——原子的平均距离

[0031] τ——保温时间

[0032] K——常数,与材质有关

[0033] 步骤七、墩粗冲孔和马杠扩孔成形。

[0034] 所述步骤二,对板坯单元体的接触面进行处理时,采用铣床去除板坯单元体表面的氧化皮。

[0035] 所述步骤二,对板坯单元体的接触面进行处理后,需保证加工后的板坯单元体表面粗糙度小于6.3。

[0036] 所述步骤二,在去除板坯单元体表面的氧化皮之后,用来清洗板坯单元体表面的有机溶剂是丙酮或酒精。

[0037] 所述步骤五,采用20SiMn作为主轴锻件的材料时,该材质的焊接温度为1100~1150℃,焊接比压为5~10MPa,焊接时间为30~60min。

[0038] 所述步骤六,堆叠板坯单元体主轴锻件高温扩散的速度是50~70mm/h。

[0039] 本发明的有益效果:通过提出一种多单元同质金属叠锻生产主轴锻件的方法:即把符合成分要求的轧制板坯作为金属单元体,在真空焊接室内采用激光束进行融合焊接,根据大锻件内部空洞型缺陷闭合条件制定出合理的锻造和加热工艺,使多个金属板坯单元体通过高温保压焊合成整体坯料;把坯料锻造成工艺尺寸要求的主轴锻件。该方法与传统的锻造原料使用钢锭相比,多单元同质金属堆焊成锻造原坯的方式,避免了大钢锭偏析、夹杂、气体、气泡、缩孔、疏松、裂纹等缺陷,提高了锻件的整体质量;并且,坯料不需要去除水口冒口材料,提高了材料的利用率,降低了能耗,具有显著的经济效益。由于金属单元体一般为轧制板坯,堆叠焊接在专用的真空焊室内进行,与大钢锭的生产工艺相比,生产效率高,环境污染小。

附图说明

[0040] 图1是本发明的板坯单元体堆叠的示意图。

[0041] 图2是本发明的板坯单元体在真空焊接室内利用激光束进行焊接的示意图。

[0042] 图3是本发明的板坯单元体墩粗保压焊合的示意图。

[0043] 图4是本发明的工艺路线图。

[0044] 图5是本发明的加热曲线图。

[0045] 图中序号说明:1金属板坯单元体、2真空焊接室、3激光束枪、4焊接转盘、5水压机上横梁、6上墩粗板、7下墩粗板、8水压机下平台。

具体实施方式

[0046] 根据图1~5详细说明本发明的具体步骤。该多单元同质金属叠锻生产主轴锻件的方法包括:

[0047] 步骤一,为了选择出合适尺寸的轧制板坯,根据材质计算焊合所需应变量及温度等因素的影响,以确定板坯单元体的截面尺寸。

[0048] 依据金宁等研究的大锻件空洞性缺陷在塑性加工过程中的变化问题,采用数学解析的方法研究了大锻件内部空洞性缺陷在塑性加工过程中的压合机制、条件和判据,以空洞力学为基础,推导出了压合大锻件内部空洞性缺陷的判据,并根据研究结果探讨了FM法、WHF法及V型砧锻造工艺中大锻件内部柱状空洞的闭合规律、闭合路径和闭合速度。以多孔可压缩材料的塑性理论和空洞力学为基础推导得出,在大锻件的生产过程中,锻坯内部宏观与微观空洞型缺的闭合条件可以表示为:

$$[0049] \gamma_s \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_s} \right) = -F(V_0)$$

[0050] 式中: γ_s ——八面体的切应变

[0051] V_0 ——原始的空洞率

[0052] 其中, $F(V_0) = \frac{4\sqrt{2}}{9} \{V_0 [(\ln V_0)^2 - 2 \ln V_0 + 2] + \frac{1}{4} V_0^2 [2(\ln V_0)^2 - 2 \ln V_0 + 1]\}$

