



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110923616 A

(43)申请公布日 2020.03.27

(21)申请号 201911136352.9 *G23C 4/131*(2016.01)

(22)申请日 2019.11.19 *G23C 4/129*(2016.01)

(71)申请人 江苏卓奇新材料科技有限公司 *G23C 4/18*(2006.01)  
*G22C 21/10*(2006.01)

地址 221000 江苏省徐州市云龙区汉风路  
以西、镜泊西路南侧吉田商务广场(南  
区)B栋号楼1-651

(72)发明人 安云岐 黄淑娟 晁兵 李承宇  
杜彬 曹辉 杨棕凯

(74)专利代理机构 徐州市三联专利事务所  
32220

代理人 卓小彬

(51)Int.Cl.  
*G23C 4/14*(2016.01)  
*G23C 4/06*(2016.01)  
*G23C 4/02*(2006.01)

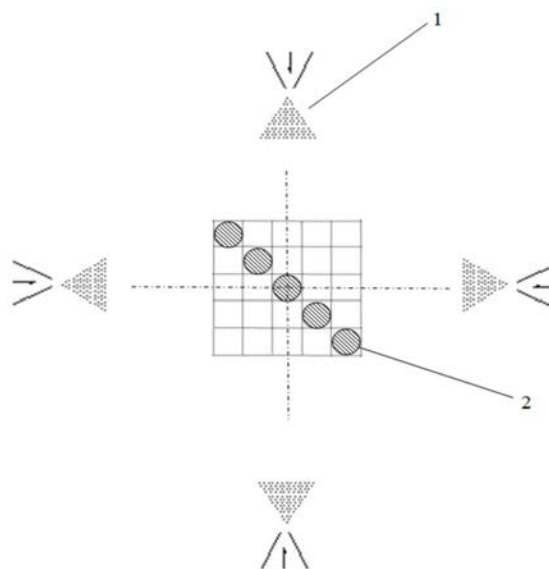
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

一种热喷涂稀土铝合金覆层钢筋

(57)摘要

本发明公开了一种热喷涂稀土铝合金覆层钢筋,采用热喷涂方式,通过机械除锈、热喷涂、后处理等步骤将稀土铝合金丝材喷涂到钢筋基体表面制备而成,其中:Si、Li、Ti、B、Mn及稀土金属等,改善铝合金及覆层的硬度、塑性、韧性与屏蔽性、阴极保护能力;采用双组份水性聚氨酯封闭剂及面漆处理,清洁环保、快速表干,其表面更易于混凝土相容粘接。本发明解决了目前环氧涂层钢筋以及锌铝镀层钢筋存在的与混凝土相对粘接强度大幅下降,钢筋锚固长度增加25%、防腐耐久性不足以及切口、破损处现场难以修补等共同技术问题,具有良好的应用前景。



1. 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,其特征在于步骤如下:

步骤1:机械除锈;采用喷砂或抛丸机械除锈方法,除去钢筋表面附着灰尘、杂质、氧化皮及锈蚀物,机械除锈处理后钢筋基材表面清洁度达到Sa2.5级或以上等级,表面粗糙度达到Rz60 $\mu$ m~100 $\mu$ m;

步骤2:热喷涂;机械除锈后0.5h内,立即采用热喷涂喷枪,将稀土铝合金丝材向上述机械除锈处理合格的钢筋基体表面,进行喷涂形成热喷涂稀土铝合金覆层,所述热喷涂稀土铝合金覆层的厚度为50 $\mu$ m~200 $\mu$ m,表面应颗粒细密、均匀一致,不允许有起皮、鼓泡、大熔滴、流坠、裂纹、剥落等缺陷;

步骤3:后处理;根据热喷涂稀土铝合金覆层钢筋产品的设计使用要求,对热喷涂处理后的钢筋进行进一步处理,如热喷涂稀土铝合金覆层表面防护、钢筋定长裁剪及切口修补防护、以及成品包装保护;

所述稀土铝合金丝材,按重量百分比计,其组分为:

锌Zn:15%~40%;稀土金属:0.01%~0.1%;硅Si:3%~4%;镁Mg:0.02%~0.3%;锂Li:0.01%~0.2%;钛Ti:0.01%~0.2%;硼B:0.01%~0.1%;铋Bi:0.01%~0.1%;锰Mn:0.05%~0.1%;余量为铝Al。

2. 根据权利要求1所述的一种热喷涂稀土铝合金覆层钢筋,其特征在于:所述的稀土金属为铈Ce、镨Pr、镱La、钕Nd中的任意一种,或其中任意两种及以上按照任意质量比组成的稀土金属。

3. 根据权利要求1所述的一种热喷涂稀土铝合金覆层钢筋,其特征在于:所述稀土铝合金丝材的制备方法如下:将含有按重量百分比为:稀土金属:0.01%~0.1%;硅Si:3%~4%;铜Cu:0.05%~0.1%;镁Mg:0.02%~0.3%;锂Li:0.01%~0.2%;钛Ti:0.01%~0.2%;硼B:0.01%~0.1%;铋Bi:0.01%~0.1%;锰Mn:0.05%~0.1%;

与铝Al:20%~30%进行配料,在中空感应电炉中熔炼制成中间合金,备用;然后将锌Zn:15%~40%与剩余的Al放入熔炼炉中进行熔炼,熔炼温度为750 $\pm$ 10 $^{\circ}$ C,待Al、Zn完全熔化后进行精炼,然后加入上述制备的中间合金,充分搅拌至熔清,静置0.5~2h后扒渣,浇铸成棒材;再将棒材放入400 $\pm$ 20 $^{\circ}$ C的电炉内热处理3~6h,经水平连铸获得直径4~8mm的合金粗坯;将粗坯在200 $\pm$ 20 $^{\circ}$ C真空退火炉内退火1~2h后,采用拉丝机经3~8次减径、拉拔后制成直径3mm或2mm的稀土铝合金丝材;所述拉拔速度控制为20 $\pm$ 5mm/min,拉拔环境温度控制为25 $\pm$ 2 $^{\circ}$ C。

4. 根据权利要求1所述的一种热喷涂稀土铝合金覆层钢筋,其特征在于:所述的热喷涂稀土铝合金覆层表面防护,是在热喷涂稀土铝合金覆层表面刷涂聚氨酯底漆封闭剂;所述热喷涂稀土铝合金覆层厚度可优选为100 $\mu$ m~200 $\mu$ m。

5. 根据权利要求4所述的一种热喷涂稀土铝合金覆层钢筋,其特征在于:所述的聚氨酯底漆封闭剂为水性、双组份;按重量百分比计其组分为:

主剂包括下述原料:30~35%含羟基聚丙烯酸酯分散体、20~25%水性弹性聚氨酯分散体、3~5%醇醚类溶剂、1.5~2.0%润湿分散剂、0.2~0.5%润湿剂、0.2~0.6%消泡剂、0.2~0.6%流平剂、0.3~1.0%增稠剂、5~10%鳞片状锌粉或铝粉、0.5~1.0%防沉剂、防流挂助剂0.2~4%,附着力促进剂0.3~1.55、抗氧化剂0.1%~0.5%、紫外光吸收剂0.1%~

