



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102764966 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 06

(21) 申请号 201210296637. 0

3 段及最后一段, 附图 1.

(22) 申请日 2012. 08. 20

US 4747373 A, 1988. 05. 31, 全文.

CN 202037426 U, 2011. 11. 16,

(73) 专利权人 丹阳市龙鑫合金有限公司

地址 212300 江苏省镇江市丹阳市吕城镇运河街道军民东路

审查员 余雪

(72) 发明人 王国年 姜建东 束志华 张勋

(74) 专利代理机构 南京同泽专利事务所(特殊普通合伙) 32245

代理人 蒋全强

(51) Int. Cl.

B23P 15/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2012087720 A1, 2012. 04. 12, 说明书第 28-48 段、图 1-7.

US 2012087720 A1, 2012. 04. 12, 说明书第 28-48 段、图 1-7.

CN 2562025 Y, 2003. 07. 23, 说明书第 1 页第

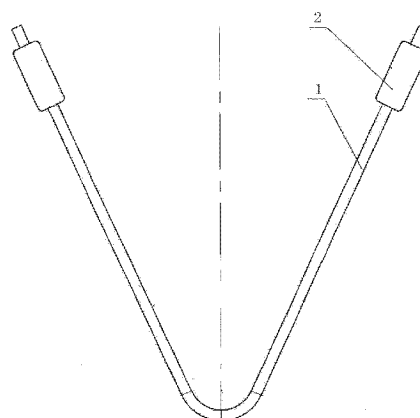
权利要求书1页 说明书13页 附图1页

(54) 发明名称

AP1000 核电机组蒸汽发生器的抗振条组件的制备方法

(57) 摘要

一种 AP1000 机组蒸汽发生器的抗振条组件的制备方法, 包括: 抗振条的制备、端帽的制备、弯制成型、端帽装配、镦压、检查、清洁与包装工序。本发明所述的 AP1000 机组蒸汽发生器的抗振条组件, 结构简单, 产品质量符合核电站中蒸汽发生器对抗振条的精密要求, 使用时更加安全。本抗振条的制备方法, 经严格的制备工序, 保证了核电站中对蒸汽发生器的抗振条组件的工艺要求, 保证了质量, 提高了安全性。



1. 一种核电机组蒸汽发生器的抗振条组件的制备方法,其特征在于所述的抗振条组件包括:V字型结构的抗振条及分别设于抗振条两端的端帽;所述抗振条选用405不锈钢材料;所述端帽选用690镍基合金材料;

所述的制备方法包括抗振条棒材弯制成型的工序,其包括:将抗振条棒材按要求尺寸总长加50mm留量进行切断,设定角度弯制抗振条,弯制后的抗振条置于平面磨床上,对弯角增厚区进行修磨;

所述的抗振条棒材的制备方法,依次包括如下工序:感应炉冶炼、锻造、热轧、第一热处理、冷拔、第二热处理、成品加工;

所述感应炉冶炼:合金材料冶炼时在感应炉底部放置镍板、纯铁、金属铬,并混装密实,熔化70%后,加入总投料重量的2%的渣料进行炼钢,测得钢液温度达到出钢温度后把钢水倒下钢包内,镇静1-2分钟后浇注成钢锭;

所述锻造:将通过感应炉冶炼后的抗振条合金材料的钢锭在1150-1220℃加热及保温后锻造成50\*50mm尺寸的钢坯,并对表面精整修磨;

所述热轧:将抗振条合金材料50×50mm毛坯,置于1050-1100℃温度下加热、保温后进行热轧,轧制成 $\phi$ 16mm的棒材;

所述第一热处理:对热轧后的棒材再次进行表面精整、修磨后进行真空退火处理, $\phi$ 16抗振条合金材料棒料在温度800℃ $\pm$ 10℃下进行加热、保温;

所述冷拔:先进行软化退火处理,在720-750℃温度下保温40分钟;按变形要求用聚晶模依次拉拔,并对表面微裂纹处进行修磨,修磨至无缺陷后可进行下道拉拔;

所述第二热处理:将抗振条合金棒拉至成品的材料平铺在钟罩式热处理炉中,在氢气保护状态下进行热处理,退火保温期间温度为788-815℃,保温3小时以上,然后,以不超过28℃/小时的冷却速度缓慢冷却至610℃以下,再空冷至室温;

所述成品加工:对处理后的棒材进行矫直、磨光。

## AP1000 核电机组蒸汽发生器的抗振条组件的制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种 AP1000 核电机组蒸汽发生器的抗振条组件的制备方法。

### 背景技术

[0002] 核电站中的 U 形热传管是一回路系统压力边界中最关键也是最薄弱的环节。一旦传热管振动破坏,就得更更换蒸汽发生器,这势必造成人力、财力和事件的巨大浪费,也增加了检修人员受放射性辐照的危险。因此,解决蒸汽发生器破管事故是关系到核电站的安全性以及使核电站具有竞争力和生命力的关键问题。

[0003] 要尽量消除振动产生的根源,一般需要在蒸汽发生器中 U 形传热管弯头处加装抗振条,如何提供一种抗振性能好的抗振条组件,及方便简单、精密度高的制备方法,是本领域的技术难题。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是提供一种抗振性能好的 AP1000 核电机组蒸汽发生器的抗振条组件的制备方法。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种 AP1000 核电机组蒸汽发生器的抗振条组件的制备方法。所述的抗振条组件包括:V 字型结构的抗振条及分别设于抗振条两端的端帽;所述抗振条选用 405 不锈钢材料;所述端帽选用 690 镍基合金材料,机组蒸汽发生器中的 U 型热传管也是镍基合金材料,二者材料相同,可以方便将 U 型热传管与所述端帽焊接固定。690 镍基合金材料同时具有耐腐蚀性强的特点。所述制备方法,包括:抗振条棒材弯制成型工序:将抗振条棒材按要求尺寸总长加 50mm 留量进行切断,设定角度弯制抗振条,弯制后的抗振条置于平面磨床上,对弯角增厚区进行修磨。

