



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106435332 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(21)申请号 201510477388.9

(22)申请日 2015.08.06

(71)申请人 江苏金源锻造股份有限公司

地址 213300 江苏省常州市溧阳市中关村大道8号

(72)发明人 葛艳明 袁志伟 杨志华

(74)专利代理机构 常州市英诺创信专利代理事务所(普通合伙) 32258

代理人 王美华

(51) Int. Cl.

G22C 33/04(2006.01)

G22C 38/60(2006.01)

G22C 38/44(2006.01)

G21D 8/00(2006.01)

G21D 6/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种低风速风电机组的40CrNiMoA中碳合金钢风电主轴制造方法

(57)摘要

本发明公开了一种低风速风电机组的40CrNiMoA中碳合金钢风电主轴制造方法,包括:步骤a,采用电炉冶炼+炉外精炼+真空除气+真空浇铸冶炼钢锭原材料;步骤b,将步骤a中的钢锭原材料电渣重熔;步骤c,预锻制坯;步骤d,终锻成型;步骤e,保温箱缓慢冷;步骤f,在第一次粗机加工,超声波无损检测;步骤g,等温正火预备热处理;步骤h,两次淬火+回火最终热处理;步骤i,检测合格、包装入库。通过本发明所述的中碳合金钢风电主轴制造方法,可以使得风电主轴的法兰部与变截面轴部的组织性能均匀,并大大提高了风电主轴的机械性能。



1. 一种低风速风电机组的 40CrNiMoA 中碳合金钢风电主轴制造方法,所述风电主轴包括法兰部和变截面轴部,其特征在于:包括以下步骤:

原材料冶炼,所述低风速风电机组的 40CrNiMoA 中碳合金钢风电主轴材料成分控制如下:C 0.37%~0.44%、Si 0.17%~0.37%、Mn 0.50%~0.80%、Cr 0.60%~0.90%、Ni 1.25%~1.65%、Mo 0.15%~0.25%、P<0.008%、S<0.005%、Cu<0.05%、As<0.005%、Al<0.005%、Sn<0.005%、Sb<0.005%,其余为 Fe 和不可避免的杂质;

锻造成型;

第一次粗机加工,超声波无损检测;

热处理;

表面清理、第二次光面粗机加工、机械性能以及金相组织抽检、超声波无损检测合格、包装入库。

2. 如权利要求 1 所述的一种低风速风电机组的 40CrNiMoA 中碳合金钢风电主轴制造方法,其特征在于:所述原材料冶炼步骤包括:

步骤 a,采用电炉冶炼+炉外精炼+真空除气+真空浇铸冶炼钢锭原材料。

3. 如权利要求 1 所述的一种低风速风电机组的 40CrNiMoA 中碳合金钢风电主轴制造方法,其特征在于:所述原材料冶炼步骤还包括:

步骤 b,将步骤 a 中的钢锭原材料电渣重熔。

4. 如权利要求 2 或 3 所述的一种低风速风电机组的 40CrNiMoA 中碳合金钢风电主轴制造方法,其特征在于:所述锻造成型步骤包括:

步骤 c,预锻制坯:将电渣重熔钢锭加热到始锻温度 $1250 \pm 10^\circ\text{C}$ 保温 5 小时以上、压钳口、倒棱、滚圆、墩粗、拔长、压方、倒八方、全面吹氧清伤;

步骤 d,终锻成型:将步骤 b 中制得的坯料重新加热到 $1230 \pm 10^\circ\text{C}$,保温 5 小时以上、滚圆、锥板墩粗法兰部、拔出各变截面轴部、模具精整、气割钳把。

5. 如权利要求 4 所述的一种低风速风电机组的 40CrNiMoA 中碳合金钢

风电主轴制造方法,其特征在于:在所述步骤 d,终锻成型之后包括:

步骤 e,保温箱缓慢冷,终锻成型气割钳把之后,迅速将风电主轴锻件放入带有石棉保温材料的保温箱中,并用保温箱盖盖住,使得风电主轴锻件缓慢冷却,减少非平衡组织的产生,降低硬度,以利于机加工;

步骤 f,在第一次粗机加工,超声波无损检测;

