



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115304363 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 18

(21) 申请号 202210961324.6

C04B 35/622 (2006.01)

(22) 申请日 2022.08.11

C04B 35/63 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

C04B 35/634 (2006.01)

申请公布号 CN 115304363 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2022.11.08

CN 101462859 A, 2009.06.24

(73) 专利权人 昆明理工大学

CN 106065211 A, 2016.11.02

地址 650500 云南省昆明市一二一大街文
昌路68号

CN 103923502 A, 2014.07.16

CN 112299814 A, 2021.02.02

CN 101693791 A, 2010.04.14

(72) 发明人 姜庆伟 严光茂 冯晶 汪俊
张晓青 张守健

CN 105017822 A, 2015.11.04

CN 113355025 A, 2021.09.07

DE 102006056427 A1, 2008.05.29

(74) 专利代理机构 昆明知道专利事务所(特殊
普通合伙) 53116

中国机械工程学会热处理学会.《热处理手
册,第三卷,热处理设备和工辅材料》.机械工业
出版社,2013,第678页.

专利代理师 邓菁菁

审查员 张金苗

(51) Int. Cl.

C04B 35/14 (2006.01)

C04B 35/66 (2006.01)

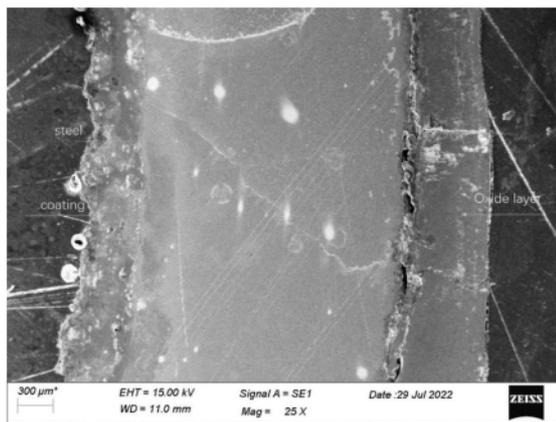
权利要求书1页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

一种耐热钢抗氧化保护涂层材料及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种耐热钢抗氧化保护涂层材料及其制备方法,所述涂层材料由配比为1:1-2.5的粉料和液料组成,其中,所述粉料由以下重量份的原料组成:观音土0.5-5份、水泥3-10份、碳酸钙5-15份、二氧化硅30-55份、三氧化二铝10-20份、碳化硅3-10份、氧化镁5-15份、二氧化锆3-10份、氧化钛3-10份、玻璃粉2-6份、氧化硼2-6份、氯化钠0.2-1份、碳粉5-15份;所述液料由以下重量份的原料组成:波美度为21.9-41.2的钠水玻璃100-150份、10%-30%的聚乙烯醇溶液5-10份、50%-70%的磷酸二氢铝水溶液10-20份。其制备方法是:将液料与粉料按照配比混合均匀得到目标涂层材料。本发明涂层材料原料中引入了水泥和玻璃粉,在降低成本的同时,极大的提高了涂层的耐高温性和钢基体的抗氧化性,喷涂时不需太厚,即可起到很好的保护效果。



1. 一种耐热钢抗氧化保护涂层材料,其特征在于,由粉料和液料按重量比1:1-2.5组成;其中,粉料由以下重量份的原料组成:观音土0.5-5份、水泥3-10份、碳酸钙5-15份、二氧化硅30-55份、三氧化二铝10-20份、碳化硅3-10份、氧化镁5-15份、二氧化锆3-10份、氧化钛3-10份、玻璃粉2-6份、氧化硼2-6份、氯化钠0.2-1份、碳粉5-15份,所述水泥为铝酸钙水泥;液料由以下重量份的原料组成:波美度为21.9-41.2的钠水玻璃100-150份、10%-30%的聚乙烯醇溶液5-10份、50%-70%的磷酸二氢铝水溶液10-20份;制备方法按以下步骤:

1) 按照液料配比称取钠水玻璃、聚乙烯醇溶液、磷酸二氢铝水溶液,将钠水玻璃置于烧杯中放在机械搅拌机上加热并搅拌10-30min,然后将聚乙烯醇溶液、磷酸二氢铝水溶液依次间隔20-50分钟加入钠水玻璃中,保持温度不变,继续搅拌30-60min后得到液料;

2) 按照粉料配比将观音土、水泥、碳酸钙、二氧化硅、三氧化二铝、碳化硅、氧化镁、二氧化锆、氧化钛、玻璃粉、氧化硼、氯化钠、碳粉混合放入球磨罐中并加入无水乙醇作为助磨剂,于球磨机按转速300-1000r/min球磨50-600min得到浆料,烘干后得到粉料;

