

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 9 月 8 日 (08.09.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/148388 A1

- (51) 国际专利分类号:
C09D 5/08 (2006.01) *C09D 7/00* (2006.01)
C09D 1/00 (2006.01) *B05D 7/14* (2006.01)
C09D 7/12 (2006.01) *B05D 7/24* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/075324
- (22) 国际申请日: 2017 年 3 月 1 日 (01.03.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610124012.4 2016 年 3 月 4 日 (04.03.2016) CN
- (71) 申请人: 浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区浙大路 38 号浙江大学
闫东明, Zhejiang 310000 (CN)。
- (72) 发明人: 闫东明 (YAN, Dongming); 中国浙江省杭州
市西湖区浙江大学紫金港校区安中大楼 A627,
Zhejiang 310000 (CN)。 刘毅 (LIU, Yi); 中国浙江省
杭州市西湖区浙江大学玉泉校区曹光彪大楼,
Zhejiang 310000 (CN)。 张洛栋 (ZHANG, Luodong);
中国浙江省杭州市西湖区浙江大学紫金港校区安
中大楼张, Zhejiang 310000 (CN)。 高海波 (GAO,
Haibo); 中国浙江省杭州市西湖区浙江大学玉泉校
区曹光彪大楼, Zhejiang 310000 (CN)。
- (74) 代理人: 浙江杭州金通专利事务所有限公司
(ZHEJIANG HANGZHOU JINTONG PATENT

AGENCY CO., LTD); 中国浙江省杭州市环城北路
47 号武林广场省科协大楼 3 层金杭徐关寿, Zhejiang
310003 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保
护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR,
IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保
护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA,
RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ,
BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(54) Title: LOW POROSITY ANTI-CORROSION COATING FOR STEEL REINFORCEMENT AND COATING METHOD

(54) 发明名称: 一种用于钢筋防腐的低通孔率涂层及其涂覆方法

(57) Abstract: A low porosity anti-corrosion coating for steel reinforcement and coating method thereof. The coating comprises the following component materials: 45-70 parts of feldspar powder, 15-30 parts of borax, 10-20 parts of calcium tetraborate, 5-15 parts of fluorite, 4-8 parts of a clay, 1.0-10 parts of an adhesion agent, and 1.0-1.5 parts of a thickening agent. The coating method comprises the following steps: 1) dry mixing; 2) wet mixing; 3) pre-treatment; 4) coating; 5) baking; 6) sintering; and 7) cooling under room temperature.

(57) 摘要: 一种用于钢筋防腐的低通孔率涂层及其涂覆方法, 涂层的原料包括以下组分: 长石粉 45-70 份、硼砂 15-30 份、四硼酸钙 10-20 份、氟石 5-15 份、粘土 4-8 份、密着剂 1.0-10 份、增稠剂 1.0-1.5 份。涂覆方法, 包括以下步骤: 1)干混; 2)湿混; 3)预处理; 4)涂覆; 5)烘烤; 6)烧结; 7)常温冷却。



WO 2017/148388 A1

一种用于钢筋防腐的低通孔率涂层及其涂覆方法

技术领域

本发明属于用于混凝土结构的金属材料领域，尤其是涉及一种用于钢筋防腐的低通孔率涂层及其涂覆方法。

背景技术

进入 21 世纪，我国已经迈入了沿海经济大发展的时代，可以预见未来一段时期内将有大批海港码头、跨海桥梁、隧道、海上采油平台等使用钢筋混凝土结构。混凝土结构中钢筋被锈蚀成为影响钢筋混凝土耐久性的一项主要因素。因此，利用新材料、新技术解决钢筋腐蚀问题是当前土木工程领域科技工作者面临的最紧迫的任务之一。

随着钢筋混凝土结构中钢筋锈蚀和防护机理研究的不断深入，钢筋覆膜技术得到了迅速发展。目前按涂层材料可以将钢筋覆膜技术分为三种：（1）金属材料。如不锈钢热喷涂涂层钢筋、镀锌钢筋等；（2）有机材料。如环氧树脂涂层钢筋；（3）无机材料。如磷酸盐涂层钢筋、瓷釉涂层钢筋等。

从工程应用情况分析，采用金属材料对钢筋进行涂层，成本较高，通常达到普通钢筋价格的 2-5 倍，因此不能大批量的应用于腐蚀严重的沿海大型工程中。

采用环氧树脂涂覆钢筋，普遍采用静电喷涂方法，将环氧树脂粉末喷涂在带肋钢筋和光圆钢筋的表面，使其形成一种具有外包层的钢筋。如中国专利号 CN201593271 公开了《一种环氧树脂涂层钢

筋》，在钢筋表面涂覆有环氧树脂涂层，其有效地解决了钢筋结构容易被腐蚀的问题，可以提高建筑物的使用寿命。虽然环氧树脂涂层钢筋有很好的耐蚀性，但与混凝土的粘结强度明显降低，而且环氧树脂涂层暴露在空气中容易被氧化，其防腐性能大受影响。

中国专利 CN103074960 公开了《一种双层环氧树脂涂层钢筋及其制备方法》，其包括基层钢筋，基层钢筋外涂有涂层，内涂层外涂覆有外涂层。外涂层更具有耐磨抗腐蚀性能，能满足在各种恶劣环境下的建设工程的需要。但仍存在以下问题：1、其外层的环氧树脂与混凝土之间粘结力依然薄弱；2、为保证双涂层界面的粘结，需要精密的技术设备支持；3、双涂层使成本翻倍，经济性不佳。

