



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101724874 A

(43) 申请公布日 2010. 06. 09

(21) 申请号 200810201318. 0

B23P 6/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2008. 10. 17

(71) 申请人 上海宝钢设备检修有限公司

地址 201900 上海市宝山区宝钢厂区纬一  
路、机五路

(72) 发明人 侯峰岩 谭兴海 黄丽 房鸣  
李朝雄

(74) 专利代理机构 上海天协和诚知识产权代理  
事务所 31216

代理人 张恒康

(51) Int. Cl.

C25D 5/00 (2006. 01)

C25D 3/56 (2006. 01)

权利要求书 2 页 说明书 7 页

(54) 发明名称

薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复  
方法

(57) 摘要

本发明公开了一种薄带连铸结晶辊或铸坯连  
铸结晶器表面修复方法，首先对结晶辊 / 器表面  
进行适当预处理，然后在结晶辊 / 器表面电镀单  
层镍基合金，在镀层达到产品尺寸要求时结束电  
镀，并对结晶辊 / 器进行机加工；上述的镍基合金  
可以用镍基复合镀层代替，镍基复合镀层是以纯  
镍或镍基合金作为基质金属，将一种以上微米或  
纳米尺度的固体颗粒或纤维均匀弥散至基质金属  
中形成的复合镀层；上述所得镀层是均匀或梯度  
镀层；上述镀层也可以是以纯镍作为底层镀层，  
然后在其上重复镍基合金或镍基复合镀层的多层  
镀层。本方法使结晶辊 / 器镀层均匀致密，内应力  
低，与基体的结合强度高，延长了使用寿命，降低  
薄带和铸坯连铸生产成本、提高生产效率和产品  
质量。

1. 一种薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复方法,其特征在于,本方法包括如下步骤:

步骤一、对结晶辊或结晶器表面进行机加工处理,去除表面氧化层和缺陷部位,检测结晶辊或结晶器尺寸数据,确定结晶辊或结晶器表面修复层尺寸;

步骤二、对结晶辊或结晶器表面进行镀前预处理,采用有机溶剂清洗、碱脱脂、电解脱脂、酸浸蚀及活化处理;

步骤三、在结晶辊或结晶器表面电镀单层镍基合金,所述镍基合金中镍的含量为1%~99%,所述镍基合金是二元镍基合金或三元镍基合金,所得镀层在厚度方向是各元素比例保持不变的均匀合金镀层,或是元素比例渐变的梯度合金镀层,所述梯度合金镀层通过改变电镀电流密度或搅拌强度来获得;

步骤四、在结晶辊或结晶器表面镀层达到产品尺寸要求时,结束电镀,并依据步骤一的数据对结晶辊或结晶器进行机加工,以达到结晶辊或结晶器尺寸参数,恢复结晶辊或结晶器效用。

2. 根据权利要求1所述的薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复方法,其特征在于:所述的二元镍基合金是Ni-Co合金、Co-Ni合金、Ni-P合金、Ni-Fe合金、Ni-Cr合金、Ni-W合金、Ni-B合金、Ni-Sn合金和Ni-Zn合金,所述的三元镍基合金是在所述二元镍基合金中加入W、P或B等元素形成的三元镍基合金。

3. 根据权利要求1所述的薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复方法,其特征在于:所述步骤三的单层镍基合金镀层用单层镍基复合镀层代替,所述镍基复合镀层以纯镍或所述镍基合金作为基质金属,采用复合镀技术将一种或一种以上微米或纳米尺度的固体颗粒或纤维均匀弥散至所述基质金属中形成复合镀层,所得镀层在厚度方向是弥散相含量保持不变的均匀复合镀层,或是弥散相含量渐变的梯度复合镀层,所述梯度复合镀层通过改变电镀电流密度或搅拌强度来获得;

4. 根据权利要求3所述的薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复方法,其特征在于:所述固体颗粒或纤维是氧化物陶瓷Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZrO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>,氮化物陶瓷Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、BN,碳化物陶瓷SiC、WC、Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>以及CaF<sub>2</sub>、MoS<sub>2</sub>、聚四氟乙烯、金刚石、石墨。