1%、余量去离子水；

固化剂包括下述原料：60~80%水分散型聚异氰酸酯，20~40%高沸点醚酯类溶剂；使用时主剂与固化剂按照质量混合比5:1进行配料，搅拌均匀后即可使用。

6. 根据权利要求1所述的一种热喷涂稀土铝合金覆层钢筋，其特征在于：所述的热喷涂稀土铝合金覆层表面防护，是在热喷涂稀土铝合金覆层表面刷涂聚氨酯面漆；

所述的聚氨酯面漆为水性、双组份；不计聚氨酯面漆渗透入热喷涂稀土铝合金覆层内部厚度，热喷涂稀土铝合金覆层表面以上部分聚氨酯面漆涂层的厚度为10 $\mu$ m~20 $\mu$ m；所述热喷涂稀土铝合金覆层厚度可优选为80 $\mu$ m~160 $\mu$ m。

7. 根据权利要求1所述的一种热喷涂稀土铝合金覆层钢筋，其特征在于：所述的热喷涂稀土铝合金覆层表面防护，是在热喷涂稀土铝合金覆层表面刷涂聚氨酯底漆封闭剂后，再刷涂聚氨酯面漆，其中聚氨酯底漆封闭剂渗入热喷涂稀土铝合金覆层内部不计厚度，聚氨酯面漆涂层厚度为20 $\mu$ m~30 $\mu$ m；所述热喷涂稀土铝合金覆层厚度优选为50 $\mu$ m~120 $\mu$ m。

8. 根据权利要求1所述的一种热喷涂稀土铝合金覆层钢筋，其特征在于：所述的热喷涂方式，其中：

钢筋的布设如下：钢筋整体呈纵向流水线行走模式、钢筋之间横向呈阶梯状依次错开排列，钢筋相互间水平投影之间及垂直投影之间均不得重叠，邻近两根钢筋之间的水平或垂直投影间隙 $\leq$ 5mm；进一步优选地：所述的邻近两根钢筋之间的水平或垂直投影间隙均为0mm；

热喷涂喷枪布设如下：热喷涂喷枪布设在环绕钢筋纵向流水线的外周边，并沿钢筋纵向错开布设，对生产线上每个钢筋至少从水平、垂直4个方向喷涂；各喷枪距离其最近钢筋表面距离不小于150mm、距离其最远钢筋表面距离不大于350mm。

9. 根据权利要求1所述的一种热喷涂稀土铝合金覆层钢筋，其特征在于：所述的热喷涂包括火焰喷涂、电弧喷涂、超音速电弧喷涂、大功率电弧喷涂、多雾化电弧喷涂、双雾化电弧喷涂、超音速火焰喷涂。

## 一种热喷涂稀土铝合金覆层钢筋

### 技术领域

[0001] 本发明涉及涂层钢筋技术,具体涉及一种热喷涂稀土铝合金覆层钢筋,属于建筑工程钢材应用及防护技术领域。

### 背景技术

[0002] 为提高苛刻腐蚀环境下钢筋混凝土工程使用寿命,满足海港码头、跨海桥梁、隧道、海上采油平台等钢筋混凝土结构工程长寿命设计要求,1973年美国率先研究优选环氧树脂涂层钢筋用于宾西法尼亚大桥解决钢筋锈蚀问题并取得良好效果,随后环氧树脂涂层钢筋技术在美、日、欧以及中东等国家和地区广泛采用。上世纪80年代以来,我国经过试点采用此技术取得积极进展后,环氧树脂涂层钢筋技术目前已在我国推广采用,取得积极效果。

[0003] 环氧树脂涂层钢筋是在工厂生产条件下,采用静电喷涂方法将环氧树脂粉末喷涂在钢筋表面而制成的,环氧树脂涂层钢筋必然存在本身缺陷。一是现有环氧涂层硬度高、脆性大,易导致局部破损,如在储运、弯折及施工中环氧涂层易受损,产品修复投入加大,影响工程应用施工,且给工程防腐寿命、安全运营等造成众多隐患;二是环氧涂层表面平滑,与混凝土之间主要依靠咬合作用的水平分力形成粘附,导致涂层钢筋与混凝土的粘结强度较普通钢筋大幅低,与混凝土相对粘接强度下降可达13%,因此环氧涂层钢筋的锚固长度需要比普通钢筋增加25%,造成工程投入增加;三是环氧涂层自身不具有自修复能力,一旦损坏或被腐蚀介质侵入,其抗腐蚀能力迅速下降,直接影响建筑物的使用寿命;四是环氧涂层具有屏蔽绝缘性,导致环氧涂层钢筋不能与工程的外加电流阴极保护系统联合使用,影响相关系统保护效用发挥;五是现有环氧涂层钢筋在工程应用中发现,工程采购环氧涂层钢筋进场后,放置短短几个月环氧涂层表面就出现变色甚至粉化现象,不仅大幅影响环氧涂层钢筋与混凝土的粘接强度,其自身腐蚀防护能力也快速下降。

[0004] 针对环氧涂层钢筋存在的问题,行业内推出了镀锌钢筋或锌铝合金等镀层钢筋,解决了环氧涂层易破损、没有自修复能力以及不能与外加电流阴极保护系统联合使用等问题,获得市场欢迎,上述镀层钢筋镀层中含铝量为0.05%~0.5%或4.2%~6.2%(GB/T 32968-2016《钢筋混凝土用锌铝合金镀层钢筋》,面对重防腐环境尤其是海洋氯离子环境其耐蚀性明显不足;行业研究及工程实际应用表明,镀层钢筋其与混凝土的粘接强度也存在明显下降,严重时可达13%;另外热浸镀工艺存在氢脆隐患,实际应用表明,镀层钢筋普遍存在疲劳强度降低问题,裂纹最先从镀层开始逐渐延续到钢筋中,因此行业要求镀锌钢筋的锚固长度也必须增加25%。中国专利201310150992.1《锌、环氧双涂层钢筋》提出一种锌、环氧双涂层钢筋及其加工方法,钢筋表面热喷涂锌层,锌层上静电喷涂环氧涂层,双涂层结构克服了涂层损坏和漏涂微孔所引起的不良问题,但与锌铝镀层+环氧涂层复合涂层钢筋、环氧涂层钢筋等一样,都存在与混凝土相对粘接强度大幅降低导致锚固端长度增加25%的问题,而与工程外加电流阴极保护系统无法联合使用的问题也依然存在。

[0005] 中国专利201810981069.5提出一种非晶防护耐蚀钢筋及其制备方法,采用超音速

电弧喷涂技术制备非晶涂层,并使用封孔处理,涂层结合强度高,孔隙率低,为钢筋防护提供了新途径。其自身检测结果表明,非晶涂层钢筋在混凝土模拟孔隙液中腐蚀电位约为-460mV,虽然高于镀铬层(-554mV),但是与镀锌、锌铝合金甚至铝明显存在差距,另外非晶涂层也并不具有阴极保护作用,腐蚀防护上缺陷明显,其与工程外加电流阴极保护系统也难以有效联合发挥作用。