中国专利 CN104404502 公开了《一种磷酸盐基钢筋防腐涂层》，该专利涉及一种用于海洋钢筋混凝土中钢筋的腐蚀涂层材料，该防腐涂层与钢筋表面的结合性能好，结构致密，固化后强度高。但其本质属于粘结剂，可用于混凝土的破损修复，但存在磷酸盐粘结剂在受拉状态，容易开裂的问题。

采用有机材料对钢筋进行覆膜防腐保护，由于其主要成分是有机物质，在风水日晒的临海环境中，涂层会随时间发生老化；采用无机材料对钢筋进行覆膜防腐保护，涂层从成分组成上克服了有机类涂层随时间老化的缺点，但是，涂层脆性大大增加，限制了它在建筑钢筋中的应用。

针对海上、沿海等潮湿环境使用的钢筋容易被锈蚀的问题，也有专利公开了成本低，抗腐蚀能力高、韧性高及自身耐久性好的涂

料及涂覆方法，但是上述专利涂层的内部通孔率较大，本发明经过试验，采用不同的配方降低了涂层内部的通孔率，进一步提高涂层的耐腐蚀性能。

发明内容

为了克服现有技术存在的不足，本发明提供一种成本低、防腐性能好、韧性高的用于钢筋防腐的低通孔率涂层及其涂覆方法。

本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：一种用于钢筋防腐的低通孔率涂层，原料包括以下组分：长石粉 45-70 份、硼砂 15-30 份、四硼酸钙 10-20 份、氟石 5-15 份、粘土 4-8 份、密着剂 1.0-10 份、增稠剂 1.0-1.5 份。

作为优选，长石粉过 800-1000 目筛，氟石过 500-800 目筛。

作为优选，硼砂与长石粉的重量比为 (0.21-0.67):1。

作为优选，四硼酸钙与长石粉的重量比为 (0.14-0.45):1。

作为优选，长石粉为钾长石粉。

作为优选，长石粉为正长石粉或透长石粉。

作为优选，密着剂为三氧化二钴、二氧化锰、氧化镍中的一种或两种。

作为优选，增稠剂为甲基纤维素、羟甲基纤维素钠中的一种或两种。

长石多为片状结构，在烧结过程中，长石粉形成无数片层堆积在钢筋周围。同时，片层状的晶体在沿着片层面的方向具有极高的韧性，使得当钢筋在纵向拉伸时，晶体可以跟随钢筋发生极大的形

变。

硼砂既是涂料致密结构的重要构成物质，又在涂层烧结过程中，起到降低烧结温度、改善烧结性能的作用，与长石粉协同作用加速涂层的形成。硼砂先于长石粉熔化，并粘结在长石粉周围，是涂料的助溶剂和粘结剂，适量使用可以降低涂层的烧结温度。相对长石粉，硼砂用量过少，涂层烧结温度过高；硼砂与长石粉硼砂用量过多，过量的硼砂无法与长石粉结合，反而会阻碍长石粉-硼砂主体结构形成，最终影响涂层结构的强度。

四硼酸钙作为涂层基体的重要组成物质，在烧结的过程中，与硼砂共同起到降低烧温度。并且由于四硼酸钙本身不含结晶水，在涂层烧制时，可以大大减少由于结晶水的蒸发而造成的涂层通孔现象。即在烧结阶段，随着温度升高，涂层内的游离水和结晶水不会不断蒸发，导致一系列连通外部的空洞形成。

增稠剂可以改变涂料在常温下的粘稠程度，而粘稠度会直接影响到涂料浸渍于钢筋表面的难易程度。涂料过于稀薄，不易粘挂于钢筋表面，烧结后涂层厚度也薄，涂层耐腐蚀性不佳；涂料过于粘稠，涂料粘挂于钢筋表面过厚，会改变钢筋的原始形态，并且过厚的涂层会耗费过多粉料，提高了成本。

粘土本身是一种耐火材料，不易熔化，但是在粉料体系中少量添加，可以使得原本上下分层的水和粉料混合成浆料，抑制了粉料与水的分层现象。

本发明还公开了一种用于钢筋防腐的低通孔率涂层的涂覆方

法，包括如下步骤：

- 1) 干混：将按组分比例称量的长石粉与硼砂、四硼酸钙、氟石、粘土、密着剂及增稠剂倒入容器中，拌合均匀，置于混料机中充分搅拌得到混合物 A；
- 2) 湿混：在混合物 A 中加入水，混合物 A 与水的重量比为 (2-5):1，置于混料机中充分混合得到浆状涂料 B，备用；
- 3) 预处理：对钢筋表面进行除锈处理，清洗干净后烘干；
- 4) 涂覆：将步骤 3) 中得到的钢筋浸入步骤 2) 中得到的混合物 B 料液中，钢筋被旋转的同时从涂料 B 中抽出；
- 5) 烘烤：将步骤 4) 中被均匀涂覆的钢筋置于 90-130℃ 下，烘烤 20-40 分钟；
- 6) 烧结：将步骤 5) 中得到的烧结有涂料 B 的钢筋置于电炉中以 3-10℃/分钟的速度升温至 550-700℃，烧结 10 分钟；
- 7) 常温冷却，即得。