5. 根据权利要求1或3所述的薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复方法,其特征在于:对结晶辊或结晶器表面电镀所述单层镍基合金或单层镍基复合镀层前,对结晶辊或结晶器表面先镀一层纯镍层,以提高镀层与结晶辊或结晶器基体的结合力,所述纯镍层厚度为0.01~3.0mm,然后对结晶辊或结晶器表面重复电镀所述单层镍基合金或单层镍基复合镀层,在结晶辊或结晶器表面最外镀层再电镀一层铬,以使结晶辊或结晶器表面形成多层镀层。

6. 根据权利要求1或3所述的薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复方法,其特征在于:在所述电镀结束后对结晶辊或结晶器进行热处理,以消除镀层应力。

7. 根据权利要求5所述的薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复方法,其特征在于:在所述电镀结束后对结晶辊或结晶器进行热处理,以消除镀层应力。

8. 根据权利要求1或3所述的薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复方法,其特征在于:所述电镀在卧式镀槽或立式镀槽中进行。

9. 根据权利要求5所述的薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复方法,其特征在

于：所述电镀在卧式镀槽或立式镀槽中进行。

## 薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及炼钢连铸设备的表面修复方法,尤其涉及薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复方法。

### 背景技术

[0002] 薄带连铸技术工艺方案因成材的方式不同分为带式、辊式、辊带式等,其中双辊薄带连铸技术最具有发展前途。其工艺原理是将金属液注入一对反向旋转且内部通水冷却的结晶辊之间,使金属液在两辊间凝固形成薄带。而铸坯连铸是金属液在由铜板组成的四边形结晶器或钢管结晶器内凝固形成铸坯的连铸技术。在连续铸造过程中,接触钢液的结晶辊表面温度约为600℃,而当结晶辊轧制出金属薄带的同时,原来接触钢液的结晶辊表面部分也旋转离开液态金属,暴露于空气中,其表面温度骤降至约200℃。结晶器也同样连续处于冷热交替的环境中。由此可见,连铸过程中结晶辊或结晶器表面所处的环境十分恶劣,结晶辊或结晶器表面要承受着冷热疲劳与应力变形、高温氧化、钢液和保护渣导致的化学腐蚀、以及轧制拉坯对其产生的磨损。因而,连铸结晶辊或结晶器表面应具有良好的抗冷热疲劳性能、良好的导热性能、较高的机械强度以及较好的耐磨性和耐腐蚀性能。

[0003] 由于结晶辊或结晶器所处的工况环境比较恶劣,因此结晶辊或结晶器的本体铜材料不能直接作为工作面与钢水接触进行连铸生产,而需要在其表面制作一层高性能的涂层。该涂层一方面可以调节结晶辊或结晶器的热传递系数,以使表面上的热交换过程更加均匀高效,另一方面还可以对结晶辊或结晶器本体进行保护,减轻浇铸时产生的热应力和机械应力对结晶辊或结晶器的损伤,避免轧制拉坯对结晶辊或结晶器的磨损。表面性能得到改善的结晶辊或结晶器,其使用寿命延长,从而降低了薄带、铸坯连铸生产成本、提高了薄带、铸坯连铸的生产效率和产品质量。

[0004] 连铸结晶辊或结晶器在恶劣的工况条件下使用一段时间后,其表面会产生磨损、裂纹、坑陷、剥落等缺陷,不能满足使用要求,需要对其表面进行修复。经过表面修复的结晶辊或结晶器又可以重新上机使用,因此,结晶辊或结晶器本体得以重复使用。

