



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114351072 B

(45) 授权公告日 2024.03.05

(21) 申请号 202111632164.2

(22) 申请日 2021.12.29

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 114351072 A

(43) 申请公布日 2022.04.15

(73) 专利权人 北华航天工业学院  
地址 065000 河北省廊坊市广阳区爱民东  
道133号

(72) 发明人 李冲冲 曹博皓 杨腾 张雪莲

(74) 专利代理机构 天津翰林知识产权代理事务  
所(普通合伙) 12210  
专利代理师 张国荣 付长杰

(51) Int. Cl.  
G23C 2/26 (2006.01)  
G23C 2/28 (2006.01)  
G23C 2/06 (2006.01)  
G23C 2/38 (2006.01)  
G23C 2/18 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 110938793 A, 2020.03.31  
CN 112921261 A, 2021.06.08  
CN 113481453 A, 2021.10.08  
US 2014120369 A1, 2014.05.01  
US 2019002213 A1, 2019.01.03  
CN 112680685 A, 2021.04.20  
JP H05106007 A, 1993.04.27  
CN 110923616 A, 2020.03.27  
JP 2019167576 A, 2019.10.03  
CN 109023197 A, 2018.12.18  
US 4285995 A, 1981.08.25  
JP H10287961 A, 1998.10.27  
CN 113025845 A, 2021.06.25  
US 5015341 A, 1991.05.14  
CN 108265252 A, 2018.07.10  
CN 203221678 U, 2013.10.02

审查员 李超

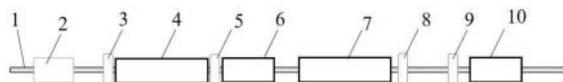
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

一种合金化镀层钢筋的生产工艺

(57) 摘要

本发明为一种合金化镀层钢筋的生产工艺,对钢筋进行环保型热浸镀处理,在钢件表面镀液凝固前,以浸镀后的熔融液态镀液为溶剂,通过向溶剂中喷加合金元素,再通过高频感应加热的集肤效应仅对合金层感应加热,使镀层表层进一步合金化获得以基体为底层向表层过渡的含合金元素的梯度合金化镀层的合金化镀层钢筋。本发明工艺能更为有效且成本适中的提供防护措施对钢筋进行全面腐蚀控制,最大限度延长钢筋混凝土结构的服役寿命,降低维护成本。



1. 一种合金化镀层钢筋的生产工艺,其特征在於:钢筋热镀锌后,在钢筋表面熔融态锌凝固前进行喷粉合金化,同时在惰性气体保护作用下施加高频感应加热,通过高温气刀吹扫、水冷,控制上锌量,以钢筋表面熔融态锌作为溶剂,以喷涂的合金粉末为溶质,通过惰性气体保护感应加热使镀层保持熔融态,利用高频感应加热的集肤效应使喷涂的合金粉末与熔融态锌发生冶金反应,使镀层合金化,然后通过气刀吹扫并迅速水冷,在钢筋表面形成具有一定厚度的合金化覆盖层,即得到以锌或锌铁合金为底层向表层过渡的梯度合金化镀层钢筋,镀层之间为冶金结合;

使喷粉和高频感应加热同时进行,喷涂到钢筋表面的合金粉末瞬间熔化,合金粉末与熔融态锌发生冶金反应,实现合金镀层与基体之间冶金结合,显著提升镀层与基体之间的结合力和镀层的致密性,在钢筋折弯过程避免引起锌层开裂的问题,保证涂层完整;

所述高频感应加热频率为50-200kHz,加热深度为1-3mm;

所述合金粉末为纳米级粉末;

所述生产工艺中涉及的设备体系主要包括高频感应加热系统和密闭熔锌装置,所述密闭熔锌装置,包括工作池和补给池,工作池和补给池下部连通,工作池上部封闭,补给池上部与大气相通,在工作池和补给池的上部同高度开设有供钢筋进出的穿过孔,所有穿过孔内依次通过石英管件连接在一起,形成供钢筋通过的通道;所述工作池和补给池中均加入处理液体,所述工作池的液面高于穿过孔上端所在位置;所述工作池和补给池设有加热系统,

所述工作池,顶部为密封设计,并设有抽气孔,抽气孔与压力控制补偿系统连接,且工作时保证其液面高于穿过孔上端,实现工作池自动压力补偿,保持工作池内压强恒定;