严格控制烘干温度：过高的烘干温度会使得涂层中的水快速蒸发，造成涂层内部膨胀，影响烧结后涂层的致密性。过低的烘干温度，大大增加了烘干时间，消耗过多能源。

烧结温度控制在 550-700℃，可以在较低的温度下有效降低通孔率，当烧结温度到达 550℃ 时，涂层内部水分和气体散失基本完成，在气体和水分散失的过程中会留下空洞，连续的空洞相连则构成了通孔。当达到 550℃ 以上后，涂层基体开始软化，涂层内部呈现收缩趋势，内部的通孔在收缩过程中慢慢闭合，形成独立的孔洞。

针对建筑钢筋受力变长和遇水易腐蚀的特性，本发明以长石粉、硼砂及四硼酸钙为主要原料，并掺入微量的其它化学成份，经过优化合理配比，高温熔化后覆在钢筋表面，使其形成一层具有极高韧性和致密三维结构的保护层。对处于海水浪溅区的混凝土结构物，使用经过烧结的涂层钢筋，相对于有机环氧涂层在耐久性方面将更胜一筹；致密的烧结涂层相对于普通金属（镀锌等）材质涂层，其不会随时间变化而被海水中的离子分解消耗，即能更长久保护建筑物中的钢筋。经过改进涂料配方，本发明涂层的内部空隙结构趋于致密化，通孔现象得到明显改善，耐腐蚀性能得到明显提升。本发明的韧性涂层可以跟随钢筋协同伸长，保证涂层在钢筋使用时的完整性，并且致密的防腐涂层可以长久阻隔外部腐蚀物的渗入和腐蚀。

本发明具有的优点和积极效果是（1）突出的抗腐蚀能力。由高温涂料烧制的钢筋防腐涂层能够大幅度提升钢筋的耐腐蚀能力，达到普通钢筋耐腐蚀能力的4-6倍，而且烧结温度适当提高，涂层内部的通孔减少，通孔率降低，提高了涂层的耐腐蚀性；（2）极高的韧性，可以随同建筑钢筋拉伸变形，保证涂层钢筋在正常使用时的完整性；（3）材料自身耐久性强。高温涂料是无机材料，自身具有较强的耐久性，可以长久、有效地发挥作用。

综上所述，本发明的有益效果是，工艺简单，成本低，强度高、致密性能好，防腐性能好，同时韧性高，涂层通孔率低，耐腐蚀性能好。

附图说明

图 1 为普通防腐涂层内部的扫描电镜图。

图 2 为本发明涂层内部的扫描电镜图。

图 3 为 A 处结构放大图。

具体实施方式

为了使本技术领域的人员更好的理解本发明方案，下面将对发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本发明保护的范围。

实施例 1

预处理：取一段钢筋，用磨砂纸除锈之后再用 5% 的稀硫酸冲洗表面除锈，然后用清水冲洗干净，烘干备用。

制取涂料：将正长石粉过 800 目筛，氟石过 500 目筛，取 45 份过筛后的正长石粉、28 份硼砂、12 份四硼酸钙、5 份过筛后的氟石、5 份粘土、3.8 份三氧化二钴及 1.2 份甲基纤维素，其中硼砂与长石粉的重量比为 0.62:1，四硼酸钙与长石粉的重量比为 0.27:1，加入混料罐中用搅拌棒拌合 30 秒，再将混料罐置于混料机中进行干混 3-5 分钟，充分混合得到混合物 A。干混完毕后在混合物 A 中加入 50 份水，其中混合物 A 与水的重量比为 2:1，将其搅拌直到呈浆状，置入混料机中进行湿混 5-7 分钟，充分混合得到涂料 B，取出涂料 B 置于容器中静置 10 分钟，观察到涂料 B 无分层、

表层无水层即可。将涂料 B 倒入储蓄罐中备用。

涂覆：用铁夹夹住预处理过的钢筋，把钢筋浸入涂料 B 中，缓慢旋转钢筋的同时把钢筋从涂料 B 中抽出，涂料 B 均匀涂覆于钢筋表面。

烘烤：在烘箱中放置两块耐火垫块，把从涂料 B 中抽出的钢筋架立于两块耐火垫块上，在 90℃ 下烘烤 20 分钟。

烧结：将从烘箱中取出的干燥钢筋放入电炉中以 5℃/分钟的速度升温，直到温度达到 560℃，保温烧结 10 分钟，自然冷却至室温，即得到涂覆有低通孔率涂层的钢筋。

实施例 2

预处理：同实施例 1。

制取涂料：将透长石粉过 900 目筛，氟石过 625 目筛，取 57 份过筛后的透长石粉、15 份硼砂、13.2 份四硼酸钙、6 份过筛后的氟石、6 份粘土、1.5 份二氧化锰及 1.3 份羟甲基纤维素钠，其中硼砂与透长石粉的重量比为 0.26:1，四硼酸钙与透长石粉的重量比为 0.23:1，加入混料罐中用搅拌棒拌合 30 秒，再将混料罐置于混料机中进行干混 3-5 分钟，充分混合得到混合物 A。干混完毕后在混合物 A 中加入 50 份水，其中混合物 A 与水的重量比为 2:1，将其搅拌直到呈浆状，置入混料机中进行湿混 5-7 分钟，充分混合得到涂料 B，取出涂料 B 置于容器中静置 10 分钟，观察到涂料 B 无分层、表层无水层即可。将涂料 B 倒入储蓄罐中备用。

涂覆：同实施例 1。

烘烤：在烘箱中放置两块耐火垫块，把从涂料 B 中抽出的钢筋架立于两块耐火垫块上，在 100°C 下烘烤 20 分钟。

烧结：将从烘箱中取出的干燥钢筋放入电炉中以 8°C/分钟的速度升温，直到温度达到 620°C，保温烧结 10 分钟，自然冷却至室温，即得到涂覆有低通孔率涂层的钢筋。

