



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116065044 A

(43) 申请公布日 2023. 05. 05

(21) 申请号 202310241199.6

B22D 25/04 (2006.01)

(22) 申请日 2023.03.14

(71) 申请人 宝鸡海吉钛镍有限公司

地址 721000 陕西省宝鸡市高新开发区宝
钛路中段67号

(72) 发明人 刘轶群 高骏 朱佳 高盼

(74) 专利代理机构 陕西科亿云知识产权代理事
务所(普通合伙) 61288

专利代理师 符晓妮

(51) Int. Cl.

G22C 1/02 (2006.01)

B22D 7/06 (2006.01)

B22D 31/00 (2006.01)

G22F 1/10 (2006.01)

C21D 9/56 (2006.01)

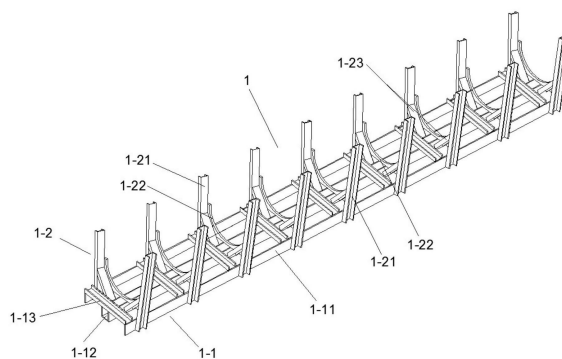
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺

(57) 摘要

提供一种10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺,基于真空自耗电弧熔炼炉对制备的大单重镍电极采用二次熔炼方式进行熔炼,并对熔炼时的技术参数进行优化改进,解决了传统制备工艺下大单重镍卷制备难度大易产生气孔、夹杂及深缩孔的问题,制备工艺简单,成本低,提高熔炼后镍锭质量和成品率,从而使得镍卷质量得到保证,特别适合大单重高质量宽幅镍卷产品的制备。



1. 10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺,其特征包括以下步骤:

1) 原料:采用12.5吨纯度不低于99.96%的电解镍板,使用剪床裁剪成200~700mm宽度不一的镍板条;

2) 自耗电电极制备:利用裁剪的电解镍板条制备两根自耗电电极,即7.7吨的尺寸为 $\phi 700 \times 5000\text{mm}$ 的圆电极和4.8t的尺寸为 $\phi 700 \times 3100\text{mm}$ 圆电极各一根;

3) 熔炼:采用真空自耗电弧熔炼方式对两根圆电极进行两次熔炼,其中,第一次熔炼使用 $\phi 760\text{mm}$ 铜制结晶器,第二次熔炼使用 $\phi 840\text{mm}$ 铜制结晶器;

4) 第一次扒皮、修磨:将熔炼所得的镍锭放置于车床上进行多道次车床扒皮,每次进刀量1~3mm,镍锭整体扒皮后局部表面缺陷处车削扒皮或砂轮打磨去除,处理部位应圆滑,无台坎和棱角,镍锭上表面缺陷位置的深宽比不大于1:6,处理深度不大于10mm,镍锭头部、底部倒角 $40 \times 50 \sim 70\text{mm}$;

5) 取样、化学成份检测:在距镍铸锭头部和底部230~280mm范围内的外圆周壁上取屑状和块状试样,试样不得氧化,每份屑样数量不少于25g,取长度为100mm且直径为 $\phi 3 \sim \phi 5$ 的块状样,分析残余元素符合GB/T5235-2021标准;

6) 冒口切除:对镍锭进行超声波探伤定位,锯床切除镍锭冒口;

7) 锻造:采用自由锻方式对镍锭进行锻造,锻造时镍锭的加热温度为 1100°C ,锻造尺寸为 $\delta 160\text{mm} \times 1260\text{mm} \times L$,形成厚板坯;

8) 第二次扒皮、修磨:采用多道次铣床对厚板坯进行扒皮,每次进刀量1~3mm,厚板坯应沿长度方向四边倒角,倒角为 $(5 \sim 20)\text{mm} \times 45^{\circ}$,厚板坯表面粗糙度的Ra值应不大于 $3.2\mu\text{m}$,整体扒皮后砂轮打磨去除厚板坯表面的局部缺陷,清理后的凹坑深度应不超过5mm,清除宽度和清除长度不得小于凹坑深度的10倍,要求修磨产生的凹坑边部与板面平滑过渡;