## 发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种热喷涂稀土铝合金覆层钢筋,该种钢筋加工制造工艺简捷,产品成本低、性价比优异,与混凝土的相对粘接强度没有下降甚至还有提高,其所使用的稀土铝合金丝材组分均衡、制备简便,其覆层具有耐腐蚀性好、阴极保护作用平衡、与基体附着强度高等优点;钢筋热喷涂制备时采用纵向阶梯状排列,降低热喷涂消耗,保证产能,降低了制造成本。本发明解决了目前环氧涂层钢筋以及锌铝镀层钢筋存在的与混凝土相对粘接强度大幅下降,钢筋锚固长度增加25%、防腐耐久性不足以及切口、破损处现场难以修补等共同技术问题,也同时解决了环氧涂层钢筋(含环氧镀锌钢筋)、锌铝镀层钢筋各自面临耐腐蚀、抗暴晒老化的技术问题。

[0007] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0008] 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,具体步骤如下:

[0009] 步骤1:机械除锈采用喷砂或抛丸机械除锈方法,除去钢筋表面附着灰尘、杂质、氧化皮及锈蚀物,机械除锈处理后钢筋基材表面清洁度达到Sa2.5级及以上等级,表面粗糙度达到Rz60 $\mu$ m~100 $\mu$ m;

[0010] 步骤2:热喷涂机械除锈后0.5h内,立即采用热喷涂喷枪将稀土铝合金丝材向上述机械除锈处理合格的钢筋基体表面进行喷涂形成热喷涂稀土铝合金覆层,热喷涂稀土铝合金覆层的厚度为50 $\mu$ m~200 $\mu$ m,覆层表面应颗粒细密、均匀一致,不允许有起皮、鼓泡、大熔滴、流挂、裂纹、剥落等缺陷;

[0011] 步骤3:后处理根据热喷涂稀土铝合金覆层钢筋产品的设计要求,对热喷涂处理后的钢筋可进行进一步处理,如热喷涂稀土铝合金覆层表面防护、钢筋定长裁剪及切口修补防护、成品包装保护等;

[0012] 所述稀土铝合金丝材,按重量百分比计,其组分为:锌Zn:15%~40%;稀土金属:0.01%~0.1%;硅Si:3%~4%;镁Mg:0.02%~0.3%;锂Li:0.01%~0.2%;钛Ti:0.01%~0.2%;硼B:0.01%~0.1%;铋Bi:0.01%~0.1%;锰Mn:0.05%~0.1%;余量为铝Al及不可避免的杂质;

[0013] 所述稀土铝合金丝材的制备方法如下:将含有按重量百分比为:稀土金属:0.01%~0.1%;硅Si:3%~4%;镁Mg:0.02%~0.3%;锂Li:0.01%~0.2%;钛Ti:0.01%~0.2%;硼B:0.01%~0.1%;铋Bi:0.01%~0.1%;锰Mn:0.05%~0.1%,与Al:20%~30%进行配料,在中空感应电炉中熔炼制成中间合金,备用;然后将Zn:15%~40%与剩余的Al放入熔炼炉中进行熔炼,熔炼温度为750 $\pm$ 10 $^{\circ}$ C,待Al、Zn完全熔化后进行精炼,然后加入上述制备的中间合金,充分搅拌至熔清,静置0.5~2h后扒渣,浇铸成棒材;再将棒材放入400 $\pm$ 20 $^{\circ}$ C的电炉内热处理3~6h,经水平连铸获得直径4~8mm的合金粗坯;将粗坯在200 $\pm$ 20

℃真空退火炉内退火1~2h后,采用拉丝机经3~8次减径、拉拔后制成直径3mm或2mm的稀土铝合金丝材;所述拉拔速度控制为 $20 \pm 5$ mm/min,拉拔环境温度控制为 $25 \pm 2$ ℃;

[0014] 所述稀土金属为铈Ce、镨Pr、镧La、钕Nd,任意一种,或其中任意两种或两种以上以其任意比组成的稀土金属。

[0015] 所述的热喷涂稀土铝合金覆层表面防护是在热喷涂稀土铝合金覆层表面刷涂聚氨酯底漆封闭剂,封闭剂渗入热喷涂稀土铝合金覆层内部不计厚度。当对热喷涂稀土铝合金覆层进行封闭剂刷涂设计时,热喷涂稀土铝合金覆层的厚度可以根据工程需要进行适当调整,如优选为 $80 \mu\text{m} \sim 120 \mu\text{m}$ 、 $80 \mu\text{m} \sim 120 \mu\text{m}$ 、 $100 \mu\text{m} \sim 160 \mu\text{m}$ 、 $100 \mu\text{m} \sim 200 \mu\text{m}$ 等。

[0016] 所述聚氨酯底漆封闭剂优选为水性、双组份;按重量百分比计,聚氨酯底漆封闭剂双组份中主剂部分包括下述原料:30~35%含羟基聚丙烯酸酯分散体、20~25%水性弹性聚氨酯分散体、3~5%醇醚类溶剂、1.5~2.0%润湿分散剂、0.2~0.5%润湿剂、0.2~0.6%消泡剂、0.2~0.6%流平剂、0.3~1.0%增稠剂、5~10%鳞片状锌粉或铝粉、0.5~1.0%防沉剂、防流挂助剂0.2~4%,附着力促进剂0.3~1.5%、抗氧化剂0.1%~0.5%、紫外光吸收剂0.1%~1%、余量为去离子水;固化剂部分包括下述原料:60~80%水分散型聚异氰酸酯,20~40%高沸点醚酯类溶剂。加入鳞片状锌粉或铝粉以增加封闭区域的屏蔽阻隔性及导电性,加入抗氧化剂、紫外吸收剂进一步提高封闭外露面的抗暴晒性能,保证即使是简单封闭的热喷涂稀土铝合金覆层钢筋也可以保证在工程现场长时间暴露没老化、氧化等问题。所述聚氨酯底漆封闭剂使用时主剂与固化剂按照质量混合比5:1进行配料,搅拌均匀后即可使用。

[0017] 另外热喷涂稀土铝合金覆层表面防护可以在热喷涂稀土铝合金覆层表面直接刷涂聚氨酯面漆;所述的聚氨酯面漆为水性、双组份;不计聚氨酯面漆渗透入热喷涂稀土铝合金覆层部分厚度,热喷涂稀土铝合金覆层表面以上部分聚氨酯面漆涂层的厚度为 $10 \mu\text{m} \sim 20 \mu\text{m}$ 。当对热喷涂稀土铝合金覆层进行聚氨酯面漆刷涂设计时,热喷涂稀土铝合金覆层的厚度可以根据工程需要进行适当调整,如优选为 $80 \mu\text{m} \sim 120 \mu\text{m}$ 、 $80 \mu\text{m} \sim 120 \mu\text{m}$ 、 $80 \mu\text{m} \sim 160 \mu\text{m}$ 、 $100 \mu\text{m} \sim 200 \mu\text{m}$ 等。