[0005] 结晶辊或结晶器表面的修复方法,原理上讲,热喷涂、堆焊、电镀等表面处理技术都可以采用,但是,就当前的表面处理技术并结合结晶辊或结晶器连铸的工况而言,采用电镀技术对结晶辊或结晶器表面进行修复的效果更佳。电镀的方法可以使结晶辊或结晶器的表面制造在低温镀液中进行,有效避免高温导致的涂层及基体材料性能的恶化和基体膨胀变形。而堆焊或热喷涂的方法都会不可避免的带来由于高温引起的涂层材料及基体的物化性质恶化、材料氧化、材料的高热应力、基体膨胀变形等问题。冷喷涂技术虽然可以避免由高温带来的上述问题,但其涂层与基体的结合强度不佳,尤其在冷热交替剧烈的薄带或铸坯连铸过程中,更要求涂层与结晶辊或结晶器本体具有良好的结合强度。中国专利200610030213.4介绍了采用电镀镍技术可以在结晶辊上获得厚度均匀、应力小、镀层与基体结合力强、抗冷热疲劳性能良好的镀层。但是这种纯镍镀层的硬度不高,高温下容易软化,耐磨损性能一般。

## 发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题是提供一种薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复方法,利用本方法使修复的结晶辊或结晶器镀层均匀致密,内应力低,与基体的结合强度高。有效提高结晶辊或结晶器的耐磨损性,高温抗软化性以及抗冷热疲劳,降低了镀层内应力,增强了镀层结合力,使表面上的热交换过程更加均匀高效,实现对结晶辊或结晶器本体的保护,减轻浇铸时产生的热应力和机械应力对结晶辊或结晶器的损伤,避免轧制拉坯对结晶辊或结晶器的磨损,延长了结晶辊或结晶器的使用寿命,从而可以降低薄带、铸坯连铸生产成本、提高薄带、铸坯连铸的生产效率和产品质量。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复方法包括如下步骤:

[0008] 步骤一、对结晶辊或结晶器表面进行机加工处理,去除表面氧化层和缺陷部位,检测结晶辊或结晶器尺寸数据,确定结晶辊或结晶器表面修复层尺寸;

[0009] 步骤二、对结晶辊或结晶器表面进行镀前预处理,采用有机溶剂清洗、碱脱脂、电解脱脂、酸浸蚀及活化处理。

[0010] 步骤三、在结晶辊或结晶器表面电镀单层镍基合金,所述镍基合金中镍的含量为1%~99%,所述镍基合金是二元镍基合金或三元镍基合金,所得镀层在厚度方向是各元素比例保持不变的均匀合金镀层,或是元素比例渐变的梯度合金镀层,所述梯度合金镀层通过改变电镀电流密度或搅拌强度来获得;

[0011] 步骤四、在结晶辊或结晶器表面镀层达到产品尺寸要求时,结束电镀,并依据步骤一的数据对结晶辊或结晶器进行机加工,以达到结晶辊或结晶器尺寸参数,恢复结晶辊或结晶器效用。

[0012] 上述的二元镍基合金是Ni-Co合金、Co-Ni合金、Ni-P合金、Ni-Fe合金、Ni-Cr合金、Ni-W合金、Ni-B合金、Ni-Sn合金和Ni-Zn合金,上述的三元镍基合金是在所述二元镍基合金中加入W、P或B等元素形成的三元镍基合金。

[0013] 本方法上述步骤三的单层镍基合金镀层用单层镍基复合镀层代替,所述镍基复合镀层以纯镍或所述镍基合金作为基质金属,采用复合镀技术将一种或一种以上微米或纳米尺度的固体颗粒或纤维均匀弥散至所述基质金属中形成复合镀层,所得镀层在厚度方向是弥散相含量保持不变的均匀复合镀层,或是弥散相含量渐变的梯度复合镀层,所述梯度复合镀层通过改变电镀电流密度或搅拌强度来获得;

[0014] 上述固体颗粒或纤维是氧化物陶瓷Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZrO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>,氮化物陶瓷Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、BN,碳化物陶瓷SiC、WC、Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>以及CaF<sub>2</sub>、MoS<sub>2</sub>、聚四氟乙烯、金刚石、石墨。

[0015] 本方法可在对结晶辊或结晶器表面电镀所述单层镍基合金或单层镍基复合镀层前,先对结晶辊或结晶器表面镀一层纯镍层,以提高镀层与结晶辊或结晶器基体的结合力,所述纯镍层厚度为0.01~3.0mm,然后对结晶辊或结晶器表面重复电镀所述单层镍基合金或单层镍基复合镀层,在结晶辊或结晶器表面最外镀层再电镀一层铬,以使结晶辊或结晶器表面形成多层镀层。