9) 热轧:厚板坯热轧时的加热温度为 $1050^{\circ}\text{C} \sim 1150^{\circ}\text{C}$,且热轧后的尺寸为 $\delta 5.0\text{mm} \times 1300\text{mm} \times L$,形成厚镍卷;

10) 去应力退火:对热轧后的厚镍卷在 $750^{\circ}\text{C} \sim 850^{\circ}\text{C}$ 连续退火;

11) 表面处理:采用酸洗去除厚镍卷表面的氧化层;

12) 冷轧:采用20辊冷轧机对表面处理后的厚镍卷进行冷轧,冷轧后的尺寸为 $\delta 1.0\text{mm} \times 1300\text{mm} \times L$ 或 $\delta 1.5\text{mm} \times 1300\text{mm} \times L$,形成薄镍卷;

13) 退火:采用 $750^{\circ}\text{C} \sim 850^{\circ}\text{C}$ 氩气保护对冷轧后的薄镍卷进行连续退火;

14) 表面处理:对退火后的薄镍卷进行酸洗处理至表面光亮化;

15) 取样、性能检测:对表面处理后的薄镍卷头、尾部剪切取样,对其横向力学性能检测和纵向力学性能检测。

2. 根据权利要求1所述的10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺,其特征包括:上述步骤2)中,所述自耗电电极的制备步骤具体如下:

2-1) 将裁剪的电解镍板条一层层平铺于造型架(1)上,每铺一层,长度方向每块电解镍板条氩弧焊连接,其中,氩弧焊焊接时的电流为180-260A,氩气流量为10~15L/min,焊缝长度10mm;

2-2) 绞链勒紧,使用宽度为50mm且厚度为3.0mm的打包条扎捆打包,打包条间隔为400mm,所述打包条为纯镍板条。

3. 根据权利要求2所述的10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺,其特征包括:所述造型架

(1)包括底架(1-1),沿所述底架(1-1)长度方向均布有多个弧形架(1-2),所述弧形架(1-2)的开口朝上设置,且弧形架(1-2)下端固定于底架(1-1)上,裁剪的电解镍板条按照宽度由小到大再到小的铺设顺序在弧形架(1-2)的弧形支撑面上铺设后进行焊接造型。

4.根据权利要求3所述的10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺,其特征在于:所述底架(1-1)采用两个平行设置的侧立板(1-11)和平行设于两个侧立板(1-11)之间的纵杆(1-12),所述侧立板(1-11)和纵杆(1-12)上方均布有多个横杆(1-13),且与侧立板(1-11)和纵杆(1-12)固定连接的多个横杆(1-13)将两个侧立板(1-11)和纵杆(1-12)固定连接为一体。

5.根据权利要求4所述的10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺,其特征在于:所述弧形架(1-2)包括两个平行设置的立柱(1-21)和开口朝上设置并与对应侧立柱(1-21)侧壁固定连接的弧形板(1-22),两个所述立柱(1-21)下端固定于对应侧的侧立板(1-11)外壁上,所述弧形板(1-22)下端与侧立板(1-11)和纵杆(1-12)固定连接,所述立柱(1-21)内侧壁上固定有下端与纵杆(1-12)侧壁固定连接的支撑杆(1-23)。

6.根据权利要求1所述的10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺,其特征在于:上述步骤3)中,第一次熔炼时,将 $\phi 700 \times 5000\text{mm}$ 的圆电极装入 $\phi 760\text{mm}$ 铜制结晶器中,使 $\phi 700 \times 5000\text{mm}$ 的圆电极焊接固定于辅助电极下端,待焊接位置冷却凝固后开炉熔炼, $\phi 700 \times 5000\text{mm}$ 的圆电极全部熔炼完毕后,冷却两小时左右后打开炉盖,将 $\phi 700 \times 3100\text{mm}$ 圆电极装入 $\phi 760\text{mm}$ 铜制结晶器内,并使 $\phi 700 \times 3100\text{mm}$ 焊接固定于辅助电极下端,待焊接位置冷却凝固后开炉熔炼,待 $\phi 700 \times 3100\text{mm}$ 熔炼完毕后,静置冷却至少7小时后出炉,完成两根圆电极的第一次熔炼;

将第一次熔炼后所得的镍锭车床平头后,装入 $\phi 840\text{mm}$ 铜制结晶器内,将镍锭焊接固定于辅助电极下端,待焊接位置冷却凝固后开炉熔炼,直至镍锭全部熔炼完毕,静置不少于10个小时后出炉,完成第二次熔炼。

