



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104722702 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 28

(21) 申请号 201410644939. 1

(22) 申请日 2014. 11. 14

(73) 专利权人 上海新闵(东台) 重型锻造有限公司

地址 224200 江苏省盐城市东台经济开发区  
纬九路 8 号

(72) 发明人 王兴中 王元华 马武江

(74) 专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务  
所(普通合伙) 11350

代理人 刘忠祥

(56) 对比文件

CN 101077515 A, 2007. 11. 28,

CN 101670416 A, 2010. 03. 17,

CN 101954439 A, 2011. 01. 26,

CN 102091751 A, 2011. 06. 15,

CN 102601282 A, 2012. 07. 25,

CN 103143659 A, 2013. 06. 12,

CN 103341724 A, 2013. 10. 09,

CN 103350173 A, 2013. 10. 16,

审查员 陈焱

(51) Int. Cl.

B21K 1/16(2006. 01)

B21J 1/06(2006. 01)

B21J 5/06(2006. 01)

B21J 5/08(2006. 01)

B21J 5/10(2006. 01)

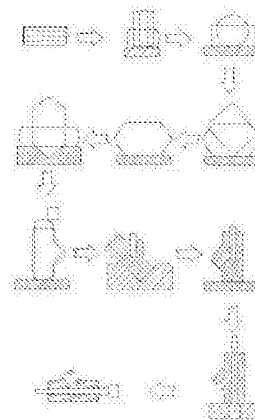
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

超临界机组高温蒸汽管道锻造成型工艺

(57) 摘要

本发明公开了一种超临界机组高温蒸汽管道锻造成型工艺,其工艺步骤:(1)选用耐热钢锭;(2)将钢锭加热至 580℃—620℃,保温 3 小时;再以 55℃/h—60℃/h 加热至 830℃—870℃;保温 4 小时;再以 78℃/h—82℃/h 加热至 1130℃—1170℃;保温 4 小时;再以 78℃—82℃/h 加热至 1210℃—1250℃;保温 2 小时;(3)将加热钢锭从炉中取出,切剁头尾;(4)将锻坯墩粗,再将锻粗件拔长成正方形扁块锻坯;(5)锻坯成型成斜三通锻件;(6)冲支管孔;(7)分别从斜三通锻件主管体两端冲压主管孔;(8)锻后热处理。该成型工艺生产效率高,锻件内部组织均匀密实,适用于各种规格的超临界、超超临界机组斜三通的锻造成型中。



CN 104722702 B

1. 一种超临界机组高温蒸汽管道锻造成型工艺,其特征在於:该锻造成型工艺包括以下步骤:

(1)钢锭选择:选用马氏体耐热钢铸成呈多棱柱状钢锭,钢锭重量为成品斜三通重量的1.25~1.65倍;

(2)分段加热:将上述钢锭在加热炉中加热至580℃~620℃,保温3小时;再以55℃/h~60℃/h的加热速度加热至830℃~870℃;保温4小时;再以78℃/h~82℃/h加热速度加热至1130℃~1170℃;保温4小时;再以78℃~82℃/h加热速度加热至1210℃~1250℃;保温2小时;

(3)坯件下料:将上述加热钢锭从炉中取出,切剁头尾,冒口端切剁量为钢锭重量的8%~10%,尾端切剁量为钢锭重量的6%~8%;去除氧化层形成锻坯;

(4)锻坯镦拔:将锻坯镦粗,镦粗比为2.0~2.1,再将锻粗件拔成正方形扁块锻坯,每次拔长后均将锻件沿轴线转动90°再进行下一次拔长,每次拔长的压下率为24%~30%;

(5)锻坯成型:将正方形扁块锻坯沿对角线压成六边形柱体,再将该六边形柱体的一锐角端置于V形下砧中,沿两锐角对角线方向下压至一侧边带有外凸V形台的锻坯,再沿锻坯厚度方向进行修正而成斜三通锻件;

(6)冲支管孔:在斜三通锻件外凸V形台处冲支管孔,以V形砧为下砧,采用三步冲孔,第一次冲头压下量为支管孔长度的40%;再在另一冲头上涂抹重油后进行二次冲压,冲头压下量为支管孔长度的35%;然后再在又一冲头上涂抹重油后进行冲压,冲头压下量为支管孔长度的35%;