步骤 g,预备热处理:等温正火,所述等温正火采用推杆式等温正火炉,所述等温正火炉包括上料区、加热区、冷却区、保温区以及卸料区,等温正火工艺为:

1) 装料:采用等温正火专用料框,将第一次粗机加工,超声波无损检测合格的风电主轴锻件,以每两件风电主轴锻件为一框,并且将两风电主轴的小轴端面贴紧在一起后装入料框中,然后将装有风电主轴锻件的料框推入推杆式等温正火炉的加热炉中;

2) 加热:推杆式等温正火炉的加热区分为 4 个加热区,第一加热区为预热区,第二加热区为升温区域,第三加热区以及第四加热区为恒温区,其中,第一加热区设定温度为 $810 \pm 10^\circ\text{C}$,第二加热区设定温度为 $860 \pm 10^\circ\text{C}$,第三加热区设定温度为 $910 \pm 5^\circ\text{C}$,第四加热区设定温度为 $890 \pm 5^\circ\text{C}$,风电主轴锻件在每个加热区停留时间大于 1 小时;

3) 冷却:将装有加热后风电主轴的料框推入冷却室,冷却采用两段式冷却,第一段冷

却为快速冷却,采用喷水雾冷却,将风电主轴锻件在 380 秒以内冷却到 $740 \pm 5^{\circ}\text{C}$,第二段冷却为强制风冷,待水雾冷却结束后,立即采用风机对风电主轴锻件进行强制风冷,将风电主轴锻件在 600-1200 秒内冷却到 $600 \pm 5^{\circ}\text{C}$;

4) 保温:将装有冷却后风电主轴的料框推入保温区,保温区分为 4 个区,第一保温区设定温度为 $610 \pm 5^{\circ}\text{C}$,第二、第三保温区设定温度为 $600 \pm 5^{\circ}\text{C}$,第四保温区设定温度为 $590 \pm 5^{\circ}\text{C}$,风电主轴锻件在每个保温区停留时间大于 1 小时;

5) 卸料:将装有保温后风电主轴的等温正火料框推入卸料区,将风电主轴卸入淬火料框中;

步骤 h,最终热处理:两次淬火+回火,具体工艺为:

第一次淬火:

1) 加热:将等温正火后卸入淬火料框中的风电主轴锻件与淬火料框一同放入淬火加热炉中,分两段加热,升温到 $710 \pm 5^{\circ}\text{C}$,保温 2-3 小时,然后升温至 $870 \pm 5^{\circ}\text{C}$,保温 5 小时以上;

2) 淬火:水冷 300 ± 5 秒,之后油冷到 250°C 以下;

第二次淬火:

1) 加热:将第一次淬火后的风电主轴锻件放入淬火加热炉中,升温至 $850 \pm 5^{\circ}\text{C}$,保温 5 小时以上;

2) 淬火:油冷到 250°C 以下;

回火:将第二次淬火后的风电主轴锻件及时放入回火加热炉中,升温至 $650 \pm 5^{\circ}\text{C}$,保温 6 小时以上;

步骤 i,表面清理、第二次光面粗机加工、机械性能以及金相组织抽检、超声波无损检测合格、包装入库。

一种低风速风电机组的 40CrNiMoA 中碳合金钢风电主轴制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种轴类件的制造方法,具体而言,涉及一种低风速风电机组的 40CrNiMoA 中碳合金钢风电主轴的制造方法。

背景技术

[0002] 能源是经济与社会发展的基本动力,能源工业面临着经济增长和环境保护的双重压力,可再生能源的开发利用是全球 21 世纪能源发展的基本选择,风能是除水能以外最具经济利用和产业化开发价值的干净的可再生能源。

[0003] 风电机组是风电场的核心设备,在风电场的建设投资中,风机设备费是风力发电项目投资的主要部分,约占总投资的 60% -80%,风电机组主要部件包括:浆叶、控制系统、发电机、齿轮箱以及金属结构件,而金属结构件主要有:机舱、塔架、主轴和偏航系统等。