[0006] 所述抗振条组件的制备方法还包括:端帽装配的工序:将端帽用酒精轻擦洗端帽表面和线切割成型的内孔,同时用酒精将不锈钢棒材进行清洗,清洗干净后,清除毛刺、咬痕、凸出金属或尖角;再将不锈钢棒的端部插入帽端,对准角度进行装配。

[0007] 所述抗振条组件的制备方法还包括:镦压工序,包括:(1)拉脱力工艺评定:对装配完成且进行镦压后的端帽进行拉脱力评定,使套帽在最小拉力下,位置不发生移动;在不同压力下的端部拉脱力做好记录,选取最合适的压力,作为镦压工序中的压力工艺参数;(2)镦压:把帽端放入镦压模具中,用液压机分别对端帽的中央位置及抗振条上的邻近端帽两端的位置进行镦压,压下定位后保持压力 10 秒后卸荷。抗振条上的镦压位置有四处,邻近端帽端部各两处,用于对帽端进行限位,防止端帽在抗振条上发生位移。

[0008] 一种上述抗振条棒材的制备方法,依次包括以下工序:感应炉冶炼、锻造、热轧、第一热处理、冷拔、第二热处理、成品加工。

[0009] 所述感应炉冶炼:合金材料冶炼时在感应炉底部放置镍板、纯铁、金属铬,并混装密实,熔化 70% 后,加入总投料重量的 2% 的渣料进行炼钢,测得钢液温度达到出钢温度后把钢水倒下钢包内,镇静 1-2 分钟后浇注成钢锭,有效地提高了合金钢的纯净度、组织均匀

性,改善了钢锭的表面、内在质量,提高合金钢的性能。

[0010] 抗振条合金材料要求纯净;化学成分准确、均匀;并有指定的组织状态。采用感应炉具有一系列无可争辩的优点。由于它没有其他设备中所存在的污染源,可以保证获得对碳和其他杂质来说最纯的金属材料;由于具有电动力搅拌金属熔池从而保证合金的均匀性;保证准确地获得并保持金属所需要的温度以及使温度沿整个熔池温度均匀分布;消除局部过热;由于它的融化速度快,金属烧损少,从而为准确的获得规定合金成分,最少的元素烧损创造有利条件;在改炼化学成分与前炉不同的金属时它具有很高的机动性。

[0011] 所述锻造:将通过感应炉冶炼后的抗振条合金材料的钢锭在 1150-1220℃加热及保温后锻造成 50\*50mm 尺寸的钢坯;通过表面精整修磨后送到下步热轧毛坯工序。

[0012] 锻造是一种利用锻压机械对金属坯料施加压力,使其产生塑性变形以获得具有一定机械性能、一定形状和尺寸锻件的加工方法,通过锻造能消除金属在冶炼过程中产生的铸态疏松等缺陷,优化微观组织结构,同时由于保存了完整的金属流线,锻件的机械性能一般优于同样材料的铸件。相关机械中负载高、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。一般来说锻造是属于材料加工的第一步叫做“开坯”。

[0013] 所述热轧:将抗振条合金材料 50×50mm 毛坯,置于 1050-1100℃温度下加热、保温后进行热轧,轧制成  $\phi$  16mm 的棒材。

[0014] 抗振条合金材料通过锻造开坯成为 50×50mm 毛坯用加热的方式将毛坯轧成的各种几何断面形状的钢材。根据型钢断面形状不同,分为简单断面、复杂断面或异型断面和周期断面等三种型钢。

[0015] (1)热轧能显著降低能耗,降低成本。热轧时金属塑性高,变形抗力低,大大减少了金属变形的能量消耗。

[0016] (2)热轧能改善金属及合金的加工工艺性能,即将铸造状态的粗大晶粒破碎,显著裂纹愈合,减少或消除铸造缺陷,将铸态组织转变为细化的变形组织,提高合金的加工性能。

[0017] (3)抗振条合金材料通过采用的热轧大铸锭,大压下量轧制,不仅提高了生产效率,而且为提高轧制速度、实现轧制过程的连续化和自动化创造了条件。

[0018] (4)热轧工序实际上属于中间加工工序是形成成品毛坯的重要一步。

[0019] 所述第一热处理:为保证抗振条合金材料的表面质量对热轧后的棒材再次进行表面精整、修磨后进行真空退火处理, $\phi$  16 抗振条合金材料棒料在温度 800℃  $\pm$  10℃下进行加热、保温。

[0020] 中间热处理又叫预先热处理,是为消除上一道工序的缺陷或使后面工序好进行加工而设置的热处理。是将金属缓慢加热到一定温度,保持足够时间,然后以适宜速度冷却的一种金属热处理工艺。

[0021] 退火热处理分为完全退火,不完全退火和去应力退火。退火材料的力学性能可以用拉伸试验来检测,也可以用硬度试验来检测。

[0022] 应力退火的目的:

[0023] ①改善或消除钢铁在铸造、锻压、轧制和焊接过程中所造成的各种组织缺陷以及残余应力,防止工件变形、开裂。

[0024] ②软化工件以便进行切削加工。

[0025] ③细化晶粒,改善组织以提高工件的机械性能。

[0026] ④为最终热处理(淬火、回火)作好组织准备。

[0027] 所述冷拔:先进行软化退火处理,在720-750℃温度下保温40分钟;按变形要求用聚晶模依次拉拔,并对表面微裂纹处进行修磨,修磨至无缺陷后可进行下道拉拔。