(7)冲主管孔:在斜三通锻件主管体上冲主管孔,分别从斜三通锻件主管体两端冲压主管孔,每端均采用三步冲孔,每次冲压量为主管孔长度的1/6,在一端的第二次和第三次冲压前均在冲头上涂抹重油再进行冲压,一端冲压完成后将锻件调转180°冲压另一端主管孔;最终以长芯棒贯通修整主管孔;

(8)锻后热处理:将斜三通锻件送入加热炉依次进行正火、随炉保温、退火出炉;

上述镦拔、冲孔过程中的初锻温度为1210℃~1250℃,终锻温度为830℃~870℃,锻件低于终锻温度回炉依步骤(2)加热至初锻温度。

2. 根据权利要求1所述的超临界机组高温蒸汽管道锻造成型工艺,其特征在於:所述步骤(4)锻坯镦拔是在将锻坯一次镦粗后,再经一次压扁,然后对压扁锻坯进行四次拔长。

3. 根据权利要求1所述的超临界机组高温蒸汽管道锻造成型工艺,其特征在於:所述冲支管孔步骤中的V形砧为90°V形下砧,三次冲压采用不同杆长的冲头。

4. 根据权利要求1所述的超临界机组高温蒸汽管道锻造成型工艺,其特征在於:所述冲主管孔步骤中同一端的三次冲压采用不同杆长的冲头。

5. 根据权利要求1所述的超临界机组高温蒸汽管道锻造成型工艺,其特征在於:所述正火温度为1030℃~1060℃,随炉保温温度为300℃,退火温度为740℃~760℃。

## 超临界机组高温蒸汽管道锻造成型工艺

### 技术领域

[0001] 本发明属于锻造技术领域,具体地说本发明涉及用于核电或火电超临界发电机组主蒸汽管道斜三角的自由锻造工艺方法。

### 背景技术

[0002] 超临界、超超临界发电机组是通过提高蒸汽参数来提高发电效率的先进、高效发电技术,具有显著的节能和改善环境的效果。其机组锅炉出口工质压力超过或者远超过工质临界压力,投入运行的超临界机组常见的主蒸汽参数为 23.5—26.5MPa、538—566℃,超超临界机组的主蒸汽参数更是达到 35 MPa、700℃以上,因此超临界、超超临界机组具有无可比拟的经济性,单台机组效率最高可达 50%。对于火电而言采用低氧化氮技术,在燃烧过程中能减少 65% 的氮氧化物及其它有害物质的形成,且脱硫率可超 98%,从而实现节能降耗、环保的双重目的;对于核电而言其造价低廉、且运行安全性高。

[0003] 但超临界、超超临界机组的高参数、高压也给机组及其关键部件提出了更高的性能要求,尤其是作为机组系统最为重要的主蒸汽管道部分,其管件机械性能和高温性能将直接影响发电机组的安全可靠性及今后运行的经济性。位于主蒸汽管道出口的斜三通又是蒸汽改向和分流的重要结构件,因其长期处于高温高压的恶劣环境中,且承受交变荷载和管道涡流所形成的压力突变,加之该斜三通结构相对比为复杂,具有大尺寸、厚壁、交叉异径深孔以及结构尺寸突变等显著特点,极易引起应力分布不匀或应力集中,从而容易产生疲劳、蠕变损伤,甚至造成降参数运行,影响发电效率,严重时将会带来安全问题。

[0004] 选用合理的斜三通耐热合金,虽然能提高斜三通的耐高温性能,如采用 P92、P122 或 E911 钢可以使斜三通具有良好的抗氧化性、蠕变强度和高温强度,但单纯的材料改进并不能解决和克服构件内部材料组织结构和各向异性等物理性缺陷,因此当选用了耐高温高压材料,制作工艺将对斜三通的力学性能、高温强度以及强度持久性起着决定性因素和环节。

