



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102489639 A

(43) 申请公布日 2012.06.13

(21) 申请号 201110444759.5

(22) 申请日 2011.12.27

(71) 申请人 张家港海陆环形锻件有限公司

地址 215626 江苏省苏州市张家港市锦丰镇
合兴华山路

申请人 武汉理工大学

(72) 发明人 钱东升 吴君三 汪小凯 戴玉同

毛华杰 华林

(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限

公司 42102

代理人 唐万荣

(51) Int. Cl.

B21H 1/06(2006.01)

B21J 1/04(2006.01)

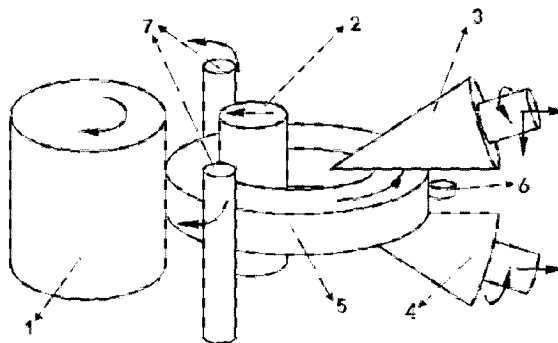
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种高合金钢大型环件细晶轧制成形方法

(57) 摘要

本发明涉及一种高合金钢大型环件细晶轧制成形方法,其特征在于主要包括以下步骤:(1) 下料;(2) 加热、保温:在加热炉中将料段从室温加热至设定的高塑性、低变形抗力的温度线 A_{cm} ,并保温 2 小时以上;(3) 锻造:将料段先滚圆拔长,然后进行第一次镦粗,再进行拔长;(4) 回炉加热、保温:将拔长后锻棒回炉加热至 A_{cm} 线以下 50°C ,保温 0.5~1 小时;(5) 制坯:将热态锻棒镦粗、冲孔、冲连皮、平端面,制得环件毛坯;(6) 轧制成形:将制好的环件毛坯放上轧环机进行轧制,轧制过程按预轧制、主轧制、整圆定径三个阶段结合温度和轧制速度进行控制。本发明具有生产效率高、生产成本低、产品质量好的特点。



1. 一种高合金钢大型环件细晶轧制成形方法,其特征在于主要包括以下步骤:

(1) 下料;(2) 加热、保温:在加热炉中将料段从室温加热至设定的高塑性、低变形抗力的温度线 A_{cm} ,并保温 2 小时以上;(3) 锻造:将料段先滚圆拔长,然后进行第一次镦粗,再进行拔长;(4) 回炉加热、保温:将拔长后锻棒回炉加热至 A_{cm} 线以下 50°C ,保温 $0.5 \sim 1$ 小时;(5) 制坯:将热态锻棒镦粗、冲孔、冲连皮、平端面,制得环件毛坯;(6) 轧制成形:将制好的环件毛坯放上轧环机进行轧制,轧制过程按预轧制、主轧制、整圆定径三个阶段结合温度和轧制速度进行控制。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于具体按如下步骤实现:

(1) 下料:根据环件尺寸,结合火耗系数和连皮重量,计算所需下料的总重量,根据所要求的重量将原材料锯成料段;

(2) 加热、保温:在加热炉中将料段从室温加热至设定的高塑性、低变形抗力的温度线 A_{cm} ,并保温 2 小时以上;

(3) 锻造:先将料段滚圆拔长,获得锻棒,长度为 $L = (3 \sim 5)B$,其中 B 为环件高度,拔长后与拔长前的长度之比也即拔长比不小于 1.5,然后进行第一次镦粗,镦粗前与镦粗后的高度之比也即镦粗比不小于 1.2,再进行一次拔长,拔长后锻棒的端面不能出现大于 20mm 的裂痕;

(4) 回炉加热、保温:将拔长后的锻棒回炉加热至 A_{cm} 线以下 50°C ,并保温 $0.5 \sim 1$ 小时;

(5) 制坯:将锻棒进行第二次镦粗,镦粗比不小于 1.5,两次拔长比与两次镦粗的镦粗比的总和也即总锻造比不小于 6,然后冲孔、冲连皮、平整端面,制得环件毛坯;