[0004] 风力发电机主轴是风力发电机组的主要部件之一,在世界范围各国密切关注开发风能的条件下,风机主轴制造具有巨大的市场。

[0005] 成品风力发电机主轴如图 1,其主要结构特征为:电机主轴的尺寸非常大,并且直径横截面差很大,法兰直径远大于轴身直径,而法兰厚度却比较薄。

[0006] 目前,制造风电主轴的方法主要有铸造和锻造。铸造出来的风电主轴,虽然毛坯尺寸精确,加工量小,成本低,但是有铸造缺陷(气孔、裂纹、夹杂等),并且铸件内部组织流线形态差。现在主流的风电主轴制造方法仍采用锻造。传统的锻造工艺和锻后热处理工艺为:电炉冶炼、预锻制坯、终锻成型、空冷正回火、粗加工无损探伤检测、调质热处理、检测合格包装。采用传统锻造以及热处理方法,由于风电主轴尺寸大,普通电炉冶炼获得的坯料成分偏析严重,后续锻造过程中很难改善,并且由于风电主轴的直径横截面差很大,在热处理的过程中,加热时,往往容易造成小直径端过热,以及冷却时,小直径端容易冷过头。另外,风电主轴处于常年运转的状态,对其各项机械性能有着很高的要求,而现有的热处理过程:正回火+调质,并不能满足其高性能的要求,由此,我国很多风电企业的主轴都从国外进口。

发明内容

[0007] 本发明所解决的技术问题:克服现有风电主轴制造工艺的上述缺陷,提供一种高机械强度以及组织性能均匀的风电主轴。

[0008] 本发明提供如下技术方案:一种低风速风电机组的 40CrNiMoA 中碳合金钢风电主轴制造方法,其主要包括以下步骤:

[0009] 原材料冶炼;

[0010] 锻造成型;

[0011] 第一次粗机加工,超声波无损检测;

[0012] 热处理;

[0013] 表面清理、第二次光面粗机加工、机械性能以及金相组织抽检、超声波无损检测合

格、包装入库。

[0014] 所述低风速风电机组的 40CrNiMoA 中碳合金钢风电主轴材料成分控制如下：
C 0.37%~0.44%、Si 0.17%~0.37%、Mn 0.50%~0.80%、Cr 0.60%~0.90%、Ni 1.25%~1.65%、Mo 0.15%~0.25%、P<0.008%、S<0.005%、Cu <0.05%、As<0.005%、Al<0.005%、Sn<0.005%、Sb<0.005%，其余为 Fe 和不可避免的杂质。

[0015] 所述原材料冶炼步骤包括：

[0016] 步骤 a, 采用电炉冶炼 +LF(炉外精炼)+VD(真空除气)+真空浇铸冶炼钢锭原材料；

[0017] 步骤 b, 将步骤 a 中的钢锭原材料电渣重熔。

[0018] 所述锻造成型步骤包括：

[0019] 步骤 c, 预锻制坯：将电渣重熔钢锭加热到始锻温度 $1250 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 5 小时以上、压钳口、倒棱、滚圆、墩粗、拔长、压方、倒八方、全面吹氧清伤；

[0020] 步骤 d, 终锻成型：将步骤 b 中制得的坯料重新加热到 $1230 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 5 小时以上、滚圆、锥板墩粗法兰部、拔出各变截面轴部、模具精整、气割钳把。

[0021] 在所述步骤 d, 终锻成型之后包括：

[0022] 步骤 e, 保温箱缓慢冷，终锻成型气割钳把之后，迅速将风电主轴锻件放入带有石棉保温材料的保温箱中，并用保温箱盖盖住，使得风电主轴锻件缓慢冷却，减少非平衡组织的产生，降低硬度，以利于机加工；

[0023] 步骤 f, 在第一次粗机加工，超声波无损检测；

[0024] 步骤 g, 预备热处理：等温正火，所述等温正火采用推杆式等温正火炉，所述等温正火炉包括上料区、加热区、冷却区、保温区以及卸料区，等温正火工艺为：

[0025] 1)、装料：采用等温正火专用料框，将第一次粗机加工，超声波无损检测合格的风电主轴锻件，以每两件风电主轴锻件为一框，并且将两风电主轴的小轴端面贴紧在一起后装入料框中，然后将装有风电主轴锻件的料框推入推杆式等温正火炉的加热炉中；