7.根据权利要求6所述的10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺,其特征在于:所述辅助电极与 $\phi 700 \times 5000\text{mm}$ 的圆电极和 $\phi 700 \times 3100\text{mm}$ 圆电极焊接前真空自耗电弧熔炼炉内的真空度 $\leq 1\text{Pa}$,辅助电极分别与两个圆电极焊接时的焊接电流为3~12kA,焊接电压为20~40V,焊接后的冷却时间 $\geq 30\text{min}$ 。

8.根据权利要求7所述的10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺,其特征在于:所述二次熔炼时辅助电极与第一次熔炼后所得的镍锭焊接前真空自耗电弧熔炼炉内的真空度 $\leq 1\text{Pa}$,焊接电流为4~12kA,焊接电压为20~40V,焊接后的冷却时间 $\geq 30\text{min}$ 。

9.根据权利要求8所述的10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺,其特征在于:所述第一次熔炼前炉内真空度 $\leq 4\text{Pa}$,漏气率 $\leq 1\text{Pa}/\text{min}$,稳弧电流10A;熔炼稳定阶段的电流为15~19kA、电压为32~38V、真空度 $\leq 10\text{Pa}$,熔炼至距头部80mm处开始补缩,补缩阶段电流以2KA/min速度降至10KA,再以1KA/min速度降至4KA,使用4KA熔炼电流直到熔炼结束。

10.根据权利要求8所述的10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺,其特征在于:所述第二次熔炼前炉内真空度 $\leq 2\text{Pa}$,漏气率 $\leq 1\text{Pa}/\text{min}$,稳弧电流12A;熔炼稳定阶段的电流为25~30kA、电压为33~40V、真空度 $\leq 8\text{Pa}$,熔炼至距头部150mm处开始补缩,补缩阶段电流以2KA/min速度降至16KA再以1KA/min速度降至4KA,使用4KA熔炼电流直到熔炼结束。

10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺

技术领域

[0001] 本发明属于金属镍卷制备技术领域,具体涉及一种10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺。

背景技术

[0002] 目前,传统的真空感应熔炼+电渣重熔的镍熔炼方式,无法生产大单重铸锭,最大不超过5T,主要是电渣重熔炉设备限制,无法制备大单重宽度镍卷;真空自耗电弧炉一般用于熔炼钛及钛合金铸锭,用于熔炼镍锭易在镍锭的上部产生内部气孔及上部中心部位深缩孔,为此,基于真空自耗电弧炉,需要对其熔炼工艺进行改进,使其满足大单重镍卷的制备要求。

发明内容

[0003] 本发明解决的技术问题:提供一种10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺,基于真空自耗电弧熔炼炉对制备的大单重镍电极采用二次熔炼方式进行熔炼,并对熔炼时的技术参数进行优化改进,解决了传统制备工艺下大单重镍卷制备难度大易产生气孔、夹杂及深缩孔的问题,制备工艺简单,成本低,提高熔炼后镍锭质量和成品率,从而使得镍卷质量得到保证,特别适合大单重高质量宽幅镍卷产品的制备。

[0004] 本发明采用的技术方案:10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺,包括以下步骤:

[0005] 1) 原料:采用12.5吨纯度不低于99.96%的电解镍板,使用剪床裁剪成200~700mm宽度不一的镍板条;

[0006] 2) 自耗电电极制备:利用裁剪的电解镍板条制备两根自耗电电极,即7.7吨的尺寸为 $\Phi 700 \times 5000\text{mm}$ 的圆电极和4.8t的尺寸为 $\Phi 700 \times 3100\text{mm}$ 圆电极各一根;

[0007] 3) 熔炼:采用真空自耗电弧熔炼方式对两根圆电极进行两次熔炼,其中,第一次熔炼使用 $\Phi 760\text{mm}$ 铜制结晶器,第二次熔炼使用 $\Phi 840\text{mm}$ 铜制结晶器;

[0008] 4) 第一次扒皮、修磨:将熔炼所得的镍锭放置于车床上进行多道次车床扒皮,每次进刀量1~3mm,镍锭整体扒皮后局部表面缺陷处车削扒皮或砂轮打磨去除,处理部位应圆滑,无台坎和棱角,镍锭上表面缺陷位置的深宽比不大于1:6,处理深度不大于10mm,镍锭头部、底部倒角 $40 \times 50 \sim 70\text{mm}$;