3) 将液料与粉料按照配比混合均匀得到所述的耐热钢抗氧化保护涂层材料。

2. 根据权利要求1所述的耐热钢抗氧化保护涂层材料,其特征在于,所述三氧化二铝粒径为10-20 μm ,所述二氧化硅的粒径为2-15 μm 。

3. 根据权利要求1所述的耐热钢抗氧化保护涂层材料,其特征在于,步骤1)中钠水玻璃的加热温度为30-80 $^{\circ}\text{C}$,搅拌速度为200-850r/min。

4. 根据权利要求1所述的耐热钢抗氧化保护涂层材料,其特征在于,步骤2)中浆料的烘干温度为60-80 $^{\circ}\text{C}$,烘干时间为24-36h。

5. 根据权利要求1所述的耐热钢抗氧化保护涂层材料,其特征在于,步骤3)中混合均匀方法为:向液料中逐渐加入粉料并采用电动搅拌棒搅拌,搅拌速度为500-1000r/min。

6. 根据权利要求5所述的耐热钢抗氧化保护涂层材料,其特征在于,在将粉料与液料搅拌过程中适量加水进行粘度调节使得到的涂层材料呈均匀粘稠流动状。

一种耐热钢抗氧化保护涂层材料及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于涂层材料技术领域,具体涉及一种耐热钢抗氧化保护涂层材料及其制备方法。

背景技术

[0002] 耐热钢是指在高温下工作的钢材,由于使用的温度和所承受的应力不同,以及所处环境各异,因此采用的钢材种类也有所不同。如前所述,高温是个相对概念,例如,最早在锅炉和加热炉中使用的材料是低碳钢,使用温度一般是200℃左右,压力仅为8个大气压,就是发展出来的锅炉钢,如20G,使用温度也不超过450℃,工作压力不超过60大气压。随着各类动力装置的使用温度不断提高,工作压力的迅速增加,现代耐热钢的使用温度已高达700℃,使用环境也变得更加复杂与严苛。由此可见,耐热钢的使用温度范围从200-800℃,工作压力从几十个大气压到几百个大气压,工作环境从单纯的氧化气体,发展到硫化气氛,混合气体以及溶盐等更复杂的环境。

[0003] 耐热钢不仅作为航空、尖端技术、军事技术部门的特种材料使用,而且也用于国民经济各部门。

[0004] 钢在加热时,铁与氧或铁与燃料燃烧时的生成物(CO_2 、 H_2O 汽等)的化学作用,而形成一层氧化层,称为氧化皮。在被加热坯料表面分布成三层;最内层由细小颗粒的 FeO 组成,占氧化层全厚的40%;中间层由粗大颗粒的 Fe_3O_4 组成,占其厚度的50%左右;最外层由 Fe_2O_3 组成,占10%左右。由于氧化铁皮和钢的膨胀系数不一致,故疏松而易于脱落,同时氧化铁皮的熔点(1300~1350℃)较低,致使钢在高温下加热时,氧化铁皮的脱落或融化会暴露出金属的表面,因而使氧化继续不断地加速进行。

[0005] 氧化皮的产生,除造成钢材大量损失外,还将引起许多不良后果,主要有:氧化皮使耐热钢表面粗糙。(2)清除氧化皮需要增加一些额外的辅助工序及设备;(3)氧化皮有较高的硬度,锻造时不但增加了变形能量的消耗,而且会加速锻模的磨损,降低使用寿命;(4)氧化皮对耐火砖起化学腐蚀作用,使加热炉炉底过早损坏。

[0006] 目前市面上用于耐热钢高温抗氧化的涂层涂料,绝大多数来自于国外配方,由于技术封锁及专利保护,这些涂层涂料在我国进行使用时,需要向技术所有者缴纳高额专利费用;而国内的涂层涂料在这一方面尚不完善,研发出的产品尚只能在实验室环境使用,无法大规模的在实际生产中得到运用,或涂层涂料配方中所使用原材料价格昂贵,导致成本居高不下。而在1200℃以上使用的涂层涂料,其价格更是让人望而生畏。

[0007] 因此研究一种高效且成本低的耐热钢抗氧化保护涂层材料是极其重要的。

发明内容

[0008] 本发明的第一目的是提供一种耐热钢抗氧化保护涂层材料,本发明的第二目的是提供所述耐热钢抗氧化保护涂层材料的制备方法。

[0009] 本发明的第一目的是这样实现的,一种耐热钢抗氧化保护涂层材料,由粉料和液

料组成,所述粉料和液料的重量比为:1:1-2.5其中,所述粉料由以下重量份的原料组成:观音土0.5-5份、水泥3-10份、碳酸钙5-15份、二氧化硅30-55份、三氧化二铝10-20份、碳化硅3-10份、氧化镁5-15份、二氧化锆3-10份、氧化钛3-10份、玻璃粉2-6份、氧化硼2-6份、氯化钠0.2-1份、碳粉5-15份;

[0010] 本发明的第二目的是这样实现的,所述耐热钢抗氧化保护涂层材料的制备方法,按以下步骤实现:

[0011] 1)按照液料配比称取钠水玻璃、聚乙烯醇溶液、磷酸二氢铝水溶液,将钠水玻璃置于烧杯中放在机械搅拌机上加热并搅拌10-30min,然后将聚乙烯醇溶液、磷酸二氢铝水溶液依次间隔20-50分钟加入钠水玻璃中,保持温度不变,继续搅拌30-60min后得到液料;

[0012] 2)按照粉料配比将观音土、水泥、碳酸钙、二氧化硅、三氧化二铝、碳化硅、氧化镁、二氧化锆、氧化钛、玻璃粉、氧化硼、氯化钠、碳粉混合放入球磨罐中并加入无水乙醇作为助磨剂,于球磨机中进行研磨得到浆料,烘干后得到粉料;

[0013] 3)将液料与粉料按照配比混合均匀得到目标涂层材料。

[0014] 本发明的原理为:

[0015] 钠水玻璃、聚乙烯醇溶液、磷酸二氢铝水溶液的复合溶液作为粘结剂,能将粉料均匀的黏附在耐热钢表面, CO_2 作为钠水玻璃的促凝剂,在常温下,当溶液喷涂在耐热钢上时,钠水玻璃会和空气中的 CO_2 发生反应,在涂层表面首先生成一层膜固定涂层以防止涂层流动性过大在某一部分产生堆积。磷酸二氢铝常常作为耐火材料的粘结剂,加入磷酸二氢铝后,能显著提高涂层耐高温的性能。

[0016] 本发明中水泥选用的是铝酸钙水泥,耐火度高达1650℃,适用于作为高温环境下的耐火材料,而氧化硼的熔点在450℃左右,氧化硼融化后,能够形成封闭层,能够在低温下阻止氧化气氛进入涂层内部与耐热钢发生氧化反应。玻璃粉在1000℃左右时,能够软化成液态包裹着耐热钢,进一步的提高其抗氧化效果。碳酸钙在高温下会发生反应生成氧化钙和二氧化碳,氧化钙作为涂层内的骨架,用来支撑涂层使其具备连接强度,二氧化碳则会进入空气中,不对涂层产生影响。

[0017] 本发明的有益效果是:

[0018] 1、本发明涂层材料配方中使用的原料均为市面上常见的物质,购买途径广,且成本低廉,做到了高效、绿色、无污染。

[0019] 2、本发明涂层材料原料中引入了水泥和玻璃粉,在降低成本的同时,极大的提高了涂层的耐高温性和钢基体的抗氧化性,本发明在耐热钢管上喷涂时,涂层与耐热钢具有很好的结合力,在经历1100℃-1300℃的热处理2-5h后,涂层依然能够紧紧的贴附在耐热钢表面,将钢基体用高强度胶粘在疲劳试验机的上拉头,涂层粘在疲劳试验机的下拉头,试样能在疲劳试验机上承受300N的拉应力。因此,涂层对钢基体具有很好的保护效果,值得推广应用。

[0020] 3、本发明涂层材料粉料与液料分装,需要使用时候,只需按照比例将粉料和液料混合,再加入一定量的水调节黏度,操作简单,混合均匀,需要多少涂料,配置多少涂料,避免了涂料未使用完造成的浪费行为。而市面上的涂层涂料绝大多数为溶液和粉料混合好进行出售,这种涂层涂料有一个弊端,那就是存放过程中涂层涂料中的粉料容易在底部沉积,导致浆料浓度不均匀,往耐热钢上喷涂时,会由于每一次喷涂的浓度都不一样,使其保护效

果降低。

[0021] 4、本发明涂层材料喷涂时不需太厚,即可起到很好的保护效果。中国发明专利申请(CN201811584896.7)“一种金属材料高温涂层保护剂及其应用”,采用石英粉、三氧化二铝、偏硅酸钠、四硼酸钠、石墨电极、水作为原料制备了金属高温保护涂层,其作为金属在1160℃加热的涂层涂料。将涂层保护剂涂刷在金属表面,在80℃/h的升温速率下升温至600℃后,以180℃/h的升温速率升温至800℃;然后再快速率升温至1000℃,保温2小时,可在钢材表面形成一层致密的玻璃态保护膜;最后在900-1160℃的高温工艺进行后续加工即可。该申请中涂层厚度为1mm,而本发明涂层的喷涂厚度为0.5-0.7mm,极大的减少喷涂厚度及时间成本。另外,该申请中对钢材进行喷涂时,需要将钢材加热到70℃,借助钢材的余温将涂层烘干,而本发明仅需要将涂层喷涂在钢基体表面约过10min涂层就能在钢基体表面干结,无需加热。

附图说明

[0022] 图1是实施例1中铁素体钢试样热处理到1200℃后的表面形貌图;

[0023] 图2是实施例1铁素体钢试样喷涂实施例1制备的涂层再经热处理后的表面形貌图;

[0024] 图3是实施例1中经热处理后喷涂涂层试样在去除表面部分涂层后的表面形貌图;

[0025] 图4是实施例2奥氏体钢管喷涂涂层后经热处理后的表面形貌图;