[0028] 冷拔是将热轧加工后的抗振条合金棒料经软化退火后在冷状态进行再加工,以得到各类精密、高精度产品或中间产品的生产方法。

[0029] 所述第二热处理:将抗振条合金棒料拉至成品的材料平铺在钟罩式热处理炉中,在氢气保护状态下进行热处理,退火保温期间温度为788-815℃,保温3小时以上,然后,以不超过28℃/小时的冷却速度缓慢冷却至610℃以下,再空冷至室温。

[0030] 金属热处理是机械制造中的重要工艺之一,与其他加工工艺相比,热处理一般不改变工件的形状和整体的化学成分,而是通过改变工件内部的显微组织,或改变工件表面的化学成分,赋予或改善工件的使用性能。其特点是改善工件的内在质量,而这一般不是肉眼所能看到的。

[0031] 为使金属工件具有所需要的力学性能、物理性能和化学性能,除合理选用材料和各种成形工艺外,热处理工艺往往是必不可少的。钢铁是机械工业中应用最广的材料,钢铁显微组织复杂,可以通过热处理予以控制,所以钢铁的热处理是金属热处理的主要内容。另外,铝、铜、镁、钛等及其合金也都可以通过热处理改变其力学、物理和化学性能,以获得不同的使用性能。

[0032] 所述成品加工:对处理后的棒材进行矫直、磨光。

[0033] 矫直:对金属塑性加工产品的形状缺陷进行的矫正,是重要的精整工序之一,冷拔材在生产过程或在以后的冷却和运输过程中经常会产生种种形状缺陷,诸如型材管材的弯曲、波浪、瓢曲等,通过各种矫直设备可使弯曲等缺陷在外力作用下得以消除,使产品达到合格理想状态。

[0034] 磨光:(1)粗磨:产品的磨光除了要使表面光滑平整外,更重要的是应尽可能减少表层损伤。每一道磨光工序必须除去前一道工序造成的变形层(至少应使前一道工序产生的变形层减少到本道工序产生的变形层深度),而不是仅仅把前一道工序的磨痕除去;同时,该道工序本身应做到尽可能减少损伤,以便于进行下一道工序。最后一道磨光工序产生的变形层深度应非常浅,保证能在下一道抛光工序中除去。此过程要注意防止金属过分发热。

[0035] (2)精磨:精磨的目的是消除粗磨时留下的较深的磨痕,为下一步抛光打好基础。精磨通常是在砂纸上进行,砂纸分水砂纸和金相砂纸。通常水砂纸为SiC磨料不溶于水,金相砂纸的磨料有人造刚玉、碳化硅、氧化铁等,性均极硬,呈多边角,具有良好的切削性能,精磨时可用水作润滑剂进行手工湿磨或机械湿磨,通常使用粒度为240、320、400、600四种水砂纸进行磨光后即可进行抛光,对于较软金属,应用更细的金相砂纸磨光后再抛光。砂纸朝外向下倾斜(从操作者方向看),粘贴在平板玻璃上磨制时,将试样磨面平后在砂纸上,直线向前推退回时离开砂纸,这种反复进行,直到旧的磨痕全部消失,在整个磨面上得到方向一致均匀的新磨痕边止,每换一道砂纸之前,必须先用水洗去样品和手上的砂粒,并擦干,然后将试样旋转90°在次级砂纸上磨制。使用时流动的水不停地从砂纸表面流过,及

时地把绝大部分磨屑和脱落的磨粒冲走。这样在整个磨光操作过程中,磨粒的尖锐棱角始终与试样的表面接触,保持其良好的磨削作用。湿磨法的另一优点是,水的冷却作用可以减少磨光时在试样表面产生的摩擦热,避免显微组织发生变化。整个磨光工序可以在同设备上完成。

[0036] 上述端帽的制备方法,依次包括以下工序:感应炉冶炼、锻造、热轧、热处理、端帽车加工。

[0037] 所述感应炉冶炼:合金材料冶炼时在感应炉底部放置镍板、纯铁、金属铬,并混装密实,熔化70%后,加入总投料重量的2%的渣料进行炼钢,测得钢液温度达到出钢温度后把钢水倒下钢包内,镇静1-2分钟后浇注成钢锭。

[0038] 抗振条合金材料要求纯净;化学成分准确、均匀;并有指定的组织状态。采用感应炉具有一系列无可争辩的优点。由于它没有其他设备中所存在的污染源,可以保证获得对碳和其他杂质来说最纯的金属材料;由于具有电动力搅拌金属熔池从而保证合金的均匀性;保证准确地获得并保持金属所需要的温度以及使温度沿整个熔池温度均匀分布;消除局部过热;由于它的融化速度快,金属烧损少,从而为准确的获得规定合金成分,最少的元素烧损创造有利条件;在改炼化学成分与前炉不同的金属时它具有很高的机动性。

[0039] 所述锻造:将通过感应炉冶炼后的抗振条合金材料的钢锭在1150-1220℃加热及保温后锻造成50\*50mm尺寸的钢坯;通过表面精整修磨后送到下步热轧毛坯工序。

[0040] 锻造是一种利用锻压机械对金属坯料施加压力,使其产生塑性变形以获得具有一定机械性能、一定形状和尺寸锻件的加工方法,通过锻造能消除金属在冶炼过程中产生的铸态疏松等缺陷,优化微观组织结构,同时由于保存了完整的金属流线,锻件的机械性能一般优于同样材料的铸件。相关机械中负载高、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。一般来说锻造是属于材料加工的第一步叫做“开坯”。

