



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109440045 A

(43)申请公布日 2019.03.08

(21)申请号 201811635373.0

G23C 4/02(2006.01)

(22)申请日 2018.12.29

(71)申请人 日照钢铁控股集团有限公司

地址 276800 山东省日照市岚山区虎山镇
沿海路600号日照钢铁控股集团有限
公司

(72)发明人 张淑东 穆允全 王子檀 张京忠
孙汉勇 史凯

(74)专利代理机构 上海宣宣专利代理事务所
(普通合伙) 31288

代理人 刘颖

(51)Int.Cl.

G23C 4/123(2016.01)

G23C 4/073(2016.01)

G23C 4/10(2016.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54)发明名称

一种电磁感应加热线圈超薄防护工艺

(57)摘要

本发明公开了一种电磁感应加热线圈超薄防护工艺,属于钢铁制造领域基材防护领域,其特征在于:在预处理后的电磁感应加热线圈外依次预热,喷涂粘结层、过渡层、工作层。与现有技术相比较,本发明最终防护层厚度 $\leq 1\text{mm}$,增加了工艺通道,且具备良好的高温绝缘性能及耐磨性,不开裂、抗热震,且不影响线圈加热效率。

1. 一种电磁感应加热线圈超薄防护工艺,其特征在于,防护步骤包括:
S1、线圈预处理:采用超净喷砂去除线圈表面杂物;
S2、预热:对工件进行预热,工件温度不高于180℃;
S3、喷涂粘结层:粘结层需喷涂1-2遍,最终厚度为0.1-0.15mm;
S4、喷涂过渡层:过渡层需喷涂1-2遍,最终厚度为0.1-0.15mm;
S5、喷涂工作层:使用含有氧化铝或氧化锆的涂层,工作层需要喷涂5-6遍,最终厚度为0.4-0.55mm。
2. 根据权利要求1所述的电磁感应加热线圈超薄防护工艺,其特征在于:所述S1处理后的线圈表面清洁度达到Sa3.0;表面粗糙度 $R_z \geq 100\mu\text{m}$ 。
3. 根据权利要求1所述的电磁感应加热线圈超薄防护工艺,其特征在于:所述S3中的粘结层为镍铬铝钎涂层。
4. 根据权利要求1所述的电磁感应加热线圈超薄防护工艺,其特征在于:所述S4中的过渡层为镍包氧化铝或镍包氧化锆类。
5. 根据权利要求1~4中所述的任意一种电磁感应加热线圈超薄防护工艺,其特征在于:步骤还包括:S6喷涂封闭层;封闭层需喷涂1-2遍,最终厚度为0.1-0.15mm。
6. 根据权利要求5中所述的一种电磁感应加热线圈超薄防护工艺,其特征在于:所述的S6封孔处理所使用的封孔剂的工作温度需要不小于1200℃。

一种电磁感应加热线圈超薄防护工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及一种防护技术,特别是一种ESP生产线电磁感应加热线圈超薄防护技术。

背景技术

[0002] ESP生产线无加热炉设计,为减少中间坯温降,保证轧制温度,设计采用电磁线圈感应加热的工艺设备。现有的常规电磁感应线圈使用的刚玉类耐材浇筑防护技术,但由于ESP工艺特性,产线电磁感应炉工作电压3000V、最大炉内温度达1200℃、单组功率3MW,升温速率高,刚玉类耐材在该种连续高热辐射、高电压、强热震、空气湿度大的工况环境下,存在寿命短、效果差、浇筑厚度大、容易开裂,维护困难等缺陷,严重制约正常生产需求。除此以外,由于空间受限,为保证正常工艺通道,浇筑耐材厚度要 $\leq 15\text{mm}$,而且厚度控制的越好,工艺通道空间越充分,适用面越广。此外,厚度控制的越好,也给电磁感应加热线圈的结构改良提供了空间,减少了热损耗。

[0003] 而刚玉耐材抗热震性能差,强度、抗侵蚀能力较差,当厚度小于10mm时,在热震、环境潮湿等综合作用下耐材易出现裂纹、脱落。耐材裂纹进入氧化铁后会导致线圈绝缘性能下降或发生线圈局部放电短路、脱落的耐材会划伤中间坯表面,影响产品质量。刚玉类耐材浇筑防护技术下,耐材使用寿命不稳定,仅为7-30天,故障率高、线圈修护任务繁重。

发明内容

[0004] 本发明的技术任务是针对以上现有技术的不足,提供一种超薄的电磁感应加热线圈防护技术,以期在厚度 $\leq 1\text{mm}$ 的情况下,提高对线圈本体的防护能力,减少线圈维修维护量,避免防护材料脱落、避免发生产品质量事故。