[0018] 热喷涂稀土铝合金覆层表面防护还可以在热喷涂稀土铝合金覆层表面刷涂聚氨酯底漆封闭剂后,再刷涂聚氨酯面漆,其中聚氨酯底漆封闭剂渗入热喷涂稀土铝合金覆层内部不计厚度,聚氨酯面漆涂层厚度为 $20 \mu\text{m} \sim 30 \mu\text{m}$ 。当对热喷涂稀土铝合金覆层进行封闭剂+聚氨酯面漆复合涂层刷涂设计时,热喷涂稀土铝合金覆层的厚度可以根据工程需要进行适当调整,如优选为 $50 \mu\text{m} \sim 120 \mu\text{m}$ 、 $80 \mu\text{m} \sim 120 \mu\text{m}$ 、 $80 \mu\text{m} \sim 160 \mu\text{m}$ 、 $100 \mu\text{m} \sim 160 \mu\text{m}$ 、 $100 \mu\text{m} \sim 200 \mu\text{m}$ 等。

[0019] 封闭处理时,为保证热喷涂稀土铝合金覆层封闭后其表面上尽量少得存留封闭剂,封闭剂用量选控应为正常封闭时封闭剂用量的60%~90%,具体方法如下:先进行小区试验,选择同样厚度的热喷涂稀土铝合金覆层 $1 \sim 2 \text{m}^2$ ,按照常规封闭要求进行封闭涂装,计算出单位面积上封闭剂的用量 $M_0$ ,在本发明实施时,按照 $M_0$ 60%~90%的量用于热喷涂稀土铝合金覆层的封闭作业即可。

[0020] 热喷涂稀土铝合金覆层钢筋时,钢筋的布设如下:钢筋总体呈纵向流水线行走模式、钢筋之间横向呈阶梯状依次错开排列的热喷涂方式,钢筋相互间水平投影及垂直投影要求不得重叠,邻近两根钢筋之间的水平或垂直投影间隙 $\leq 5 \text{mm}$ ,工装条件具备时可优化到

3mm一下直至0mm,以最大程度提高喷涂沉积率、降低消耗;热喷涂喷枪设在环绕钢筋纵向流水线的外周边,一般应至少四个位置,沿钢筋纵向错开固定布设以保证喷枪喷射流之间不相互干扰。如作业时对生产线上每个钢筋从上、下、左、右4个方向喷涂,喷枪沿钢筋流水线阶梯状横截面上呈“十”字形结构;各喷枪距离其最近钢筋表面距离不小于150mm、距离其最远钢筋表面距离不大于350mm,保证喷枪与钢筋保持最佳喷涂距离,提高功效,作业时也可保证钢筋表面热喷涂稀土铝合金覆层均匀、无漏喷。

[0021] 当工艺设计需要时,如钢筋直径较大、钢筋流水线走速加快或要求热喷涂稀土铝合金覆层更加均匀时,热喷枪可设在环绕钢筋纵向流水线的外周边6个或8个方向设置,喷枪沿钢筋流水线阶梯状横截面上分别呈“\*”形、“米”字形结构,保证钢筋表面热喷涂稀土铝合金覆层均匀、无漏喷。

[0022] 所述热喷涂方式包括火焰喷涂、常规电弧喷涂、超音速电弧喷涂、大功率电弧喷涂、大功率多雾化电弧喷涂、双雾化电弧喷涂以及超音速火焰喷涂等模式,喷枪可沿钢筋纵向依次布设,保证钢筋各方向可靠、均匀喷涂覆层、减轻不同喷枪喷射流之间干扰同时,将喷枪到钢筋的喷涂距离、喷枪之间的间隔距离设计到最优,可显著提高喷涂质量与喷涂效率,最大程度减少喷涂消耗。热喷涂喷枪布设后位置可呈固定状态,钢筋流水线向前行走,而固定后的热喷涂喷枪根据钢筋流水线具体布设情况将角度调好后实现对钢筋的稳定喷涂,可保证喷涂覆层质量稳定。需要时,热喷涂喷枪也可以设计成可移动工作状态,以满足钢筋生产流水线作业的实际要求。

[0023] 所述热喷涂稀土铝合金覆层钢筋表面的热喷涂合金覆层厚度为 $50\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ ,可以根据不同工程设计实际需要及腐蚀环境情况,优选为 $50\mu\text{m}\sim 120\mu\text{m}$ 、 $80\mu\text{m}\sim 160\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ 等,热喷涂稀土铝合金覆层单点的最低厚度均不应小于 $50\mu\text{m}$ 。热喷涂稀土铝合金覆层过薄其屏蔽与阴极保护性能太差,过厚不仅造成钢筋加工成本增加,甚至可能会影响钢筋表面形态、力学性能甚至与混凝土粘结效果。

[0024] 现有研究表明,钢筋与混凝土粘接强度主要体现在钢筋表面与混凝土的粘接锚固上,一是混凝土与钢筋表面的物理吸附,二是钢筋受拉时双方的摩阻力,三是双方的机械咬合力。环氧涂层钢筋、镀层钢筋与未处理钢筋相比,其表面物理吸附力、摩阻力、机械咬合力均大幅下降,因其与混凝土的粘接强度主要依靠咬合作用的水平分力实现,显而易见其粘接强度大幅下降。

[0025] 本发明的有益效果是:

[0026] 本发明采用热喷涂技术在钢筋母材表面形成一层热喷涂稀土铝合金覆层,赋予钢筋耐腐蚀性能的同时,明显改善了其表面状态,浇筑混凝土时,混凝土料浆可以渗透到热喷涂稀土铝合金覆层内部甚至达到钢筋基体部位,因此混凝土胶凝后将与热喷涂稀土铝合金覆层钢筋紧密牢固的结合一体,热喷涂稀土铝合金覆层钢筋与混凝土的粘接强度一般达到14MPa以上,相对粘接强度达到112%,即使是封闭、面漆涂层后,热喷涂稀土铝合金覆层钢筋表面也有足够的粗糙度,其与混凝土的相对粘接强度分别达到104%、99%,且耐腐蚀试验后相对粘接强度也没有明显下降,工程应用本发明热喷涂稀土铝合金覆层钢筋,钢筋锚固端已不需要增加25%的长度。

[0027] 本发明稀土铝合金丝材以Al、Zn为主要成分,均衡添加Si、Li、Ti、B、Mn改善合金及覆层的硬度、塑性与韧性;复合Mg、Bi、稀土金属与Si、Li、Ti、B、Mn协同作用,实现合金晶粒

细化、防止晶间腐蚀、提高耐磨性能,通过金属合金性能的优化、稳定与提高,保证其热喷涂稀土铝合金覆层具有优异的耐蚀耐久性和良好的自粘接强度,实现使用该稀土铝合金丝材热喷涂制备的热喷涂稀土铝合金覆层钢筋与混凝土具有稳定、可靠、优异的附着能力。本发明通过合金成分优选、性能优化改进,还克服了现有高含铝量铝合金热喷涂覆层存在的阴极保护能力下降、点蚀明显等问题,降低热喷涂稀土铝合金覆层钢筋制造成本同时,还大幅提高其耐久性与设计使用寿命。

[0028] 本发明覆层钢筋的生产现场、工程应用现场均可以方便地采用热喷涂工装对切口、焊接点、机械连接部位、运输加工过程中的破损部位等进行热喷涂修补作业,保证修补处与原有热喷涂覆层融为一体,完全解决了现有钢筋产品修补技术造成的工程隐患。