在补给池和工作池相交位置设置连通孔,且工作时补给池液面高于连通孔上侧。

2. 根据权利要求1所述的合金化镀层钢筋的生产工艺,其特征在於:在喷粉和高频感应加热、气刀吹扫并水冷后,使钢筋再次穿过中高频感应加热线圈,温度控制在550~560℃,镀层钢筋的合金层与铁基体发生扩散反应;所述中高频感应加热的频率为1~50kHz,加热深度不小于10mm,通过调整高频、中高频感应加热的频率范围实现添加合金元素后锌-铁合金层的制备。

3. 根据权利要求1所述的合金化镀层钢筋的生产工艺,其特征在於:热镀锌的过程是:

第一种方案:将经过环保除锈的钢筋穿过充满惰性气体或惰性气体/氢气混合气体的密闭管式电阻炉,然后水平快速穿过熔融的锌液使钢筋表面镀覆一层锌;所述电阻炉加热温度为450~700℃,所述锌液温度为450~480℃;

第二种方案:将经过环保除锈的钢筋穿过充满惰性气体或惰性气体/氢气混合气体的密闭陶瓷管或石英管,同时施加高频感应加热,使钢筋表面温度达到500~800℃,然后水平快速穿过熔融的锌液使钢筋表面镀覆一层熔锌;

第三种方案:将经过环保除锈的钢筋进行助镀和烘干后进入熔融的锌液使钢筋表面镀覆一层熔锌。

4. 根据权利要求3所述的合金化镀层钢筋的生产工艺,其特征在於:高温气刀吹扫所用吹扫气体为氮气,氮气温度的150~200℃,高温气刀抹试用于去除钢筋表面附着的锌液以控制附着的熔锌层厚度在30~50μm,且保证均匀性。

5. 根据权利要求3所述的合金化镀层钢筋的生产工艺,其特征在於:所述环保除锈主要

为机械除锈、激光除锈、环保除锈剂除锈中的至少一种,所述机械除锈包括抛丸除锈、钢刷除锈。

6.根据权利要求1-5任一所述的合金化镀层钢筋的生产工艺,其特征在于:该生产工艺还适用于包括钢丝、结构件、钢板、圆钢在内的金属制品进行合金化镀覆处理;所述结构件包括型钢、槽钢、角钢。

## 一种合金化镀层钢筋的生产工艺

### 技术领域

[0001] 本发明属于金属腐蚀防护技术领域,具体涉及一种合金化镀层钢筋的生产工艺。

### 背景技术

[0002] 在海洋强国和新基建大战略下,中国“基建狂魔”的核心建筑材料--钢筋混凝土发挥着举足轻重的作用。海洋基础设施建设(诸如海港码头、隧道、跨海大桥、海洋钻井平台等)规模非常巨大,各种海洋钢筋混凝土构筑物工程、海洋装备投资巨大,其使用寿命和耐久性直接影响国民经济可持续发展战略。钢筋是混凝土结构重要的骨架材料,钢筋的耐蚀性直接关系到钢筋混凝土结构的耐久性。由于钢筋自身的特性以及周围环境的变化,导致由于钢筋腐蚀而引起的混凝土开裂和结构破坏问题日益严重,很多海洋基础设施还没有到达使用年限就需要进行大规模的维修,钢筋的腐蚀造成的直接和间接损失之大远超乎人们的想象。因此,如何采取有效的措施和对策,防止由于钢筋的锈蚀而导致海工混凝土结构的过早失效,确保建筑物达到预期的使用寿命成为国内外学术界、工程界极为关切的热点问题。

[0003] 表面涂镀层防护是解决钢筋防腐提高钢筋耐蚀性和混凝土结构耐久性的重要途径之一。因此,开发新型的高耐蚀镀层钢筋及制备技术,对提高钢筋混凝土结构的耐久性和使用寿命,减少混凝土构筑物后期维护的成本和投入以及推动海洋强国建设具有重大的安全和经济意义。

[0004] 针对钢筋混凝土中钢筋的腐蚀问题,中国专利201320220754.9公开一种锌、环氧双涂层钢筋及加工方法,该专利采用在钢筋上热喷涂获得锌层,锌层厚度在50-100 $\mu\text{m}$ ,锌层与基体之间并非冶金结合,锌层通常抗弯折能力差,而且锌层与基体在钢筋折弯过程容易引起锌层开裂的问题,进而影响涂层的完整性。专利CN 110923616A公开了一种热喷涂稀土铝合金覆层钢筋,采用热喷涂方式,将稀土铝合金丝材喷涂到表面清洁处理后的钢筋基体上,形成热喷涂稀土铝合金覆层,热喷涂涂层与基体结合是机械嵌合方式,覆层钢筋存在热喷涂结合力差,生产成本高等不足。

### 发明内容

[0005] 本发明针对当前海洋工程对高耐蚀钢筋的迫切需求以及现有钢筋防护技术中存在的一系列问题,本发明提供一种热镀锌铝系合金镀层/涂层多体系防护层合金化镀层钢筋及其生产工艺。