[0026] 图5是实施例2奥氏体钢管未喷涂涂层经热处理后的表面形貌图;

[0027] 图6是实施例2奥氏体钢管喷涂涂层后经热处理后的SEM能谱图;

[0028] 图7是实施例2奥氏体钢管未喷涂涂层经热处理后的SEM能谱图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明,但不以任何方式对本发明加以限制,基于本发明教导所作的任何变换或改进,均落入本发明的保护范围。

[0030] 本发明一种耐热钢抗氧化保护涂层材料,由粉料和液料组成,所述粉料和液料的重量比为:1:1-2.5其中,所述粉料由以下重量份的原料组成:观音土0.5-5份、水泥3-10份、碳酸钙5-15份、二氧化硅30-55份、三氧化二铝10-20份、碳化硅3-10份、氧化镁5-15份、二氧化锆3-10份、氧化钛3-10份、玻璃粉2-6份、氧化硼2-6份、氯化钠0.2-1份、碳粉5-15份;

[0031] 所述液料由以下重量份的原料组成:波美度为21.9-41.2的钠水玻璃100-150份、10%-30%的聚乙烯醇溶液5-10份、50%-70%的磷酸二氢铝水溶液10-20份。

[0032] 所述三氧化二铝粒径为10-20 μm ,所述二氧化硅的粒径为2-15 μm 。

[0033] 本发明还提供了一种耐热钢抗氧化保护涂层材料的制备方法,按以下步骤实现:

[0034] 1)按照液料配比称取钠水玻璃、聚乙烯醇溶液、磷酸二氢铝水溶液,将钠水玻璃置于烧杯中放在机械搅拌机上加热并搅拌10-30min,然后将聚乙烯醇溶液、磷酸二氢铝水溶液依次间隔20-50分钟加入钠水玻璃中,继续搅拌30-60min后得到液料;

[0035] 2)按照粉料配比将观音土、水泥、碳酸钙、二氧化硅、三氧化二铝、碳化硅、氧化镁、二氧化锆、氧化钛、玻璃粉、氧化硼、氯化钠、碳粉混合放入球磨罐中并加入无水乙醇作为助磨剂,于球磨机中进行研磨得到浆料,烘干后得到粉料;

[0036] 3)将液料与粉料按照配比混合均匀得到目标涂层材料。

[0037] 步骤1中,钠水玻璃的加热温度为30-80℃,搅拌速度为200-850r/min。

[0038] 步骤2中,球磨机的转速为300-1000r/min,球磨时间为50-600min;浆料的烘干温度为60-80℃,烘干时间为24-36h。

[0039] 步骤3中,混匀方法为:向液料中逐渐加入粉料,并采用电动搅拌棒搅拌,搅拌速度为500-1000r/min,搅拌时间为10-30min。

[0040] 在将粉料与液料搅拌过程中,可适量加水进行粘度调节使得到的涂层材料呈均匀粘稠流动状。

[0041] 实施例1

[0042] 一种耐热钢抗氧化保护涂层材料,由粉料和液料组成;所述液料由以下重量份的原料组成:波美度为21.9的钠水玻璃120份、10%浓度的聚乙烯醇5份、50%浓度的磷酸二氢铝水溶液10份;所述粉料由以下重量份的原料组成:观音土0.5份、水泥3份、碳酸钙12份、粒径为5 μm 的二氧化硅50份、粒径为10 μm 的三氧化二铝15份、碳化硅8份、氧化镁12份、二氧化锆6份、氧化钛8份、玻璃粉3份、氧化硼3份、氯化钠0.5份、碳粉9份,水40份。

[0043] 按上述配比称取称取钠水玻璃、聚乙烯醇溶液、磷酸二氢铝水溶液,将钠水玻璃置于烧杯中放在机械搅拌机上加热到30℃并搅拌10min,然后将聚乙烯醇溶液、磷酸二氢铝水溶液依次间隔20分钟加入钠水玻璃中,并保持温度不变,继续搅拌30min后得到液料,搅拌机的速率为200r/min。

[0044] 将观音土、水泥、碳酸钙、二氧化硅、三氧化二铝、碳化硅、氧化镁、二氧化锆、氧化钛、玻璃粉、氧化硼、氯化钠、碳粉混合放入球磨罐中并加入无水乙醇作为助磨剂,在转速300r/min,球磨时间为50min的情况下,于球磨机进行研磨得到浆料,在60℃的烘箱中烘干24h后得到粉料。

[0045] 将盛放1.5份液料的烧杯置于磁力搅拌机上,开动搅拌机并调整转速到500r/min,然后逐渐加入粉料1份,继续搅拌,当粉料在溶液内充分混匀,即可得到所需涂层涂料。