[0041] 所述热轧:将抗振条合金材料50×50mm毛坯,置于1200±10℃温度下加热、保温后进行热轧,轧制成13×25mm的长方棒材。

[0042] 抗振条合金材料通过锻造开坯成为50×50mm毛坯用加热的方式将毛坯轧成的各种几何断面形状的钢材。根据型钢断面形状不同,分为简单断面、复杂断面或异型断面和周期断面等三种型钢。

[0043] (1)热轧能显著降低能耗,降低成本。热轧时金属塑性高,变形抗力低,大大减少了金属变形的能量消耗。

[0044] (2)热轧能改善金属及合金的加工工艺性能,即将铸造状态的粗大晶粒破碎,显著裂纹愈合,减少或消除铸造缺陷,将铸态组织转变为细化的变形组织,提高合金的加工性能。

[0045] (3)抗振条合金材料通过采用的热轧大铸锭,大压下量轧制,不仅提高了生产效率,而且为提高轧制速度、实现轧制过程的连续化和自动化创造了条件。

[0046] (4)热轧工序实际上属于中间加工工序是形成成品毛坯的重要一步。

[0047] 所述热处理先后包括:(1)固溶处理:将热轧后的端帽材料13\*25mm材料平铺在钟罩式氢气保护炉中固溶处理;(2)时效处理:将固溶处理后的棒材也置于氢气保护炉中进行时效处理。

[0048] 固溶处理是为了溶解基体内碳化物、 $\gamma'$ 相等以得到均匀的过饱和固溶体,便于时效时重新析出颗粒细小、分布均匀的碳化物和 $\gamma'$ 等强化相,同时消除由于冷热加工产生的应力,使合金发生再结晶。其次,固溶处理是为了获得适宜的晶粒度,以保证合金高温抗蠕变性能。固溶处理的温度范围大约在 $980\sim 1250^{\circ}\text{C}$ 之间,主要根据各个合金中相析出和溶解规律及使用要求来选择,以保证主要强化相必要的析出条件和一定的晶粒度。对于长期高温使用的合金,要求有较好的高温持久和蠕变性能,应选择较高的固溶温度以获得较大的晶粒度;对于中温使用并要求较好的室温硬度、屈服强度、拉伸强度、冲击韧性和疲劳强度的合金,可采用较低的固溶温度,保证较小的晶粒度。高温固溶处理时,各种析出相都逐步溶解,同时晶粒长大;低温固溶处理时,不仅有主要强化相的溶解,而且可能有某些相的析出。对于过饱和度低的合金,通常选择较快的冷却速度;对于过饱和度高的合金,通常为空气中冷却。

[0049] 时效处理是指合金工件经固溶处理,冷塑性变形或铸造,锻造后,在较高的温度放置或室温保持其性能,形状,尺寸随时间而变化的热处理工艺。若采用将工件加热到较高温度,并较短时间进行时效处理的时效处理工艺,称为人工时效处理,若将工件放置在室温或自然条件下长时间存放而发生的时效现象,称为自然时效处理。第三种方式是振动时效从80年代初起逐步进入实用阶段,振动时效处理则在不加热也不像自然时效那样费时的情况下,用给工件施加一定频率的振动使其内应力得以释放,从而达到时效的目的。时效处理的目的,消除工件的内应力,稳定组织和尺寸,改善机械性能等。

[0050] 在材料生产中,为了稳定铸件尺寸,常将铸件在室温下长期放置,然后才进行切削加工。这种措施也被称为时效。但这种时效不属于金属热处理工艺。

[0051] 所述端帽车加工:对时效处理后的 $13*25\text{mm}$ 材料进行车加工,加工成所需尺寸的端帽。

[0052] 本发明的技术效果:本发明所述的AP1000机组蒸汽发生器的抗振条组件,包括:V字型结构的抗振条及分别设于抗振条两端的两个端帽。所述抗振条选用405不锈钢材料;所述端帽选用690镍基合金材料,以方便与AP1000核电机组蒸汽发生器中的U型管焊接固定,U型管也是690镍基合金材料。所述端帽铆压固定抗振条上,防止端帽在抗振条组件与所述U型管的装配、焊接过程中出现拉脱。上述抗振条组件结构简单,产品质量符合核电站中蒸汽发生器对抗振条的精密要求,使用时更加安全。本抗振条的制备方法,经严格的制备工序,保证了核电站中对蒸汽发生器的抗振条组件的工艺要求,保证了质量,提高了安全性。所述端帽铆压固定在所述抗振条上,防止端帽在抗振条组件与所述U型管的装配、焊接过程中出现拉脱。具体实施时,所述端帽的中央、以及在抗振条上邻近端帽两端的部分压扁。

## 附图说明

[0053] 图1是本发明所述的AP1000机组蒸汽发生器的抗振条组件的结构示意图,附图标记:1—抗振条,2—端帽。

## 具体实施方式

[0054] 实施例1

[0055] 如图 1, 本实施例的 AP1000 机组蒸汽发生器的抗振条组件的制备方法, 包括: 抗振条棒材的制备、端帽的制备、抗振条棒材弯制成型、端帽装配、镦压、检查、清洁与包装工序。

[0056] 所述的抗振条棒材弯制成型: 将抗振条棒材按要求尺寸总长加 50mm 留量进行切断, 设定角度弯制抗振条, 弯制后的抗振条置于平面磨床上, 对弯角增厚区进行修磨至图纸要求。

[0057] 所述的端帽装配: 将根据端帽制作方法制作出的端帽, 用酒精轻擦洗端帽表面和线切割成型的内孔, 同时用酒精将不锈钢棒材进行清洗, 清洗干净后, 清除毛刺、咬痕、凸出金属或尖角; 再将不锈钢棒插入帽端, 对准角度进行装配。