[0006] 为达到上述目的,本发明提供以下技术方案:

[0007] 一种合金化镀层钢筋的生产工艺,其特征在于:对钢筋进行环保型热浸镀处理,在钢筋表面镀液凝固前,以浸镀后的熔融液态镀液为溶剂,通过向溶剂中喷加合金元素,再通过高频感应加热的集肤效应仅对合金层感应加热,使镀层层进一步合金化获得以基体为底层向表层过渡的含合金元素的梯度合金化镀层的合金化镀层钢筋。

[0008] 合金化镀层钢筋的生产工艺的具体步骤是:

[0009] 一、环保型热镀锌

[0010] 可采用如下三种方案：

[0011] 第一种方案：将经过环保除锈的钢筋穿过充满惰性气体（主要为氮气或氩气）或惰性气体/氢气混合气体的密闭管式电阻炉（温度为450~700℃），然后水平快速穿过熔融的锌液（450~480℃）使钢筋表面镀覆一层锌；

[0012] 第二种方案：将经过环保除锈的钢筋穿过充满惰性气体（主要为氮气或氩气）或惰性气体/氢气混合气体的密闭陶瓷管或石英管，同时施加高频感应加热，然后水平快速穿过熔融的锌液使钢筋表面镀覆一层锌；

[0013] 第三种方案：将经过环保除锈的钢筋进行助镀和烘干后进入熔融的锌液使钢筋表面镀覆一层锌，亦可采用传统的前处理进行脱脂除锈、助镀以后进行热镀锌；

[0014] 进一步地，所述三种热镀锌方案的环保除锈主要为机械除锈（包括但不限于抛丸除锈、钢刷除锈等）、激光除锈、环保除锈剂除锈中的至少一种；其优势在于整个过程不涉及任何化学药剂排放、尤其是前两种方案无需助镀和水洗等工序，具有工艺流程短、节能减排、环保、高效等优势。

[0015] 二、镀锌层感应重熔并合金化

[0016] 可采用如下方式实现：

[0017] 第一种方案：钢筋镀锌后，在钢筋表面锌液凝固前进行喷粉合金化，同时在惰性气体保护作用下施加高频感应加热，通过高温气刀吹扫、水冷，控制上锌量，以钢筋表面熔融态锌液作为溶剂，以喷涂的金属或合金粉末为溶质，通过惰性气体保护感应加热使镀层保持熔融态，利用高频感应加热的集肤效应使喷洒的合金粉末与熔锌发生冶金反应，使镀层合金化，然后通过气刀吹扫并迅速水冷，在钢筋表面形成具有一定厚度的合金化覆盖层，即得到以锌或锌铁合金为底层向表层过渡的梯度合金化镀层，镀层之间为冶金结合；

[0018] 第二种方案：钢筋镀锌凝固前，在惰性气体保护下通过热喷涂金属或合金（可以是粉末或丝材）使镀锌钢筋表面覆盖合金层，随即进行气体保护高频感应加热，使热喷合金涂层快速加热到合金熔点以上温度，并与预镀的锌层发生冶金反应，形成具有冶金结合的合金化，然后通过气刀吹扫并迅速水冷，形成具有冶金结合的合金化覆盖层，即得到以锌或锌铁合金为底层向表层过渡的梯度合金化镀层的合金化镀层钢筋。

[0019] 进一步地，钢筋镀锌后，或者是对于上述两种方案获得的合金化镀层钢筋，采用中高频感应加热装置在几秒内使钢筋迅速加热到550~560℃使镀覆的合金层与镀锌后的铁基体发生扩散反应，形成由基体内部向表层过渡的具有冶金键合的合金化镀层钢筋。

[0020] 所述高频感应加热频率为50-100KHz，加热深度为1-3mm；所述中高频感应加热的频率为1~50kHz，加热厚度不小于10mm，通过调整高频、中高频感应加热的频率范围能实现添加合金元素后锌-铁合金层的制备。

[0021] 进一步地，所述生产工艺全程为卧式水平生产，卧式镀锌方式可为溢流式或非溢流式；

[0022] 进一步地，所述生产工艺中涉及的设备体系主要包括氨分解装置（提供生产所需的氮气和氢气）和控制阀、高频感应加热系统（包括保护加热和感应重熔处理）、密闭熔锌装置、喷涂设备系统（热喷涂或普通喷涂）、石英管或陶瓷管（密闭环境）、镀层控制系统（控制气刀工作的系统）、钢筋剪裁或收线系统。