[0029] 针对热喷涂损耗大、沉积率低的问题,本发明优化热喷涂方式,将钢筋流水线布设予以创新设计,钢筋纵向行走,但不是传统流水线的一个平面模式,而是相互之间呈阶梯状错开,相互之间水平及垂直投影间隔控制为0,而热喷涂喷枪也易于布设、定位,本设计最大程度减少流水线上、下、左、右等固定热喷涂喷枪正面喷涂构件的无效面积以提高有效喷涂面积,避免工艺浪费;同时保证钢筋在沿流水线平稳移动的同时,其周围表面可以全部、均匀并可靠的被喷涂上金属覆层,本生产线设计简捷、建造投入小、流水线运行及产品质量稳定可靠。

[0030] 针对耐久性要求适度的工程,本发明提供了热喷涂+封闭或者+面漆或者+封闭+面漆的系列设计,现有技术表明,热喷涂合金覆层封闭后其耐蚀性能显著提高,本发明采用聚氨酯类底漆作为封闭剂,具有良好的耐候耐久性,工地现场存放不存在环氧钢筋表现变色失光老化问题,也不会有镀锌钢筋表面氧化问题,封闭剂为水性环保产品,可以全部渗入合金覆层内部,保证封闭的热喷涂合金覆层表面还具有良好的粗糙度以及与混凝土浆料的亲和力,因此浇筑时虽然混凝土料浆难以渗透进合金覆层内部,但合金覆层表面仍能与混凝土维持良好的粘接能力,其粘接强度还略高于未处理的钢筋母材。

[0031] 本发明采用面漆涂装可以进一步提高产品的性价比,有利于中小工程推广使用,本发明将面漆厚度控制在30 $\mu\text{m}$ 以下,就是为了保证面漆涂装后的热喷涂稀土铝合金覆层表面能够保留一定的合金覆层形成的表面粗糙度,保证面漆涂装后的合金覆层表面仍能与混凝土维持良好的粘接能力,采用水性面漆一是响应国家环保政策,二是水性面漆表面更易于混凝土料浆相容、吸附,实际测试表明面漆涂装后热喷涂稀土铝合金覆层钢筋与混凝土的粘接强度与未处理的钢筋母材不相上下,钢筋锚固端已不需要增加25%的长度。

## 附图说明

[0032] 图1是本发明热喷涂方式“十”字形钢筋生产线布设示意图。

[0033] 图2是实施例6覆层结构示意图。

[0034] 图3是实施例7覆层结构示意图。

[0035] 图4是实施例8覆层结构示意图。

[0036] 图5是本发明热喷涂方式“\*”字形钢筋生产线布设示意图。

[0037] 图6是本发明热喷涂方式“米”字形钢筋生产线布设示意图。

[0038] 图中,1-热喷涂喷枪,2-钢筋基体,3-热喷涂稀土铝合金覆层,4-封闭涂层,5-聚氨酯面漆涂层。



## 具体实施方式：

[0039] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步的说明。

[0040] 实施例1-实施例3：

[0041] 稀土铝合金丝材的制备，其按重量百分比计组分见表1。

[0042] 表1、实施例1-3稀土铝合金丝材组分、性能及热喷涂稀土铝合金覆层性能数据

类别	序号	项目名称	实施例 1	实施例 2	实施例 3	对比样 1 ZnAl15	对比样 2 Al	
稀 土 铝 合 金 丝 材	1	Al	余量	余量	余量	14-16	99.5	
	2	Zn	15	30	40	84-86	≤0.01	
	3	Si	4	3.5	3	≤0.12	≤0.01	
	4	Cu	—	—	—	≤0.01	≤0.003	
	5	Ti	0.01	0.1	0.2	—	≤0.003	
	6	Mg	0.3	0.2	0.02	—	—	
	7	Li	0.2	0.1	0.01	—	—	
	8	B	0.1	0.05	0.01	—	—	
	9	Bi	0.1	0.05	0.01	—	—	
	10	Mn	0.2	0.1	0.05	—	—	
	11	稀 土 金 属	Ce	0.025	0.01	0.01	—	—
			Pr	0.025	0.01	—	—	—
			La	0.025	—	—	—	—
			Nd	0.025	—	—	—	—
延伸率 %			29	29	30	40	60	
腐蚀电位 v			-1.011	-1.020	-1.031	-1.062	-0.998	
抗拉强度 3mm MPa			103	102	101	210	101	
覆 层	覆层硬度		42	41	41	38	42	
	覆层附着强度 MPa		12.5	12.4	12.3	8.5	12.7	

[0044] 将组分中含有的Si,Mg,Li,Ti,B,Bi,Mn、稀土金属等，与20%~30%的Al，在中空感应电炉中熔炼制成中间合金，备用；

[0045] 然后将Zn与剩余的Al放入熔炼炉中熔炼，熔炼温度为750±10℃，待Al、Zn完全熔化后进行精炼，然后加入上述制备的中间合金，充分搅拌至熔清，静置0.5~2h后，扒渣，浇铸成棒材；

[0046] 将棒材放入400±20℃的电炉内热处理3~6h，经水平连铸获得直径4~8mm的合金粗坯；将粗坯在200±20℃真空退火炉内退火1~2h后，采用拉丝机经3~8次减径、拉拔后制成直径2mm或3mm的热喷涂专用丝材；拉拔速度控制为20±5mm/min，拉拔环境温度控制为25±2℃。

[0047] 实施例1-实施例3稀土铝合金丝材及其热喷涂稀土铝合金覆层主要性能测试数据见表1，对比样1为ZnAl15、对比样2为Al，均符合GB/T 12608-2003《热喷涂火焰和电弧喷涂用线材、棒材和芯材分类和供货技术条件》要求。

[0048] 从表1数据对比可以发现，本发明稀土铝合金丝材的阴极保护性能没有受Al含量高的影响而明显降低，金属覆层硬度、附着强度良好。

[0049] 实施例4-实施例5

[0050] 水性双组份聚氨酯底漆封闭剂制备,其按重量百分比计组分见表2。

[0051] 表2水性双组份聚氨酯底漆封闭剂主要性能测试数据

[0052]

类别	序号	项目名称	实施例 4 /%	实施例 5 /%
主 剂	1	含羟基聚丙烯酸酯分散体	30	35
	2	水性弹性聚氨酯分散体	25	20
	3	醇醚类溶剂	5	3
	4	润湿分散剂	2.0	1.5
	5	润湿剂	0.5	0.2
	6	消泡剂	0.6	0.2
	7	流平剂	0.6	0.2
	8	增稠剂	1.0	0.3
	9	鳞片状锌粉或铝粉	10	5
	10	防沉剂	1.0	0.5
	11	防流挂助剂	4	0.2
	12	附着力促进剂	1.5	0.3
	13	抗氧化剂	0.1	0.5
	14	紫外光吸收剂	0.1	1
	15	去离子水	余量	余量
固 化 剂	1	水分散型聚异氰酸酯	60	80
	2	高沸点醚酯类溶剂	40	20
涂 料	1	外观	合格	合格
	2	细度 $\mu\text{m}$	15	15
	3	储存稳定性	合格	合格
涂 层	1	外观	合格	合格
	2	铅笔硬度	2H	2H
	3	耐冲击性 cm	50	50
	4	耐湿热(500h)	合格	合格
	5	耐盐雾(500h)	合格	合格
	6	耐氙灯老化(500h)	合格	合格