[0005] 传统的大容量机组斜三通采用焊接、铸造或热挤压成型工艺,显然这些传统工艺难以满足超临界机组主蒸汽管道斜三通的性能要求。由于超临界或超超临界机组的主蒸汽管道斜三通属于大型块状构件,单个成品部件重量均在数十吨以上,其外形轮廓尺寸(长\*高\*宽)往往达到或超过 3000\*2000\*2000mm,在如此巨大的坯件上要进行主、支管道的冲孔和主、支管道肩背连接区的成型均是十分困难况。首先主、支管道尤其是主管道孔属于深长孔,采用冲头冲压成孔,冲头无法从坯件中退出,难以实现冲压成孔;再者,主支管道的交叉形状又很难通过简单的镦粗和拔长或成型;国内外虽然有开始采用锻造再机加工制作斜三通的生产工艺,即先行锻造出具有其外形轮廓的锻造方坯,再对锻造方坯进行主管深孔和支管孔的钻削加工,以及外廓材料的切削剔除加工,最终形成斜三通成品。虽然该生产工艺通过锻造提高了斜三通的机械性能,改善了材料的内部组织缺陷,但又存在诸多不足:首先材料利用低,大部分材料经机加工而成为废料且难以回用,去除量远超过实际用料量,形成优质合金材料的极大浪费,材料利用率往往低于 15%,而且斜三通尺寸越大利用率越低。

其二,工艺流程复杂、生产效率低,钢锭锻成方块状坯料后,再对主、支管道孔及外廓进行加工,由于主管道及支管道均为深长孔,需钻孔后再镗孔至预定尺寸,因此工件需在多工序中转运,生产周期长,效率低。其三,由于坯件重量数倍于成品重量,如此大型钢锭在冶炼过程中,很难保证钢水的纯净度,而在锻造过程中,这种厚饼实心类锻件又很难热透、压实,钢锭内层、外层、心部及上部的热力学和动力学条件存在差异,使得钢锭内部存在偏析、疏松和缩孔等缺陷,这些缺陷往往导致后续锻造过程中锻件出现裂纹、粗晶等质量问题,严重时导致锻件报废。其四,斜三通钢锭材料为马氏体耐热钢,热加工性能较差,而这种大型锻造件心部材料由于外层材料的“桥拱”作用很难得到足够的锻压力,在心部形成小变形量区域,无法有效锻合坯料内部的缩松、缩孔等孔隙性缺陷,也无法击碎其内部的铸态树枝晶,导致锻件各向异性,尤其是斜三通主管道与支管道连接区域正好位于方块状锻造的心部,这一连接区域又正是承受热冲击、热应力最为集中的地方,为斜三通最为薄弱的区域;因此现有通过锻造再机加工的斜三通实际合格率很低。其五,方块状坯件的锻造过程主要采用十字锻造法,金属沿各方向的流动破坏了锻件的纤维组织,无法保证主管道及支管道沿轴向力学性能的一致性。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术所存在的上述不足,本发明所要解决的技术问题是提供一种超临界机组高温蒸汽管道锻造成型工艺,它不仅材料利用率和生产效率高,而且内部组织均匀密实、金属流线完整、锻件纤维组织和外形更趋一致。

[0007] 为了解决上述技术问题,本发明的超临界机组高温蒸汽管道锻造成型工艺,该锻造成型工艺包括以下步骤:

[0008] (1)钢锭选择:选用马氏体耐热钢铸成呈多棱柱状钢锭,钢锭重量为成品斜三通重量的 1.25—1.65 倍;

[0009] (2)分段加热:将上述钢锭在加热炉中加热至 580℃—620℃,保温 3 小时;再以 55℃/h—60℃/h 的加热速度加热至 830℃—870℃;保温 4 小时;再以 78℃/h—82℃/h 加热速度加热至 1130℃—1170℃;保温 4 小时;再以 78℃—82℃/h 加热速度加热至 1210℃—1250℃;保温 2 小时;

[0010] (3)坯件下料:将上述加热钢锭从炉中取出,切剁头尾,冒头端切剁量为钢锭重量的 8%—10%,尾端切剁量为钢锭重量的 6%—8%;去除氧化层形成锻坯;

[0011] (4)锻坯镦拔:将锻坯镦粗,镦粗比为 2.0—2.1,再将锻粗件拔长成正方形扁块锻坯,每次拔长后均将锻件沿轴线转动 90° 再进行下一次拔长,每次拔长的压下率为 24%—30%;

[0012] (5)锻坯成型:将正方形扁块锻坯沿对角线压成六边形柱体,再将该六边形柱体的一锐角端置于 V 形下砧中,沿两锐角对角线方向下压至一侧边带有外凸 V 形台的锻坯,再沿锻坯厚度方向进行修正而成斜三通锻件;