[0023] 密闭熔锌装置,包括工作池和补给池,工作池和补给池下部连通,工作池上部封闭,补给池上部与大气相通,在工作池和补给池的上部同高度开设有供长材进出的穿过孔,所有穿过孔内依次通过石英管件连接在一起,形成供钢筋通过的通道;所述工作池和补给池中均加入处理液体,所述工作池的液面高于穿过孔上端所在位置。

[0024] 所述工作池和补给池设有加热系统,其加热方式可以是内加热、燃气加热、感应加热等。

[0025] 所述工作池与补给池底部为连通设计,中间工作池上部两侧设有长材穿过孔,穿过孔处设置防溢流装置。

[0026] 所述工作池,顶部为密封设计,并设有抽气孔,抽气孔与压力控制补偿系统连接,且工作时保证其液面高于穿过孔上端,实现工作池自动压力补偿,保持工作池内压强恒定。

[0027] 所述补给池,补给池底部与中间工作池为连通设计,即在补给池和工作池相交位置设置连通孔,且工作时补给池液面高于连通孔上侧。

[0028] 所述补给池上部为非密闭设计,补给池两侧同样设有长材穿过孔,工作池与补给池的穿过孔通过与穿过孔形状尺寸一致的密闭石英管件连接;所述穿过孔的形状可以为圆孔形、矩形等以适应不同规格钢筋通过需要。

[0029] 进一步地,感应重熔过程同样处于惰性气体(通常为氮气或氩气等)保护的密闭环境,避免感应重熔或合金化过程镀层发生快速氧化。

[0030] 进一步地,所述的合金化镀层钢筋是以锌或锌合金(包括锌铝(Galfan)、锌铝镁(ZAM)、锌铝硅(Galvalum)等锌铝系列镀层)或铝为底层的合金覆层钢筋。

[0031] 进一步地,合金化过程中的合金材料可以是纯金属(如铝、镁、镍、钴、锆、钛等)、二元或多元合金、金属氧化物的粉末中的至少一种,且粉末以纳米级粉末为优选。

[0032] 高温气刀吹扫的氮气温度为 $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ ,高温气刀抹试用于去除钢筋表面附着的锌液以控制附着的熔锌层厚度在 $30\sim 50\mu\text{m}$ ,且保证均匀性,如熔锌层厚度为 $30\mu\text{m}$ 、 $35\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $45\mu\text{m}$ 、 $48\mu\text{m}$ 等;所述通过气刀吹扫并迅速水冷中氮气温度为 $35\sim 100^{\circ}\text{C}$ ,控制镀层厚度在 $50\sim 80\mu\text{m}$ ,如合金化镀层厚度为 $52$ 、 $54$ 、 $56$ 、 $\dots$ 、 $76$ 、 $78$ 、 $80\mu\text{m}$ 等。

[0033] 进一步地,本发明合金镀层同样可以对钢丝、结构件(如型钢、槽钢等)、钢板、角钢、圆钢等金属制品进行合金化镀覆处理,在不偏离本发明本质内涵所作出的工艺或方法改进等,均属于本发明的保护范围。

[0034] 进一步地,所述合金化镀层钢筋的应用领域包括但不限于公路、桥梁、隧道、建筑、海港设施等。

[0035] 由于本发明获得的镀层与传统合金镀层有本质区别,使得本发明具有如下有益效果:

[0036] 1) 本发明中合金镀层的成分可以通过控制喷加合金粉末的负载率或利用率来实现对镀层质量成分和厚度的把控,实现了精准调整和控制镀层的目的,避免了现有技术中在镀覆合金层的过程中镀覆的锌层熔化后会进入第二个装有合金液的锌锅中,对合金液成分产生稀释作用而不易控制镀层成分的难题,因此有效解决了传统双镀法过程中引起的合金镀液成分变化及成分不易控制等问题。

[0037] 2) 利用惰性气体保护感应重熔,使镀层成分合金化,与镀锌层基体形成梯度冶金键合;

[0038] 3) 热浸镀+喷涂重熔合金化工工艺解决了单独热喷涂工艺中镀层与基体之间结合力差的问题;本发明中是先浸镀锌再通过喷加合金元素使镀层合金化,再通过感应加热进行感应重熔,镀锌的目的是提供牺牲阳极防护,添加合金元素是为了进一步改善镀层的耐腐蚀性及其他综合性能,而且由于高频感应加热方式能减少对基体整体性能的影响,通过喷涂方式能有效控制合金加入的种类及加入量,避免通过直接马弗炉热处理方式使镀覆的合金重熔而造成对基体性能的较大影响。