[0009] 5) 取样、化学成份检测:在距镍铸锭头部和底部230~280mm范围内的外圆周壁上取屑状和块状试样,试样不得氧化,每份屑样数量不少于25g,取长度为100mm且直径为 $\Phi 3 \sim \Phi 5$ 的块状样,分析残余元素符合GB/T5235-2021标准;

[0010] 6) 冒口切除:对镍锭进行超声波探伤定位,锯床切除镍锭冒口;

[0011] 7) 锻造:采用自由锻方式对镍锭进行锻造,锻造时镍锭的加热温度为 1100°C ,锻造尺寸为 $\delta 160\text{mm} \times 1260\text{mm} \times L$,形成厚板坯;

[0012] 8) 第二次扒皮、修磨:采用多道次铣床对厚板坯进行扒皮,每次进刀量1~3mm,厚板坯应沿长度方向四边倒角,倒角为 $(5 \sim 20)\text{mm} \times 45^{\circ}$,厚板坯表面粗糙度的Ra值应不大于

3.2 μ m,整体扒皮后砂轮打磨去除厚板坯表面的局部缺陷,清理后的凹坑深度应不超过5mm,清除宽度和清除长度不得小于凹坑深度的10倍,要求修磨产生的凹坑边部与板面平滑过渡;

[0013] 9) 热轧:厚板坯热轧时的加热温度为1050℃~1150℃,且热轧后的尺寸为 $\delta 5.0\text{mm} \times 1300\text{mm} \times L$,形成厚镍卷;

[0014] 10) 去应力退火:对热轧后的厚镍卷在750℃~850℃连续退火;

[0015] 11) 表面处理:采用酸洗去除厚镍卷表面的氧化层;

[0016] 12) 冷轧:采用20辊冷轧机对表面处理后的厚镍卷进行冷轧,冷轧后的尺寸为 $\delta 1.0\text{mm} \times 1300\text{mm} \times L$ 或 $\delta 1.5\text{mm} \times 1300\text{mm} \times L$,形成薄镍卷;

[0017] 13) 退火:采用750℃~850℃氩气保护对冷轧后的薄镍卷进行连续退火;

[0018] 14) 表面处理:对退火后的薄镍卷进行酸洗处理至表面光亮化;

[0019] 15) 取样、性能检测:对表面处理后的薄镍卷头、尾部剪切取样,对其横向力学性能检测和纵向力学性能检测。

[0020] 上述步骤2)中,所述自耗电电极的制备步骤具体如下:

[0021] 2-1) 将裁剪的电解镍板条一层层平铺于造型架上,每铺一层,长度方向每块电解镍板条氩弧焊连接,其中,氩弧焊焊接时的电流为180-260A,氩气流量为10~15L/min,焊缝长度10mm;

[0022] 2-2) 绞链勒紧,使用宽度为50mm且厚度为3.0mm的打包条扎捆打包,打包条间隔为400mm,所述打包条为纯镍板条。

[0023] 进一步地,所述造型架包括底架,沿所述底架长度方向均布有多个弧形架,所述弧形架的开口朝上设置,且弧形架下端固定于底架上,裁剪的电解镍板条按照宽度由小到大再到小的铺设顺序在弧形架的弧形支撑面上铺设后进行焊接造型。

[0024] 进一步地,所述底架采用两个平行设置的侧立板和平行设于两个侧立板之间的纵杆,所述侧立板和纵杆上方均布有多个横杆,且与侧立板和纵杆固定连接的多个横杆将两个侧立板和纵杆固定连接为一体。

[0025] 进一步地,所述弧形架包括两个平行设置的立柱和开口朝上设置并与对应侧立柱侧壁固定连接的弧形板,两个所述立柱下端固定于对应侧的侧立板外壁上,所述弧形板下端与侧立板和纵杆固定连接,所述立柱内侧壁上固定有下端与纵杆侧壁固定连接的支撑杆。

[0026] 上述步骤3)中,第一次熔炼时,将 $\phi 700 \times 5000\text{mm}$ 的圆电极装入 $\phi 760\text{mm}$ 铜制结晶器中,使 $\phi 700 \times 5000\text{mm}$ 的圆电极焊接固定于辅助电极下端,待焊接位置冷却凝固后开炉熔炼, $\phi 700 \times 5000\text{mm}$ 的圆电极全部熔炼完毕后,冷却两小时左右后打开炉盖,将 $\phi 700 \times 3100\text{mm}$ 圆电极装入 $\phi 760\text{mm}$ 铜制结晶器内,并使 $\phi 700 \times 3100\text{mm}$ 焊接固定于辅助电极下端,待焊接位置冷却凝固后开炉熔炼,待 $\phi 700 \times 3100\text{mm}$ 熔炼完毕后,静置冷却至少7小时后出炉,完成两根圆电极的第一次熔炼;

