



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102615478 B

(45) 授权公告日 2015.02.04

(21) 申请号 201210046362.5

(22) 申请日 2012.02.28

(73) 专利权人 杭州荣力铸锻有限公司
地址 311106 浙江省杭州市塘栖镇

(72) 发明人 戴荣根 兰轩

(74) 专利代理机构 浙江永鼎律师事务所 33233
代理人 王梨华 陈丽霞

(51) Int. Cl.

B23P 15/00(2006.01)

B21K 1/06(2006.01)

B21J 5/06(2006.01)

B21J 1/06(2006.01)

C21D 1/18(2006.01)

C21D 1/28(2006.01)

C21D 1/25(2006.01)

C21D 9/28(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101476539 A, 2009.07.08,

CN 101293269 A, 2008.10.29,

JP 2008212991 A, 2008.09.18,

CN 101456057 A, 2009.06.17,

CN 101314202 A, 2008.12.03,

CN 101264504 A, 2008.09.17,

CN 201201029 Y, 2009.03.04,

CN 102039364 A, 2011.05.04,

EP 0052077 A1, 1982.05.19,

CN 201220261 Y, 2009.04.15,

JP 2011213207 A, 2011.10.27,

CN 201220262 Y, 2009.04.15,

US 2010068428 A1, 2010.03.18,

杨萍. 风力发电机主轴锻件的化学成份设计及热处理工艺研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库》. 2009, 第 30-32、39-42 页及图 4.1-4.5.

审查员 郭帅

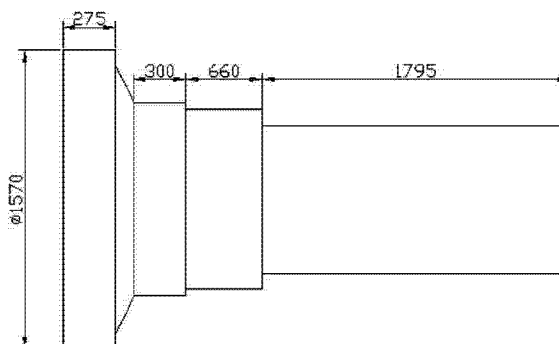
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

风电主轴的锻造工艺

(57) 摘要

本发明涉及一种风电主轴的加工方法,尤其涉及一种风电主轴的锻造工艺。风电主轴的锻造工艺,包括步骤:选材料,加热,锻粗,拔长出坯,然后下料;第二火成型,在模具中将工件锻粗成形法兰,再使用夹具,夹持法兰,成形轴身到要求尺寸,对工件进行炉冷-热处理,一次重结晶正回火或二次重结晶正回火,经过三次升温、降温处理;锯切,毛坯探伤检测,粗车加工,作第二次探伤检测调质、机械性能等检测,作第三次探伤检测;精车。



CN 102615478 B

1. 风电主轴的锻造工艺,其特征在於:包括如下步骤

步骤 a、选择待加工的工件钢锭原材料,钢锭在冶炼中必须经过 EF(电弧炉)+LF(精炼炉)+VD(脱气炉)过程,将钢锭冒口端的缩孔,水口端的沉积锥切除,并造成内部有利的应力状态;

步骤 b、将工件置入炉内加热,控制炉内温度为 1230℃ -1250℃,保温 6 小时以上;

步骤 c、第一火出坯,从炉内取出工件使用上下平砧好墩粗漏盘压钳口 $\Phi 650\text{mm}\times 600\text{mm}$,然后墩粗至高度 H900mm,墩粗比为 2.5,再采用上平板、上平台和上下平砧经过 WHF 宽砧压实锻造法,保证每次压下量 $\geq 120\%$,拔长至八方 #1050mm,压阶,法兰端料长度保证到八方 #1050mm \times 710mm,轴身段长度保证为八方 #1050mm \times 990mm,然后法兰端料倒棱至 $\Phi 1050\text{mm}\times 710\text{mm}$,轴身段再成形至 $\Phi 740\text{mm}\times 2100\text{mm}$;

步骤 d、第二火成型,在模具中将工件法兰端料墩粗至高度 H370,再将法兰端料用上砧子平整至高度 H275,操作机上安装专用夹具夹持模具小端滚圆法兰,这样反复平整、滚圆,成形法兰至锻件尺寸 $\Phi 1570\text{mm}\times 275\text{mm}$,在模具中取出锻坯,然后采用操作机上安装的专用夹具夹持法兰端成型轴身到锻件尺寸 $\Phi 800\text{mm}\times 300\text{mm}$, $\Phi 690\text{mm}\times 660\text{mm}$, $\Phi 580\text{mm}\times 1795\text{mm}$,完成锻造;

步骤 e、对工件进行炉内冷却,然后进行一次重结晶正回火或二次重结晶正回火,然后经过三次升温、降温处理;

步骤 f、锯床锯切端部,作第一次毛坯探伤检测,毛坯打磨,沿轴身打磨出一条宽 50mm 的整条线,保证打磨的地方光洁度为 12.5 以上,然后探伤;