[0016] 在上述各类电镀结束后可对结晶辊或结晶器进行热处理,以消除镀层应力。

[0017] 上述的各类电镀作业可在卧式镀槽或立式镀槽中进行。

[0018] 由于本发明薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复方法采用了上述技术方案，即对损坏的结晶辊或结晶器表面进行预处理后，在结晶辊或结晶器表面镀覆单层或多层镀层，单层或多层镀层分别为镍基合金和镍基复合镀层，并可在结晶辊或结晶器的最外层表面电镀一层铬，在单层或多层镀层达到产品尺寸要求时停止电镀，然后对结晶辊或结晶器进行适当的机加工，即可恢复结晶辊或结晶器的效用；本方法使修复的结晶辊或结晶器镀层均匀致密，内应力低，与基体的结合强度高。有效提高结晶辊或结晶器的耐磨损性，高温抗软化性以及抗冷热疲劳，降低了镀层内应力，增强了镀层结合力，使基体表面上的热交换过程更加均匀高效，实现对结晶辊或结晶器本体的保护，减轻浇铸时产生的热应力和机械应力对结晶辊或结晶器的损伤，避免轧制拉坯对结晶辊或结晶器的磨损，延长了结晶辊或结晶器的使用寿命，从而可以降低薄带、铸坯连铸生产成本、提高薄带、铸坯连铸的生产效率和产品质量。

## 具体实施方式

[0019] 本发明薄带连铸结晶辊或铸坯连铸结晶器表面修复方法包括如下步骤：

[0020] 步骤一、对结晶辊或结晶器表面进行机加工处理，去除表面氧化层和缺陷部位，检测结晶辊或结晶器尺寸数据，确定结晶辊或结晶器表面修复层尺寸；

[0021] 步骤二、对结晶辊或结晶器表面进行镀前预处理，采用有机溶剂清洗、碱脱脂、电解脱脂、酸浸蚀及活化处理；

[0022] 步骤三、在结晶辊或结晶器表面电镀单层镍基合金，所述镍基合金中镍的含量为1%～99%，所述镍基合金是二元镍基合金或三元镍基合金，所得镀层在厚度方向是各元素比例保持不变的均匀合金镀层，或是元素比例渐变的梯度合金镀层，所述梯度合金镀层通过改变电镀电流密度或搅拌强度来获得；

[0023] 步骤四、在结晶辊或结晶器表面镀层达到产品尺寸要求时，结束电镀，并依据步骤一的数据对结晶辊或结晶器进行机加工，以达到结晶辊或结晶器尺寸参数，恢复结晶辊或结晶器效用。

[0024] 上述的二元镍基合金是Ni-Co合金、Co-Ni合金、Ni-P合金、Ni-Fe合金、Ni-Cr合金、Ni-W合金、Ni-B合金、Ni-Sn合金和Ni-Zn合金，上述的三元镍基合金是在所述二元镍基合金中加入W、P或B等元素形成的三元镍基合金。

[0025] 本方法上述步骤三的单层镍基合金镀层用单层镍基复合镀层代替，所述镍基复合镀层以纯镍或所述镍基合金作为基质金属，采用复合镀技术将一种或一种以上微米或纳米尺度的固体颗粒或纤维均匀弥散至所述基质金属中形成复合镀层，所得镀层在厚度方向是弥散相含量保持不变的均匀复合镀层，或是弥散相含量渐变的梯度复合镀层，所述梯度复合镀层通过改变电镀电流密度或搅拌强度来获得；

[0026] 上述固体颗粒或纤维是氧化物陶瓷Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZrO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>，氮化物陶瓷Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、BN，碳化物陶瓷SiC、WC、Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>以及CaF<sub>2</sub>、MoS<sub>2</sub>、聚四氟乙烯、金刚石、石墨。