[0027] 将第一次熔炼后所得的镍锭车床平头后,装入 $\phi 840\text{mm}$ 铜制结晶器内,将镍锭焊接固定于辅助电极下端,待焊接位置冷却凝固后开炉熔炼,直至镍锭全部熔炼完毕,静置不少于10个小时后出炉,完成第二次熔炼。

[0028] 进一步地,所述辅助电极与 $\phi 700 \times 5000\text{mm}$ 的圆电极和 $\phi 700 \times 3100\text{mm}$ 圆电极焊接

前真空自耗电弧熔炼炉内的真空度 $\leq 1\text{Pa}$,辅助电极分别与两个圆电极焊接时的焊接电流为 $3\sim 12\text{kA}$,焊接电压为 $20\sim 40\text{V}$,焊接后的冷却时间 $\geq 30\text{min}$ 。

[0029] 进一步地,所述二次熔炼时辅助电极与第一次熔炼后所得的镍锭焊接前真空自耗电弧熔炼炉内的真空度 $\leq 1\text{Pa}$,焊接电流为 $4\sim 12\text{kA}$,焊接电压为 $20\sim 40\text{V}$,焊接后的冷却时间 $\geq 30\text{min}$ 。

[0030] 进一步地,所述第一次熔炼前炉内真空度 $\leq 4\text{Pa}$,漏气率 $\leq 1\text{Pa}/\text{min}$,稳弧电流 10A ;熔炼稳定阶段的电流为 $15\sim 19\text{kA}$ 、电压为 $32\sim 38\text{V}$ 、真空度 $\leq 10\text{Pa}$,熔炼至距头部 80mm 处开始补缩,补缩阶段电流以 $2\text{KA}/\text{min}$ 速度降至 10KA ,再以 $1\text{KA}/\text{min}$ 速度降至 4KA ,使用 4KA 熔炼电流直到熔炼结束。

[0031] 进一步地,所述第二次熔炼前炉内真空度 $\leq 2\text{Pa}$,漏气率 $\leq 1\text{Pa}/\text{min}$,稳弧电流 12A ;熔炼稳定阶段的电流为 $25\sim 30\text{kA}$ 、电压为 $33\sim 40\text{V}$ 、真空度 $\leq 8\text{Pa}$,熔炼至距头部 150mm 处开始补缩,补缩阶段电流以 $2\text{KA}/\text{min}$ 速度降至 16KA 再以 $1\text{KA}/\text{min}$ 速度降至 4KA ,使用 4KA 熔炼电流直到熔炼结束。

[0032] 本发明与现有技术相比的优点:

[0033] 1、本技术方案基于真空自耗电弧熔炼炉对制备的大单重镍电极采用二次熔炼方式进行熔炼,并对技术参数进行优化改进,解决了传统制备工艺下大单重镍卷制备难度大易产生气孔、夹杂及深缩孔的问题,提高熔炼后镍锭质量和成品率;

[0034] 2、本技术方案裁剪的电解镍板条制备自耗电电极时,在底架和沿底架长度方向均布的多个弧形架支撑下,由弧形架的弧形面引导造型,提高造型质量,为保证自耗电电极所需的外轮廓形状的快速成型提供支撑定形条件;

[0035] 3、本技术方案在两根圆电极在真空自耗电弧熔炼炉内熔炼时,通过对熔炼参数进行优化,为镍锭质量的提高提供技术支持,为大单重镍卷制备提供条件;

[0036] 4、本技术方案制备工艺简单,成本低,使得镍卷质量得到保证,特别适合大单重高质量宽幅镍卷产品的制备。

附图说明

[0037] 图1为本发明造型架结构示意图。

具体实施方式

[0038] 下面将结合本发明实施例中的图1,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0039] 需要说明的是,在本文中,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下。由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0040] 10T级大单重宽幅镍卷的制备工艺,包括以下步骤:

[0041] 1) 原料:采用12.5吨纯度不低于99.96%的电解镍板,使用剪床裁剪成200~700mm宽度不一的镍板条,其中,镍板条的长度根据自耗电板的长度而定;

[0042] 2) 自耗电板制备:利用裁剪的电解镍板条制备两根自耗电板,即7.7吨的尺寸为 $\phi 700 \times 5000\text{mm}$ 的圆电极和4.8t的尺寸为 $\phi 700 \times 3100\text{mm}$ 圆电极各一根;所述自耗电板的制备步骤具体如下:

[0043] 2-1) 将裁剪的电解镍板条一层层平铺于造型架上,每铺一层,长度方向每块电解镍板条氩弧焊连接,其中,氩弧焊焊接时的电流为180-260A,氩气流量为10~15L/min,焊缝长度10mm,保证焊接位置的焊接质量;

[0044] 2-2) 绞链勒紧,使用宽度为50mm且厚度为3.0mm的打包条扎捆打包,打包条间隔为400mm,所述打包条为纯镍板条;

[0045] 如图1所示,造型架1的具体结构如下:所述造型架1包括底架1-1,沿所述底架1-1长度方向均布有多个弧形架1-2,所述弧形架1-2的开口朝上设置,且弧形架1-2下端固定于底架1-1上,裁剪的电解镍板条按照宽度由小到大再到小的铺设顺序在弧形架1-2的弧形支撑面上铺设后进行焊接造型;具体的,所述底架1-1采用两个平行设置的侧立板1-11和平行设于两个侧立板1-11之间的纵杆1-12,所述侧立板1-11和纵杆1-12上方均布有多个横杆1-13,且与侧立板1-11和纵杆1-12固定连接的多个横杆1-13将两个侧立板1-11和纵杆1-12固定连接为一体;具体的,所述弧形架1-2包括两个平行设置的立柱1-21和开口朝上设置并与对应侧立柱1-21侧壁固定连接的弧形板1-22,两个所述立柱1-21下端固定于对应侧的侧立板1-11外壁上,所述弧形板1-22下端与侧立板1-11和纵杆1-12固定连接,所述立柱1-21内侧壁上固定有下端与纵杆1-12侧壁固定连接的支撑杆1-23;在圆电极造型时,根据圆电极长度,选用与其长度相同的镍板条,按照宽度由小到大再到小的顺序从下开始铺设,每铺设一层,将其与对应侧的镍板条焊接固定,在弧形板1-22弧形面的支撑引导作用下,焊接后形成圆电极;

[0046] 3) 熔炼:采用真空自耗电弧熔炼方式对两根圆电极进行两次熔炼,其中,第一次熔炼使用 $\phi 760\text{mm}$ 铜制结晶器,第二次熔炼使用 $\phi 840\text{mm}$ 铜制结晶器;采用两次熔炼具有如下优点:(1)可保证气体排放更加充分,大大减少镍铸锭内部气孔形成条件;(2)有害残余元素在高温熔炼下易于挥发从而达到提纯效果;(3)两次熔炼也使铸锭的成分更加均匀;

[0047] 具体的,第一次熔炼时,将 $\phi 700 \times 5000\text{mm}$ 的圆电极装入 $\phi 760\text{mm}$ 铜制结晶器中,使 $\phi 700 \times 5000\text{mm}$ 的圆电极焊接固定于辅助电极下端,待焊接位置冷却凝固后开炉熔炼, $\phi 700 \times 5000\text{mm}$ 的圆电极全部熔炼完毕后,冷却两小时左右后打开炉盖,将 $\phi 700 \times 3100\text{mm}$ 圆电极装入 $\phi 760\text{mm}$ 铜制结晶器内,并使 $\phi 700 \times 3100\text{mm}$ 焊接固定于辅助电极下端,待焊接位置冷却凝固后开炉熔炼,待 $\phi 700 \times 3100\text{mm}$ 熔炼完毕后,静置冷却至少7小时后出炉,完成两根圆电极的第一次熔炼;具体的,所述辅助电极与 $\phi 700 \times 5000\text{mm}$ 的圆电极和 $\phi 700 \times 3100\text{mm}$ 圆电极焊接前真空自耗电弧熔炼炉内的真空度 $\leq 1\text{Pa}$,辅助电极分别与两个圆电极焊接时的焊接电流为3~12kA,焊接电压为20~40V,焊接后的冷却时间 $\geq 30\text{min}$;所述第一次熔炼前炉内真空度 $\leq 4\text{Pa}$,漏气率 $\leq 1\text{Pa}/\text{min}$,稳弧电流10A;熔炼稳定阶段的电流为15~19kA、电压为32~38V、真空度 $\leq 10\text{Pa}$,熔炼至距头部80mm处开始补缩,补缩阶段电流以2KA/min速度降至10KA,再以1KA/min速度降至4KA,使用4KA熔炼电流直到熔炼结束;