[0053] 根据以上公式可确定空洞的面积,根据空洞面积确定板坯单元体的截面尺寸,选择出合适尺寸的轧制板坯,以确保经过后续加工,生产出质量可靠的产品。

[0054] 步骤二,进行堆叠之前,采用铣床去除多个相同材质的金属板坯单元体表面的氧化皮,以对板坯单元体的接触面进行处理,并保证经铣床加工后的表面粗糙度小于6.3。然后用丙酮或酒精等有机溶剂清洗板坯单元体的表面,以确保板坯单元体需要焊接的接触面高度清洁,并且无杂质、油渍及表面氧化物等残留,尽可能地减少最终成品主轴锻件的缺陷。

[0055] 步骤三,为了使堆叠的板坯单元体形成一个整体,快速地将清洁后逐层堆叠的板坯单元体转入到真空焊接室内,采用高能量密度的激光束作为热源融化母材的方式,对堆叠的板坯单元体的各结合处进行融合焊接,以防止结合处进入杂质,影响锻造效果。激光束焊接可将入热量降到最低的需要量,热影响区域金相变化范围小,且因热传导所导致的变形量也最低;激光束可聚焦在很小的区域,适合于焊接间隔较小的部件,并且可降低厚板焊接所需的时间、甚至省掉填料金属的使用。

[0056] 步骤四,吊装焊接成一体的堆叠板坯单元体,使其平放在加热炉的垫铁上,单元体的焊接面平行于水平面布置。堆叠的板坯单元体的加热工艺曲线与普通钢锭的加热曲线相比,低温段、中温段和高温段的保温时间都相对延长。由于堆焊板坯焊接后不进行去应力退火,为防止焊接应力引起焊缝处变形,所以适当延长中温段的保温时间。在高温段保温时,单元体堆焊件的保温时间不能够按照单件最小截面尺寸的大小计算加热时间,而是要按照多件坯料堆叠方向尺寸计算加热时间,保温时间按照每100mm保温1.5小时计算。

[0057] 由于要消除激光束融合焊接的堆叠板坯单元体的内应力,堆叠的板坯单元体的加热工艺曲线与普通钢锭的加热曲线相比,低温段、中温段和高温段的保温时间延长1.3倍。具体的加热工艺为:首先,在350℃保温10小时后,以小于或等于50℃/小时的升温速率将温度升高到750℃,然后在750℃保温7小时,再以小于或等于50℃/小时的升温速率将温度升高到1080℃,并在1080℃保温12小时后,按照加热炉的自动加热功率(提高加热功率)快速升温到1220℃,最后在1220℃保温20小时,完成整个加热过程。

[0058] 步骤五,对加热后的堆叠板坯单元体进行墩粗保压焊合。用铁链把加热后的堆叠板坯单元体吊到水压机的墩粗平台上,在吊装单元体时,要始终保证单元体的焊接面平行于水平面。墩粗保压焊合是本发明的关键,板坯单元体的裂隙型缺陷在温度、保温时间和焊接比压三者满足菲克第二定律时,能够实现充分的焊合。菲克第二定律是在第一定律的基础上推导出来的,菲克第二定律指出,在非稳态扩散过程中,在距离x处,浓度随时间的变化

率 $\frac{\partial C}{\partial t}$ 等于该处的扩散通量随距离变化率 $\frac{\partial J}{\partial x}$ 的负值,即

$$[0059] \frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial J}{\partial x}$$

[0060] 将 $J = -D \frac{dC}{dx}$ 代入上式,得

$$[0061] \frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} (D \frac{dC}{dx})$$

[0062] 式中:t——扩散时间(s)

[0063] C——扩散物质的体积浓度(kg/m³)

[0064] x——距离(m)

[0065] 实际上,固溶体中溶质原子的扩散系数D是随浓度变化的,为了使求解扩散方程简单些,往往近似地把D当做常数看待。根据菲克第二定律可知板坯单元体的裂纹在墩粗保压焊合过程中,经过裂尖钝化、裂纹分节、裂腔球化、空洞愈合及质量均匀化等阶段,最终完成愈合。