[0026] 2)、加热：推杆式等温正火炉的加热区分为 4 个加热区，第一加热区为预热区，第二加热区为升温区域，第三加热区以及第四加热区为恒温区，其中，第一加热区设定温度为 $810 \pm 10^\circ\text{C}$ ，第二加热区设定温度为 $860 \pm 10^\circ\text{C}$ ，第三加热区设定温度为 $910 \pm 5^\circ\text{C}$ ，第四加热区设定温度为 $890 \pm 5^\circ\text{C}$ ，风电主轴锻件在每个加热区停留时间大于 1 小时；

[0027] 3)、冷却：将装有加热后风电主轴的料框推入冷却室，冷却采用两段式冷却，第一段冷却为快速冷却，采用喷水雾冷却，将风电主轴锻件在 380 秒以内冷却到 $740 \pm 5^\circ\text{C}$ ，第二段冷却为强制风冷，待水雾冷却结束后，立即采用风机对风电主轴锻件进行强制风冷，将风电主轴锻件在 600-1200 秒内冷却到 $600 \pm 5^\circ\text{C}$ ；

[0028] 4)、保温：将装有冷却后风电主轴的料框推入保温区，保温区分为 4 个区，第一保温区设定温度为 $610 \pm 5^\circ\text{C}$ ，第二、第三保温区设定温度为 $600 \pm 5^\circ\text{C}$ ，第四保温区设定温度为 $590 \pm 5^\circ\text{C}$ ，风电主轴锻件在每个保温区停留时间大于 1 小时；

[0029] 5)、卸料：将装有保温后风电主轴的等温正火料框推入卸料区，将风电主轴卸入淬火热料框中；

[0030] 步骤 h, 最终热处理：两次淬火 + 回火，具体工艺为：

[0031] 第一次淬火：

[0032] 1)、加热:将等温正火后卸入淬火料框中的风电主轴锻件与淬火料框一同放入淬火加热炉中,分两段加热,升温到 $710 \pm 5^\circ\text{C}$,保温 2-3 小时,然后升温至 $870 \pm 5^\circ\text{C}$,保温 5 小时以上;

[0033] 2)、淬火:水冷 300 ± 5 秒,之后油冷到 250°C 以下;

[0034] 第二次淬火:

[0035] 1)、加热:将第一次淬火后的风电主轴锻件放入淬火加热炉中,升温至 $850 \pm 5^\circ\text{C}$,保温 5 小时以上;

[0036] 2)、淬火:油冷到 250°C 以下;

[0037] 回火:将第二次淬火后的风电主轴锻件及时放入回火加热炉中,升温至 $650 \pm 5^\circ\text{C}$,保温 6 小时以上;

[0038] 步骤 i,表面清理、第二次光面粗机加工、机械性能以及金相组织抽检、超声波无损检测合格、包装入库。

[0039] 发明有益效果

[0040] 1、采用电炉冶炼 +LF+VD+ 真空浇铸冶炼钢锭原材料,然后将钢锭原材料电渣重熔,严格控制了钢锭原材料的各个成分含量,并且减少了各种杂质元素的含量,以及减少了合金元素的偏析。

[0041] 2、锻造成型后进行保温箱缓冷,减少了非平衡组织的产生,利于后续粗机加工。

[0042] 3、预备热处理采用等温正火,改善了锻造后的非平衡组织,为最终热处理提供组织准备;并且,采用了有创新性的等温正火工艺:首先在等温正火之前进行了粗机加工,机加工后锻件表面光洁,有利于锻件的冷却,其次,采用将两风电主轴的小轴端面贴紧在一起的装框方式,可以避免小轴端在冷却时候过快冷却,产生非平衡组织,再次,等温正火的冷却分为水雾快速冷却和强制鼓风冷却两段冷却,抑制了先共析铁素体的产生,并且绕过了魏氏体组织转变区域,最终使得风电主轴锻件的各个部位都获得均匀的平衡组织(珠光体+铁素体)。

[0043] 4、最终热处理采用两次淬火+回火工艺,获得均匀细小的回火索氏体组织,提高了风电主轴锻件的各项机械性能。

附图说明

[0044] 图 1 为低风速风电机组的 40CrNiMoA 中碳合金钢风电主轴的示意图;

[0045] 图 2 为本发明所述的风电主轴制造流程图。

具体实施方式

[0046] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明:

[0047] 如图 1-2 所示,一种低风速风电机组的 40CrNiMoA 中碳合金钢风电主轴制造方法,所述风电主轴包括法兰部和变截面轴部。

[0048] 所述低风速风电机组的 40CrNiMoA 中碳合金钢风电主轴材料成分控制如下:
C 0.37%~0.44%、Si 0.17%~0.37%、Mn 0.50%~0.80%、Cr 0.60%~0.90%、Ni 1.25%~1.65%、Mo 0.15%~0.25%、P<0.008%、S<0.005%、Cu <0.05%、As<0.005%、Al<0.005%、Sn<0.005%、Sb<0.005%,其余为 Fe 和不可避免的杂质。

[0049] 所述低风速风电机组的 40CrNiMoA 中碳合金钢风电主轴制造方法具体包括以下步骤：

[0050] 步骤 a, 选择采用电炉冶炼+LF(炉外精炼)+VD(真空除气)+真空浇铸冶炼的钢锭原材料；

[0051] 步骤 b, 将步骤 a 中的钢锭原材料电渣重熔；

[0052] 步骤 c, 预锻制坯：将电渣重熔钢锭加热到始锻温度 $1250 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 5 小时以上、压钳口、倒棱、滚圆、墩粗、拔长、压方、倒八方、全面吹氧清伤；

[0053] 步骤 d, 终锻成型：将步骤 b 中制得的坯料重新加热到 $1230 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 5 小时以上、滚圆、锥板墩粗法兰部、拔出各变截面轴部、模具精整、气割钳把；

[0054] 步骤 e, 保温箱缓慢冷，终锻成型气割钳把之后，迅速将风电主轴锻件放入带有石棉保温材料的保温箱中，并用保温箱盖盖住，使得风电主轴锻件缓慢冷却，减少非平衡组织的产生，降低硬度，以利于机加工；

[0055] 步骤 f, 在第一次粗机加工，超声波无损检测；

[0056] 步骤 g, 预备热处理：等温正火，所述等温正火采用推杆式等温正火炉，所述等温正火炉包括上料区、加热区、冷却区、保温区以及卸料区，等温正火工艺为：

[0057] 1)、装料：采用等温正火专用料框，将第一次粗机加工，超声波无损检测合格的风电主轴锻件，以每两件风电主轴锻件为一框，并且将两风电主轴的小轴端面贴紧在一起后装入料框中，然后将装有风电主轴锻件的料框推入推杆式等温正火炉的加热炉中；

[0058] 2)、加热：推杆式等温正火炉的加热区分为 4 个加热区，第一加热区为预热区，第二加热区为升温区域，第三加热区以及第四加热区为恒温区，其中，第一加热区设定温度为 $810 \pm 10^\circ\text{C}$ ，第二加热区设定温度为 $860 \pm 10^\circ\text{C}$ ，第三加热区设定温度为 $910 \pm 5^\circ\text{C}$ ，第四加热区设定温度为 $890 \pm 5^\circ\text{C}$ ，风电主轴锻件在每个加热区停留时间大于 1 小时；

[0059] 3)、冷却：将装有加热后风电主轴的料框推入冷却室，冷却采用两段式冷却，第一段冷却为快速冷却，采用喷水雾冷却，将风电主轴锻件在 380 秒以内冷却到 $740 \pm 5^\circ\text{C}$ ，第二段冷却为强制风冷，待水雾冷却结束后，立即采用风机对风电主轴锻件进行强制风冷，将风电主轴锻件在 600-1200 秒内冷却到 $600 \pm 5^\circ\text{C}$ ；

[0060] 4)、保温：将装有冷却后风电主轴的料框推入保温区，保温区分为 4 个区，第一保温区设定温度为 $610 \pm 5^\circ\text{C}$ ，第二、第三保温区设定温度为 $600 \pm 5^\circ\text{C}$ ，第四保温区设定温度为 $590 \pm 5^\circ\text{C}$ ，风电主轴锻件在每个保温区停留时间大于 1 小时；