[0048] 将第一次熔炼后所得的镍锭车床平头后,装入 $\phi 840\text{mm}$ 铜制结晶器内,将镍锭焊接

固定于辅助电极下端,待焊接位置冷却凝固后开炉熔炼,直至镍锭全部熔炼完毕,静置不少于10个小时后出炉,完成第二次熔炼;所述二次熔炼时辅助电极与第一次熔炼后所得的镍锭焊接前真空自耗电弧熔炼炉内的真空度 $\leq 1\text{Pa}$,焊接电流为4~12kA,焊接电压为20~40V,焊接后的冷却时间 $\geq 30\text{min}$;所述第二次熔炼前炉内真空度 $\leq 2\text{Pa}$,漏气率 $\leq 1\text{Pa/min}$,稳弧电流12A;熔炼稳定阶段的电流为25~30kA、电压为33~40V、真空度 $\leq 8\text{Pa}$,熔炼至距头部150mm处开始补缩,补缩阶段电流以2KA/min速度降至16KA再以1KA/min速度降至4KA,使用4KA熔炼电流直到熔炼结束;

[0049] 真空自耗电弧熔炼过程中电弧温度高达到1600-1800℃,电极在电弧作用下熔化,同时排放气体,而熔池中金属液体又会吸附环境气体,采用的本方案中电流和电压参数就是要适度减慢熔化速度,熔炼过程缓慢放气,同时放出的气体能够及时通过真空系统抽排,保证熔炼过程中处于相对纯净的环境状态,从而消除镍铸锭中的气孔缺陷;

[0050] 稳弧电流参数设置相对较大是基于金属镍的比重较大考虑,本方案中稳弧电流能够使熔池中液态金属在电磁搅拌的作用下充分流动,从而最终保证镍铸锭成分的均匀性。

[0051] 真空自耗电弧熔炼结晶器采用外部水冷,结晶器内部金属液体先边部后心部的顺序逐渐凝固,边部液态金属凝固体积收缩不断吸收心部的液态金属补充,从而在铸锭上部的横截面中心位置形成孔洞,本方案中采用的补缩工艺旨在熔炼后期放慢熔化速度,在边部金属逐渐凝固过程中持续补充心部液态金属,从而大大缩小中心孔洞的深度,从而提高铸锭成品率;

[0052] 4) 第一次扒皮、修磨:将熔炼所得的镍锭放置于车床上进行多道次车床扒皮,每次进刀量1~3mm,镍锭整体扒皮后局部表面缺陷处车削扒皮或砂轮打磨去除,处理部位应圆滑,无台坎和棱角,镍锭上表面缺陷位置的深宽比不大于1:6,处理深度不大于10mm,镍锭头部、底部倒角 $40\times 50\sim 70\text{mm}$;

[0053] 5) 取样、化学成份检测:在距镍铸锭头部和底部230~280mm范围内的外圆周壁上取屑状和块状试样,试样不得氧化,每份屑样数量不少于25g,取长度为100mm且直径为 $\phi 3\sim \phi 5$ 的块状样,分析残余元素符合GB/T5235-2021标准;

[0054] 6) 冒口切除:对镍锭进行超声波探伤定位,锯床切除镍锭冒口;

[0055] 7) 锻造:采用自由锻方式对镍锭进行锻造,锻造时镍锭的加热温度为1100℃,锻造尺寸为 $\delta 160\text{mm}\times 1260\text{mm}\times L$,形成厚板坯;

[0056] 8) 第二次扒皮、修磨:采用多道次铣床对厚板坯进行扒皮,每次进刀量1~3mm,厚板坯应沿长度方向四边倒角,倒角为 $(5\sim 20)\text{mm}\times 45^\circ$,厚板坯表面粗糙度的Ra值应不大于 $3.2\mu\text{m}$,整体扒皮后砂轮打磨去除厚板坯表面的局部缺陷,清理后的凹坑深度应不超过5mm,清除宽度和清除长度不得小于凹坑深度的10倍,要求修磨产生的凹坑边部与板面平滑过渡;

[0057] 9) 热轧:厚板坯热轧时的加热温度为1100℃,且热轧后的尺寸为 $\delta 5.0\text{mm}\times 1300\text{mm}\times L$,形成厚镍卷;

[0058] 10) 去应力退火:对热轧后的厚镍卷在800℃连续退火;

[0059] 11) 表面处理:采用酸洗去除厚镍卷表面的氧化层;