步骤 g、粗车加工风电主轴,法兰和轴身过渡圆角处先车台阶,台阶的尺寸宽度大于探头直径 20mm,粗车使外表面粗糙度达到 12.5,作第二次探伤检测,沿轴身一周 100%探伤检测,风电主轴法兰端面 100%探伤检测;

步骤 h、调质、机械性能、金相、硬度检测,作第三次探伤检测;

步骤 i、精车;

步骤 e,炉冷-热处理,一次重结晶正回火或二次重结晶正回火;

工件装炉的时候保证炉内温度为 380℃ -420℃,再升温到 930℃ -970℃ 保温 12 小时,升温过程中,每小时温度增加量小于等于 80℃,然后鼓风吹冷 4 小时,使炉温降低到 330℃ -370℃ 保温 10 小时;

再升温到 850℃ 到 890℃ 保温 10 小时,升温过程中,每小时温度增加量小于等于 80℃,再鼓风吹冷 4 小时,使炉温降低到 330℃ -370℃ 保温 10 小时;

再升温到 630℃ 到 670℃ 保温 40 小时,升温过程中,每小时温度增加量小于等于 80℃,再降温到 400℃,降温过程中,每小时降温小于等于 40℃,再降温到 150℃ 以下,此降温过程中每小时降温小于等于 25℃,炉内温度降到 150℃ 以下后,工件出炉。

2. 根据权利要求 1 所述的风电主轴的锻造工艺,其特征在於:所述的步骤 c 的 WHF 宽砧压实锻造法,采用上下平板大下量拔八方,单面压下量大于 120mm。

3. 根据权利要求 1 所述的风电主轴的锻造工艺,其特征在於:所述的步骤 h,将调制后的工件取样检测,分别在法兰端面、轴端面、轴身和轴身内部四处取样做一拉三冲检验,一个拉伸试验检验抗拉强度,屈服强度,延伸率、断面收缩率,三个冲击试验检验冲击功。

4. 根据权利要求 1 所述的风电主轴的锻造工艺,其特征在於:所述夹具的夹持部份形

状是一个圆弧形,弧度直径为 $\Phi 1570\text{mm}$ 和风电主轴法兰尺寸相同。

风电主轴的锻造工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及一种风电主轴的加工方法,尤其涉及一种风电主轴的锻造工艺。

背景技术

[0002] 锻造是机械制造中常用的成形方法。通过锻造能消除金属的铸态疏松、焊合孔洞,锻件的机械性能一般优于同样材料的铸件。机械中负载高、工作条件严峻的重要零件,除形状较简单的可用轧制的板材、型材或焊接件外,多采用锻件。在锻造加工中,坯料整体发生明显的塑性变形,有较大的塑性流动;在冲压加工中,坯料主要通过改变各部位面积的空间位置而成形,其内部不出现较大距离的塑性流动。锻压主要用于加工金属制件,也可用于加工某些非金属,如工程塑料、橡胶、陶瓷坯、砖坯以及复合材料的成形等。

[0003] 风电技术装备是风电产业的重要组成部分,也是风电产业发展的基础和保障,而风电主轴作为风力发电机的核心机械部件,直接与风叶相连,构成直径约 80-90 米得巨大风轮,巨大风轮承载着自然风并将其能量通过机械齿轮装置传递给发电机转化为电能。但由于自然环境的制约使得巨大风轮的叶片和风电主轴工况恶化、容易损坏,而风电主轴作为风力发电机的核心机械部件,对风电主轴的设计制造和工艺就提出了更高的要求。

[0004] 铸造出来的风电主轴,毛坯形状尺寸准确,加工量小,成本低,但有铸造缺陷(气孔、裂纹、夹杂);铸件内部组织流线型较差(如果是切削件,流线型更差);目前少数劣质风电主轴铸件采用铸造,对尺寸精度要求较高的小型铸件,可采用特种铸造,如永久型铸造、精密铸造、压力铸造、熔模铸造成和离心铸造等。缺点是此类风电主轴在使用过程中易产生渗漏现象。所以现在大家一般采用锻造风电主轴,由于经锻造后可得到连续和均匀的金属纤维组织。因此此类风电主轴的力学性能较好,常用于受力复杂的环境使用。

发明内容

[0005] 本发明针对现有技术中的不足,提供了一种风电主轴的锻造工艺。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明通过下述技术方案得以解决:

[0007] 风电主轴的锻造工艺,包括步骤:

[0008] 步骤 a、选择待加工的工件钢锭原材料,钢锭在冶炼中必须经过 EF(电弧炉)+LF(精炼炉)+VD(脱气炉)过程,将钢锭冒口端的缩孔,水口端的沉积锥切除,并造成内部有利的应力状态;

[0009] 步骤 b、将工件置入炉内加热,控制炉内温度为 1230℃-1250℃,保温 6 小时以上;