[0046] 实施例2

[0047] 一种耐热钢抗氧化保护涂层材料,由粉料和液料组成;所述液料由以下重量份的原料组成:波美度为30.9的钠水玻璃130份、20%浓度的聚乙烯醇8份、60%浓度的磷酸二氢铝水溶液15份;所述粉料由以下重量份的原料组成:观音土3份、水泥7份、碳酸钙6份、粒径为2 μm 的二氧化硅55份、粒径为15 μm 的三氧化二铝10份、碳化硅5份、氧化镁7份、二氧化锆6份、氧化钛4份、玻璃粉5份、氧化硼4份、氯化钠0.2份、碳粉10份,水50份。

[0048] 按上述配比称取称取钠水玻璃、聚乙烯醇溶液、磷酸二氢铝水溶液,将钠水玻璃置于烧杯中放在机械搅拌机上加热到60℃并搅拌20min,然后将聚乙烯醇溶液、磷酸二氢铝水溶液依次间隔35分钟加入钠水玻璃中,继续搅拌45min后得到液料,搅拌机的速率为500r/min。

[0049] 将观音土、水泥、碳酸钙、二氧化硅、三氧化二铝、碳化硅、氧化镁、二氧化锆、氧化钛、玻璃粉、氧化硼、氯化钠、碳粉混合放入球磨罐中并加入无水乙醇作为助磨剂,在转速650r/min,球磨时间为400min的情况下,于球磨机进行研磨得到浆料,在75℃的烘箱中烘干30h后得到粉料;

[0050] 将盛放2份液料的烧杯置于磁力搅拌机上,开动搅拌机并调整转速到750r/min,然

后逐渐加入粉料1份,继续搅拌,当粉料在溶液内充分混匀,即可得到所需涂层涂料。

[0051] 实施例3

[0052] 一种耐热钢抗氧化保护涂层材料,由粉料和液料组成;所述液料由以下重量份的原料组成:波美度为41.2的钠水玻璃150份、30%浓度的聚乙烯醇10份、70%浓度的磷酸二氢铝水溶液20份;所述粉料由以下重量份的原料组成:观音土5份、水泥10份、碳酸钙15份、粒径为15 μm 的二氧化硅55份、粒径为20 μm 的三氧化二铝20份、碳化硅10份、氧化镁15份、二氧化锆10份、氧化钛10份、玻璃粉6份、氧化硼6份、氯化钠1份、碳粉15份,水400份。

[0053] 按上述配比称取称取钠水玻璃、聚乙烯醇溶液、磷酸二氢铝水溶液,将钠水玻璃置于烧杯中放在机械搅拌机上加热到80 $^{\circ}\text{C}$ 并搅拌30min,然后将聚乙烯醇溶液、磷酸二氢铝水溶液依次间隔50分钟加入钠水玻璃中,继续搅拌60min后得到液料,搅拌机的速率为850r/min。

[0054] 将观音土、水泥、碳酸钙、二氧化硅、三氧化二铝、碳化硅、氧化镁、二氧化锆、氧化钛、玻璃粉、氧化硼、氯化钠、碳粉混合放入球磨罐中并加入无水乙醇作为助磨剂,在转速1000r/min,球磨时间为600min的情况下,于球磨机进行研磨得到浆料,在80 $^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干36h后得到粉料;

[0055] 将盛放2.5份液料的烧杯置于磁力搅拌机上,开动搅拌机并调整转速到1000r/min,然后逐渐加入粉料1份,继续搅拌,当粉料在溶液内充分混匀,即可得到所需涂层涂料。

[0056] 试验例1

[0057] 将尺寸为20*20*10mm的铁素体钢表面除锈,然后用无水乙醇除去铁素体钢表面表面的油污及灰尘,用气枪吹扫,使钢材表面进一步清洁干净,晾干。将实施例1制备的涂层材料用喷壶喷在铁素体钢表面,喷涂厚度为0.5mm。置于空气中自然烘干,将其加入加热炉内,从室温加热6小时到1160 $^{\circ}\text{C}$,保温4小时,取出铁素体钢,冷却到室温。

[0058] 用同样的方法对未喷涂涂层材料的相同的铁素体钢进行处理。

[0059] 结果分析:从图1中可以看出,铁素体钢表面布满了大量的氧化皮,这些氧化皮对于铁素体钢而言均为损耗。经过测量,单面氧化皮厚度为0.82mm。则氧化损失率:

$$[0060] \quad \eta = \frac{1.64}{10} \times 100\% = 16.4\%$$

[0061] 由图2可知,涂层形成一层致密的膜紧密附着在铁素体钢的表面。阻隔了氧化气氛和钢基体表面的接触。

[0062] 图3是图2表面去除一部分涂层后的表面形貌图,由图3可知,除去涂层后,能看到钢基体表面,仅有很少一部分的氧化皮。

[0063] 经过测量,单侧氧化皮厚度为0.1mm。则氧化损失率:

$$[0064] \quad \eta = \frac{0.2}{10} \times 100\% = 2\%$$

[0065] 经过喷涂和未喷涂涂层铁素体钢热处理的对比,在实施例1中,喷涂涂层后,铁素体钢热处理中氧化损失仅仅只有2%,而未喷涂涂层的铁素体钢在热处理后,氧化损失高达16.4%。