[0013] (6)冲支管孔:在斜三通锻件外凸 V 形台处冲支管孔,以 V 形砧为下砧,采用三步冲孔,第一次冲头压下量为支管孔长度的 40%;再在另一冲头上涂抹重油后进行二次冲压,冲头压下量为支管孔长度的 35%;然后再在又一冲头上涂抹重油后进行冲压,冲头压下量为支管孔长度的 35%;

[0014] (7)冲主管孔：在斜三通锻件主管体上冲主管孔，分别从斜三通锻件主管体两端冲压主管孔，每端均采用三步冲孔，每次冲压量为主管孔长度的 1/6，在一端的第二次和第三次冲压前均在冲头上涂抹重油再进行冲压，一端冲压完成后将锻件调转 180° 冲压另一端主管孔；最终以长芯棒贯通修整主管孔；

[0015] (8)锻后热处理：将斜三通锻件送入加热炉依次进行正火、随炉保温、退火出炉；

[0016] 上述锻造、冲孔过程中的初锻温度为 1210℃—1250℃，终锻温度为 830℃—870℃，锻件低于终锻温度回炉依步骤(2)加热至初锻温度。

[0017] 本发明的一种优选实施方式，所述步骤(4)锻坯锻造是在将锻坯一次锻粗后，再经一次压扁，然后对压扁锻坯进行四次拔长，每次拔长后均将锻件沿轴线转动 90° 再进行下一次拔长。

[0018] 本发明的又一种优选实施方式，所述冲支管孔步骤中的 V 形砧为 90° V 形下砧，三次冲压采用不同杆长的冲头。所述冲主管孔步骤中同一端的三次冲压采用不同杆长的冲头。

[0019] 本发明一种具体实施方式，所述正火温度为 1030℃，随炉保温温度为 300℃，退火温度为 700℃。

[0020] 本发明由于分别采用特定的分步加热、锻造成型及深孔冲压等工艺步骤，使得本发明具有如下显著优点：

[0021] 本发明采用分段加热规范，使得斜三通大型锻件能充分热透，内部组织均匀化。由于斜三通锻造坯件断面尺寸大，直接连续升温加热方法会在坯件中形成较大的温度梯度，本发明根据耐热钢的材料特性，采用分区段加热、保温规范，确保大体积、大断面锻件能够均匀热透，使锻件心部、表面各区域间的加热温度一致，避免因断面温度差产生温度应力，而导致锻件钢锭开裂，杜绝钢锭加热升温所引起的内部组织缺陷，同时本发明确定的始锻温度、终锻温度及加热速度，使锻造坯件能在较好的塑性状态成型，既有效防止产生过热、过烧，又保证锻件再结晶充分，从而获得较好的再结晶组织，大大提高了锻件金属塑性和锻件质量。

[0022] 本发明依据斜三通的整体外形，确定锻件的锻造、拔长和成型工序，不仅保证金属纤维组织的连续性，使锻件组织不被破坏，而且三通锻件的纤维组织与锻件的外形保持一致，金属流线完整，锻件力学性能得到有效增强。在本发明中其支管外形在 V 形下砧中冲压成型，主管孔和支管孔方向与金属纤维流线方向相适应，有效地增加了主管道和支管道沿各自轴向的力学性能，保证金属组织和锻件尺寸的一致性，实现了金属组织的强化和细化，既避免锻造缺陷的产生，又能获得极好的锻件力学性能。

[0023] 本发明通过锻造而直接形成斜三通的形状尺寸，一方面通过合理的锻造加工工序改善和提高了其组织结构和力学性能，由于金属的变形和再结晶，使原来粗大枝晶和柱状晶粒变为晶粒较细、大小均匀的再结晶组织，使坯件内原有的偏析、疏松、气孔、夹渣等缺陷得以压实和焊合，其组织变得更加紧密，因此本发明的工艺方法不仅能有效避免锻造过程中新的内部缺陷形成，而且能减少和去除锻件原有内部缺陷；另一方面，由于本发明能直接锻出斜三通的外形尺寸，避免了厚饼类实心锻件热不透、压不实现象的发生，不会在锻件心部形成难变形区域或者小变形区域，使坯料内部的疏松、缩孔等孔隙性缺陷能得到均匀的压实焊合，也使铸态各方向的树枝晶能得到充分击碎。