[0010] 步骤 c、第一火出坯,从炉内取出工件使用上下平砧好墩粗漏盘压钳口 $\Phi 650\text{mm} \times 600\text{mm}$,然后墩粗至高度 H900mm,墩粗比为 2.5,再采用上平板、上平台和上下平砧经过 WHF 宽砧压实锻造法,保证每次压下量 $\geq 120\%$,拔长至八方 #1050mm,压阶,法兰端料长度保证到八方 #1050 \times 710,轴身段长度保证为八方 #1050mm \times 990mm,然后法兰端料倒棱至 $\Phi 1050\text{mm} \times 710\text{mm}$,轴身段再成形至 $\Phi 740\text{mm} \times 2100\text{mm}$;其中,H 表示高度, $\Phi 650 \times 600$ 表示直径为 650mm,长 600mm 的圆柱,八方 #1050 \times 990 表示截面为等八边形,截面为等八边

形对角长度为 1050mm, 长为 990mm 的棱柱。

[0011] 步骤 d、第二火成型, 在模具中将工件法兰端料锻粗至高度 H370, 再将法兰端料用上砧子平整至高度 H275, 操作机上安装专用夹具夹持模具小端滚圆法兰, 这样反复平整、滚圆, 成形法兰至锻件尺寸 $\Phi 1570\text{mm} \times 275\text{mm}$, 在模具中取出锻坯, 然后采用操作机上安装的专用夹具夹持法兰端成型轴身到锻件尺寸 $\Phi 800\text{mm} \times 300\text{mm}$, $\Phi 690\text{mm} \times 660\text{mm}$, $\Phi 580\text{mm} \times 1795\text{mm}$, 完成锻造;

[0012] 步骤 e、对工件进行炉内冷却, 然后进行一次重结晶正回火或二次重结晶正回火, 经过三次升温、降温处理;

[0013] 步骤 f、锯床, 锯切端部, 作第一次毛坯探伤检测, 毛坯打磨, 沿轴身打磨出一条宽 50mm 的整条线, 保证打磨的地方光洁度为 12.5 以上, 然后探伤;

[0014] 步骤 g、粗车加工风电主轴, 法兰和轴身过渡圆角处先车台阶, 台阶的尺寸宽度大于探头直径 20mm, 粗车使外表面粗糙度达到 12.5, 作第二次探伤检测, 沿轴身一周 100% 探伤, 风电主轴法兰端面 100% 探伤检测;

[0015] 步骤 h、调质、机械性能、金相、硬度检测, 作第三次探伤检测;

[0016] 步骤 i、精车。

[0017] 步骤 e, 炉冷 - 热处理, 一次重结晶正回火或二次重结晶正回火;

[0018] 工件装炉的时候保证炉内温度为 $380^\circ\text{C} - 420^\circ\text{C}$, 再升温到 $930^\circ\text{C} - 970^\circ\text{C}$ 保温 12 小时, 升温过程中, 每小时温度增加量小于等于 80°C , 然后鼓风吹冷 4 小时, 使炉温降低到 $330^\circ\text{C} - 370^\circ\text{C}$ 保温 10 小时;

[0019] 再升温到 850°C 到 890°C 保温 10 小时, 升温过程中, 每小时温度增加量小于等于 80°C , 再鼓风吹冷 4 小时, 使炉温降低到 $330^\circ\text{C} - 370^\circ\text{C}$ 保温 10 小时;

[0020] 再升温到 630°C 到 670°C 保温 40 小时, 升温过程中, 每小时温度增加量小于等于 80°C , 再降温到 400°C , 降温过程中, 每小时降温小于等于 40°C , 再降温到 150°C 以下, 此降温过程中每小时降温小于等于 25°C , 炉内温度降到 150°C 以下后, 工件出炉。

[0021] 作为优选, 所述的步骤 c 的 WHF 宽砧压实锻造法, 采用上下平板大下量拔八方, 单面压下量大于 120mm, 这样钢锭原始铸造缺陷 (夹渣、气孔等) 容易闭合或变小, 从而达到规定的标准要求。

[0022] 作为优选, 所述的步骤 e, 炉冷 - 热处理, 一次重结晶正回火或二次重结晶正回火;

[0023] 工件装炉的时候保证炉内温度为 $380^\circ\text{C} - 420^\circ\text{C}$, 再升温到 $930^\circ\text{C} - 970^\circ\text{C}$ 保温 12 小时, 升温过程中, 每小时温度增加量小于等于 80°C , 然后鼓风吹冷 4 小时, 使炉温降低到 $330^\circ\text{C} - 370^\circ\text{C}$ 保温 10 小时;

[0024] 再升温到 850°C 到 890°C 保温 10 小时, 升温过程中, 每小时温度增加量小于等于 80°C , 再鼓风吹冷 4 小时, 使炉温降低到 $330^\circ\text{C} - 370^\circ\text{C}$ 保温 10 小时;

[0025] 再升温到 630°C 到 670°C 保温 40 小时, 升温过程中, 每小时温度增加量小于等于 80°C , 再降温到 400°C , 降温过程中, 每小时降温小于等于 40°C , 再降温到 150°C 以下, 此降温过程中每小时降温小于等于 25°C , 炉内温度降到 150°C 以下后, 工件出炉。