[0005] 本发明解决其技术问题的技术方案是:一种电磁感应加热线圈超薄防护工艺,其特征在于,防护步骤包括:

[0006] S1、线圈预处理:采用超净喷砂去除线圈表面杂物;

[0007] S2、预热:对工件进行预热,工件温度不高于180℃;

[0008] S3、喷涂粘结层:粘结层需喷涂1-2遍,最终厚度为0.1-0.15mm;

[0009] S4、喷涂过渡层:过渡层需喷涂1-2遍,最终厚度为0.1-0.15mm;

[0010] S5、喷涂工作层:使用含有氧化铝或氧化锆的涂层,工作层需要喷涂5-6遍,最终厚度为0.4-0.55mm。

[0011] 上述S1处理后的线圈表面清洁度达到Sa3.0;表面粗糙度 $R_z \geq 100\mu\text{m}$ 。

[0012] 上述S3中的粘结层为镍铬铝钎涂层。

[0013] 上述S4中的过渡层为镍包氧化铝或镍包氧化锆类。

[0014] 优化方案中,步骤还包括:S6喷涂封闭层;封闭层需喷涂1-2遍,最终厚度为0.1-0.15mm。其中,所述的S6封孔处理所使用的封孔剂的工作温度需要不小于1200℃。

[0015] 与现有技术相比较,本发明具有以下突出的有益效果:

[0016] 1、本发明工艺有效的提高了对线圈本体的防护能力,具备良好的常温绝缘性能及高温绝缘性能:绝缘温度1200℃以上,抗高温氧化能力强,耐压电压首尾为3000V,匝间电压1500V,并且不影响线圈加热效率;

[0017] 2、本发明最终防护层厚度 $\leq 1\text{mm}$,确保正常工艺通道,给电磁感应加热线圈的结构改良提供了空间,减少了热损耗;

[0018] 3、本发明防护层导热系数低可以维持线圈持续加热作业,减少线圈维修维护量,改进后寿命提高至6个月,年节省备件费用138万元。

[0019] 4、本发明防护层与线圈本体结合力强,具备一定的强度及耐磨性,不开裂、抗热震,可抵抗中间坯头尾刮蹭冲击,避免防护材料脱落、避免发生产品质量事故,年节省费用252万元。

具体实施方式

[0020] 本发明为一种超薄的电磁感应加热线圈防护技术,下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。实施例中未注明具体技术或条件者,按照本领域内的文献所描述的技术或条件或者按照产品说明书进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市购获得的常规产品。

[0021] 本发明的技术工艺步骤为:

[0022] S1、线圈预处理:采用超净喷砂去除线圈表面杂物,该步骤可以提高线圈表面积,使其表面清洁度达到Sa3.0;表面粗糙度 $R_z \geq 100\mu\text{m}$ 。

[0023] S2、预热:采用电加热法或火焰加热法进行预热,工件温度不高于180℃。其目的在于消除工作表面的水分和湿气;提高喷涂粒子与工件接触时的界面温度;减少因工件热膨胀造成的涂层应力,避免涂层开裂,提高涂层与基材的结合强度。

[0024] S3、喷涂粘结层:喷涂粘结层的目的为在线圈表面形成具有一定粘结强度、洁净、粗糙、活性高的涂层,主要提高涂层高温抗氧化作用,增强涂层与基体之间的结合力。粘结层需喷涂1-2遍,最终厚度约为0.1-0.15mm。

[0025] S4、喷涂过渡层:喷涂过渡层的目的在于增加抗化学腐蚀、耐磨、抗氧化等能力。过渡层需喷涂1-2遍,最终厚度约为0.1-0.15mm。

[0026] S5、喷涂工作层:使用含有氧化铝或氧化锆的涂层,具有硬度高、耐蚀、耐磨、耐热、绝缘的特点,作用是减缓高温对工作层的热冲击,可以减小升温速度过快而产生的应力。工作层需要喷涂5-6遍,最终厚度约为0.4-0.55mm。

[0027] S6、喷涂封闭层,涂层的后处理工序,根据工作层成分及工况需求为了防止介质进入涂层到达基材需进行封孔处理。封孔处理所使用的封孔剂的工作温度需要不小于1200℃。封闭层需喷涂1-2遍,最终厚度约为0.1-0.15mm。

[0028] 热喷涂涂层总厚度0.7-1mm,施工中需多次喷涂,直至目标厚度。多次喷涂可有效减少内应力,可以增强抗热震性能。

[0029] 实施例1

[0030] 本发明实施例1的技术工艺步骤为:

[0031] S1、线圈预处理:采用超净喷砂去除线圈表面杂物,该步骤可以提高线圈表面积,使其表面清洁度达到Sa3.0;表面粗糙度 $R_z \geq 100\mu\text{m}$ 。