[0024] 本发明采用分步冲孔、重油脱模的特殊深孔冲压工艺,实现了锻件深孔的直接冲压成孔。首先本发明采用分步冲孔工序,由斜三通的支管孔和主管孔的孔径较小,深度很深,若采用冲头单步完成,冲头属于细长杆件,冲压成型力极大,无法实现深孔冲压成型,即使有足够的压入力,冲杆的稳定系数低,在冲孔过程中容易冲偏,冲杆容易折断,使得锻件报废,而采用分步冲孔就能实现深孔的冲压,先用高径比较小的冲头冲孔,形成的内孔对后续冲头起到导向和稳定作用,不会发生偏冲;使二、第三次换冲杆冲压成型力变小,冲杆的方向性稳定,深孔成形精度提高。再者本发明在二次、三次冲孔的冲头端部和杆体上涂抹重油,保证了冲头的顺利退出,由于冲头与孔壁之间存在较大的摩擦力,孔越深摩擦力越大;同时随着冲孔工序的进行锻件温度会逐步降低,锻件的变冷收缩会对冲头产生极大的束紧力,往往使冲头无法拔出,这是目前无法进行锻件深孔冲压首要原因,而本发明在冲头冲压前在杆头杆体上涂抹重油,重油在孔内高温低氧条件下,可实现稳定燃烧,放出大量的热量和气体,热量保证了锻件孔壁温度的稳定,压缩气体在冲头失去压力时会推动冲头自动向外弹出,实现了冲头从冲孔中自动退出。

[0025] 本发明采用直接冲压成型工艺,大大减少了材料的切削加工量,使材料利用率提高,即使是冲孔所形成的芯料也能全部回收利用,该直接成型工艺生产效率也得到大大提高,因此,本发明的工艺方法具有减少加工工艺流程、缩短整个生产工艺,提高生产效率和材料利用率的优点。

#### 附图说明

[0026] 下面结合附图和具体实施方式对本发明超临界机组高温蒸汽管道锻造成型工艺作进一步详细说明;

[0027] 图 1 是本发明锻造成型工艺锻压成型的主蒸汽管道斜三通主剖视图;

[0028] 图 2 是图 1 所示主蒸汽管道斜三通的左视图;

[0029] 图 3 是本发明的工艺流程图。

#### 具体实施方式

[0030] 实施例一:

[0031] 如图 1、图 2 所示是用于核电超超临界发电机组主蒸汽管道斜三通锻件成品,该斜三通锻件成品重量 50 吨,外形为带有棱边和棱面结构,在管体上具有相互交叉的主管孔和支管孔。支管孔位于本体上 V 形外凸缘台上,主管孔的孔壁厚度至少为孔径尺寸的 2 倍,主管孔的深径比至少为 8,主管孔和支管孔中心线夹角为  $45^{\circ}$ ,主管孔长度 3200mm、支管长度 2000mm。

[0032] 图 3 示出了本发明一种具体实施方式的工艺步骤流程图(图中实线为锻件轮廓线,虚线为锻前锻件轮廓线)。选用呈八棱柱状的钢锭,钢锭材料为马氏体耐热钢 P112,钢锭重量 80 吨,钢锭重量约为成品斜三通重量的 1.6 倍。

[0033] 首先对钢锭进行分段加热,先将钢锭放入加热炉进行加热,以提高金属塑性,使其易于流动成型并获得良好的锻后组织,选择恰当的加热温度区间,可使金属坯件在塑性较好的状态下成型。根据铁碳平衡图,确定 P112 钢锭始锻温度  $1220^{\circ}\text{C}$ ;终锻温度高于其再结晶温度,保证锻件再结晶充分,以获得较好的再结晶组织,故确定 P112 钢锭的终锻温度

为 840℃。锻造过程中锻件表面温度低于 840℃时回炉加热,以保证锻件始终具有较好的塑性。由于钢锭属于大型件,为减少由断面温度差产生的温度应力,应使钢锭均匀加热升温,本发明采用七段加热升温规范,首先将 P112 钢锭送至加热炉中加热至 580℃后,在此温度下,保温 3 小时;第二加热段以 55℃/h 的加热速度加热至 830℃,第三段为保温段,将加热至 830℃的钢锭保温 4 小时,使钢锭温度均匀,消除温度应力。第四加热段以 78℃/h 的加热速度加温至 1130℃,当钢锭温度大于 800℃时,钢锭已具有一定的塑性,因此本加热段采用了相对较快的加热速度,第五段也为保温段,钢锭在 1130℃的温度下保温 4 小时,以进一步消除钢锭温度应力,第六加热段以 78℃/h 的加热速将钢锭加热至 1220℃,第七段又为保温段,钢锭在 1220℃的温度下保温 2 小时而形成锻造加热坯件。