[0026] 作为优选, 所述的步骤 h, 将调制后的工件取样检测, 分别在法兰端面、轴端面、轴身和轴身内部四处取样做一拉三冲检验, 一个拉伸试验检验抗拉强度, 屈服强度, 延伸率、断面收缩率, 三个冲击试验检验冲击功。

[0027] 作为优选,所述夹具的夹持部份形状是一个圆弧形,弧度直径为 $\Phi 1570\text{mm}$ 和风电主轴法兰尺寸相同。风机轴夹具,安装在机械手的钳口上,包括夹口和固定凸台,夹口的作用面为圆弧状,圆弧的弧度和风机轴的法兰部分弧度一致。夹口和风机轴的法兰部分弧度保持一致,就不会在风机轴的外表面留下凹坑,可以根据不同的风机轴的法兰尺寸,更换不同尺寸的夹具,避免机械手导致风机轴变形,钳夹的外表面留下凹坑,增加了锻件后期的加工余量。

[0028] 按照本发明的技术方案,经锻造后可得到连续和均匀的金属纤维组织。因此此类风电主轴的力学性能较好,常用于受力复杂的环境使用。

[0029] 说明书附图

[0030] 图 1 为本发明冷炉冷钢锭加热工艺图。

[0031] 图 2 为本发明热炉热送钢锭加热工艺图。

[0032] 图 3 为本发明煤气炉锻后热处理工艺图。

[0033] 图 4 为本发明第一火出坯的钢锭镦粗后的结构尺寸示意图。

[0034] 图 5 为本发明的钢锭拔长后的结构尺寸示意图。

[0035] 图 6 为本发明的钢锭压阶后的结构尺寸示意图。

[0036] 图 7 为本发明第二火出坯的钢锭镦粗后的结构尺寸示意图。

[0037] 图 8 为本发明的法兰端料用上砧子平整后的结构尺寸示意图。

[0038] 图 9 为本发明的风电主轴经专用夹具夹持成型后的结构尺寸示意图。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图 1-9 与具体实施方式对本发明作进一步详细描述:

[0040] 风电主轴的锻造工艺,包括步骤:

[0041] a、选择待加工的工件—钢锭原材料。钢锭质量自然是保证锻件的先决条件,同时,钢锭质量不仅决定锻件的质量,更为重要的是决定钢的锻造性能,质量不好的钢锭容易发生锻裂,锻件无法成型。钢锭在冶炼中必须经过 EF(电弧炉)+LF(精炼炉)+VD(脱气炉)过程,且满足以下要求:

[0042] 1. 42CrMoA 化学成份符合 GB/T3077-1999 标准。

[0043] 2. 有害元素如硫、磷含量尽量低,保证 $S \leq 0.15\%$, $P \leq 0.20\%$ 。

[0044] 3. 尽量降底钢锭的偏析及减少钢中非金属夹杂物的含量。中心疏松、一般疏松、锭型偏析优于 2 级,一般点状偏析、边缘点状偏析等不允许(按 GB/T1979-2001 标准执行检验);非金属夹杂物含量 A ≤ 2 级, B ≤ 1.5 级, C ≤ 1 级, D ≤ 1 级(按 GB10561-2005 标准执行检验)。

[0045] 4. 尽量减少钢中的气体,特别要减少起白点和氢脆的氢气。42CrMoA 锻件无白点极限氢含量为 2.8PPM,为了避免引起白点则要求钢锭含氢量 2PPM。

[0046] b、将工件置入炉内加热,控制炉内温度为 $1230^{\circ}\text{C} - 1250^{\circ}\text{C}$,保温 6 小时以上。

[0047] 严格按照工艺升温保温,且作好记录,保存好记录纸。

[0048] 锻造过程既要满足锻件尺寸、形状要求,还要保证探伤;根据锻件的使用情况锻造出锻件合理的纤维组织,保证锻件的机械性能;将钢锭冒口端的缩孔,水口端的沉积锥切除,并造成内部有利的应力状态,使心部疏松锻合,不出现新的裂纹及夹杂性裂纹;还要有

很好的锻造方法来保证锻件内部质量。我公司根据我厂的压机能力、工装情况等决定采用 WHF(宽砧压实)锻造法,既第一火第一次镦粗(镦粗比大于2)后,采用上下平板大下量(单面压下量大于120mm)拔八方。

[0049] c、根据附图4-9,第一火出坯,从炉内取出工件使用上下平砧好镦粗漏盘压钳口 $\Phi 650 \times 600$,然后镦粗至高度H900,镦粗比为2.5,再采用上平板、上平台和上下平砧经过 WHF 宽砧压实锻造法,保证每次压下量 $\geq 120\%$,拔长至八方 $\#1050$,压阶,法兰端料长度保证到八方 $\#1050 \times 710$,轴身段长度保证为八方 $\#1050 \times 990$,然后法兰端料倒棱至 $\Phi 1050 \times 710$,轴身段再成形至 $\Phi 740 \times 2100$ 。WHF 宽砧压实锻造法,采用上下平板大下量拔八方,单面压下量大于120mm,这样钢锭原始铸造缺陷(夹渣、气孔等)容易闭合或变小,从而达到规定的标准要求。