[0027] 本方法可在对结晶辊或结晶器表面电镀所述单层镍基合金或单层镍基复合镀层前，先对结晶辊或结晶器表面镀一层纯镍层，以提高镀层与结晶辊或结晶器基体的结合力，所述纯镍层厚度为0.01～3.0mm，然后对结晶辊或结晶器表面重复电镀所述单层镍基合金或单层镍基复合镀层，在结晶辊或结晶器表面最外镀层再电镀一层铬，以使结晶辊或结晶

器表面形成多层镀层。

[0028] 在上述各类电镀结束后可对结晶辊或结晶器进行热处理,以消除镀层应力。上述的各类电镀作业可在卧式镀槽或立式镀槽中进行。

[0029] 本方法可通过如下的具体方法实施:

[0030] 实施例一

[0031] 1. 对结晶辊或结晶器进行表面机加工处理,去除表面氧化层和缺陷部位,表面粗糙度约为 3.2;

[0032] 2. 使用丙酮清洗基体表面的油污和金属渣屑,然后用清水冲洗;

[0033] 3. 使用电镀用常规碱性脱脂溶液擦拭基体表面,溶液温度为 50℃左右,然后用清水冲洗;

[0034] 4. 对结晶辊或结晶器进行电解除油,结晶辊或结晶器浸没于除油液中,除油液温度为 70℃左右,电流密度为 5.0A/dm<sup>2</sup>,处理时间为 3min,然后吊出,用清水冲洗;

[0035] 5. 使用电镀用常规酸性浸蚀液对结晶辊或结晶器表面进行活化处理,浸蚀时间为 1min,然后用清水冲洗;

[0036] 6. 在结晶辊或结晶器施镀之前,采用弱酸溶液喷淋基体表面,对其进行活化处理;

[0037] 7. 对结晶辊或结晶器表面电镀 Co-Ni 合金,镀液温度为 40℃,电流密度为 30mA/cm<sup>2</sup>,镀液采用空气搅拌,所得 Co-Ni 镀层中 Co 与 Ni 的质量比约为 8 : 2,采用卧式电镀槽,结晶辊或结晶器转速为 5 转 /min,电镀液组成配比如下表:

[0038]

硫酸钴	145g/l
硫酸镍	210g/l
氯化镍	15g/l
硼酸	25g/l
十二烷基磺酸钠	0.08g/l
去应力剂	0.05g/l

[0039] 8. 当电镀镀层厚度达到产品要求厚度后结束电镀,进行热处理,热处理温度为 300℃,保温 2 ~ 5 小时,炉冷。

[0040] 9. 按结晶辊或结晶器外形尺寸要求对其进行镀后机加工。

[0041] 按以上过程所得镀层的厚度均匀、致密,与基体具有良好的结合强度,其耐磨损性能、抗冷热疲劳性能优异。

[0042] 本实施例采用的是电镀 Co-Ni 二元合金,也可以是其他二元镍基合金和三元镍基合金。二元镍基合金例如 Ni-Co 合金, Ni-P 合金, Ni-Fe 合金, Ni-Cr 合金, Ni-W 合金, Ni-B 合金, Ni-Sn 合金, Ni-Zn 合金等;三元镍基合金例如在上述二元镍基合金中加入 W 或 P 或 B

等元素形成三元镍基合金。

[0043] 实施例二

[0044] 步骤同实施例 1, 所不同的是在步骤 6 之后增加一道预镀镍步骤。预镀镍采用的是常规的氯化镍溶液预镀镍工艺。

[0045] 按以上过程所得镀层的厚度均匀、致密, 与基体的结合强度尤为良好, 其耐磨损性能、抗冷热疲劳性能优异。

[0046] 实施例三

[0047] 步骤同实施例 1, 所不同的是在步骤 7 中, 采用连续改变电流密度的方式来制备具有成分梯度结构的 Co-Ni 镀层, 电流密度由  $100\text{mA/cm}^2$  降至  $10\text{mA/cm}^2$ , 则获得由内到外 Co 含量逐渐增多的梯度 Co-Ni 镀层。