[0058] 所述的镦压包括: (1) 拉脱力工艺评定: 对装配完成且进行镦压后的端帽进行拉脱力评定, 使套帽在最小 4448N 的拉力下, 位置不发生移动; 在不同压力下的端部拉脱力做好记录, 选取最合适的压力, 作为镦压工序中的压力工艺参数; (2) 镦压: 把帽端放入镦压模具中, 用液压机分别对端帽的中央位置及抗振条上的邻近端帽两端的位置进行镦压, 压下定位后保持压力 10 秒后卸荷, 保证帽端镦压后满足图纸要求。抗振条上的镦压位置有四处, 邻近端帽端部各两处, 用于对帽端进行限位, 防止端帽在抗振条上发生位移。

[0059] 所述检查: (1) 平整度检测, 在检测平台上用塞尺测量; (2) 尺寸检测, 用数显千分尺测量产品; (3) 角度检测, 用数显角度测量仪测量; (4) 目视检测, 对工件逐件进行目视检测, 确保表面无缺陷, 表面粗糙度用粗糙度测量仪进行爬行测量; (5) 表面粗糙度测量, 用粗糙度检测仪或对比样块进行测量; 所有尺寸检测结果应符合图纸要求。

[0060] 所述清洁: 按相关规定对棒材进行清洁, 确保成品表面没有锈斑、灰尘和其他污染物, (1) 硫、铅、汞、镉和其他低熔点的金属, 以及它们的合金和化合物, 含卤素的物质均禁止用于抗振条的制备、试验、检验及包装等过程; (2) 润滑剂、切屑液和清洗剂也不含有上述物质; 二硫化钼润滑剂、聚四氟乙烯及其他聚氟材料也禁止使用。

[0061] 实施例 2

[0062] 上述实施例 1 中的抗振条棒材的制备方法, 依次包括以下工序: 感应炉冶炼、熔炼分析、锻造、热轧、第一热处理、性能试验(拉伸、硬度)及金相检验、产品分析、冷拔、第二热处理、冷加工、性能试验(拉伸、硬度)及晶粒度检验、尺寸检验、标记、清洁、报告。

[0063] a. 感应炉冶炼: 合金材料冶炼时在感应炉底部放置镍板、纯铁、金属铬混装密实, 熔化 70% 后, 加入总投料的 2% 的渣料进行炼钢, 测得钢液温度达到出钢温度后把钢水倒下钢包内, 镇静 1-2 分钟后浇注成钢锭棒材。钢锭重量每只 40-50kg, 钢锭直径小头 140mm, 大头 155mm。

[0064] b. 熔炼分析: (1) 取样: 距锭头、锭尾 20mm 范围以外车或刨取化学分析样品; (2) 对每一个炉号取一个化学分析样品测定每炉钢的化学成份, 并按含量标准数据进行筛选。熔炼化学成份应符合下表要求:

牌号	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Fe	Al
405	≤ 0.08	≤ 1.00	≤ 0.040	≤ 0.030	≤ 1.00	11.5~14.5	≤ 0.60	余量	0.10-0.30

[0065] c. 锻造: 将分析合格后的钢锭在 1150-1220℃ 下锻造成 50\*50mm 尺寸的钢坯;

[0066] (1) 锻造加热温度表:

[0067]



钢号	加热温度	锻造温度℃		冷却方式
		始锻	终锻	
SA-479 TYPE405	1150~1220	1180	850	空冷

[0068] (2) 锻造 : 锻造压缩比为 : 4-6 ; 锻造尺寸 : 50\*50mm ; 方坯大头切除 100mm 以上, 小头切除 50mm 以上 ; 锻坯表面处理 : 锻坯表面扒皮修磨, 去掉表面折皱裂纹重皮等表面缺陷。

[0069] d. 热轧 : 将钢坯置于 1050-1100℃ 温度下进行热轧, 轧制成  $\phi$  16mm 的棒材, 热轧冷却后要逐根检验表面质量的裂纹、折叠、结疤、夹杂, 并彻底打磨干净 ;

[0070] (1) 钢坯加热温度表如下 :

[0071]

钢号	加热温度	热轧温度℃		冷却方式
		始轧	终轧	
SA-479 TYPE405	1050~1100	1010	850	空冷

[0072] (2) 轧制 : 调整工对轧制产品的外观要直, 轧制成  $\phi$  16mm 的丝材 ; 轧制品冷却后要逐根检验表面质量的裂纹、折叠、结疤、夹杂, 并彻底打磨干净 ; 轧制比 :  $\geq 5$ 。

[0073] e. 第一热处理 : 对热轧后的棒材进行真空退火处理, 温度保持在 800℃ 左右, 退火保温期间温度偏差不超过 10℃ ; 退火温度为 :

[0074]

钢种	规格	加热温度℃	保温时间 (h)	冷却方式
SA-479 TYPE405	$\phi$ 16mm	800 $\pm$ 10℃	$\geq 1h$	空冷

[0075] f. 性能试验 : (1) 对热处理后的热轧棒材每一炉批号任取一组试样 ; (2) 对样品分别进行拉伸试验、硬度试验、金相分析与产品分析, 对不合格产品进行排除 ;

[0076] 1. 拉伸试验结果应符合下表要求 :

性能	室温	350℃
规定强度 Rp0.2 (Mpa)	$\geq 170$	$\geq 145$
抗拉强度 Rm (Mpa)	$\geq 415$	$\geq 370$
断后伸长率 A (%)	$\geq 20$	info
断面收缩率 Z (%)	$\geq 45$	info

[0077] 当棒材  $\leq 25mm$  时, 试样的纵向轴线与棒材的中心一致, 且试样有用部份距离棒材热处理端部的距离不得小于棒材的直径。

[0078] 2. 硬度试验应符合 :