环件毛坯尺寸为:环件毛坯内径为 $d_0 = (1.05 \sim 1.15)D_2$,其中 D_2 为芯辊工作直径;环件毛坯壁厚 $H_0 = \lambda HB/B_0$,其中 H 为目标环件壁厚, λ 为轧制比, B 为环件高度;为保证环件产生充分塑性变形而获得致密的晶粒组织,应取 $\lambda \geq 2$;根据塑性变形体积不变原理可确定为 $D_0 = [(D^2 - d^2)B + 4H_0^2 B_0] / 4B_0 H_0$,其中 $d = D - 2H$ 为目标环件内径, D 为目标环件外径;通过计算可获得环件毛坯高度 B_0 和 外径 D_0 ;

(6) 轧制成形:将制好的环件毛坯放上轧环机进行轧制,轧制过程按预轧制、主轧制、整圆定径三个阶段进行控制;预轧制阶段,径向和轴向均缓慢进给,消除制坯时产生的壁厚差和高度差;当环件毛坯外表面温度下降至设定的预轧制终点温度线 A_{c1} 时,进入主轧制阶段,迅速提高径向和轴向进给速度,使环件毛坯产生快速充分塑性变形;当环件毛坯外径扩大至接近目标环件外径尺寸 $50 \sim 100\text{mm}$ 时,进入整圆定径阶段,逐渐降低进给速度,消除环件毛坯直径扩大过程中产生的壁厚差和椭圆度,使环件毛坯直径匀速缓慢扩大至目标环件尺寸。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于步骤 (6) 轧制成形过程中,各阶段进给量和进给速度分配按以下方法确定:

1) 预轧制阶段

径向进给量 $\Delta H_1 = 0.05(H_0 - H)$,轴向进给量 $\Delta B_1 = 0.05(B_0 - B)$,

径向轧制速度 $v_{r1} = (0.8 \sim 1)v_{r\min}$, $v_{a1} = (0.2 \sim 0.5)v_{a\min}$;

2) 主轧制阶段

径向进给量 $\Delta H_2 = 0.9(H_0 - H)$,轴向进给量 $\Delta B_2 = 0.9(B_0 - B)$,

径向轧制速度 $v_{r2} = (5 \sim 10)v_{rmin}$, $v_{a2} = (5 \sim 10)v_{amin}$;

3) 整圆定径阶段

径向进给量 $\Delta H_3 = 0.05(H_0 - H)$, 轴向进给量 $\Delta B_3 = 0.05(B_0 - B)$,

径向轧制速度 $v_{r3} = (0.5 \sim 1)v_{rmin}$, $v_{a3} = (0.05 \sim 0.2)v_{amin}$;

其中 $v_{rmin} = 5.458 \times 10^{-5} n \frac{D_1^2}{D_0} \left(\frac{D_0}{D_1} - \frac{d_0}{D_1} \right)^2 \left(1 + \frac{D_1}{D_2} + \frac{D_1}{D_0} - \frac{D_1}{d_0} \right)$, 为满足环件轧制变形所需的最小进给速度; n 为驱动辊转速, 满足 $nD_1/2 = 1.1 \sim 1.3 \text{m/s}$; D_1 为驱动辊直径;

$$v_{amin} = \frac{B_0 - B}{H_0 - H} v_{rmin} \text{。}$$

一种高合金钢大型环件细晶轧制成形方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种大型工件的机械加工方法,具体涉及一种高合金钢大型环件细晶轧制成形方法。