[0039] 4) 采用机械除锈+保护气体感应加热还原的前处理过程具有显著环保和减排优势,彻底解决了镀锌前处理中的污染问题;整个热镀过程不使用任何化学药剂,不产生任何废物或污染物。

[0040] 5) 解决了传统溶剂法热镀高铝合金过程中易漏镀及热镀困难的技术难题。

[0041] 6) 感应加热或激光清洗(激光除锈)过程中的瞬间高温可以将钢筋表面的油污等烧蚀掉,起到净化表面的作用,由于采用的高频感应加热进行保护加热和重熔,利用其“集肤效应”整个生产过程对钢筋基体材料的力学性能指标影响不大,从而避免了其他加热方式对钢筋整体性能的影响。

[0042] 本发明的显著进步是:

[0043] 结合力好:与单独热喷涂工艺得到的合金覆层钢筋相比,本发明的工艺可以实现合金镀层与基体之间冶金结合,显著提升镀层与基体之间的结合力和镀层的致密性。

[0044] 适应性强:与传统的热镀合金工艺相比,本发明提供的合金镀层的制备方法可获得的合金镀层种类繁多,而且成分易于控制,可通过调整喷涂金属或合金的种类及含量获得不同性能的合金镀层,生产适应性强,无需对生产线大幅改动可灵活调整,以满足客户对不同成分和不同性能钢筋产品的需求。

[0045] 节约成本/能耗:传统的热镀锌锅其熔锌量高达几十吨,成本投入大大增加,而且需要加热保证锌液的热量供应,本发明制备工艺对熔锌量要求不高,因此可采用小型熔锌装置,通常几吨熔锌即可满足生产线的运行,而且感应加热工序可为钢筋提供热量,减少了熔锌装置的热量供应需求,因此本申请具有显著的节约成本和能耗的优势。

[0046] 环保高效:完全实现环保热镀、彻底摒弃传统的酸洗、碱洗、水漂洗等带来的污染问题,实现了镀锌产品的清洁生产,对于镀锌行业的碳中和和碳达峰具有很大的导向作用,且适用于几乎所有的合金镀层的制备和生产。

[0047] 本发明工艺能更为有效且成本适中的提供防护措施对钢筋进行全面腐蚀控制,最大限度延长钢筋混凝土结构的服役寿命,降低维护成本。

[0048] 本发明中的密闭熔锌装置,采用巧妙的构思利用压强差原理设计出了用于钢筋热镀的处理装置,这种熔锌装置的工作池为密闭结构,使得长材热镀生产过程更加节能环保。

## 附图说明

[0049] 附图1为本发明中的生产工艺流程图。

[0050] 图中1.盘条;2.环保除锈;3.密闭感应加热;4.卧式镀锌;5.锌层控制;6.粉末喷涂;7.感应重熔;8.合金层控制;9.冷却;10.钝化。

[0051] 附图2为本发明中的合金化镀层钢筋结构示意图。

[0052] 图中1.钢基体;2.镀锌层;3.合金化层。

## 具体实施方式

[0053] 下面结合实施例及附图对本发明做进一步说明,但并不以此作为对本申请保护范围的限定。

[0054] 如图1所示为本发明中合金化镀层钢筋的生产工艺流程图;图中1.盘条;2.环保除锈;3.密闭感应加热;4.卧式镀锌;5.锌层控制;6.粉末喷涂;7.感应重熔;8.合金层控制;9.冷却;10.钝化。

[0055] 如图2所示为本发明所获得得合金化镀层钢筋的镀层结构示意图;图中1.钢基体;2.镀锌层;3.合金化层,各层之间为冶金键合。

[0056] 一种合金化镀层钢筋的生产工艺:所述合金化镀层钢筋首先进行环保型热镀锌,再通过镀锌层感应重熔并合金化获得。

[0057] 具体包括如下工序:

[0058] 一、环保型热镀锌工艺

[0059] 可采用如下三种方案:

[0060] (1) 将经过环保除锈的钢筋穿过充满惰性气体(主要为氮气或氩气)或惰性气体/氢气混合气体的密闭管式电阻炉(温度为450~700℃),然后水平快速穿过熔融的锌液(450~480℃)使钢筋表面镀覆一层熔锌;

[0061] (2) 将经过环保除锈的钢筋穿过充满惰性气体(主要为氮气或氩气)或惰性气体/氢气混合气体的密闭陶瓷管或石英管,同时施加高频感应加热,频率为10~200kHz,使钢筋表面温度达到500~800℃,然后水平快速穿过熔融的锌液,利用高温下铁-锌之间的冶金反应,使钢筋表面镀覆一层熔锌。