性能	室温
硬度 (HB)	$\leq 207$

[0079] 硬度试验应在棒材中心到表面距离的中间部位检验棒材的硬度。

[0080] 3. 金相分析应符合：

[0081]

金相分析	晶粒度：5级或更细	检验方法：ASTM E112
	非金属夹杂物 (A级、B级、C级、D级) ≤1.5	检验方法：ASTM E45 方法 A

[0082] 4. 产品分析：在拉伸试样的两端取样做材料产品分析，分析结果应符合：

[0083]

牌号	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Al
SA-479	≤0.	≤1.	≤0.0	≤0.0	≤1.	11.5~	≤0.	0.10-0.
TYPE405	08	00	40	30	00	14.5	60	30

[0084] 5. 复试和重新热处理：5.1 如果棒材的拉伸试验结果不符合要求，可在不合格试样的邻近部位切取两个附加试样进行拉伸试验，仅当两个附加试样试验结果均满足要求时方可验收；

[0085] 5.2 任何一批棒材如果热处理不当而造成力学性能不合格，则可对该批材料重新热处理，但重新热处理的次数不应超过两次；重新热处理后，对该批材料进行技术条件规定的所有检验（除化学成份和非金属夹杂物的检验）；所有检验均应符合本技术条件的要求。

[0086] g. 冷拔：(1) 先进行软化退火处理，在 720-750℃ 温度下保温 40 分钟；(2) 按变形要求用聚晶模依次拉拔，并对表面微裂纹处进行修磨，修磨至无缺陷后可进行下道拉拔。

[0087] 冷拔时拉制变形量为  $\phi 16 \rightarrow \phi 14 \rightarrow \phi 12.5 \rightarrow \phi 11 \rightarrow 4.8 \times 12.8 \rightarrow 4.4 \times 12.5 \rightarrow 4.0 \times 12.19$ 。

[0088] 软化退火处理制度如下：

钢种	规格	加热温度℃	保温时间(分)	冷却方式
SA-479 TYPE405	每次冷拔前	720-750℃	≥ 40	空冷

[0089] h. 第二热处理：将拉至成品材料平铺在钟罩式热处理炉中，在氢气保护状态下进行热处理，退火保温期间温度偏差应不超过 ±10℃，热处理温度及其他要求按下表要求进行：

[0090]

钢种	规格	加热温度 ℃	保温时间 (h)	冷却方式
SA-479 TYPE405	4.028×12.19	788~ 815℃	≥3h	以不超过 28℃/小时冷却速度缓冷至 610℃以下,再空冷至室温。

[0091] i. 成品加工 :对热处理后的棒材进行矫直、磨光等冷加工工序,加工后的厚度、宽度、扭曲度、直线度等尺寸应符合下表要求 :

[0092]

厚度	宽度	对角	扭曲	直线度	R
4.028± 0.013	(12.19)	2*12.840 <sup>+0.025</sup>	整根≤ 0.05mm	0.3/300mm, 整根≤1.5mm	0.8 <sup>+0.3</sup>

[0093] j. 性能试验 :对棒材进行力学性能试验、硬度试验、晶粒度检验,对不满足技术条件要求的棒材进行排除。

[0094] 1. 力学性能试验应符合 :

性能	室温
规定强度 Rp0.2 (Mpa)	240-550
抗拉强度 Rm (Mpa)	415-585
断后伸长率 A (%)	≥ 15

[0095] 2. 硬度试验应符合 :

性能	室温
硬度	HB ≤ 207 或 HRB ≤ 93

[0096] 3. 晶粒度检验 :

检验方法	级别要求
ASTME112	5 级或更细

[0097] 如果棒材的力学性能不符合技术要求,则可在该试样邻近部位双倍取样进行复试,复试结果均应满足技术条件要求。

[0098] k. 尺寸检验 : (1) 目视检查 :对每支材料表面逐支进行目检,要求无裂纹、划伤等缺陷,棒材不允许进行任何焊接修补,并对其表面粗糙度逐支进行检查,对可疑区需增加检查,测得结果应 Ra ≤ 1.6 μm ; (2) 尺寸检查 :抽 5% 的材料进行尺寸检查,确保材料尺寸满足 4.028±0.013\*(12.19) 的公差要求。

[0099] 1. 标记 :在每支材料上应准确作出标志或系上标签,写明制造厂名称,材料牌号和规格 ;熔炼炉号、批号和件号 ;合同号或订单号。

[0100] m. 清洁 :按相关规定对棒材进行清洁,确保成品棒材表面没有锈斑、灰尘和其他污染物 ;钢棒不能接触对其和完整性有危害的材料。主要的金属的不兼容性材料有铅、锌、铜、铝、镉、锡、汞、硫、砷、硼和一般的低熔点合金及其他的化合物,除此之外,由于含氯塑料的降解而产生的氟化物、硫酸盐、氯化物和酸性氯化物是一个潜在的危险,应慎重选择胶带、记号笔、耦合剂、渗透剂和涂层 ;如果要使用打磨工具,首先要确保打磨工具没有被污

染。

[0101] 实施例 3

[0102] 上述实施例 1 中端帽的制备方法,依次包括以下工序:中频感应炉冶炼、电渣精炼、熔炼分析、锻造、超声波检查、热轧、热处理、性能试验、产品分析、端帽车加工、尺寸检验、标记、清洁。

[0103] a. 感应炉冶炼:合金材料冶炼时在感应炉底部放置镍板、纯铁、金属铬混装密实,熔化 70% 后,加入总投料的 2% 的渣料进行炼钢,测得钢液温度达到出钢温度后把钢水倒下钢包内,镇静 1-2 分钟后浇注成钢锭棒材,钢锭重量每只 40-50kg, 钢锭直径小头 140mm, 大头 155mm。