[0053] 主剂部分的制备方法:按表2重量百分比将醇醚类溶剂、润湿分散剂、润湿剂、流平剂、防沉剂,附着力促进剂、抗氧化剂、紫外光吸收剂加入去离子水中,搅拌分散至细度在30  $\mu\text{m}$ 以下,在加入含羟基聚丙烯酸酯分散体、水性弹性聚氨酯分散体、鳞片状锌粉或铝粉、消泡剂、增稠剂、防流挂助剂搅拌分散30min后出料包装。

[0054] 固化剂部分包括下述原料:60~80%水分散型聚异氰酸酯,20~40%高沸点醚酯类溶剂,将二者按照表2重量百分比混合分散均匀后出料包装即可。

[0055] 实施例4-实施例5聚氨酯底漆封闭剂主要性能测试数据见表2。

[0056] 实施例6

[0057] 见图1、图2所示,

[0058] 热喷涂稀土铝合金覆层钢筋的制备方法如下:热喷涂稀土铝合金覆层钢筋的制备方法如下:钢筋流水线采用图1所示方式布设,热喷涂喷枪1布设在钢筋基体2流水线纵向横

截面周边,呈“十”字形结构。

[0059] 步骤1:机械除锈通过抛丸机除锈,除去钢筋表面附着灰尘、杂质、氧化皮及锈蚀物,钢筋基材表面清洁度达到Sa3级,表面粗糙度达到Rz60-100 $\mu\text{m}$ ;

[0060] 步骤2:热喷涂机械除锈后立即采用电弧喷枪将实施例1制备的稀土铝合金丝材向已除锈合格的钢筋基体表面进行喷涂,调控钢筋行走速度及热喷涂工艺参数,实现热喷涂稀土铝合金覆层3的厚度为100 $\mu\text{m}$ ~200 $\mu\text{m}$ ,热喷涂稀土铝合金覆层表面颗粒细密、均匀;

[0061] 步骤3:后处理钢筋定长裁剪后,人工采用角磨机将切口及其边角打磨平顺,达到St3级要求后,使用热喷涂喷枪用实施例1稀土铝合金丝材将切口及其边角喷涂稀土铝合金覆层,厚度达到150 $\mu\text{m}$ ~200 $\mu\text{m}$ ,然后采用塑膜或软布将覆层钢筋成品包装、入库。

[0062] 实施例6热喷涂稀土铝合金覆层钢筋的主要性能数据见表3。

[0063] 实施例7

[0064] 见图2、图3所示

[0065] 热喷涂稀土铝合金覆层钢筋的制备方法如下:

[0066] 步骤1:机械除锈抛丸机除锈,除去钢筋基体2表面附着灰尘、杂质、氧化皮及锈蚀物,钢筋基材表面清洁度达到Sa2.5级,表面粗糙度达到Rz60 $\mu\text{m}$ ~100 $\mu\text{m}$ ;

[0067] 步骤2:热喷涂机械除锈后立即采用电弧喷枪1将实施例2制备的稀土铝合金丝材向已除锈合格的钢筋基体表面进行喷涂,热喷涂稀土铝合金覆层3的厚度为100 $\mu\text{m}$ ~160 $\mu\text{m}$ ,热喷涂稀土铝合金覆层表面颗粒细密、均匀。

[0068] 步骤3:采用实施例4水性双组分聚氨酯底漆封闭剂,刷涂在热喷涂稀土铝合金覆层3表面,控制刷涂量和刷涂工艺,保证聚氨酯底漆封闭剂完全浸渗入热喷涂稀土铝合金覆层内部形成封闭涂层4,热喷涂稀土铝合金覆层3表面上封闭涂层4不计厚度,即在被封闭后热喷涂稀土铝合金覆层3表面以上尽量减少底漆封闭剂存留,这样可以保证封闭处理后钢筋表面的热喷涂稀土铝合金覆层表面仍具有良好的粗糙度。

[0069] 钢筋定长裁剪后,人工采用角磨机将切口及其边角打磨平顺,达到St3级要求后,使用电弧喷枪用实施例2的稀土铝合金丝材将切口及其边角喷涂稀土铝合金覆层,厚度达到120 $\mu\text{m}$ ~180 $\mu\text{m}$ ,然后采用水性双组分聚氨酯底漆封闭剂,刷涂在热喷涂稀土铝合金覆层3表面,控制刷涂量和刷涂工艺,保证聚氨酯底漆封闭剂完全浸渗入热喷涂稀土铝合金覆层内部,封闭剂在金属覆层表面以上不计厚度;最后采用塑膜或软布将钢筋成品包装、入库。

[0070] 实施例7热喷涂稀土铝合金覆层钢筋的主要性能数据见表3。

[0071] 表3热喷涂稀土铝合金覆层钢筋主要性能测试数据

序号	测试项目	实施 例 6	实施 例 7	实施 例 8	实施 例 9	对比 样 3	对比 样 4	对比 样 5	对比 样 6	
1	与混凝土粘接 强度	粘接强度 MPa	14.5	13.7	13.4	12.8	12.9	11.5	11.7	11.6
		相对粘接强 度%	112	106	104	99	100	89	91	90
2	人工加速老化 后与混凝土粘 接强度-盐雾试 验, 240h	粘接强度 MPa	14.2	13.4	13.3	12.9	13.2	11.4	11.1	11.6
		相对粘接强 度%	108	102	101	98	100	86	84	88
3	人工加速老化 后与混凝土粘 接强度-氙灯试 验, 240h	粘接强度 MPa	14.4	13.5	13.3	12.7	13	10.8	11.5	10.9
		相对粘接强 度%	111	104	102	98	100	83	88	84
3	耐盐雾性/mm 35℃±2℃, 800h	无剥 离	无剥 离	无剥 离	无剥 离	—	剥离半 径 3	无剥 离	剥离半 径 6	
4	覆层附着性/mm 23℃±2℃, 168h	无剥 离	无剥 离	无剥 离	无剥 离	—	剥离半 径 3	无剥 离	剥离半 径 6	

[0072] 备注:对比样3为热喷涂稀土铝合金覆层钢筋用同规格同炉号母材钢筋,符合国家有关钢筋混凝土工程用钢标准,其表面仅作简单的除灰清洁处理;

[0074] 对比样4为同规格母材钢筋制备的环氧涂层钢筋,符合JG/T 502-2016《环氧树脂涂层钢筋》要求;

[0075] 对比样5为同规格母材钢筋制备的锌铝合金镀层钢筋,符合GB/T 32968-2016《钢筋混凝土用锌铝合金镀层钢筋》要求,其中Al含量5%;

[0076] 对比样6为同规格母材钢筋制备的镀锌环氧涂层钢筋,符合JG/T 502-2016《环氧树脂涂层钢筋》要求。

[0077] 实施例8

[0078] 见图4、图5所示;