[0062] (3) 将经过环保除锈的钢筋进行助镀和烘干后进入熔融的锌液(450~480℃)使钢筋表面镀覆一层熔锌,亦可采用传统的前处理进行脱脂除锈、助镀以后进行镀锌;

[0063] 进一步地,所述三种热镀锌方案的环保除锈主要为机械除锈(包括但不限于抛丸除锈、钢刷除锈等)、激光除锈、环保除锈剂除锈中的至少一种;其优势在于整个过程不涉及任何化学药剂排放、尤其是前两种方案无需助镀和水洗等工序,具有工艺流程短、节能减排、环保、高效等优势。

[0064] 二、镀锌层感应重熔并合金化

[0065] 利用感应重熔将合金粉末融化,这里使用高频感应加热将其加热达到合金的熔点以上,再与熔融锌液发生合金化反应,得到合金化覆层,可采用如下方式实现:

[0066] 第一种方案:钢筋镀锌后,在钢筋表面锌液凝固前进行喷粉合金化,同时在惰性气体保护作用下施加高频感应加热,然后通过气刀吹扫、水冷,控制上锌量,以钢筋表面熔融态锌液作为溶剂,以喷涂的金属或合金粉末等为溶质,通过惰性气体保护感应加热使镀层保持熔融态,利用高频感应加热的集肤效应使喷洒的合金粉末与熔锌发生冶金反应,使镀层合金化,在钢筋表面形成具有一定厚度的合金化覆盖层,即得到以锌铁合金为底层向表层过渡的梯度合金镀层(锌铁合金-锌-锌合金),镀层之间为冶金结合。

[0067] 所述高频感应加热的频率为50-200kHz,加热深度为1-3mm,优选加热的频率为50~100kHz、100-150kHz,通过高温起到吹扫能够控制镀锌层的厚度,使其锌层表面均匀。

[0068] 第二种方案:钢筋镀锌凝固后,在惰性气体保护下通过热喷涂金属或合金(可以是粉末或丝材,为丝材时利用热喷涂原理,将丝材融化,喷射到镀锌钢筋表面)使镀锌钢筋表

面覆盖一层合金层,随即进行气体保护高频感应加热,使热喷合金涂层快速加热到合金熔点以上温度,并与预镀的锌层发生冶金反应,形成具有冶金结合的合金化覆盖层,然后通过气刀吹扫并迅速水冷,得到以锌为底层的合金化镀层钢筋。

[0069] 进一步地,钢筋镀锌后,或者是对于上述两种方案获得的合金化镀层钢筋,采用中高频感应加热装置在几秒内使钢筋迅速加热到(550~560℃)使镀覆的合金层与镀锌后的铁基体发生扩散反应,形成具有冶金键合的含有预喷合金元素的合金化镀层钢筋。此步骤中使用中高频感应加热的频率为1~50kHz,加热深度不小于10mm,此时的加热深度比较广,能作用到基体内部,使基体与锌层发生扩散,可以最大程度的获得合金元素比较高的产品,增加焊接性和涂装性,避免发生开裂、脱落,丰富和提高产品的综合性能,对于严苛的工作环境具有突出的优势,如海洋钢筋等。

[0070] 本发明中第一步环保型热镀锌中将钢筋进行感应加热到700℃左右,使钢筋表面的温度达到要求,减少锌锅的热量的损耗,促进锌铁发生发生一定反应;第二步感应重熔并合金化中的感应加热目的是保持锌的熔融态并使合金粉末快速熔化,以钢筋表面熔融态锌液作为溶剂,以喷涂的金属或合金粉末等为溶质,使得合金粉末能与锌液发生反应,凝固后将金属粉末覆盖在表面形成合金化覆盖层。最后获得合金化镀层后再次使用感应加热,使基体锌和铁发生扩散反应,进一步增强钢筋的焊接性和涂装性。

[0071] 进一步地,所述生产工艺全程为卧式水平生产,卧式镀锌方式可为溢流式和非溢流式;

[0072] 进一步地,所述生产工艺和方法中涉及的设备体系主要包括氨分解装置(提供生产所需的氮气和氢气)和控制阀、高频感应加热系统(包括保护加热和感应重熔处理)、密闭熔锌装置、喷涂设备系统(包括热喷涂或普通喷涂)、石英管或陶瓷管(密闭环境)、镀层控制系统、钢筋剪裁或收线系统。

[0073] 进一步地,所述感应重熔过程同样处于惰性气体(通常为氮气或氩气等)保护的密闭环境,避免感应重熔或合金化过程镀层发生快速氧化,同时避免镀层合金成分发生变化。