实施例 3

预处理：同实施例 1。

制取涂料：将正长石粉过 800 目筛，氟石过 800 目筛，取 49 份过筛后的正长石粉、16 份硼砂、10.6 份四硼酸钙、9.5 份过筛后的氟石、5.5 份粘土、4.2 份三氧化二钴、4 份氧化镍及 1.2 份甲基纤维素，其中硼砂与长石粉的重量比为 0.33:1，四硼酸钙与正长石粉的重量比为 0.22:1，加入混料罐中用搅拌棒拌合 30 秒，再将混料罐置于混料机中进行干混 3-5 分钟，充分混合得到混合物 A。干混完毕后在混合物 A 中加入 40 份水，其中混合物 A 与水的重量比为 2.5:1，将其搅拌直到呈浆状，置入混料机中进行湿混 5-7 分钟，充分混合得到涂料 B，取出涂料 B 置于容器中静置 10 分钟，观察到涂料 B 无分层、表层无水层即可。将涂料 B 倒入储蓄罐中备用。

涂覆：同实施例 1。

烘烤：在烘箱中放置两块耐火垫块，把从涂料 B 中抽出的钢筋架立于两块耐火垫块上，在 100°C 下烘烤 20 分钟。

烧结：将从烘箱中取出的干燥钢筋放入电炉中以 5°C/分钟的速度升温，直到温度达到 650°C，保温烧结 10 分钟，自然冷却至室

温，即得到涂覆有低通孔率涂层的钢筋。

实施例 4

预处理：同实施例 1。

制取涂料：将正长石粉过 800 目筛，氟石过 625 目筛，取 46 份过筛后的正长石粉、15 份硼砂、19 份四硼酸钙、10.6 份过筛后的氟石、4.2 份粘土、3.2 份三氧化二钴及 1.1 份甲基纤维素，其中硼砂与正长石粉的重量比为 0.33:1，四硼酸钙与正长石粉的重量比为 0.41:1，加入混料罐中用搅拌棒拌合 30 秒，再将混料罐置于混料机中进行干混 3-5 分钟，充分混合得到混合物 A。干混完毕后在混合物 A 中加入 40 份水，其中混合物 A 与水的重量比为 2.5:1，将其搅拌直到呈浆状，置入混料机中进行湿混 5-7 分钟，充分混合得到涂料 B，取出涂料 B 置于容器中静置 10 分钟，观察到涂料 B 无分层、表层无水层即可。将涂料 B 倒入储蓄罐中备用。

涂覆：同实施例 1。

烘烤：在烘箱中放置两块耐火垫块，把从涂料 B 中抽出的钢筋架立于两块耐火垫块上，在 90℃下烘烤 30 分钟。

烧结：将从烘箱中取出的干燥钢筋放入电炉中以 5℃/分钟的速度升温，直到温度达到 670℃，保温烧结 10 分钟，自然冷却至室温，即得到涂覆有低通孔率涂层的钢筋。

实施例 5

预处理：同实施例 1。

制取涂料：将正长石粉过 800 目筛，氟石过 625 目筛，取 55

份过筛后的正长石粉、15 份硼砂、12.1 份四硼酸钙、5.5 份过筛后的氟石、4.5 份粘土、3.5 份三氧化二钴、3 份二氧化锰及 1.4 份甲基纤维素，其中硼砂与正长石粉的重量比为 0.27:1，四硼酸钙与正长石粉的重量比为 0.22:1，加入混料罐中用搅拌棒拌合 30 秒，再将混料罐置于混料机中进行干混 3-5 分钟，充分混合得到混合物 A。干混完毕后在混合物 A 中加入 40 份水，其中混合物 A 与水的重量比为 2.5:1，将其搅拌直到呈浆状，置入混料机中进行湿混 5-7 分钟，充分混合得到涂料 B，取出涂料 B 置于容器中静置 10 分钟，观察到涂料 B 无分层、表层无水层即可。将涂料 B 倒入储蓄罐中备用。

涂覆：同实施例 1。

烘烤：在烘箱中放置两块耐火垫块，把从涂料 B 中抽出的钢筋架立于两块耐火垫块上，在 130°C 下烘烤 20 分钟。

烧结：将从烘箱中取出的干燥钢筋放入电炉中以 5°C/分钟的速度升温，直到温度达到 680°C，保温烧结 10 分钟，自然冷却至室温，即得到涂覆有低通孔率涂层的钢筋。

为了验证本发明的用于钢筋防腐的低通孔率涂层和涂覆方法的效果，进行了试验。

1) 分别取三个实验组，每组分为有涂层钢筋和无涂层钢筋各三个试样，总计试验钢筋个数为 18 个。将其置于 5% 的氯化钠溶液中，通电后进行加速腐蚀试验。

表 1 钢筋加速腐蚀试验

腐蚀时间 组别 (h)		1 号螺纹钢	2 号螺纹钢	3 号螺纹钢	平均值
组 1	无涂层	132	154	195	160
	有涂层	975	970	903	949
组 2	无涂层	121	107	191	140
	有涂层	1036	1045	1048	1043
组 3	无涂层	198	180	126	168
	有涂层	937	913	966	939