[0061] 5)、卸料：将装有保温后风电主轴的等温正火料框推入卸料区，将风电主轴卸入淬火热料框中；

[0062] 步骤 h, 最终热处理：两次淬火+回火，具体工艺为：

[0063] 第一次淬火：

[0064] 1)、加热：将等温正火后卸入淬火料框中的风电主轴锻件与淬火料框一同放入淬火加热炉中，分两段加热，升温到 $710 \pm 5^\circ\text{C}$ ，保温 2-3 小时，然后升温至 $870 \pm 5^\circ\text{C}$ ，保温 5 小时以上；

[0065] 2)、淬火：水冷 300 ± 5 秒，之后油冷到 250°C 以下；

[0066] 第二次淬火：

[0067] 1)、加热：将第一次淬火后的风电主轴锻件放入淬火加热炉中，升温至 $850 \pm 5^\circ\text{C}$ ，

保温 5 小时以上；

[0068] 2)、淬火：油冷到 250℃以下；

[0069] 回火：将第二次淬火后的风电主轴锻件及时放入回火加热炉中，升温至 650±5℃，保温 6 小时以上；

[0070] 步骤 i，表面清理、第二次光面粗机加工、机械性能以及金相组织抽检、超声波无损检测合格、包装入库。

[0071] 以上内容仅为本发明的较佳实施方式，对于本领域的普通技术人员，依据本发明的思想，在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处，本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

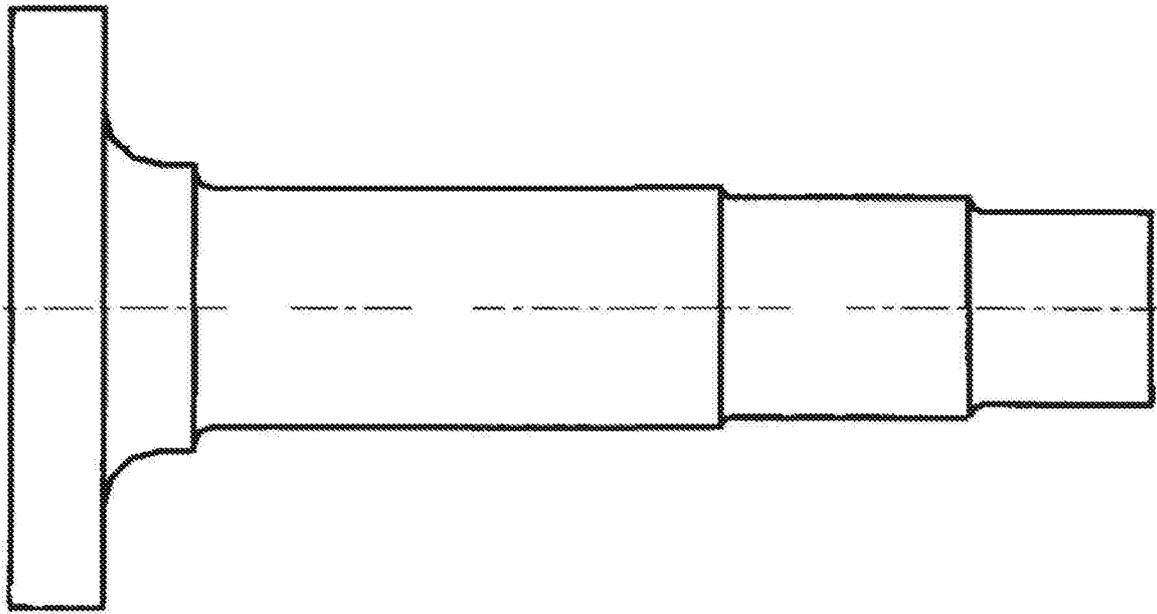


图 1

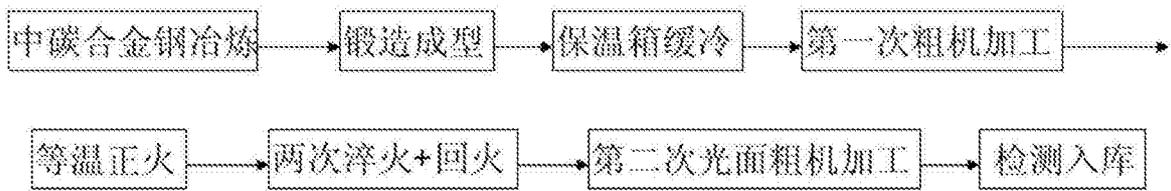


图 2