[0066] 相较于喷涂涂层的试样,喷涂涂层试样的铁素体钢表面只有很少的氧化层出现。对比图1和图3,说明实施例1制备的耐热钢抗氧化涂层材料在进行高温热处理时,取得了很好的保护效果。

[0067] 试验例2

[0068] 将尺寸为20*20*10mm的马氏体耐热钢表面的铁锈去除,然后用无水乙醇除去马氏体耐热钢表面的油污及灰尘,用气枪吹扫,使钢材表面进一步清洁干净,晾干。将实施例2制备的涂层用喷壶喷在马氏体耐热钢表面,喷涂厚度为0.6mm,置于空气中自然烘干,将其加入加热炉内,从室温加热8小时到1300℃,保温5小时,取出马氏体耐热钢,冷却到室温。

[0069] 用同样的方法对未喷涂的相同的奥氏体钢进行处理。

[0070] 结果分析:经过测量,未喷涂涂层的奥氏体钢的氧化层厚度为6.162mm。则氧化损失率:

$$[0071] \quad \eta = \frac{6.162}{10} \times 100\% = 61.62\%$$

[0072] 经过测量,喷涂涂层的奥氏体钢的氧化皮厚度为0.75mm,则氧化损失率:

$$[0073] \quad \eta = \frac{0.75}{10} \times 100\% = 7.5\%$$

[0074] 经过两种数据的对比,喷涂涂层的试样热处理后,氧化损失率仅仅为7.5%。相较于喷涂涂层的试样,喷涂涂层试样的马氏体耐热钢表面只有很少的氧化层出现。说明本实施例的耐热钢抗氧化涂层在进行马氏体钢高温热处理时,取得了很好的保护效果。

[0075] 试验例3

[0076] 本试验例选用外径d=32mm,内径d=27mm,壁厚5mm的奥氏体钢管作为实验对象。首先,将奥氏体钢表面的进行喷砂处理,然后用无水乙醇清洗奥氏体钢管表面。然后用刷子将实施例2涂层涂料涂覆在钢棒上,奥氏体钢管旋转转速在150r/min,喷涂厚度为0.7mm,以确保浆料涂覆均匀以及风干后的涂层厚度均匀。将奥氏体钢管加入加热炉内,奥氏体钢管在有氧环境下从室温经过6小时加热到700℃,然后又经过6小时加热到1200℃,接着随炉冷却到室温,重复加热5次上述步骤。

[0077] 用同样的方法对未喷涂涂层材料的相同的奥氏体钢管进行处理。

[0078] 结果分析:经过上述处理后,未喷涂部分奥氏体钢管直接和空气接触生成了氧化皮,造成了奥氏体钢管的损耗,如图5所示。喷涂部分奥氏体钢管生成一层陶瓷涂层,表面无氧化层出现,涂层紧紧的附着在涂层表面,与图5的未喷涂涂层热处理后的钢相比,喷涂的试样表面减少了很多氧化皮,如图4;说明本实施例的耐热钢抗氧化涂层在进行高温工艺时,取得了很好的保护效果。

[0079] 图6是图4中涂层与钢基体的截面,在SEM下的能谱图。

[0080] 图7是图5中氧化皮与钢基体的截面,在SEM下的能谱图。

[0081] 对比图6和图7可知,在涂层的保护下,奥氏体钢在热处理中,极大的减少了氧化皮(图7中黑色部分)的产生。

[0082] 经测量,未喷涂涂层的奥氏体钢的氧化层厚度为2.392mm。则氧化损失率:

[0083]
$$\eta = \frac{2.392}{5} \times 100\% = 47.84\%$$

[0084] 经测量,喷涂涂层的奥氏体钢的氧化皮厚度为0.275mm,则氧化损失率:

[0085]
$$\eta = \frac{0.175}{5} \times 100\% = 3.5\%$$

[0086] 与未喷涂相比,喷涂涂层的试样经热处理后,氧化损失率仅仅为3.5%,说明实施例3制备的涂层极大的保护了奥氏体钢。



图1



图2



图3

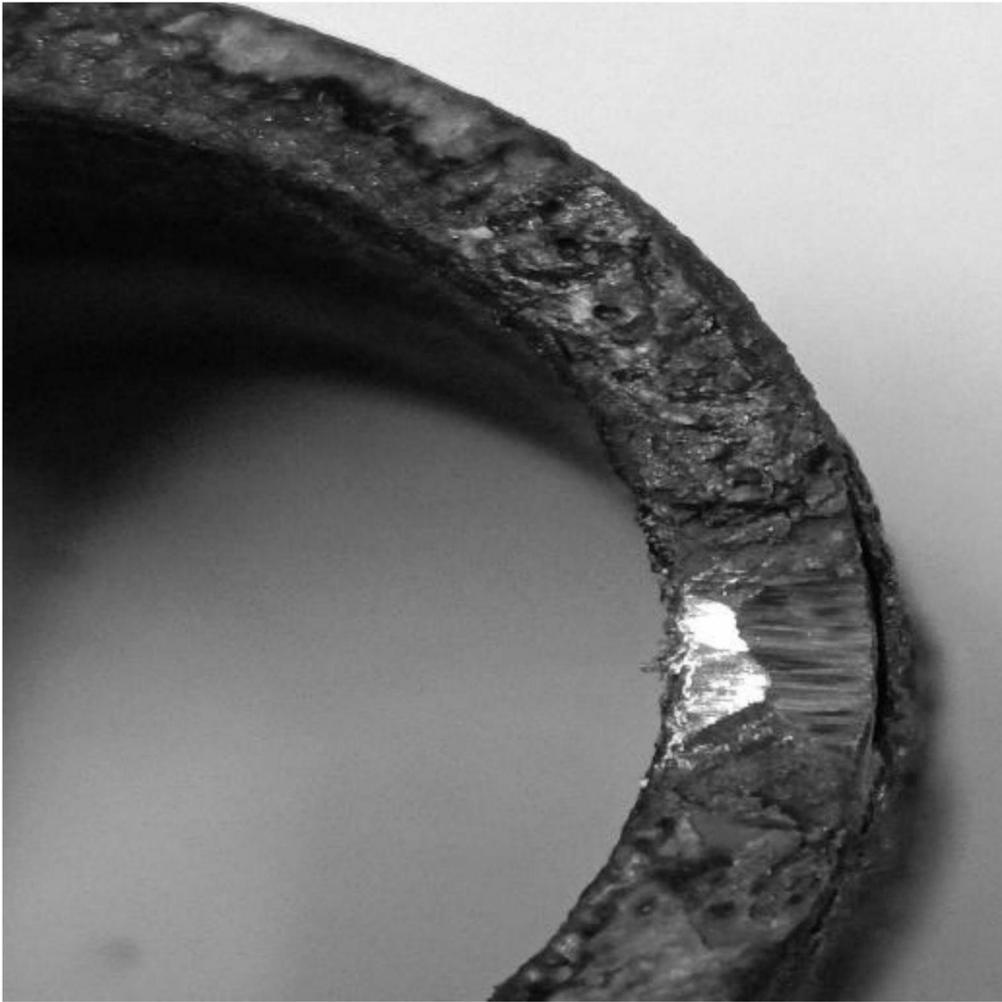