[0074] 进一步地,所述的合金化镀层钢筋是以锌或锌合金(包括锌铝(Galfan)、锌铝镁(ZAM)、锌铝硅(Galvalum)等锌铝系列镀层)或铝为底层的合金覆层钢筋。

[0075] 进一步地,合金化过程中的合金材料可以是纯金属(如铝、镁、镍、钴、锆、钛等)、二元或多元合金、金属氧化物粉末中的至少一种,且粉末以纳米级粉末为优选,均能通过感应加热方式快速熔融。通过控制频率及加热时间调节感应加热温度,感应加热的同时施加惰性保护气体,防止镀层合金化发生氧化及重熔合金化过程中镀层成分的变化。

[0076] 进一步地,本发明的工艺过程和原理同样可以对钢丝、结构件(如型钢、槽钢等)、钢板、角钢、圆钢等金属制品进行合金化镀覆处理,在不偏离本发明本质内涵所作出的工艺或方法改进等,均属于本发明的保护范围。

[0077] 进一步地,所述合金化镀层钢筋的应用领域包括但不限于公路、桥梁、隧道、建筑、海港设施等。

[0078] 实施例1

[0079] 一种合金化镀层钢筋及其制备工艺和方法,具体包括如下过程:

[0080] 将轧制后带有黑色氧化皮的钢筋(盘条)经放线和较直处理后进行穿过式抛丸除锈,得到去除氧化皮后的洁净钢筋,随后依次经过旋流水洗或气刀吹扫(去除钢筋表面残余

水渍或浮尘),随后钢筋进入充满氮气与氢气的密闭感应加热石英管中进行高频感应加热,加热频率为50kHz,使钢筋表面温度达到700℃(红外测温仪测温),活化钢铁表面;然后水平穿过熔融锌液(wt%Zn $\geq$ 99%),通过钢基体与熔融锌液(450~470℃)相互浸润、扩散生长等过程在钢筋表面镀覆一层熔锌,随后采用150~200℃的氮气对锌层进行气刀抹拭,去除钢筋表面附着的锌液以控制附着的熔锌层厚度在30~50 $\mu$ m;将镀锌后的钢筋在锌液凝固前向钢筋表面喷涂铝、镁混合粉末(Al:Mg质量比为6:3,喷涂供气为氮气),同时对充满氮气的石英管施加高频感应加热,频率范围为100~150kHz,使喷涂的铝镁混合粉末迅速熔融并与表面的熔锌层发生冶金反应,使镀层合金化,并经气刀吹扫后水冷,钝化后即得到锌铝镁合金化镀层钢筋。钢筋表面镀覆一层熔锌后采用高温的氮气进行气刀抹拭,能够有效防止锌液固化,起到保温作用,为进一步合金化提供可能。

#### [0081] 实施例2

[0082] 一种合金化镀层钢筋及其制备工艺和方法,具体包括如下过程:

[0083] (1) 采用激光清洗机对钢筋进行除油和除锈处理,然后将清洗后的钢筋穿过充满氮气和氢气混合保护气体的石英管中,同时施加高频感应加热,频率为10kHz使钢筋表面温度保持在550~650摄氏度(红外测温仪测温);

[0084] (2) 经步骤(1)处理的钢筋水平穿过密闭熔锌装置,锌液温度为450~480℃(wt%Zn $\geq$ 99%),利用经氮氢活化的钢筋表面与熔融锌液发生冶金扩散反应,使钢筋表面附着一层熔融态锌;

[0085] (3) 采用圆形气刀对锌液进行吹扫,以控制附着的熔锌层厚度在30~50 $\mu$ m,附着锌层的钢筋随后穿过充满氮气的石英管封闭装置向钢筋喷涂配比好的锌铝镁合金粉末(其中Zn:Al:Mg=91:6:3)的同时施加高频感应加热,频率范围为50~100kHz;使喷粉和感应加热同时进行,使喷涂到钢筋表面的合金粉末瞬间熔化,使合金粉末与熔融锌发生冶金反应,随后采用35~100℃的氮气进行气体抹拭,控制镀层厚度在50~80 $\mu$ m;随后进行水冷,钝化,即得到表层为锌铝镁,中间层为锌或锌铁合金的合金化镀层钢筋,然后剪切入库,完成整个合金化镀层钢筋的生产。

#### [0086] 实施例3

[0087] 一种合金化镀层钢筋及其制备工艺和方法,具体包括如下过程:

[0088] (1) 钢筋环保镀锌,具体实施工艺同实施例2中(1)和(2),使钢筋表面附着一层熔融态锌;