[0050] d、第二火成型,在模具中将工件法兰端料镦粗至高度H370,再将法兰端料用上砧子平整至高度H275,操作机上安装专用夹具夹持模具小端滚圆法兰,这样反复平整、滚圆,成形法兰至锻件尺寸 $\Phi 1570 \times 275$,在模具中取出锻坯,然后采用操作机上安装的专用夹具夹持法兰端成型轴身到锻件尺寸 $\Phi 800 \times 300$, $\Phi 690 \times 660$, $\Phi 580 \times 1795$,完成锻造。

[0051] e、对工件进行炉冷-热处理,一次重结晶正回火或二次重结晶正回火,经过三次升温、降温处理。炉冷-热处理,一次重结晶正回火或二次重结晶正回火。

[0052] 锻件锻后热处理的目的有以下几点:

[0053] 1. 改善锻件内部组织,提高其化学成份的均匀性,细化晶粒为超声波探伤和最终热处理创造内部的组织条件

[0054] 2. 减少应力,降低硬度,以免在机械加工时变形,有利于切削加工;

[0055] 3. 预防锻件出现白点;

[0056] 4. 对于不再进行最终热处理的锻件,应保证达到规定的力学性能。

[0057] 根据以上几点,再根据实际热处理炉情况制定以下锻后热处理工艺。

[0058] 根据图3,工件装炉的时候保证炉内温度为 $380^\circ\text{C} - 420^\circ\text{C}$,再升温到 $930^\circ\text{C} - 970^\circ\text{C}$ 保温12小时,升温过程中,每小时温度增加量小于等于 80°C ,然后鼓风吹冷约4小时,使炉温降低到 $330^\circ\text{C} - 370^\circ\text{C}$ 保温10小时;

[0059] 再升温到 850°C 到 890°C 保温10小时,升温过程中,每小时温度增加量小于等于 80°C ,再鼓风吹冷约4小时,使炉温降低到 $330^\circ\text{C} - 370^\circ\text{C}$ 保温10小时;

[0060] 再升温到 630°C 到 670°C 保温40小时,升温过程中,每小时温度增加量小于等于 80°C ,再降温到 400°C ,降温过程中,每小时降温小于等于 40°C ,再降温到 150°C 以下,此降温过程中每小时降温小于等于 25°C ,炉内温度降到 150°C 以下后,工件出炉。

[0061] 严格按照工艺升温保温,且作好记录,保存好记录纸。

[0062] f、锯床锯切端部,作第一次毛坯探伤检测,毛坯打磨,沿轴身打磨出一条宽50mm的整条线,保证打磨的地方光洁度为12.5以上,然后探伤;

[0063] 步骤g、粗车加工风电主轴,法兰和轴身过渡圆角处先车台阶,台阶的尺寸宽度大于探头直径20mm,粗车使外表面粗糙度达到12.5,作第二次探伤检测,沿轴身一周100%探伤检测,风电主轴法兰端面100%探伤检测。

[0064] 粗加工也是非常重要的一个环节,为保证调质质量和机械性能,合理控制粗加工余量,尽量按最终成品尺寸仿形。

[0065] h、调质、机械性能等检测,作第三次探伤检测;将调制后的工件取样检测,分别在法兰端面、轴端面、轴截面外表面和轴截面内部四处取样做一拉二冲(一个拉伸试验,两个冲击试验)检验。

[0066] 调质处理的目的是使粗加工后的主轴锻件获得所需的组织和性能要求。大型锻件不可避免地存在偏析、非金属夹杂、显微空隙等冶金缺陷,此外,由于截面大,在加热和冷却过程中产生的内应力比较大,相变潜热对加热和冷却过程影响比较明显。这些往往是制约大锻件热处理工艺的重要因素。

[0067] 所述夹具的夹持部份形状是一个圆弧形,弧度直径为 $\Phi 1570$ 和风电主轴法兰尺寸相同。风机轴夹具,安装在机械手的钳口上,包括夹口和固定凸台,夹口的作用面为圆弧状,圆弧的弧度和风机轴的法兰部分弧度一致。夹口和风机轴的法兰部分弧度保持一致,就不会在风机轴的外表面留下凹坑,可以根据不同的风机轴的法兰尺寸,更换不同尺寸的夹具,避免机械手导致风机轴变形,钳夹的外表面留下凹坑,增加了锻件后期的加工余量。