[0079] 热喷涂稀土铝合金覆层钢筋的制备方法如下:钢筋流水线采用图5所示“\*”形方式布设,

[0080] 步骤1:机械除锈通过抛丸机除锈,除去钢筋基体2表面附着灰尘、杂质、氧化皮及锈蚀物,钢筋基材表面清洁度达到Sa2.5级,表面粗糙度达到Rz60μm~100μm;

[0081] 步骤2:热喷涂机械除锈后立即采用电弧喷枪1将实施例2制备的稀土铝合金丝材向已除锈合格的钢筋基体表面进行喷涂,热喷涂稀土铝合金覆层3的厚度为80μm~160μm,热喷涂稀土铝合金覆层表面颗粒细密、均匀。

[0082] 步骤3:后处理采用市售水性双组份聚氨酯面漆,在热喷涂稀土铝合金覆层3表面刷涂一层聚氨酯面漆形成封闭涂层4;不计聚氨酯面漆渗透入热喷涂稀土铝合金覆层部分厚度,热喷涂稀土铝合金覆层表面以上部分聚氨酯面漆涂层5的厚度为10μm~20μm。

[0083] 钢筋定长裁剪后的后续处理,人工采用角磨机将切口及其边角打磨平顺,达到St3级要求后,使用电弧喷枪将切口及其边角喷涂稀土铝合金覆层,厚度达到100μm~180μm,然后进行采用水性双组份聚氨酯面漆涂装,先涂装面漆形成封闭涂层4,然后在涂装面漆形成

聚氨酯面漆涂层5,其厚度达到 $10\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ 。最后用塑膜或软布将覆层钢筋成品包装、入库。

[0084] 聚氨酯面漆涂层5的厚度控制在 $10\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ ,在赋予本发明覆层钢筋具有良好的耐候耐久性的同时,覆层钢筋表现仍保留有原热喷涂稀土铝合金覆层表面形成的较好的粗糙度,保证覆层钢筋与混凝土之间的粘接强度。

[0085] 实施例8热喷涂稀土铝合金覆层钢筋的主要性能数据见表3。

[0086] 实施例9

[0087] 见图4、图6所示;

[0088] 热喷涂稀土铝合金覆层钢筋的制备方法如下:

[0089] 热喷涂稀土铝合金覆层钢筋的制备方法如下:钢筋流水线采用图6所示“米”字形方式布设。

[0090] 步骤1:机械除锈通过抛丸机除锈,除去钢筋基体2表面附着灰尘、杂质、氧化皮及锈蚀物,钢筋基材表面清洁度达到Sa2.5级,表面粗糙度达到 $Rz60\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ ;

[0091] 步骤2:热喷涂机械除锈后立即采用超音速电弧喷枪1将实施例3制备的稀土铝合金丝材向已除锈合格的钢筋基体表面进行喷涂,热喷涂稀土铝合金覆层3的厚度为 $50\mu\text{m}\sim 120\mu\text{m}$ ,热喷涂稀土铝合金覆层表面颗粒细密、均匀。

[0092] 步骤3:后处理

[0093] 先采用实施例5水性双组分聚氨酯底漆封闭剂,刷涂在热喷涂稀土铝合金覆层3表面,控制刷涂量和刷涂工艺,保证聚氨酯底漆封闭剂完全浸渗入热喷涂稀土铝合金覆层内部形成封闭涂层4,保证封闭处理后热喷涂稀土铝合金覆层表面仍具有良好的粗糙度。

[0094] 再采用市售水性双组份聚氨酯面漆,在热喷涂稀土铝合金覆层表面刷涂一层聚氨酯面漆;热喷涂稀土铝合金覆层4表面以上部分聚氨酯面漆涂层5厚度为 $20\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ 。

[0095] 钢筋定长裁剪后的后续处理,人工采用角磨机将切口及其边角打磨平顺,达到St3级要求后,使用电弧喷枪将切口及其边角喷涂稀土铝合金覆层,厚度达到 $80\mu\text{m}\sim 120\mu\text{m}$ ,然后如上进行水性双组分聚氨酯底漆封闭剂底涂、水性双组份聚氨酯面漆涂装。最后用塑膜或软布将覆层钢筋成品包装、入库。

[0096] 聚氨酯面漆涂层5的厚度控制在 $10\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ ,在赋予本发明覆层钢筋具有良好的耐候耐久性的同时,覆层钢筋表现仍保留有原热喷涂稀土铝合金覆层表面形成的较好的粗糙度,保证覆层钢筋与混凝土之间的粘接强度。

[0097] 实施例9热喷涂稀土铝合金覆层钢筋的主要性能见表3。

[0098] 表3测量数据表明,本发明热喷涂稀土铝合金覆层钢筋与混凝土粘接强度良好,其相对粘接强度没有明显降低;人工加速老化-盐雾试验后锌铝合金镀层钢筋与混凝土相对粘接强度明显下降并低于85%合格线,本发明产品及环氧涂层钢筋变化很小;人工加速老化-氙灯试验后环氧涂层钢筋与混凝土相对粘接强度明显下降并低于85%合格线,本发明产品及锌铝合金镀层钢筋变化很小;老化测试数据表明,本发明产品解决了环氧涂层钢筋、锌铝合金镀层钢筋在产品储存、中转、工程应用过程中因耐腐蚀、抗暴晒能力不足导致与混凝土粘接强度严重下降的问题。