从表 1 可得，将本发明的用于钢筋防腐的低通孔率涂层高温涂覆于螺纹钢的表面，再将钢筋置于 5% 的氯化钠溶液，钢筋保持不被腐蚀的时间是无涂层钢筋的 4-6 倍，因此本发明的用于钢筋防腐的低通孔率涂层能有效延缓钢筋在水中的腐蚀。

2) 另选择三个实验组，每组分别为 3 根试验钢筋，每根涂层钢筋上贴上 2 个电阻应变片。开始实验时钢筋置于拉伸实验机上，测量应变随荷载变化情况，电阻应变片连接应变仪测量涂层钢筋上的应变变化。

表 2 钢筋拉伸试验

		涂层开裂应变值 (u eps)		
		测点 1 处	测点 2 处	平均值
组 1	1 号测试钢筋	1692	1751	1721
	2 号测试钢筋	1643	1662	1652
	3 号测试钢筋	1727	1675	1701
组 2	1 号测试钢筋	1705	1604	1654
	2 号测试钢筋	1751	1685	1718
	3 号测试钢筋	1794	1645	1719
组 3	1 号测试钢筋	1611	1706	1658
	2 号测试钢筋	1762	1620	1691
	3 号测试钢筋	1797	1777	1787

注：应变大小是无量纲值，1个应变 = 10^6 u eps

建筑用钢筋使用时关注一个指标：屈服强度以及对应的屈服应变值。建筑结构设计时，结构设计师按照 GB 50010-2010，混凝土结构设计规范进行设计。

3) 电镜观察

将本发明的涂层涂覆于钢筋表面后，自然降温，置入电镜模具中，灌入环氧树脂，静置一天待环氧树脂固化后，将带有环氧树脂的钢筋从模子上取出置于抛磨机上进行打磨抛光，放入扫描电镜试验机下观察，得到图 2。同时将普通涂层置于电镜试验机下进行对比观察，得到图 1。

涂层内部由于结晶水、游离水和气体的蒸发会自然形成孔洞，而孔洞分为连通孔和独立孔。涂层对钢筋的腐蚀保护首先就体现在对钢筋和腐蚀物之间的完全隔离，独立孔不影响隔离作用，连通孔则不然，连通孔会引导外部腐蚀物质渗入涂层内部，一旦涂层某处开裂或者连通孔洞直通入钢筋表面，则容易在钢筋局部形成点状腐蚀。换言之，连通孔的存在会严重降低涂层的耐腐蚀性，独立孔则不会降低涂层耐腐蚀性。

图 3 中标示出通孔和独立孔的形态，具体的，两种孔洞的 SEM-BSE 图对比，在扫描电镜图中，连通孔由于直接连通外部的环氧树脂层，会在真空浇筑环氧树脂时，不可避免地引入液态的环氧树脂，从而导致扫描电镜图中看到连通孔内部颜色与环氧树脂层颜色相同。然而，独立孔内部颜色则与周围涂层近似相同。

对比图 1 和图 2，可以明显看出本发明中的涂层内部通孔明显低于普通涂层，由于通孔数量，即通孔率对涂层的耐腐蚀性影响较大，从而本发明的耐腐蚀性能更佳。

上述具体实施方式用来解释说明本发明，而不是对本发明进行限制，在本发明的精神和权利要求的保护范围内，对本发明作出的任何修改和改变，都落入本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种用于钢筋防腐的低通孔率涂层，其特征在于：原料包括以下组分：长石粉 45-70 份、硼砂 15-30 份、四硼酸钙 10-20 份、氟石 5-15 份、粘土 4-8 份、密着剂 1.0-10 份、增稠剂 1.0-1.5 份。
2. 根据权利要求 1 所述的涂层，其特征在于：所述长石粉过 800-1000 目筛，所述氟石过 500-800 目筛。
3. 根据权利要求 1 所述的涂层，其特征在于：所述硼砂与长石粉的重量比为 (0.21-0.67):1。
4. 根据权利要求 1 所述的涂层，其特征在于：所述四硼酸钙与长石粉的重量比为 (0.14-0.45):1。
5. 根据权利要求 1 所述的涂层，其特征在于：所述长石粉为钾长石粉。
6. 根据权利要求 5 所述的涂层，其特征在于：所述长石粉为正长石粉或透长石粉。
7. 根据权利要求 1 所述的涂层，其特征在于：所述密着剂为三氧化二钴、二氧化锰、氧化镍中的一种或两种。
8. 根据权利要求 1 所述的涂层，其特征在于：所述增稠剂为甲基纤维素、羟甲基纤维素钠中的一种或两种。
9. 一种如权利要求 1-8 中任一项所述用于钢筋防腐的低通孔率涂层的涂覆方法，其特征在于：包括如下步骤：
 - 1) 干混：将按组分比例称量的长石粉与硼砂、四硼酸钙、氟石、粘土、密着剂及增稠剂倒入容器中，拌合均匀，置于混料机中充分搅拌得到混合物 A；
 - 2) 湿混：在混合物 A 中加入水，混合物 A 与水的重量比为 (2-5):1，置于混料机中充分混合得到浆状涂料 B，备用；
 - 3) 预处理：对钢筋表面进行除锈处理，清洗干净后烘干；

- 4) 涂覆：将步骤 3) 中得到的钢筋浸入步骤 2) 中得到的混合物 B 料液中，钢筋被旋转的同时从涂料 B 中抽出；
- 5) 烘烤：将步骤 4) 中被均匀涂覆的钢筋置于 90-130℃下，烘烤 20-40 分钟；
- 6) 烧结：将步骤 5) 中得到的烧结有涂料 B 的钢筋置于电炉中以 3-10℃/分钟的速度升温至 550-700℃，烧结 10 分钟；
- 7) 常温冷却，即得。