[0068] i、精车。经过精加工,得到复合标准的风电主轴。

[0069] 总之,以上所述仅为本发明的较佳实施例,凡依本发明申请专利范围所作的均等变化与修饰,皆应属本发明专利的涵盖范围。

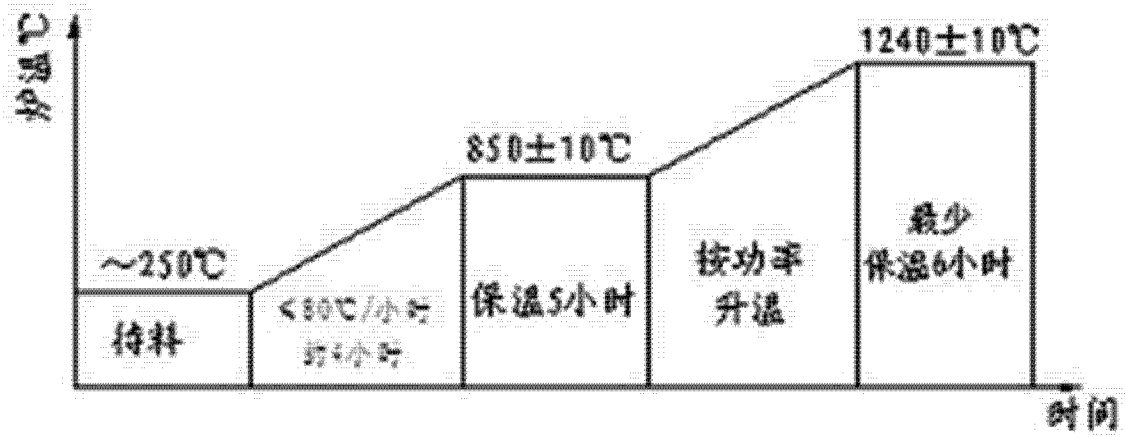


图 1

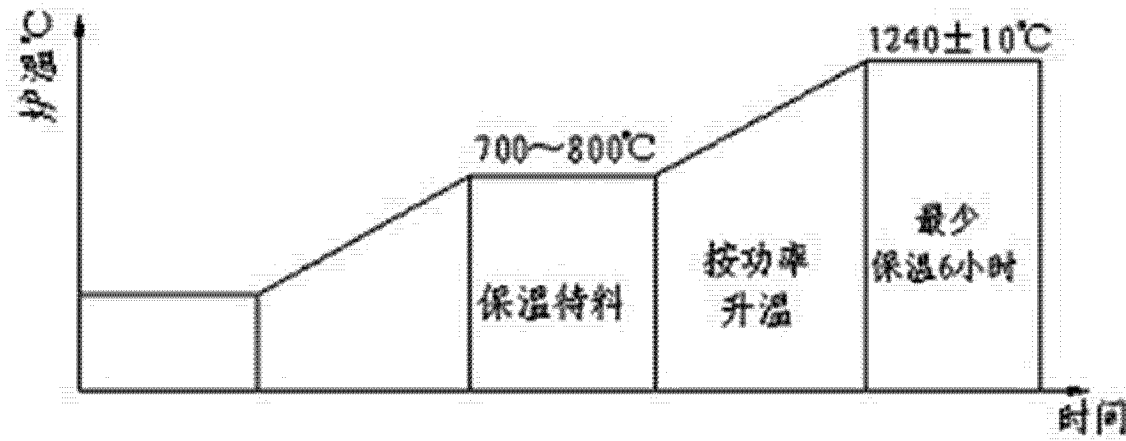