[0032] 优化方案中,在所述的超净喷砂工序之前,还包括:

[0033] (1) 铜线圈校正,根据设计图纸要求,对线圈外形进行校正,保证各尺寸符合设计标准。

[0034] (2) 水系统密封测试:用试水泵检查铜线圈是否漏水,测试压力为10bar。

[0035] S2、预热:采用电加热法进行预热,工件温度不高于180℃,本实施例中为180℃。

[0036] S3、喷涂粘结层:所述的粘结层为镍铬铝钇涂层,其具体为含镍、铬、铝和钇元素的四元系抗高温热腐蚀涂层。粘结层需喷涂2遍,最终厚度约为0.15mm。

[0037] S4、喷涂过渡层:喷涂镍包氧化铝或镍包氧化锆类做过渡层,增加抗化学腐蚀、耐磨、抗氧化等能力。本实施例中为镍包氧化锆。过渡层需喷涂2遍,最终厚度约为0.15mm。

[0038] S5、喷涂工作层:所谓的工作层具有绝缘耐高温作用,其目的为减缓高温对线圈的热冲击,可以减小升温速度过快而产生的应力。使用氧化铝或氧化锆涂层,具有硬度高、耐蚀、耐磨、耐热、绝缘的特点,作用是减缓高温对工作层的热冲击,可以减小升温速度过快而产生的应力。本实施例中为氧化锆涂层。工作层需要喷涂6遍,最终厚度约为0.55mm。

[0039] S6、喷涂封闭层:所谓的封孔剂的工作温度需要不小于1200℃。本实施例选用的是耐高温密封抗氧化纳米陶瓷涂料(GN-207D),该封孔剂为市售产品,作为封孔剂可耐1200~1400℃。封闭层需喷涂2遍,最终厚度约为0.15mm。

[0040] 热喷涂各涂层,涂层总厚度1mm,施工中需多次喷涂,直至目标厚度。

[0041] 实施例2

[0042] S1、线圈预处理:同实施例1。

[0043] S2、预热:采用火焰加热法进行预热,工件温度不高于180℃,本实施例中为120℃。

[0044] S3、喷涂粘结层:同实施例1,采用的是热喷涂方式。粘结层需喷涂2遍,最终厚度约为0.15mm。

[0045] S4、喷涂过渡层:喷涂镍包氧化铝,采用的是热喷涂方式。过渡层需喷涂1遍,最终厚度约为0.1mm。

[0046] S5、喷涂工作层:所述的工作层溶质成分包括氧化铝、莫来石、氧化硅的复合物。具体来讲,包括氧化铝、莫来石、氧化硅微粉。氧化硅微粉为烟尘粉,粒度 $<1\mu\text{m}$,莫来石微粉 $<5\mu\text{m}$,氧化铝为 $<5\mu\text{m}$ 的粉料。粉料中氧化铝:莫来石:氧化硅=6:14:15。粉料按设定质量比混合后研磨均匀,然后在110℃干燥1h,得到混合粉体。采用半干法喷涂或者湿法喷涂将混合粉体制备在过渡层以上,其中所加入的液体为目的为将混合粉体形成可以喷涂的湿组合物混合物,本实施方案中为水,其固液比例以喷涂工具操作实施的需求参数为准,此处不再具体限制。共喷涂5次:首层0.06~0.1mm,刷涂结束后,进行烘干处理,烘干温度200℃、4小时;其余各层刷涂厚度为0.1~0.12mm,直至工作层最终厚度约为0.5mm。每层刷涂结束后,进行高温处理,所述的高温处理具体为以5~7℃/分钟的速度升温,最终加热到1000℃,保温1小时。而后以3~4℃/分钟速度降温到室温进行后续工序处理。该工艺逐层热处理,与热喷涂工艺或者其他热加工工艺中去应力退火比较,在本工艺逐层热处理,意义并不在于去应力,而是 Al_2O_3 、 SiO_2 、莫来石之间微观空间结构的变化,本工艺条件下 Al_2O_3 、 SiO_2 并不会发生莫来石化反应,首层与过渡层良好附着,逐次1000℃下加热,并不会改变其显微结构,而仅仅是促进 Si^{4+} 和 Al^{3+} 在莫来石层晶格内的互扩散,通过控制煅烧时间来控制扩散速度,有助于后期工作层耐高温和增强导热性,增加了强度和抗热震能力。所述的高温处理需要气