图4

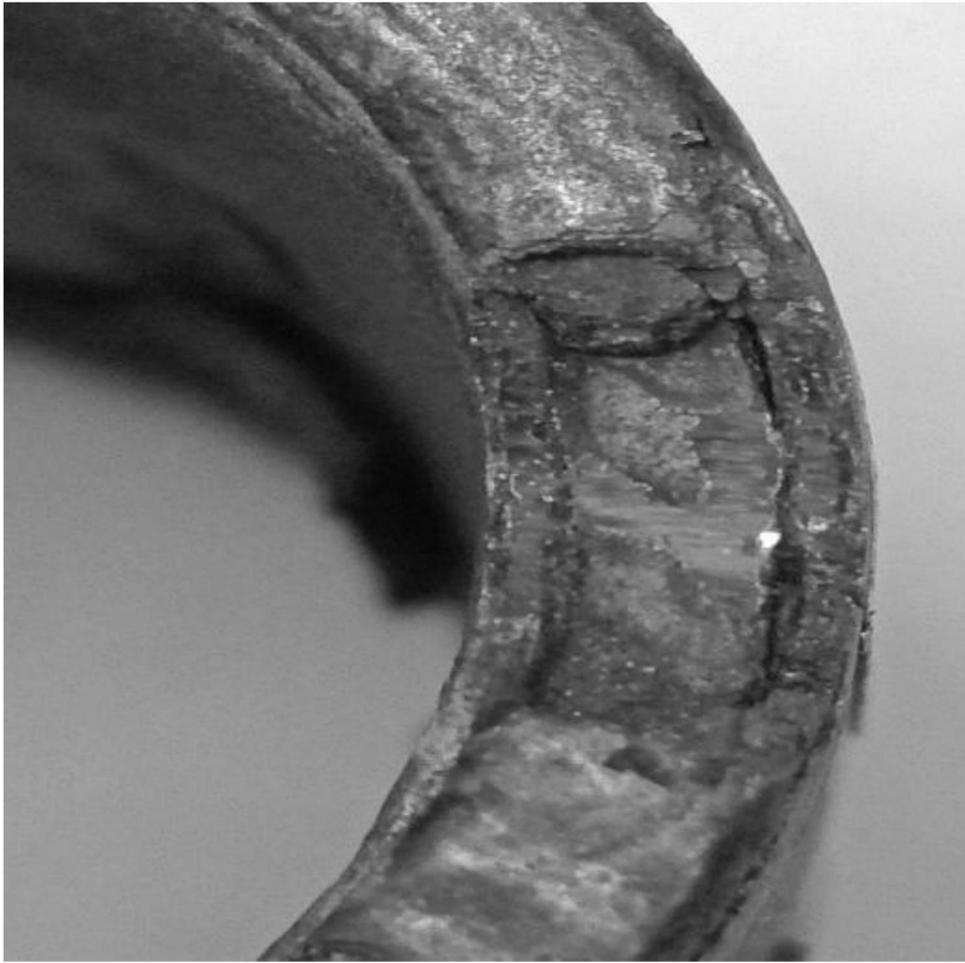


图5

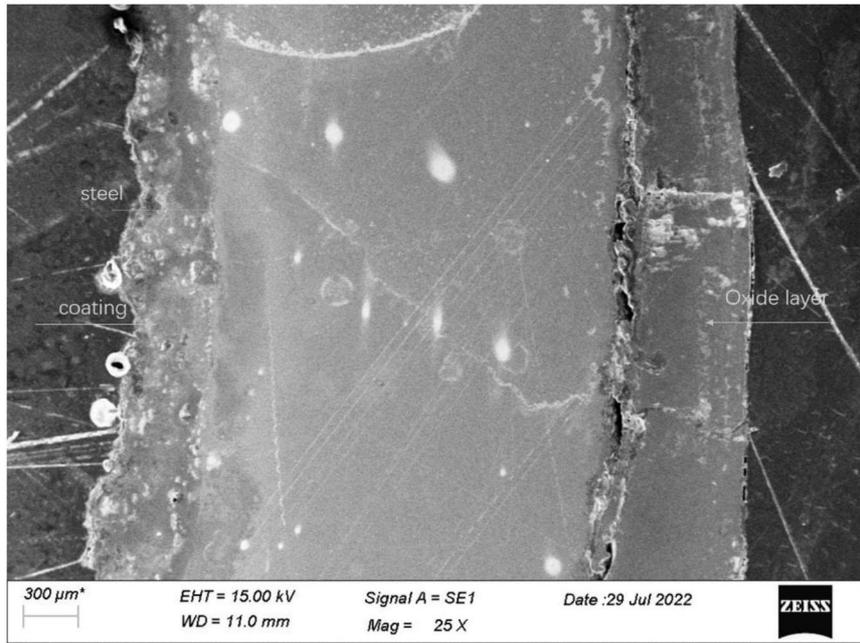


图6

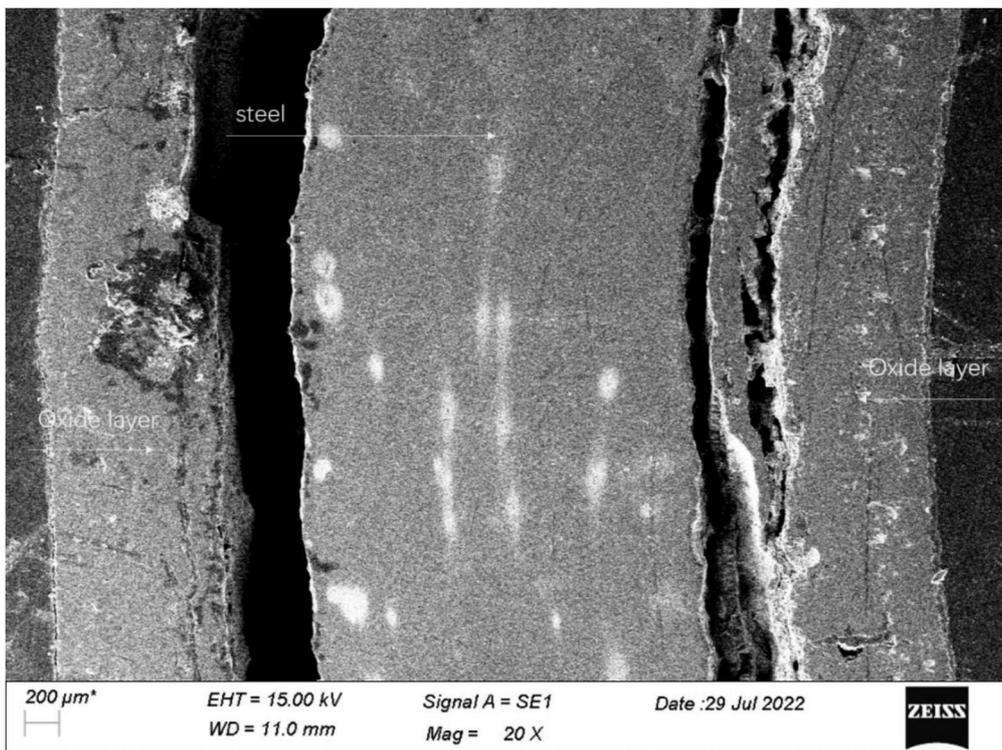


图7