图 2

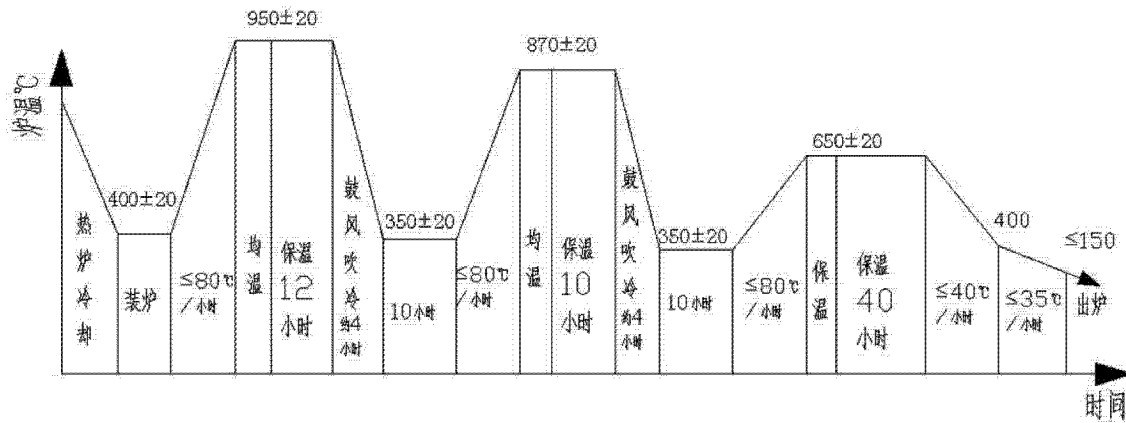


图 3

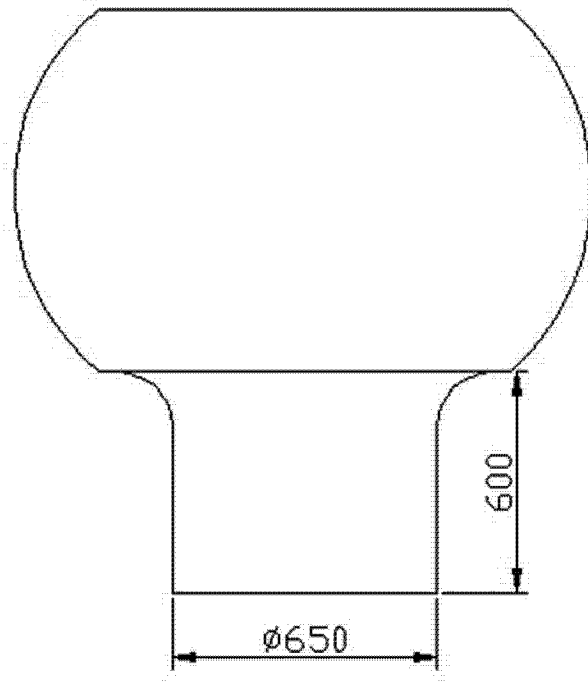


图 4

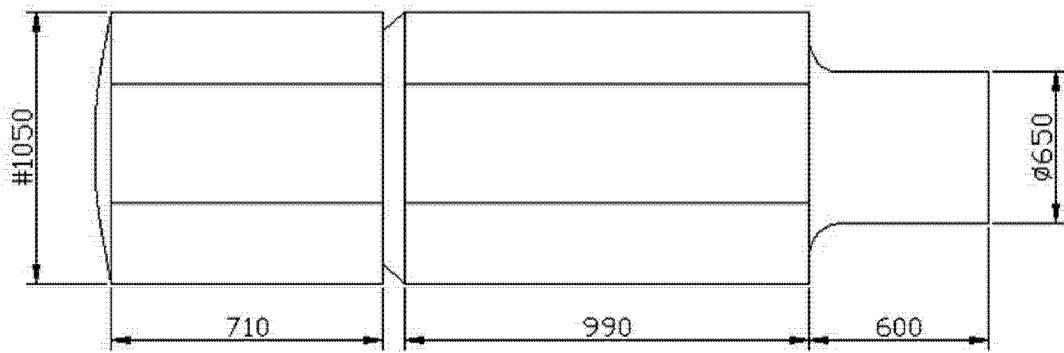


图 5