[0099] 试验及检测数据表明,本发明覆层钢筋锚固端可不增加25%长度,钢筋锚固及相关钢筋混凝土结构力学性能达到同类母材钢筋同样性能要求,安全可靠。

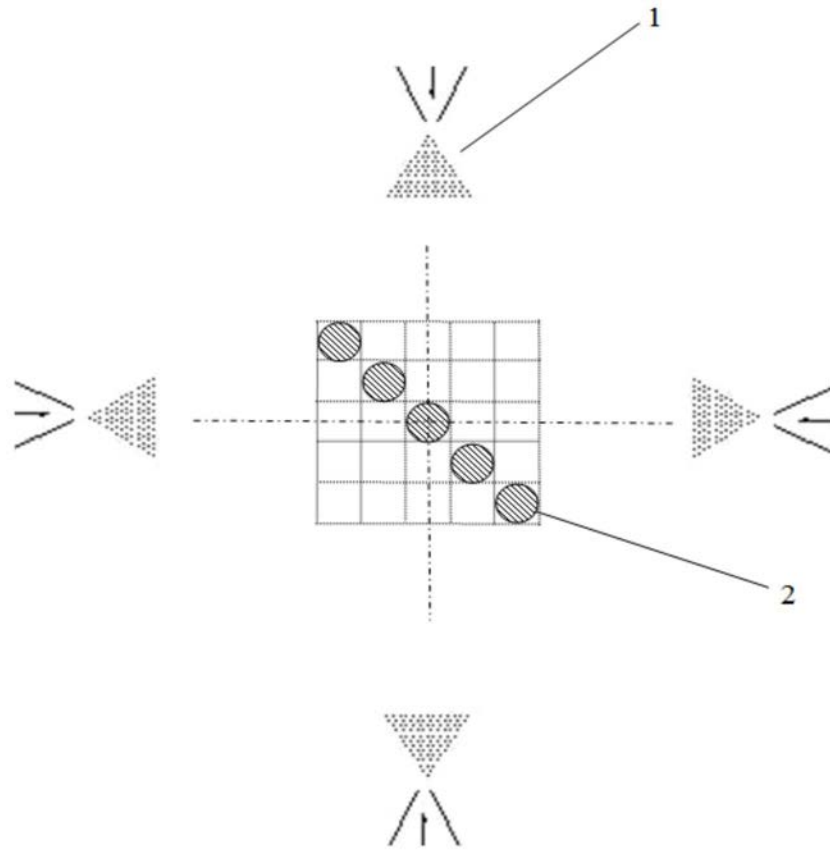


图1

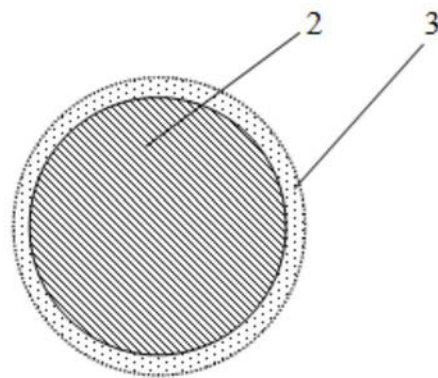


图2

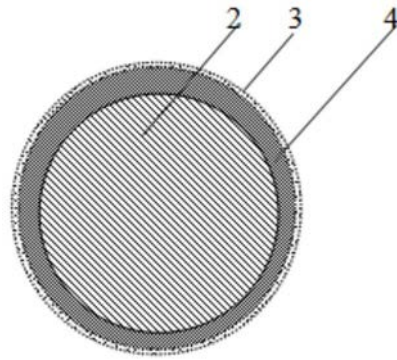


图3

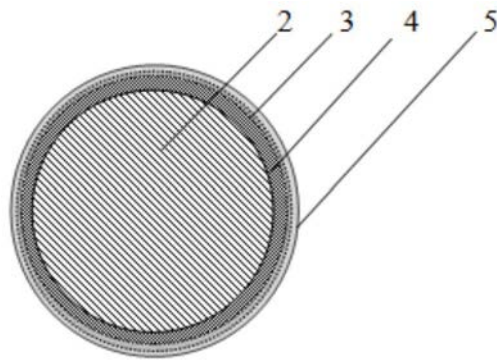


图4

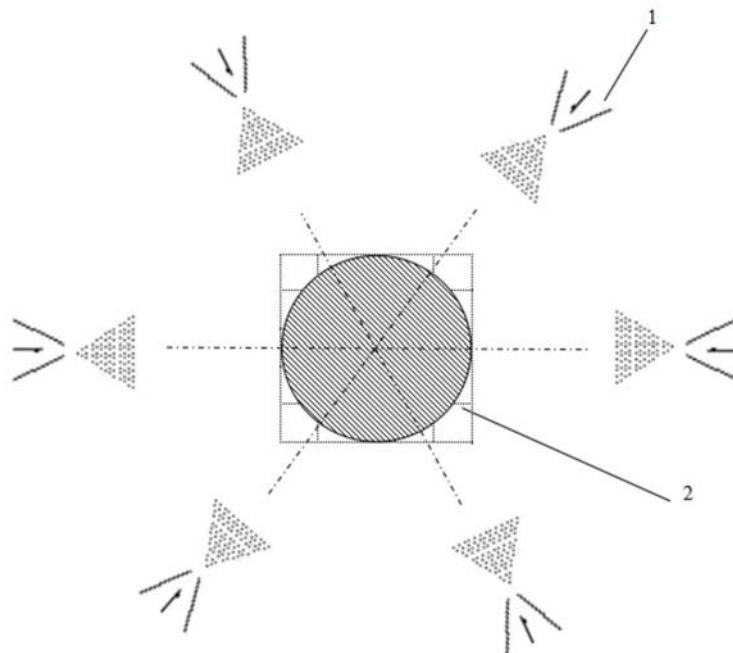


图5

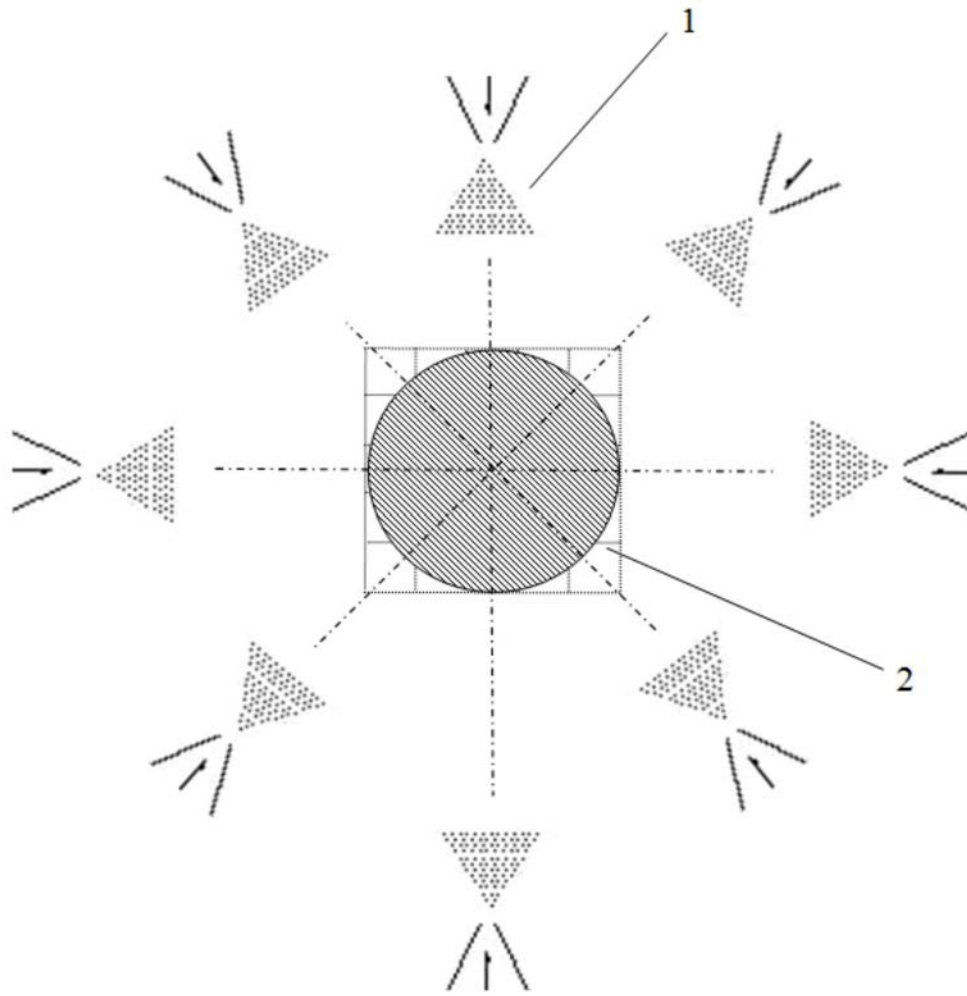


图6