背景技术

[0002] 直径超过 $\Phi 1000\text{mm}$ 的高合金钢大型环件,广泛用作核电、石油化工装备中压力容器连接部件,其工作条件恶劣,需长期承受高温、高压,因此,对性能要求非常严格。环件轧制是生产大型环件的一种先进塑性加工工艺,它通过连续回转塑性变形可在较短时间内获得几何精度高、组织致密的高性能环件。其原理如图 1 所示:在驱动辊 1 的旋转和芯辊 2 的直线进给作用下,环件毛坯 5 连续咬入由驱动辊 1 和芯辊 2 构成的径向轧制孔型;同时,在上锥辊 3 和下锥辊 4 的旋转以及上锥辊 3 的向下进给作用下,环件毛坯 5 连续咬入由上、下锥辊构成的轴向孔型;环件 5 连续进径向和轴向轧制孔型,产生连续局部塑性变形而使其壁厚和高度减少、直径扩大、截面轮廓成形,获得规定的形状和尺寸。目前,环件轧制技术已广泛应用于碳素钢和低合金钢如 Q345、42CrMn 等材质大型环件生产,其工艺流程通常为:下料-加热-锻粗、冲孔、冲连皮制成环件毛坯-轧制成形。然而,对于高合金钢材质大型环件,由于材料热变形温度范围窄,变形抗力大,采用环件轧制工艺生产时,由于轧制过程是局部加载变形,其变形和温度分布不均匀,常导致制成形的环件存在粗晶现象,使环件性能不能满足要求。目前,高合金钢大型环件大都是采用传统的马架扩孔工艺加工,虽然能获得满足性能要求的环件,但是其工艺过程存在众多问题:(1) 环件尺寸精度低,机加工余量大,加工工时消耗高;(2) 需要经过多次扩孔,工人劳动强度大,生产效率低;(3) 环件需要多次加热,能耗高、材料烧损量大;(4) 噪音大,工作环境恶劣。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是提供一种高合金钢大型环件细晶轧制成形方法,该方法通过合理的锻造制坯和轧制过程优化控制,可获得晶粒细小且满足性能要求的轧制环件,提高生产效率和材料利用率、降低生产成本。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明所采取的技术方案是:

[0005] 一种高合金钢大型环件细晶轧制成形方法,其特征在于主要包括以下步骤:

[0006] (1) 下料;(2) 加热、保温:在加热炉中将料段从室温加热至设定的高塑性、低变形抗力的温度线 A_{cm} ,并保温 2 小时以上;(3) 锻造:将料段先滚圆拔长,然后进行第一次锻粗,再进行拔长;(4) 回炉加热、保温:将拔长后锻棒回炉加热至 A_{cm} 线以下 50°C ,保温 0.5~1 小时;(5) 制坯:将热态锻棒锻粗、冲孔、冲连皮、平端面,制得环件毛坯;(6) 轧制成形:将制好的环件毛坯放上轧环机进行轧制,轧制过程按预轧制、主轧制、整圆定径三个阶段结合温度和轧制速度进行控制。

[0007] 按上述技术方案,上述高合金钢大型环件细晶轧制成形方法具体按如下步骤实现:

[0008] (1) 下料 :根据环件尺寸,结合火耗系数和连皮重量,计算所需下料的总重量,根据所要求的重量将原材料锯成料段 ;

[0009] (2) 加热、保温 :在加热炉中将料段从室温加热至设定的高塑性、低变形抗力的温度线 A_{ccm} ,并保温 2 小时以上 ;

[0010] (3) 锻造 :先将料段滚圆拔长,获得锻棒,长度为 $L = (3 \sim 5)B$,其中 B 为环件高度,拔长后与拔长前的长度之比也即拔长比不小于 1.5,然后进行第一次镦粗,镦粗前与镦粗后的高度之比也即镦粗比不小于 1.2,再进行一次拔长,拔长后锻棒的端面不能出现大于 20mm 的裂痕 ;

[0011] (4) 回炉加热、保温 :将拔长后的锻棒回炉加热至 A_{ccm} 线以下 50°C ,并保温 0.5 ~ 1 小时 ;

[0012] (5) 制坯 :将锻棒进行第二次镦粗,镦粗比不小于 1.5,两次拔长比与两次镦粗的镦粗比的总和也即总锻造比不小于 6,然后冲孔、冲连皮、平整端面,制得环件毛坯 ;

[0013] 环件毛坯尺寸为 :环件毛坯内径为 $d_0 = (1.05 \sim 1.15)D_2$,其中 D_2 为芯辊工作直径 ;环件毛坯壁厚 $H_0 = \lambda HB/B_0$,其中 H 为目标环件壁厚, λ 为轧制比, B 为环件高度 ;为保证环件产生充分塑性变形而获得致密的晶粒组织,应取 $\lambda \geq 2$;根据塑性变形体积不变原理可确定为 $D_0 = [(D^2 - d^2)B + 4H_0^2 B_0] / 4B_0 H_0$,其中 $d = D - 2H$ 为目标环件内径, D 为目标环件外径 ;通过计算可获得环件毛坯高度 B_0 和外径 D_0 ;