[0034] 坯件下料,将上述加热坯件从炉中取出送至大型液压机,以剃刀为上砧对加热坯件切剃头尾,以保证有用坯件材料的质量,其冒口头端切剃量为坯件总重量的 10%,尾端段的切剃量为坯件重量的 6%,用钢锤敲击切除头尾的坯件,以去除坯件钢锭外周的氧化皮层而得锻造用的锻坯。

[0035] 锻坯锻拔。将锻坯沿轴向压下锻粗,锻粗比控制在 2.0—2.1 之间,锻粗比过大坯件容易失稳,发生弯曲;锻粗比过小,上下难变形区重合,难以锻造,故将锻造比控制在 2.0—2.1 较为理想。在上述锻粗后再进行一行一次压扁,然后对压扁锻坯进行四次拔长,每次拔长后均将锻件沿轴线转动 90° 再进行下一次拔长,每次拔长的压下率为 25%,经过上述四次拔长后成为正方形扁块。压下率为压下量与变形前高度的百分比。沿锻件轴向进行拔长保证锻件的纤维组织不被破坏,压下率大于 24%,可使得锻件心部处于较大的压应力状态,保证锻件内部缩松、缩孔等孔隙性缺陷闭合,得到较好的锻造组织;压下率小于 30%,可避免金属材料受到较大的损伤而产生裂纹等缺陷。每次拔长后均将锻件沿轴线转动 90°,即可将锻坯锻压成正方形的扁块,以利于后续锻造成型过程的进行。

[0036] 锻坯成型。将上述经锻拔的正方形扁块,沿对角线下压,压下率为 29%,压为六边形柱体(六棱柱)。将下砧换成 V 形砧,V 形砧的砧角为 90°,将六边形柱体的锐角放在 V 形砧砧角内,沿两锐角对角线方向压下;压出斜三通外形,此时以窄平砧沿厚度方向进行修正,修正成具有斜三通外形的斜三通锻件。

[0037] 冲支管孔。由于支管孔为深孔,故采用三步冲孔方法,仍以 90° V 形砧为下砧,冲头杆径与支管孔径相等,第一次冲孔的压下量为支管孔长度(孔深)的 40%,外端留有一定长度,以便拔出冲头。第一次冲孔完成后,需更换冲头进行第二次冲压,该冲头杆长长于前一冲头,此次冲压压下量为支管孔长度的 35%。在第二次冲压前需在冲头前端涂抹重油,在此次冲压过程中,冲压前端的重油被压进锻孔内,并与该锻孔形成密闭腔,冲头前端的重油在密闭腔中燃烧,在高温低氧条件下,重油燃烧放出大量热量和气体,对冲头产生较大的反推力,当失去液压机下压力时,该反推力会自动将冲头从锻孔中推出。重油燃烧产生的热量还维持了锻孔温度,以防止锻孔紧缩,同时重油本身及重油燃烧产生的焦炭具有一定的润滑作用,可减少冲头与孔壁间的摩擦力。第二次冲孔完成后,再更换又一冲头,该冲头长度长于二次冲压的冲头。在第三次冲压前仍在冲头前端涂抹重油进行冲压,此次冲头的压下量为支管孔长度的 35%。在上述冲孔过程中,由于重油燃烧产生的反推动及润滑作用,可将冲头自动推出锻孔,实现了深孔的冲压,节省了金属材料,极大地提高了生产效率。

[0038] 冲主管孔。主管孔较支管孔更长,分别从斜三通锻件主管体两端进行冲压,每端的

冲压也采用三步冲孔方法。先从一端进行主管孔的冲压,每次冲压的冲孔压下量为主管孔长度(深度)的 1/6,冲头杆径与主管孔径相等,三次冲孔的冲头杆长不断加长。在第一次冲孔完成后,需在更换的冲头前端涂抹重油;第二次冲孔完成后,再更换又一根冲头,并在冲头前端同样涂抹上重油进行三次冲孔;该端三次冲孔完成后,将锻件调转 180°后,采用同样步骤冲压另一端主管孔。从两端冲压主管孔完成后,再以长芯棒贯通入主管孔以修整主管孔,最终完成主管孔的冲压成型。