[0066] 裂纹愈合过程分为裂尖钝化、裂纹分节、裂腔球化、空洞愈合及质量均匀化等几个阶段。对于已经墩粗到位的板坯单元体来说,根据焊接比压(压机的保压压力),裂缝的焊接时间(保压时间),以及材质的不同,最佳参数也不尽相同。当主轴锻件的材料是20SiMn时,经过计算,该材质的最佳焊接温度为1100~1150℃,焊接比压为5~10MPa,焊接时间为30~60min。

[0067] 步骤六,高温扩散的保温时间对焊合过程也非常重要。在同样的变形量和保温温度条件下,适当的延长保温时间可以改善焊合效果。裂隙型缺陷的焊合是通过原子扩散等机制实现的,原子扩散走过的平均距离与扩散时间的平方根成正比。一般满足以下公式:

$$[0068] X = K\sqrt{\tau}$$

[0069] 式中:X——原子的平均距离

[0070] τ——保温时间

[0071] K——常数,与材质有关,一般合金钢为1.5

[0072] 根据计算,堆叠板坯单元体主轴锻件的高温扩散保温时间是一般钢锭锻件保温时间的1.5~1.7倍。一般碳钢和低合金钢钢锭保温时间通常按照100mm/h的速度计算。

[0073] 步骤七,后续工序为规圆——墩粗冲孔——马杠扩孔——整形。这些与普通主轴的锻造步骤相同。

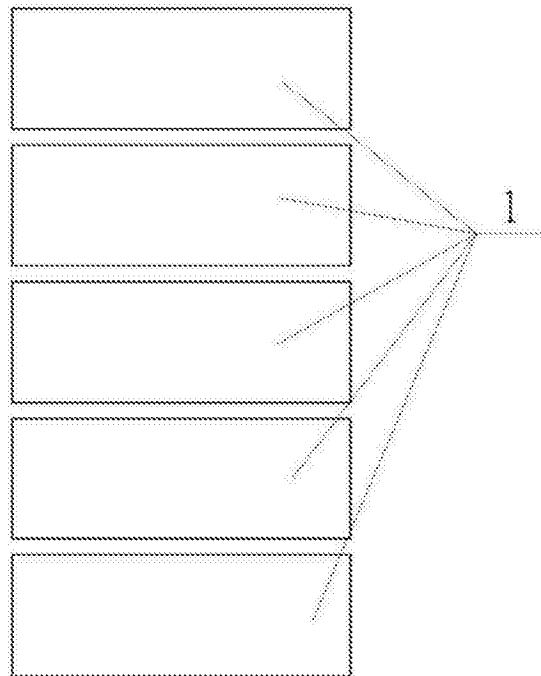


图1

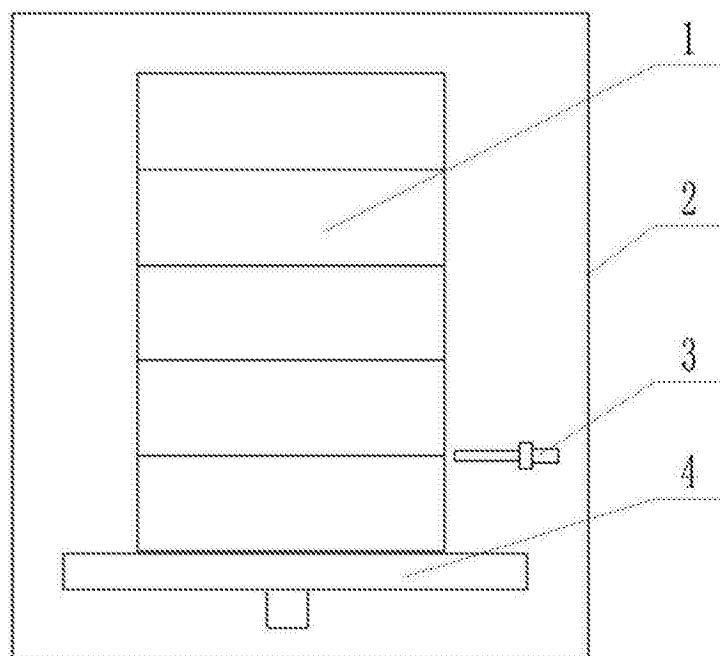


图2

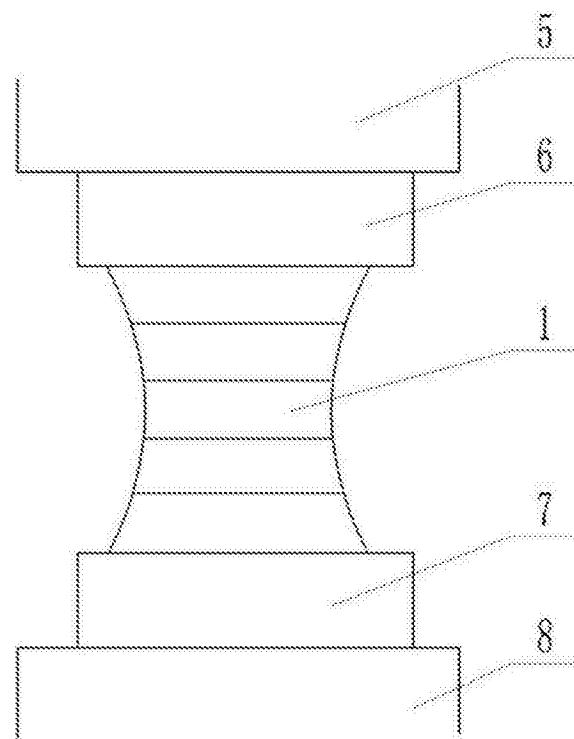


图3

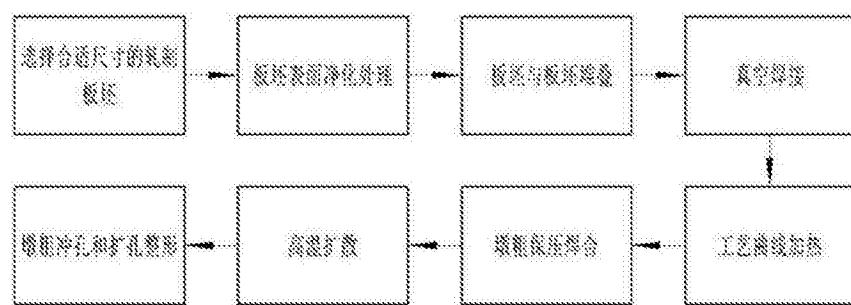


图4

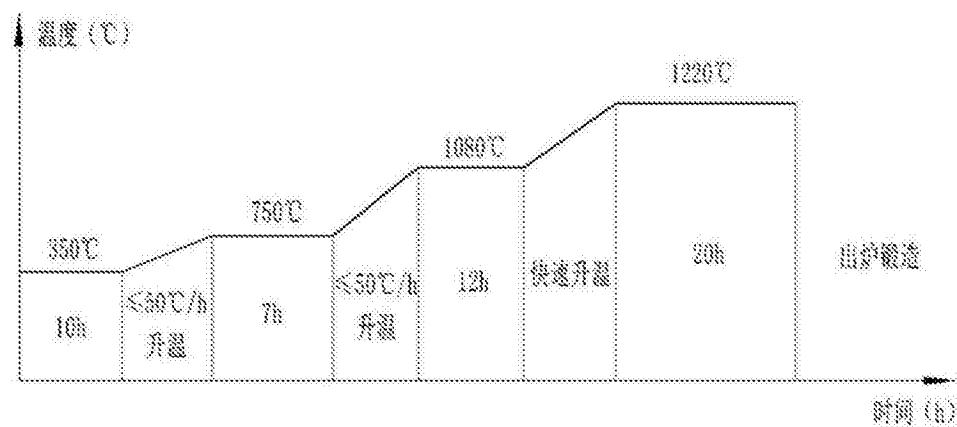


图5