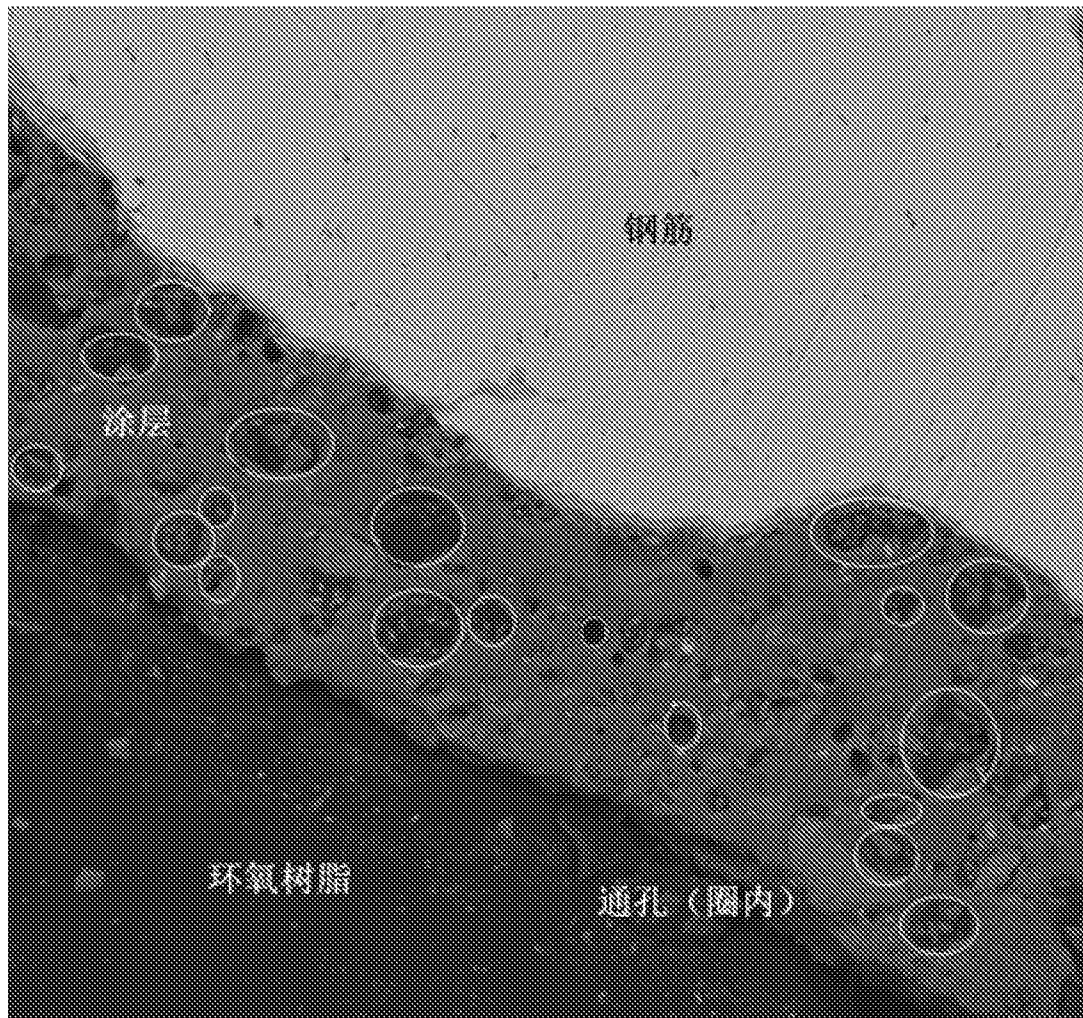


图 1

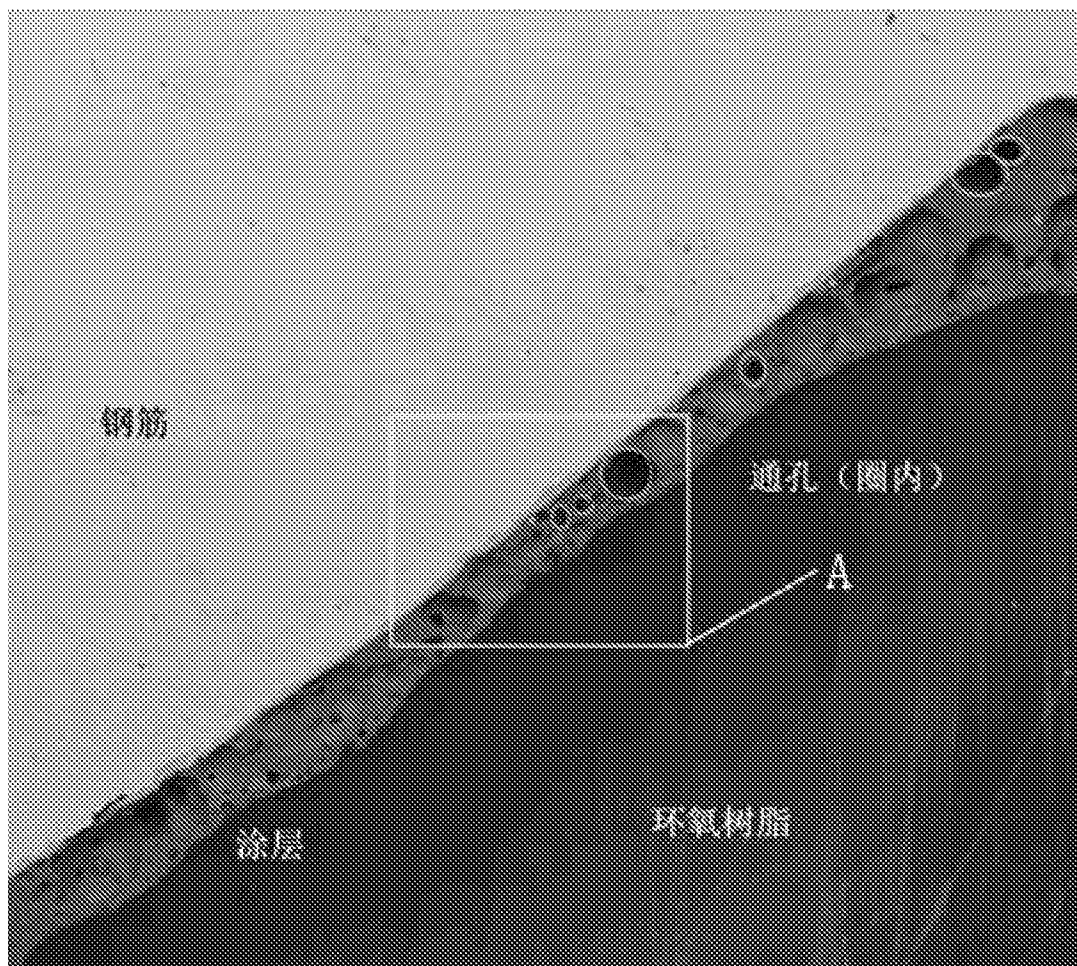


图 2

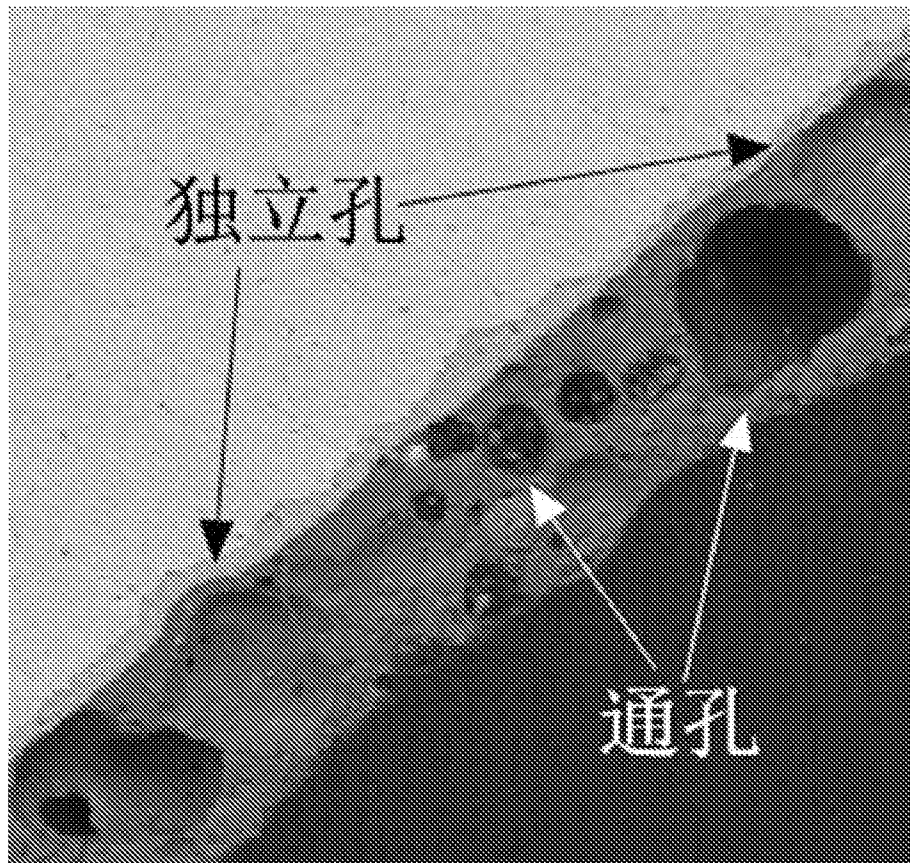


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/075324

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C09D 5/08 (2006.01) i; C09D 1/00 (2006.01) i; C09D 7/12 (2006.01) i; C09D 7/00 (2006.01) i; B05D 7/14 (2006.01) i; B05D 7/24 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C09D, B05D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; DWPI: feldspars, calcium borate, fluoritum, calcium fluoride, adhesive agent, thickening agent, rust, rebar, steel, corrosive, fluorspar, clay, calcium tetraborate, borax, metal, corrosion

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 105670366 A (ZHEJIANG UNIVERSITY), 15 June 2016 (15.06.2016), claims 1-9	1-9
PX	CN 105384342 A (SHANDONG FENGKUN ENAMEL GUARDRAIL CO., LTD.), 09 March 2016 (09.03.2016), claims 1-7	1-8
PX	CN 105439625 A (ZHEJIANG UNIVERSITY), 30 March 2016 (30.03.2016), claims 1-9	1-9
PX	CN 105948500 A (PANZHIHUA UNIVERSITY), 21 September 2016 (21.09.2016), claims 1-10	1-8
X	CN 1069078 A (LIU, Tiegang), 17 February 1993 (17.02.1993), description, page 1, paragraph 2 to page 7, the last paragraph	1-8
Y	CN 1069078 A (LIU, Tiegang), 17 February 1993 (17.02.1993), description, page 1, paragraph 2 to page 7, the last paragraph	9
X	CN 104496181 A (CHANGZHOU XNE NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.), 08 April 2015 (08.04.2015), description, paragraphs [0009]-[0028]	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 04 May 2017 (04.05.2017)	Date of mailing of the international search report 06 June 2017 (06.06.2017)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer GAO, Beibei Telephone No.: (86-10) 62084928