[0104] b. 电渣精炼:合金材料经过冶炼后,要经过电渣精炼才能有效地提高合金钢的纯净度、组织均匀性,改善钢锭的表面、内在质量,提高合金钢的性能。电渣精炼完毕时,进行补缩,补缩 3-5 分钟后,冷却 $\geq 3$  分钟脱锭。然后进行电渣锭表面处理:表面扒皮、修磨。

[0105] c. 熔炼分析:钢锭冷却后,在钢锭上取样对化学元素进行化学分析。(1) 取样:距锭头、锭尾 20mm 范围以外车或刨取化学分析样品;(2) 对每一个炉号取一个化学分析样品,按《ASTM E38 镍-铬和镍-铬-铁合金化学分析方法》要求的试验方法对材料进行化学成份分析,并按含量标准数据进行筛选,熔炼化学应符合:

元素	成分极限 %	元素	成分极限 %	元素	成分极限 %	元素	成分极限 %
Ni	58.0min	Cr	27.0-31.0	Fe	7.0-11.0	Mn	0.5max
Si	0.5max	C	0.015-0.030	Al	0.50max	Ti	0.50max
B	0.005max	N	0.05max	S	0.010max	P	0.015max
Cu	0.20max	Nb	0.10max	Mo	0.10max	Co	0.05max
Mg	info	Ta	info				

[0106] d. 锻造:将分析合格后的钢锭在 1240-1260℃ 温度下锻造成 50\*50mm 尺寸的钢坯。

[0107] 1. 锻造前要对钢锭进行退火处理,热处理温度按下表进行:

[0108]

钢号	加热温度	锻造温度℃		冷却方式
		始锻	终锻	
SB-166UNS N06690	1250 $\pm$ 10℃	1200	1000	空冷

[0109] 2. 变形工艺:锻造压缩比为:4-6;方坯大头切除 100mm 以上,小头切除 50mm 以上;锻造方坯尺寸为 50\*50mm;锻坯表面处理:锻坯表面扒皮修磨,去掉表面折皱裂纹重皮等表面缺陷。

[0110] e. 超声波检查:将扒皮修磨的方棒按《棒材无损检测技术条件》中规定的检测方法和验收标准进行超声波检测。

[0111] f. 热轧:将方坯置于 1200℃ 左右温度下进行热轧,轧制成 13\*25mm 的材料,热轧温度偏差不超过 10 度,热轧冷却后要逐根检验表面质量的裂纹、折叠、结疤、夹杂等缺陷,并彻底打磨干净;

[0112] 1. 锻打后的方坯在热轧前先进行退火处理,退火温度如下表:

[0113]

钢号	加热温度	热轧温度℃		冷却方式
		始轧	终轧	
N06690	1200±10℃	1180	1000	空冷 Air cooling

[0114] 2. 轧制控制 :将端帽用材料轧制成 13\*25mm ;轧制品冷却后要逐根检验表面裂纹、折叠、结疤、夹杂等缺陷,并切除或彻底打磨干净 ;轧制比为 $\geq 5$ 。

[0115] g. 热处理 :1. 固溶处理 :将热轧后的端帽材料 13\*25mm 材料平铺在钟罩式氢气保护炉中固溶处理 , 热处理温度如下表 :

钢种	规格	加热温度℃	保温时间(h)	冷却方式
SB-166UNSN06690	13*25mm	具体热处理温度如下	$\geq 1$	空冷

[0116]

含碳量 wt. %	最低保温温度℃
0.015	1016
0.016	1023
0.017	1030
0.018	1036
0.019	1043
0.020	1049
0.021	1055
0.022	1060
0.023	1066
0.024	1071
0.025	1076
0.026	1081
0.027	1085
0.028	1090
0.029	1094
0.030	1099

[0117] 其中,保温温度偏差不超过  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

[0118] 2. 时效处理 :固溶处理后的棒材必须进行时效处理,时效处理也应在氢气保护炉中进行,热处理温度为 :

钢种	规格	加热温度℃	保温时间(h)	冷却方式
SB-166UNSN06690	13*25mm	704 ~ 732℃	8-12h	空冷

[0119] 其中,时效处理在保温期间温度偏差不应超过  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

[0120] 3. 固溶和时效处理记录应列入质量证明文件中,热处理记录应包含保温温度及其偏差、保温时间、加热速率、加热气氛和冷却方式。

[0121] h. 性能试验 :

[0122] 1. 取样 :每一炉批号任取一支样做力学性能试验,拉伸试样的纵轴平行于棒材的轴向。拉伸试样的有用部分离棒材端部至少为一倍棒材直径 ;拉伸试样的纵轴所处的位置为棒材中心处 ;试样具有足够的长度,以便截取硬度试样、金相试样等所有试验用量以及可能复试所需的试样。

[0123] 2. 拉伸试验应符合 :

[0124]

性能	尺寸	室温	350℃
规定强度 Rp0.2 (Mpa)	13*25mm	240-345	≥190
抗拉强度 Rm (Mpa)		≥585	≥550
断后伸长率 A (%)		≥30	info
断面收缩率 Z (%)		info	info

[0125] 其中,拉伸试验采用标距 50mm、直径 12.5mm 的标准试样。

[0126] 3. 金相分析:在拉伸试验的试样邻近位置取样做金相分析,金相分析检测标准为:

[0127]

金相试验项目	项目要求
晶粒结构及 晶粒度	No. 3级至8级
显微组织	时效处理后材料应在所有晶界处表现为连续的碳化物析出,且在晶粒内以非常低的密度存在。对经 2%溴-甲醇溶液腐蚀的材料,应在 500 或 1000 倍扫描电镜下观察其金相组织。
非金属夹杂物	A类、B类≤1.5级 C类、D类≤1.0级