氛保护,本实施例具体保护气氛为氩气。

[0047] S6、喷涂封闭层:同实施例1,采用的是热喷涂方式。由于工作层有孔结构的改良,因此封闭层需喷涂1遍,最终厚度约为0.1mm。

[0048] 本实施例涂层总厚度0.85mm。

[0049] 实施例3

[0050] S1、线圈预处理:同实施例1。

[0051] S2、预热:采用火焰加热法进行预热,工件温度不高于180℃,本实施例中为150℃。

[0052] S3、喷涂粘结层:同实施例1,采用的是热喷涂方式。粘结层需喷涂1遍,最终厚度约为0.1mm。

[0053] S4、喷涂过渡层:喷涂镍包氧化铝,采用的是热喷涂方式。过渡层需喷涂2遍,最终厚度约为0.15mm。

[0054] S5、喷涂工作层:工作层溶质粉料包括氧化铝、莫来石、氧化硅微粉、石墨烯微粉。氧化硅微粉、石墨烯微粉,粒度 $<1\mu\text{m}$,莫来石微粉、氧化铝,粒度 $<5\mu\text{m}$ 的粉料。粉料中氧化铝:莫来石:氧化硅:石墨烯=6:10:15:2。粉料按设定质量比混合后研磨均匀,然后在110℃干燥1h,得到混合粉体。采用湿法喷涂将混合粉体制备在过渡层以上,其中所加入的液体为目的是将混合粉体形成可以喷涂的湿组合物混合物,本实施方案中为水,其固液比例以喷涂工具操作实施的需求参数为准,此处不再具体限制。共喷涂5次:首层0.06~0.1mm,刷涂结束后,进行烘干处理,烘干温度200℃、4小时;其余各层刷涂厚度为0.1~0.12mm,直至工作层最终厚度约为0.5mm。每层刷涂结束后,进行高温处理,所述的高温处理具体为以5~7℃/分钟的速度升温,最终加热到1000℃,保温1小时,而后以3~4℃/分钟速度降温到室温进行后续工序处理。所述的高温处理需要气氛保护,本实施例具体保护气氛为氩气。

[0055] 中高温下,石墨烯的电子结构可以调变预合成莫来石表面的空间形式,促进了 $\text{Si}4+$ 和 $\text{Al}3+$ 在莫来石层晶格内原位共生反应,并且石墨烯导热性能极佳,热稳定性好。石墨烯的导电性存在各向异性,其面向导电性好,垂直面向的导电性相对较差,而基质中与莫来石能形成网状的结合相,莫来石的引导性破坏了石墨烯本身的面相导电性,在氧化铝:莫来石:氧化硅:石墨烯=6:10:15:2的比例情况下,不会影响工作层的绝缘性。石墨烯与莫来石中高温下形成网状的结合相,并且有助于提高复合材料的致密度,提高了同样厚度下的力学性能。

[0056] 本实施例涂层总厚度0.75mm。

[0057] 实施例3强度大、体积稳定性好和抗热震性高,无需封闭层,因此厚度小于实施例1~2,可以提供更大的工作空间。

[0058] 经由实施例1~3防护处理后的电磁感应加热线圈和20mm浇筑耐材(刚玉)、10mm浇筑耐材(刚玉)防护比较。在温度1200~1300℃,电压首尾为3000V,匝间电压1500V的工况下,可以实现原有厚度20mm浇筑耐材(刚玉)的绝缘耐压性能,但是线圈加热效率明显优于20mm浇筑耐材(刚玉)。在高热震条件下(1400℃)10mm浇筑耐材(刚玉)防护方法有效循环仅为4次,20mm浇筑耐材(刚玉)为11次,实施例1~3分别为32、39、41次。实际工作中,经由实施例1~3防护处理后的电磁感应加热线圈均能够抵抗中间坯头尾刮蹭冲击,使用寿命大大延长,尤其是实施例2、3处理后的电磁感应加热线圈可以实现6个月零维修,使用寿命远远高于现有技术的7-30天。且实施例1~3将防护层控制到 $\leq 1\text{mm}$,达到了原有防护层20mm的效

果,给电磁感应加热线圈的结构或者外观改良提供了前提和保障。

[0059] 实施例1~3步骤中镍铬铝钇涂层原料、镍包氧化铝或镍包氧化锆涂层原料、氧化铝或氧化锆涂层原料和实施例1-2中耐高温密封抗氧化纳米陶瓷涂料(广纳纳米GN-207D)均为现有技术,涂料为可通过市购获得的常规产品,所述的半干法/湿法喷涂料中粉料制备涂料液还可以根据情况加入的本领域常规外加剂(如共研时加入分散剂,混浆时加入粘合剂等)。具体的喷涂操作可以按照本领域内的文献所描述的技术或条件或者按照产品说明书进行,并不特殊说明之处。

[0060] 需要说明的是,本发明的特定实施方案已经对本发明进行了详细描述,对于本领域的技术人员来说,在不背离本发明的精神和范围的情况下对它进行的各种显而易见的改变都在本发明的保护范围之内。