[0039] 锻后热处理,经冲孔后,将斜三通锻件降温至 580℃保温 6h,再以 80℃/h 的加热速度加热升温至正火温度 1030℃,保温 10h,再随炉降温至 300℃,并在温度随炉保温 6h,再以 60℃/h 加速度加温至退火温度 740℃,随炉冷却后出炉,制成超临界机组主蒸汽管道斜三通锻件。

[0040] 实施例二:

[0041] 另一用于火电超超临界发电机组主蒸汽管道斜三通的锻件成品其结构仍如图 1、图 2 所示,该斜三通锻件成品重量 45 吨,外形为带有棱边和棱面结构,在管体上具有相互交叉的主管孔和支管孔,主管孔和支管孔中心线夹角为 45°,主管孔长度 3000mm、支管长度 1800mm。

[0042] 仍以图 3 所示的工艺步骤流程图(图中实线为锻件轮廓线,虚线为锻前锻件轮廓线)进行锻造成型。选用呈八棱柱状的钢锭,钢锭材料为马氏体耐热钢 P92,钢锭重量 57.5 吨,钢锭重量约为成品斜三通重量的 1.28 倍。

[0043] 首先对钢锭进行分段加热,先将钢锭放入加热炉进行加热。根据铁碳平衡图,确定 P92 钢锭始锻温度 1250℃,确定 P112 钢锭的终锻温度为 870℃。采用七段加热升温规范,首先将 P92 钢锭送至加热炉中加热至 620℃后,在此温度下保温 3 小时;第二加热段以 60℃/h 的加热速度加热至 870℃;第三段为保温段,将加热至 870℃的钢锭保温 4 小时,使钢锭温度均匀,消除温度应力。第四加热段以 82℃/h 的加热速度加温至 1170℃;第五段也为保温段,钢锭在 1170℃的温度下保温 4 小时;第六加热段以 82℃/h 的加热速将钢锭加热至 1250℃,第七段又为保温段,钢锭在 1250℃的温度下保温 2 小时而形成锻造加热坯件。

[0044] 坯件下料。将上述加热坯件从炉中取出送至大型液压机,以剃刀为上砧对加热坯件切剃头尾,以保证有用坯件材料的质量,其冒口头端切剃量为坯件总重量的 9%,尾端段的切剃量为坯件重量的 7%,用钢锤敲击切除头尾的坯件,以去除坯件钢锭外周的氧化皮层而得锻造用的锻坯。

[0045] 锻坯镦拔。将锻坯沿轴向压下镦粗,镦粗比控制在 2.0—2.1 之间,镦粗后再进行一次压扁,然后对压扁锻坯进行四次拔长,每次拔长后均将锻件沿轴线转动 90°再进行下一次拔长,每次拔长的压下率为 30%,经过上述四次拔长后成为正方形扁块。压下率为压下量与变形前高度的百分比。每次拔长后均将锻件沿轴线转动 90°,即将锻坯锻压成正方形的扁块,以利于后续锻造成型过程的进行。

[0046] 锻坯成型。将上述经镦拔的正方形扁块,沿对角线下压,压下率为 29%,压为六边形柱体(六棱柱)。将下砧换成 V 形砧,V 形砧的砧角为 90°,将六边形柱体的锐角放在 V 形砧砧角内,沿两锐角对角线方向压下;压出斜三通外形,此时以窄平砧沿厚度方向进行修正,修正成具有斜三通外形的斜三通锻件。

[0047] 冲支管孔。仍以 90° V 形砧为下砧采用三步冲孔方法,第一次冲孔的压下量为支



管孔长度(孔深)的 35%。第一次冲孔完成后,需更换冲头进行第二次冲压,该冲头杆长长于前一冲头,此次冲压压下量为支管孔长度的 35%。在第二次冲压前需在冲头前端涂抹重油。第二次冲孔完成后,再更换又一冲头,该冲头长度长于二次冲压的冲头。在第三次冲压前仍在冲头前端涂抹重油进行冲压,此次冲头的压下量为支管孔长度的 35%。在上述冲孔过程中,由于重油燃烧产生的反推动及润滑作用,可将冲头自动推出锻孔。