[0048] 按以上过程所得镀层的厚度均匀、致密, 与基体具有良好的结合强度, 其耐磨损性能、抗冷热疲劳性能优异。

[0049] 实施例四

[0050] 步骤同实施例 1, 所不同的是在步骤 7 中, 本实施例为电镀  $\text{Ni-Cr}_3\text{C}_2$  复合镀层, 镀液温度为  $40^\circ\text{C}$ , 电流密度为  $25\text{mA/cm}^2$ , 镀液采用空气搅拌。所得复合镀层中  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  质量百分含量约为 15%。采用立式电镀槽。电镀液组成配比如下表 :

[0051]

氨基磺酸镍	290g/l
氯化镍	15g/l
硼酸	25g/l
$\text{Cr}_3\text{C}_2$ (1 微米)	25g/l
十二烷基磺酸钠	0.08g/l
分散剂	0.1g/l

[0052] 按以上过程所得镀层的厚度均匀、致密, 与基体具有良好的结合强度, 抗冷热疲劳性能良好, 其耐磨损性能尤为优异。

[0053] 本实施例采用的是电镀  $\text{Ni-Cr}_3\text{C}_2$  复合镀层, 其基质也可以是二元镍基合金和三元镍基合金, 其复合的弥散相也可以是其他一种或一种以上微米或纳米尺度的固体颗粒或纤维均匀弥散至基质金属中形成复合镀层。固体颗粒或纤维例如各种陶瓷 : 氧化物陶瓷  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$  等, 氮化物陶瓷  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{BN}$  等, 碳化物陶瓷  $\text{SiC}$ ,  $\text{WC}$ ,  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  等, 以及  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MoS}_2$ , 聚四氟乙烯, 金刚石, 石墨等其他颗粒或纤维。

[0054] 实施例五

[0055] 步骤同实施例 1, 所不同的是在步骤 7 中, 本实施例为双层镀层复合电镀 Ni 和  $\text{Ni-Co-SiC}$  镀层。首先电镀纯镍, 镀液温度为  $50^\circ\text{C}$ , 电流密度为  $30\text{mA/cm}^2$ , 镀液采用空气搅拌。电镀液组成配比 :

[0056]

氨基磺酸镍	340g/l
氯化镍	10g/l
硼酸	25g/l
十二烷基磺酸钠	0.08g/l

[0057] 镀镍层厚度视总镀层厚度而定。

[0058] 接下来在镀镍层进行电镀 Ni-Co-SiC 镀层。可以先对镀镍层进行机械加工,然后再电镀,此时需要对机加工后的镍表面进行常规镀前处理。也可以在镀镍完毕后无需特别的镀前处理,直接进行 Ni-Co-SiC 电镀。其电镀工艺:镀液温度为 50℃,电流密度为 25mA/cm<sup>2</sup>,镀液采用空气搅拌。采用立式电镀槽。电镀液组成配比:

[0059]

硫酸镍	300g/l
硫酸钴	7g/l
氯化镍	10g/l
硼酸	25g/l
SiC(1 微米)	20g/l
十二烷基磺酸钠	0.08g/l
去应力剂	0.05g/l

[0060] 所得复合镀层中 Ni 与 Co 的质量比约为 8 : 2, SiC 质量百分含量约为 8%。

[0061] 按以上过程所得镀层的厚度均匀、致密,与基体具有良好的结合强度,其耐磨损性能、抗冷热疲劳性能尤为优异。

[0062] 本实施例采用的是双层镀层复合电镀 Ni 和 Ni-Co-SiC 镀层。其镍上的一层或多层镀层也可以是上述的其他合金镀层或复合镀层,最外层可以再镀一层 Cr,最终形成多层镀层。例如 Ni 和 Co-Ni, Ni 和 Ni-Co, Ni 和 Co-Ni 和 Cr, Ni 和 Co-Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ni 和 Ni-SiC, Ni 和 Ni-Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, Ni 和 Ni-SiC 和 Ni-P, Ni 和 Ni-P-ZrO<sub>2</sub> 等。

[0063] 实施例六

[0064] 步骤同实施例 5,所不同的是在电镀 Ni-Co-SiC 镀层时,采用连续改变电流密度的方式来制备具有成分和弥散颗粒梯度结构的 Ni-Co-SiC 镀层,电流密度由 100mA/cm<sup>2</sup> 降至 10mA/cm<sup>2</sup>,则获得由内到外 Co 和 SiC 含量逐渐增多的梯度 Ni-Co-SiC 镀层。