[0060] 12) 冷轧:采用20辊冷轧机对表面处理后的厚镍卷进行冷轧,冷轧后的尺寸为 $\delta 1.0\text{mm}\times 1300\text{mm}\times L$ 或 $\delta 1.5\text{mm}\times 1300\text{mm}\times L$,形成薄镍卷;

[0061] 13)退火:采用800℃氩气保护对冷轧后的薄镍卷进行连续退火;

[0062] 14)表面处理:对退火后的薄镍卷进行酸洗处理至表面光亮化;

[0063] 15)取样、性能检测:对表面处理后的薄镍卷头、尾部剪切取样,对其横向力学性能检测和纵向力学性能检测。

[0064] 本技术方案基于真空自耗电弧熔炼炉对制备的大单重镍电极采用二次熔炼方式进行熔炼,并对技术参数进行优化改进,解决了传统制备工艺下大单重镍卷制备难度大易产生气孔、夹杂及深缩孔的问题,提高熔炼后镍锭质量和成品率;裁剪的电解镍板条制备自耗电电极时,在底架和沿底架长度方向均布的多个弧形架支撑下,由弧形架的弧形面引导造型,提高造型质量,为保证自耗电电极所需的外轮廓形状的快速成型提供支撑定形条件;在两根圆电极在真空自耗电弧熔炼炉内熔炼时,通过对熔炼参数进行优化,为镍锭质量的提高提供技术支持,为大单重镍卷制备提供条件;制备工艺简单,成本低,使得镍卷质量得到保证,特别适合大单重高质量宽幅镍卷产品的制备。

[0065] 对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

[0066] 此外,应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

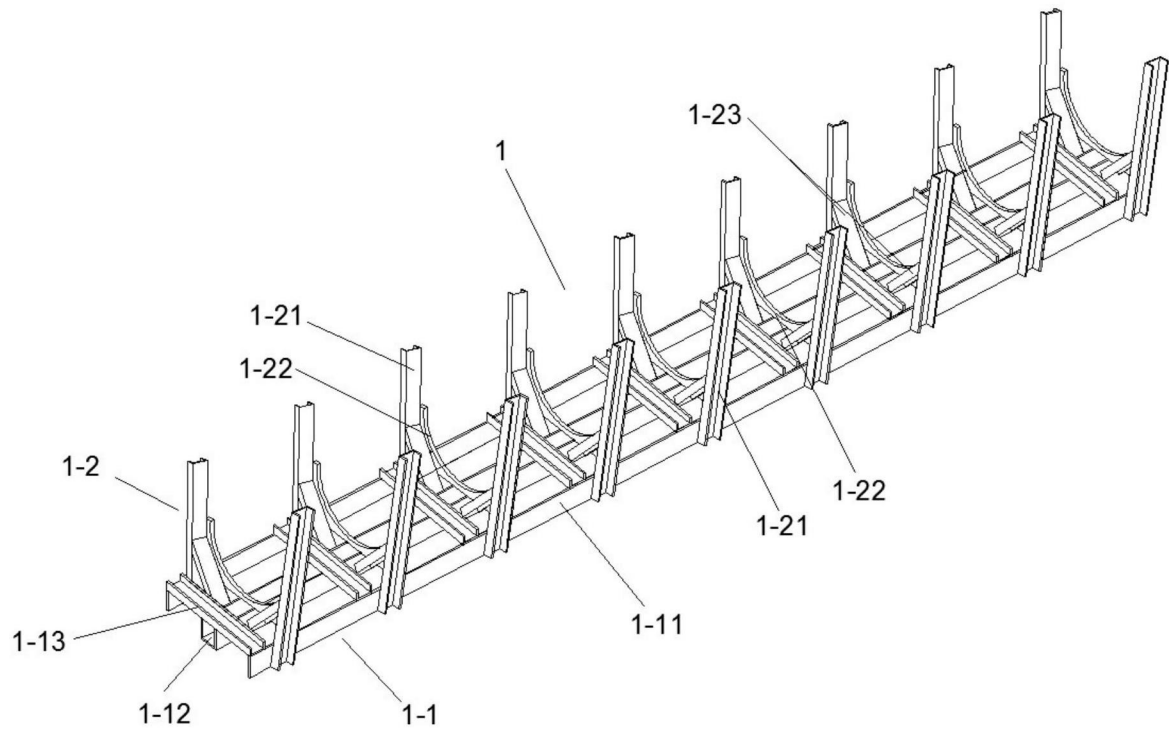


图1