[0014] (6) 轧制成形 :将制好的环件毛坯放上轧环机进行轧制,轧制过程按预轧制、主轧制、整圆定径三个阶段进行控制 ;预轧制阶段,径向和轴向均缓慢进给,消除制坯时产生的壁厚差和高度差 ;当环件毛坯外表面温度下降至设定的预轧制终点温度线 A_{c1} 时,进入主轧制阶段,迅速提高径向和轴向进给速度,使环件毛坯产生快速充分塑性变形 ;当环件毛坯外径扩大至接近目标环件外径尺寸 50 ~ 100mm 时,进入整圆定径阶段,逐渐降低进给速度,消除环件毛坯直径扩大过程中产生的壁厚差和椭圆度,使环件毛坯直径匀速缓慢扩大至目标环件尺寸。

[0015] 按上述技术方案,步骤 (6) 轧制成形过程中,各阶段进给量和进给速度分配按以下方法确定 :

[0016] 1) 预轧制阶段

[0017] 径向进给量 $\Delta H_1 = 0.05(H_0 - H)$,轴向进给量 $\Delta B_1 = 0.05(B_0 - B)$,

[0018] 径向轧制速度 $v_{r1} = (0.8 \sim 1)v_{rmin}$, $v_{a1} = (0.2 \sim 0.5)v_{amin}$;

[0019] 2) 主轧制阶段

[0020] 径向进给量 $\Delta H_2 = 0.9(H_0 - H)$,轴向进给量 $\Delta B_2 = 0.9(B_0 - B)$,

[0021] 径向轧制速度 $v_{r2} = (5 \sim 10)v_{rmin}$, $v_{a2} = (5 \sim 10)v_{amin}$;

[0022] 3) 整圆定径阶段

[0023] 径向进给量 $\Delta H_3 = 0.05(H_0 - H)$,轴向进给量 $\Delta B_3 = 0.05(B_0 - B)$,

[0024] 径向轧制速度 $v_{r3} = (0.5 \sim 1)v_{rmin}$, $v_{a3} = (0.05 \sim 0.2)v_{amin}$;

[0025] 其中 $v_{rmin} = 5.458 \times 10^{-5} n \frac{D_1^2}{D_0} \left(\frac{D_0}{D_1} - \frac{d_0}{D_1} \right)^2 \left(1 + \frac{D_1}{D_2} + \frac{D_1}{D_0} - \frac{D_1}{d_0} \right)$,为满足环件轧制变形所需的最小进给速度 ; n 为驱动辊转速,满足 $nD_1/2 = 11 \sim 1.3\text{m/s}$; D_1 为驱动辊直径 ;

$$v_{amin} = \frac{B_0 - B}{H_0 - H} v_{rmin}。$$

[0026] 本发明通过合理的锻造制坯和轧制过程优化控制,可获得几何精度高、晶粒细小且分布均匀的高合金钢环件,各项理化性能指标均可满足要求。相比传统的马架扩孔工艺,本发明工艺生产效率高,材料损耗和能耗小,降低了生产成本低,可用于高合金钢大型环件批量生产。

附图说明:

[0027] 下面结合附图和各实施例对本发明作进一步详细说明。

[0028] 图 1 是本发明实施的高合金钢大型环件细晶轧制成形方法原理图;

[0029] 该图中:1- 驱动辊,2- 芯辊,3- 上锥辊,4- 下锥辊,5- 环件毛坯,6- 测量辊,7- 导向辊

[0030] 图 2 是本发明一个实施例中的 304 不锈钢大型环件截面示意图;

[0031] 图 3 是本发明一个实施例中的 304 不锈钢大型环件毛坯截面示意图;

[0032] 图 4 是本发明一个实施例中的 304 不锈钢大型环件进给过程控制曲线。

具体实施方式:

[0033] 以某核电压力容器连接管道用 304 不锈钢大型环件细晶轧制成形为具体实施例说明本发明的高合金钢大型环件细晶轧制成形方法,要求轧制成形的 304 不锈钢大型环件如图 2 所示,其尺寸为:外径 D 为 1420mm,内径 D 为 1140mm,高度 B 为 310mm;采用如图 1 所示的方法,具体实施步骤如下:

[0034] (1) 下料:经计算,环件的重量为 1362kg,加上坯料重量的 10% 火耗和连皮的重量,料段所需的总重量为 1700kg。将直径规格为 $\Phi 630\text{mm}$ 的圆锭通过锯床锯成料段,长度为 700mm。

[0035] (2) 加热:先将加热炉预加热至 300°C 左右,然后将料段装炉,并将料段从室温加热至设定的高塑性、低变形抗力的温度线 $A_{ccm120020^{\circ}\text{C}}$ 附近,本实施例为 $1200 \pm 20^{\circ}\text{C}$,并保温 2 小时以上。

[0036] (3) 锻造:将热态的料段滚圆拔长,获得锻棒,其规格约为 $\Phi 480 \times 1100\text{mm}$,然后将锻棒进行第一次镦粗,镦粗后的规格约为 $\Phi 586 \times 850\text{mm}$,再将锻棒拔长至 930mm。

[0037] (4) 回炉加热、保温:将拔长后的锻棒回炉加热至 $1150 \pm 20^{\circ}\text{C}$,并保温 0.5 ~ 1 小时。

[0038] (5) 制坯:芯辊的工作直径为 400mm,按要求,设计毛坯内孔直径 d0 为 440mm;轧制比取 2.3;根据 304 不锈钢塑性变形体积不变原理计算得毛坯高度 B0 为 400mm,毛坯外径 D0 为 895mm。将热态锻棒镦粗至 400mm,冲盲孔,冲连皮后,将坯料端面整平,获得环件毛坯,如图 3 所示。

[0039] (6) 轧制成形:将制得的环件毛坯放在径轴向轧环机上进行轧,轧制过程按三个阶段进行控制:预轧制阶段,径向轧制速度为 0.50mm/s,轴向轧制速度为 0.20mm/s;当环件毛坯表面温度为 900°C 左右进入主轧制阶段,径向轧制速度为 3.50mm/s,轴向轧制速度约 3.50mm/s;当环件毛坯外径扩至 $\Phi 1360\text{mm}$ 时,进入整圆定径阶段,径向速度为 0.30mm/s,轴

向速度为 0.08mm/s ;轧制完成后,环件表面的温度在 800℃左右。整个轧制过程中,根据实际情况冲水,去掉表面氧化皮、降低环件表面温度和冷却轧辊,随时调整环件的偏心率,确保整个轧制过程能平稳顺利的进行。