[0065] 按以上过程所得镀层的厚度均匀、致密,与基体具有良好的结合强度,其耐磨损性

能、抗冷热疲劳性能尤为优异。

[0066] 本实施例采用的是双层镀层复合电镀 Ni 和 Ni-Co-SiC 镀层。其镍上的一层或多层镀层也可以是上述的其他合金镀层或复合镀层，最外层可以再镀一层铬，最终形成多层镀层。例如 Ni 和 Co-Ni, Ni 和 Ni-Co, Ni 和 Co-Ni 和 Cr, Ni 和 Co-Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ni 和 Ni-SiC, Ni 和 Ni-Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, Ni 和 Ni-SiC 和 Ni-P, Ni 和 Ni-P-ZrO<sub>2</sub> 等。

[0067] 本方法利用电镀技术为结晶辊或结晶器对涂层材料性能的个性化需求提供了充足的手段和方法，例如各种合金镀、复合镀、多层镀、梯度镀层以及丰富的表面前处理技术等，可以针对个性化需求做出个性化的镀层体系和技术设计，使结晶辊或结晶器表面修复技术的发展成为可能。

[0068] 利用本方法使损坏的结晶辊或结晶器恢复效用，其修复过程在低温镀液中进行的，从而有效避免了高温修复过程所导致的涂层及基体材料性能的恶化和基体膨胀变形，所得镀层均匀致密，内应力低，与基体的结合强度高；在镀前对结晶辊或结晶器表面作适当的预处理，使得所得镀层与基体之间的结合力十分优异；本方法分别采用合金镀、复合镀、多层镀对结晶辊或结晶器表面进行修复处理，可以针对结晶辊或结晶器使用工况对涂层材料性能的个性化需求而做个性化的镀层体系和技术设计，合金镀层和复合镀层可以有效提高结晶辊或结晶器的耐磨损性，高温抗软化等性能，多层镀层采用纯镍镀层作为基体和表面镀层的过渡层，可以有效提高镀层与基体结合力以及抗冷热疲劳等性能；此外，上述镀层也可以制备成梯度结构的镀层，使得基体和表面镀层形成材料成分过渡区，各处材料的物化性能更加匹配，降低了镀层内应力，增强了镀层结合力和抗冷热疲劳等性能。本方法所得镀层一方面可有效调整结晶辊或结晶器的热传递系数，以使基体表面上的热交换过程更加均匀高效，另一方面可以对结晶辊或结晶器本体进行保护，减轻浇铸时产生的热应力和机械应力对结晶辊或结晶器的损伤，避免轧制拉坯对结晶辊或结晶器的磨损。本发明延长了结晶辊或结晶器的使用寿命，从而可以降低薄带、铸坯连铸生产成本、提高薄带、铸坯连铸的生产效率和产品质量。

[0069] 本方法对损坏的结晶辊或结晶器表面进行预处理后，在结晶辊或结晶器表面镀覆单层或多层镀层，单层或多层镀层分别为镍基合金或镍基复合镀层，并在结晶辊或结晶器的最外层表面电镀一层铬，在单层或多层镀层达到产品要求厚度时停止电镀，然后对结晶辊或结晶器进行适当的机加工，即可恢复结晶辊或结晶器的效用；本方法使修复的结晶辊或结晶器镀层均匀致密，内应力低，与基体的结合强度高。有效提高结晶辊或结晶器的耐磨损性，高温抗软化性以及抗冷热疲劳，降低了镀层内应力，增强了镀层结合力，使基体表面上的热交换过程更加均匀高效，实现对结晶辊或结晶器本体的保护，减轻浇铸时产生的热应力和机械应力对结晶辊或结晶器的损伤，避免轧制拉坯对结晶辊或结晶器的磨损，延长了结晶辊或结晶器的使用寿命，从而可以降低薄带、铸坯连铸生产成本、提高薄带、铸坯连铸的生产效率和产品质量。