[0089] (2) 采用环形气刀对锌液进行吹扫,以控制附着的熔锌层厚度在30~50 $\mu$ m,附着锌层的钢筋随后穿过充满氮气的石英管封闭装置向钢筋喷涂配比好的锌铝镁合金粉末(其中Zn:Al:Mg=91:6:3)的同时施加中高频感应加热,频率范围为50~100kHz,使喷粉和感应加热同时进行,使喷涂到钢筋表面的合金粉末瞬间熔化,使合金粉末与熔融锌发生冶金反应,随后采用室温下的氮气进行气体抹拭,控制镀层厚度在50~80 $\mu$ m,喷涂合金层后镀层厚度大于环保镀锌时的镀层厚度;然后经抹拭后的合金化镀层钢筋再次穿过中高频感应加热线圈,频率范围为1~10kHz,使钢筋温度控制在500~550℃,使合金化镀层钢筋与铁基体发生扩散反应,随后水冷、钝化后,即得到富含铝镁元素的锌铁合金覆层钢筋,然后剪切入库,完成整个合金化镀层钢筋的生产。

#### [0090] 实施例4

[0091] 一种合金化镀层钢筋及其制备工艺和方法,具体包括如下过程:

[0092] (1) 采用穿过式喷丸除锈机进行机械除锈处理后,然后经旋流水洗后的钢筋穿过石英管后,随后在钢筋表面喷涂助镀剂,然后采用工频(50Hz)感应加热使钢筋加热至80~150摄氏度;使钢筋表面覆盖一层助镀盐膜;

[0093] (2) 经步骤(1)处理的钢筋水平穿过密闭熔锌装置,锌液温度为450~480℃,穿过时间5~10s,使钢筋表面镀覆一层熔锌;

[0094] (3) 采用环形气刀对锌液进行吹扫,控制锌层附着厚度为30~50 $\mu\text{m}$ ,待锌液凝固前在密闭氮气保护的石英管中向钢筋喷涂配比好的Ni/Cr合金粉末(wt%<10%)。

[0095] (4) 喷涂合金粉末后的镀锌钢筋,在氮气保护气氛下进行高频(50~100kHz)感应加热5~10s进行重熔合金化,采用气刀吹扫,然后迅速水冷,钝化,即得到富含Ni/Cr合金元素的锌铬镍合金化镀层钢筋,然后剪切入库,完成整个合金化镀层钢筋的生产。

[0096] 由于采用的高频感应加热进行保护加热和重熔,利用其“集肤效应”整个生产过程对钢筋基体材料的力学性能指标影响不大,从而避免了其他加热方式对钢筋整体性能的影响。

[0097] 用该工艺过程和原理同样可以对钢丝、结构件(如型钢、槽钢等)、钢板、角钢、圆钢等金属制品进行镀覆处理,均属于本发明的保护范围。

[0098] 本实施例仅是对本发明精神的举例说明,本领域技术人员或研究人员在不偏离本发明核心内容所作的补充或改进均属本发明的保护范围,本发明未述及之处适用于现有技术。

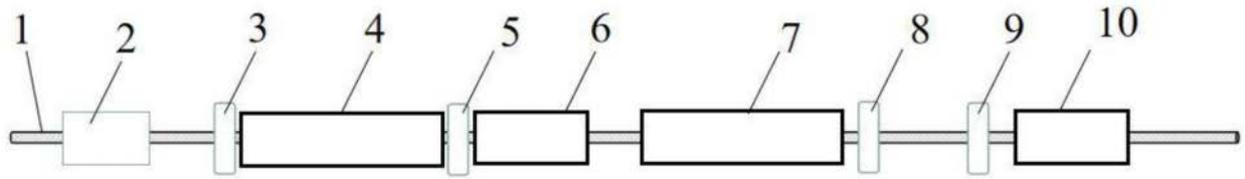


图1

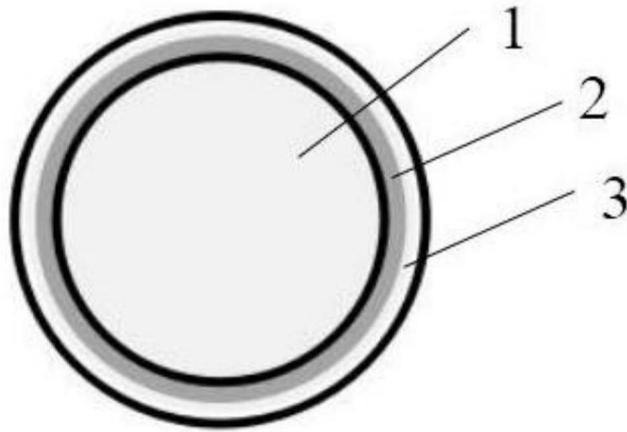


图2