[0128] 4. 宏观侵蚀试验:每批任抽取一支进行宏观浸蚀试验,应在棒材的两端切头横截面部位进行试验,用肉眼或借助 10 倍以下放大镜进行评定,不允许有缩孔、空洞、裂纹、夹渣及针孔等缺陷。

[0129] 5. 晶间腐蚀试验:每批棒材应在时效处理后的任意一根棒材上取一组(两个)试样进行晶间腐蚀试验,试样在拉伸临近位置取,试样应先经敏化处理,敏化处理制度为 675℃ ±5℃保温 1 小时,试样腐蚀速率应小于 20mdd(毫克/平方分米·天)。

[0130] 6. 产品分析:在拉伸试样的附近每一炉任取一个样品做材料的产品分析,产品分析结果应符合:

元素	成分极限 %	元素	成分极限 %	元素	成分极限 %	元素	成分极限 %
Ni	58.0min	Cr	27.0-31.0	Fe	7.0-11.0	Mn	0.5max
Si	0.5max	C	0.015-0.030	Al	0.50max	Ti	0.50max
B	0.005max	N	0.05max	S	0.010max	P	0.015max
Cu	0.20max	Nb	0.10max	Mo	0.10max	Co	0.05max
Mg	info	Ta	info				

[0131] i. 端帽车加工 :对时效处理后的 13\*25mm 材料进行性能试验,并对合格的材料进行车加工,按要求加工成  $\phi 22.86 \pm 0.05$ ,长  $50.8 \pm 0.07$  的端帽产品。

[0132] j. 尺寸检查 :1、对每支材料表面逐支进行目检,端帽不允许有刻痕、毛刺、纵裂、金属鼓起。2、对材料进行尺寸检查,每炉材料的检查数量应大于 5%。

[0133] k. 标记 :在每支材料上应准确作出标志或系上标签,应包括 :订货号、材料牌号和规格、棒材件号、熔炼炉号、热处理炉号、棒材制造厂名称。

[0134] 1. 清洁 : 按相关规定对棒材进行清洁,确保成品端帽表面没有锈斑、灰尘和其他污染物。

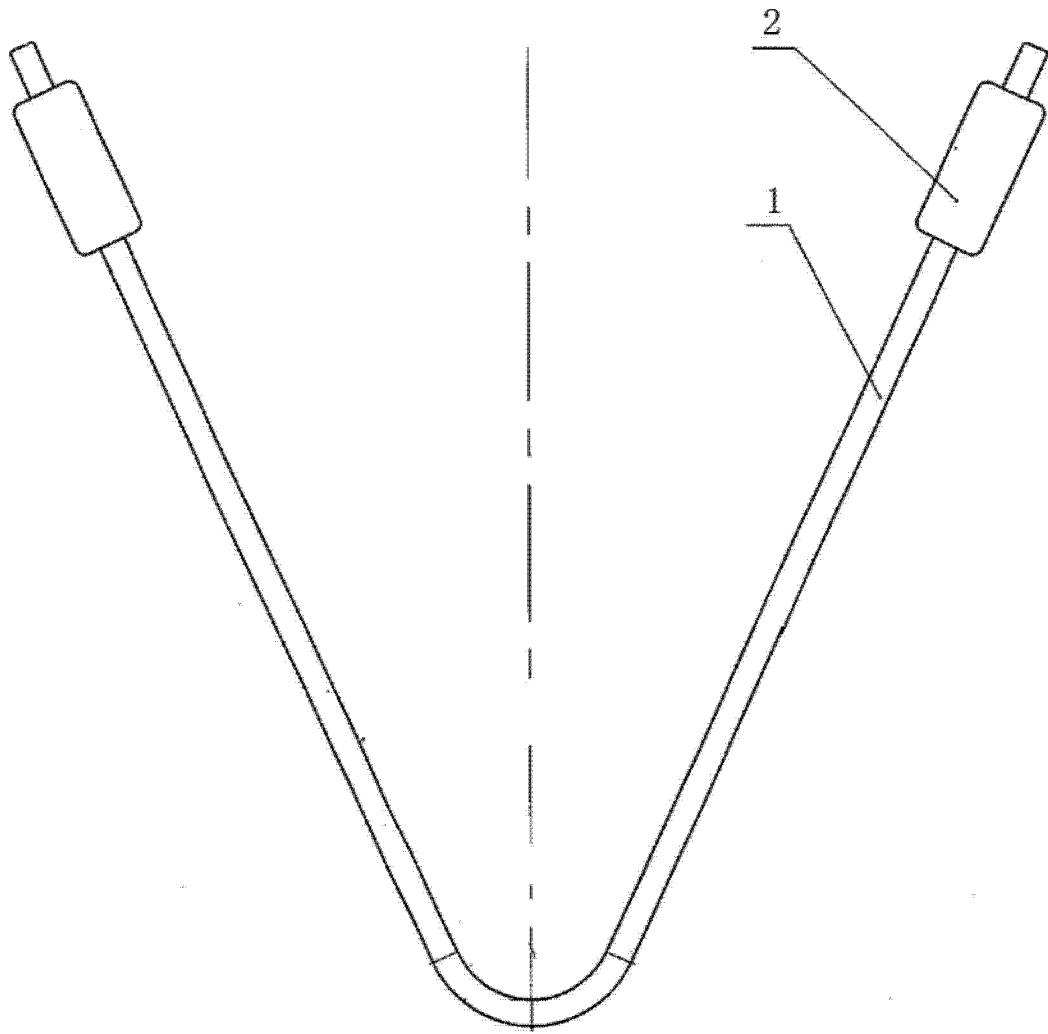


图 1