[0040] 对轧制成形环件取样进行金相测试,其晶粒度达到了 GB/6394-2002 中规定的 4 级,满足了环件产品要求,有效实现了环件内部晶粒组织细化。

[0041] 以上所揭露的仅为本发明的较佳实施例而已,当然不能以此来限定本发明之权利范围,因此依本发明申请专利范围所作的等效变化,仍属本发明的保护范围。

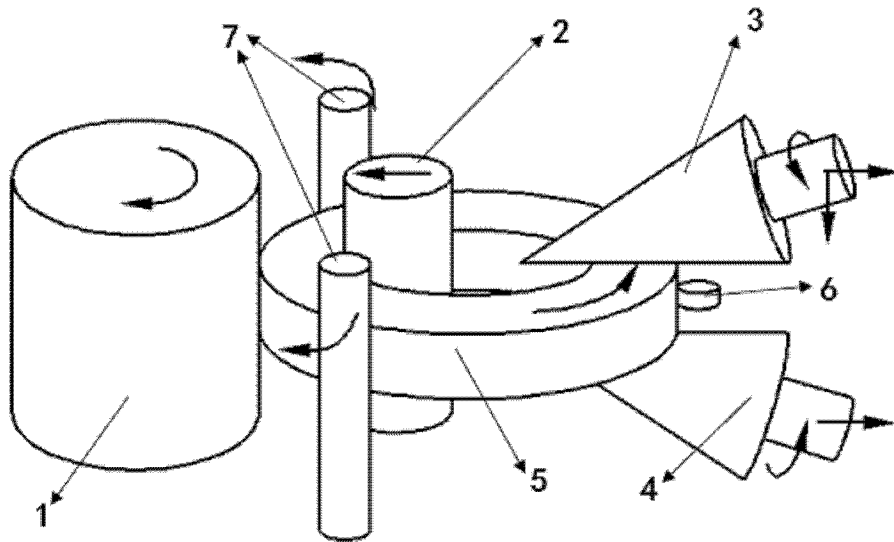


图 1

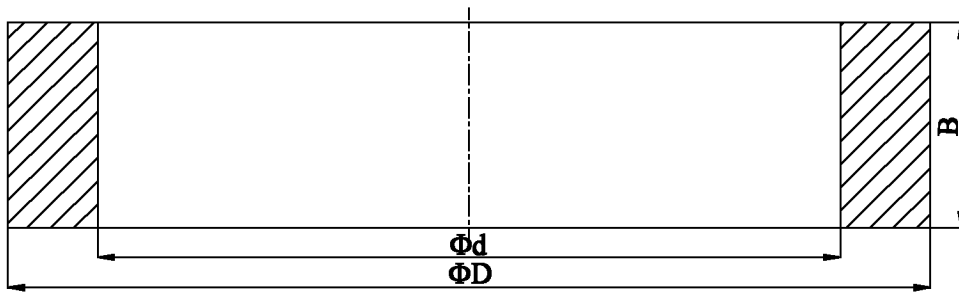


图 2

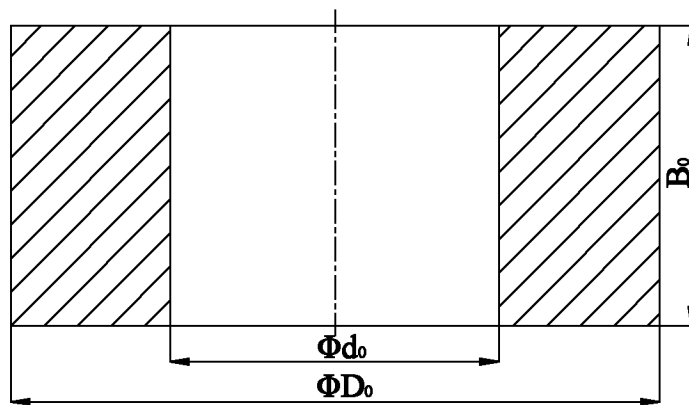


图 3

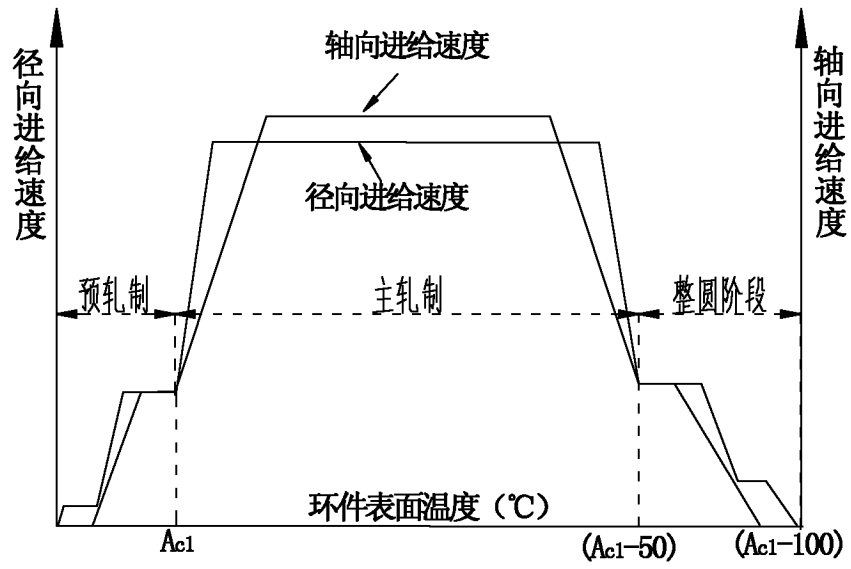


图 4