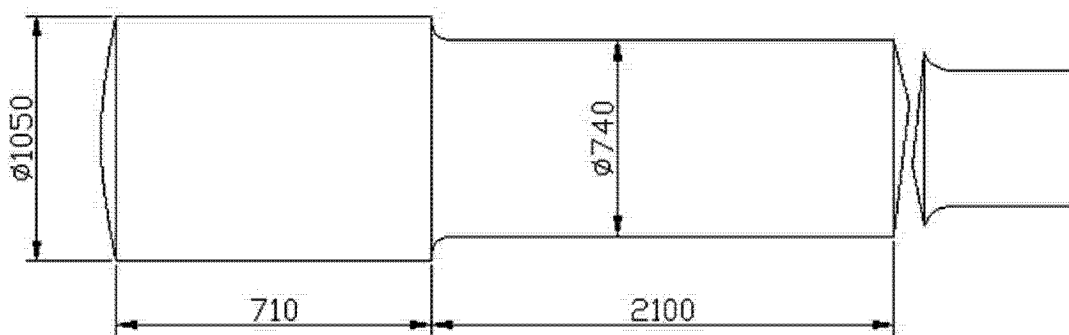


图 6

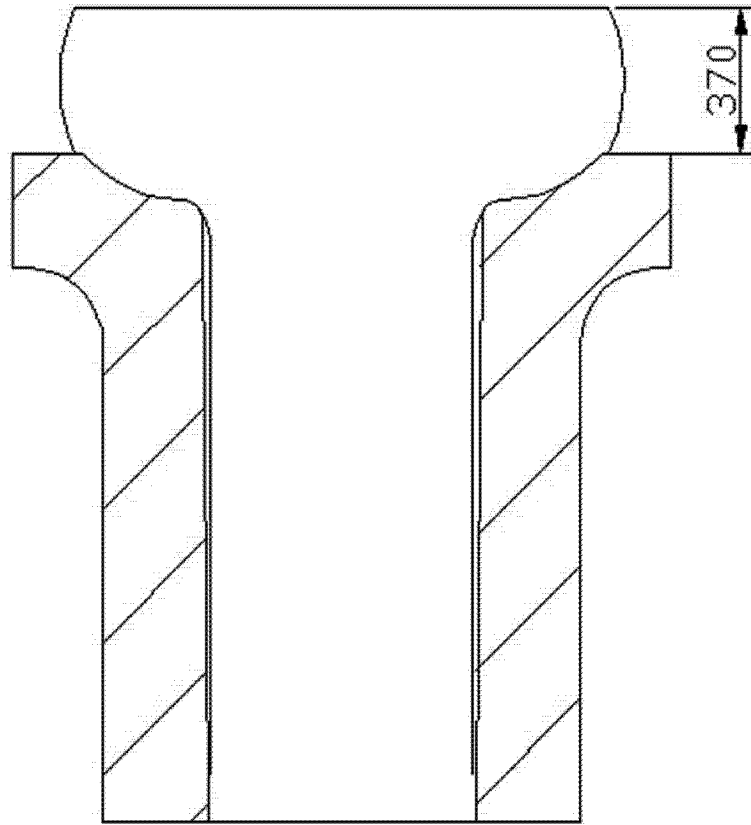


图 7

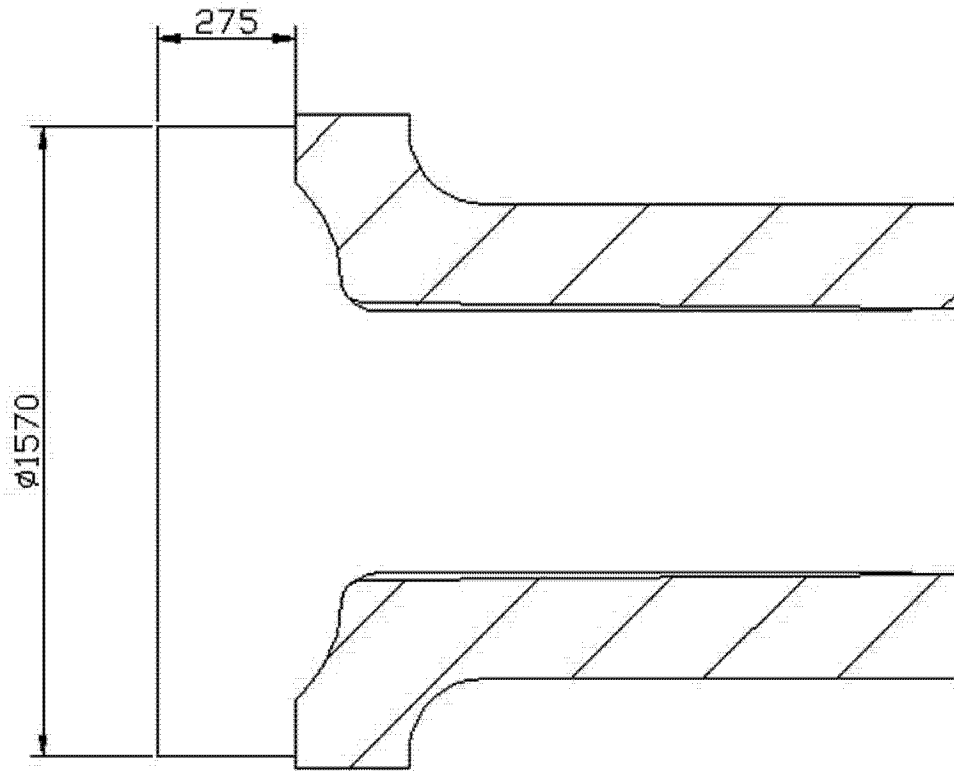


图 8

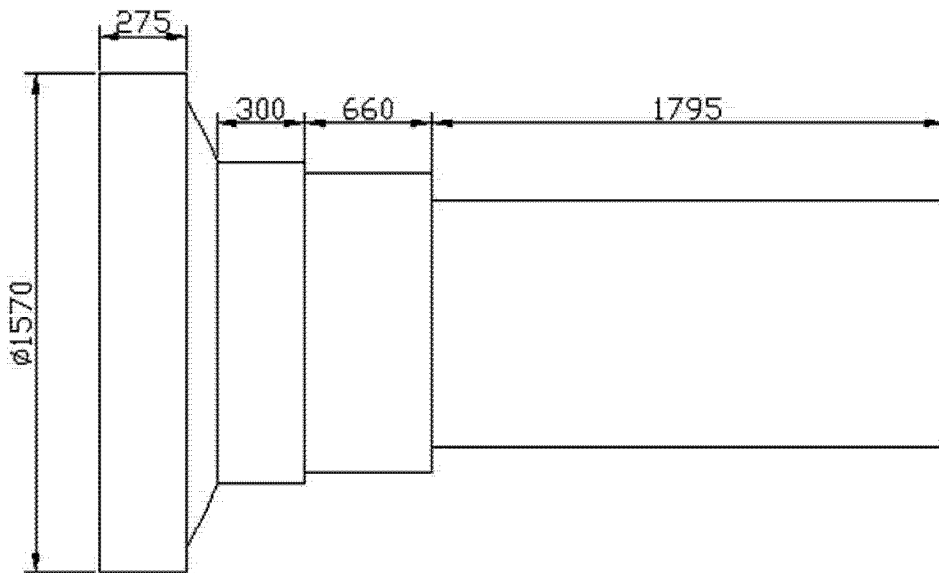


图 9