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/075324

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 104496181 A (CHANGZHOU XNE NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.), 08 April 2015 (08.04.2015), description, paragraphs [0009]-[0028]	9
Y	CN 105131660 A (ZHEJIANG UNIVERSITY), 09 December 2015 (09.12.2015), claims 1-8	9
Y	CN 105131659 A (ZHEJIANG UNIVERSITY), 09 December 2015 (09.12.2015), claims 1-6	9
A	CN 101418448 A (NIU, Fugen), 29 April 2009 (29.04.2009), the whole document	1-9
A	CN 105238105 A (ZHEJIANG UNIVERSITY), 13 January 2016 (13.01.2016), the whole document	1-9
A	CN 101967042 A (CAI, Wenren), 09 February 2011 (09.02.2011), the whole document	1-9
A	CN 104909567 A (PANZHIHUA UNIVERSITY), 16 September 2015 (16.09.2015), the whole document	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2017/075324

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105670366 A	15 June 2016	None	
CN 105384342 A	09 March 2016	None	
CN 105439625 A	30 March 2016	None	
CN 105948500 A	21 September 2016	None	
CN 1069078 A	17 February 1993	None	
CN 104496181 A	08 April 2015	None	
CN 105131660 A	09 December 2015	None	
CN 105131659 A	09 December 2015	None	
CN 101418448 A	29 April 2009	None	
CN 105238105 A	13 January 2016	CN 105238105 B	05 April 2017
CN 101967042 A	09 February 2011	CN 101967042 B	08 August 2012
CN 104909567 A	16 September 2015	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/075324

A. 主题的分类		
C09D 5/08(2006.01)i; C09D 1/00(2006.01)i; C09D 7/12(2006.01)i; C09D 7/00(2006.01)i; B05D 7/14(2006.01)i; B05D 7/24(2006.01)i		
按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域		
检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)		
C09D, B05D		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))		
CNABS;CNTXT;CNKI;DWPI:长石, 硼砂, 硼酸钙, 氟石, 萤石, 氟化钙, 粘土, 黏土, 密着剂, 增稠剂, 腐, 锈, 钢筋, 钢, 金属, steel, corrosive, fluorspar, clay, calcium tetraborate, borax, metal, corrosion		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 105670366 A (浙江大学) 2016年 6月 15日 (2016 - 06 - 15) 权利要求1-9	1-9
PX	CN 105384342 A (山东锋坤搪瓷护栏有限公司) 2016年 3月 9日 (2016 - 03 - 09) 权利要求1-7	1-8
PX	CN 105439625 A (浙江大学) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 权利要求1-9	1-9
PX	CN 105948500 A (攀枝花学院) 2016年 9月 21日 (2016 - 09 - 21) 权利要求1-10	1-8
X	CN 1069078 A (刘铁钢) 1993年 2月 17日 (1993 - 02 - 17) 说明书第1页第2段至第7页最后一段	1-8
Y	CN 1069078 A (刘铁钢) 1993年 2月 17日 (1993 - 02 - 17) 说明书第1页第2段至第7页最后一段	9
X	CN 104496181 A (常州宣纳尔新能源科技有限公司) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 说明书第[0009]-[0028]段	1-8
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期
2017年 5月 4日		2017年 6月 6日
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		高蓓蓓
传真号 (86-10)62019451		电话号码 (86-10)62084928

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 104496181 A (常州宣纳尔新能源科技有限公司) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 说明书第[0009]-[0028]段	9
Y	CN 105131660 A (浙江大学) 2015年 12月 9日 (2015 - 12 - 09) 权利要求1-8	9
Y	CN 105131659 A (浙江大学) 2015年 12月 9日 (2015 - 12 - 09) 权利要求1-6	9
A	CN 101418448 A (牛富根) 2009年 4月 29日 (2009 - 04 - 29) 全文	1-9
A	CN 105238105 A (浙江大学) 2016年 1月 13日 (2016 - 01 - 13) 全文	1-9
A	CN 101967042 A (蔡文仁) 2011年 2月 9日 (2011 - 02 - 09) 全文	1-9
A	CN 104909567 A (攀枝花学院) 2015年 9月 16日 (2015 - 09 - 16) 全文	1-9

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/075324

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	105670366	A	2016年 6月 15日	无	
CN	105384342	A	2016年 3月 9日	无	
CN	105439625	A	2016年 3月 30日	无	
CN	105948500	A	2016年 9月 21日	无	
CN	1069078	A	1993年 2月 17日	无	
CN	104496181	A	2015年 4月 8日	无	
CN	105131660	A	2015年 12月 9日	无	
CN	105131659	A	2015年 12月 9日	无	
CN	101418448	A	2009年 4月 29日	无	
CN	105238105	A	2016年 1月 13日	CN 105238105	B 2017年 4月 5日
CN	101967042	A	2011年 2月 9日	CN 101967042	B 2012年 8月 8日
CN	104909567	A	2015年 9月 16日	无	