[0048] 冲主管孔。主管孔较支管孔更长,分别从斜三通锻件主管体两端进行冲压,每端的冲压也采用三步冲孔方法。先从一端进行主管孔的冲压,每次冲压的冲孔压下量为主管孔长度(深度)的 1/6。在第一次冲孔完成后,需在更换的冲头前端涂抹重油;第二次冲孔完成后,再更换又一根冲头,并在冲头前端同样涂抹上重油进行三次冲孔;该端三次冲孔完成后,将锻件调转 180° 后,采用同样步骤冲压另一端主管孔。从两端冲压主管孔完成后,再以长芯棒贯通入主管孔以修整主管孔,最终完成主管孔的冲压成型。

[0049] 锻后热处理,经冲孔后,将斜三通锻件降温至 580℃ 保温 8h,再以 90℃ /h 的加热速度加热升温至正火温度 1060℃,保温 12h,再随炉降温至 350℃,随炉保温 8h,再以 80℃ /h 加速度加温至退火温度 760℃,随炉冷却后出炉,制成超临界机组主蒸汽管道斜三通锻件。

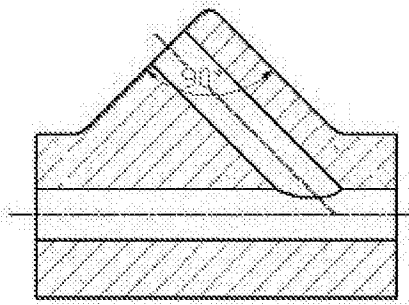


图 1

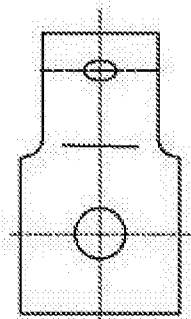


图 2

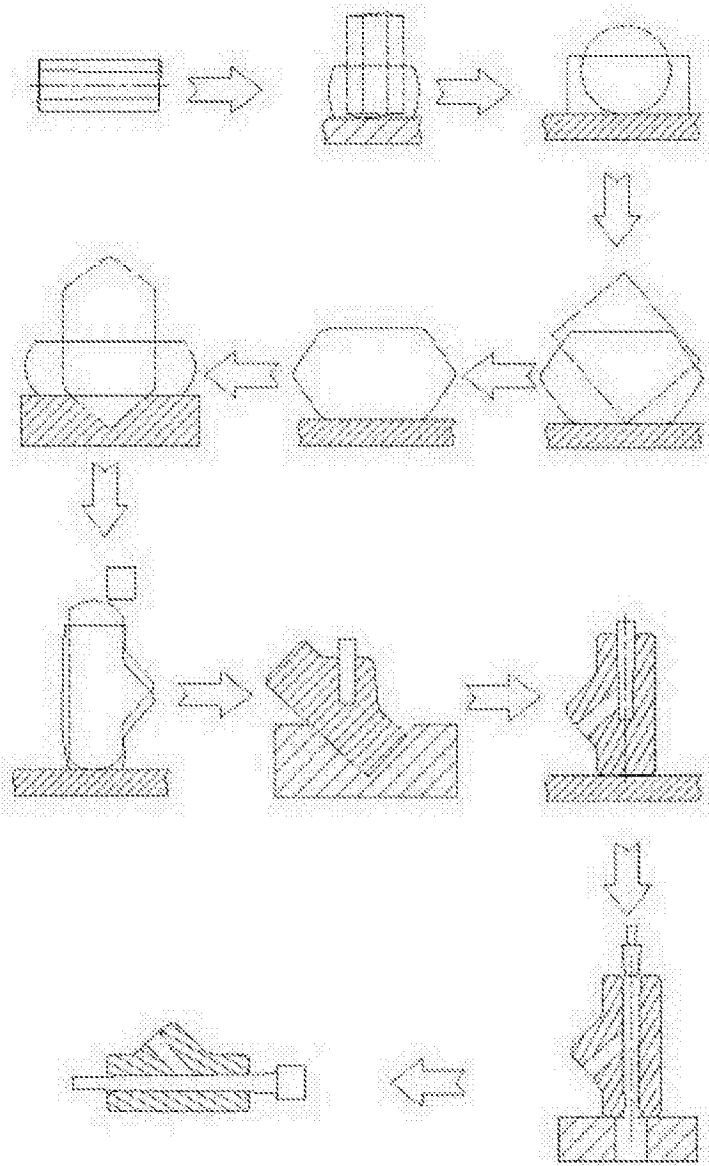


图 3