



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103668177 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310590110. 3

(22) 申请日 2013. 11. 21

(71) 申请人 太原理工大学

地址 030024 山西省太原市万柏林区迎泽西大街 79 号

(72) 发明人 崔泽琴 关卓森 王文先 干宇
许并社

(74) 专利代理机构 太原市科瑞达专利代理有限公司 14101

代理人 江淑兰

(51) Int. Cl.

C23C 24/10(2006. 01)

C22C 45/10(2006. 01)

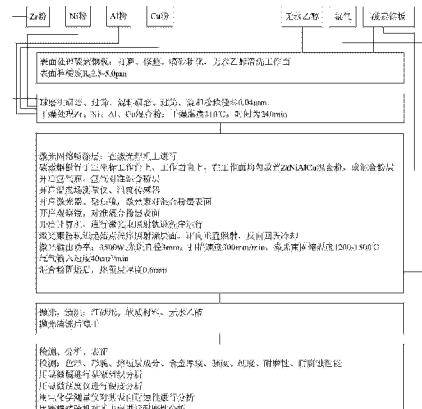
权利要求书3页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种碳钢表面激光熔覆非晶合金涂层的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种碳钢表面激光熔覆非晶合金涂层的方法，在激光焊机上采用激光熔覆的方法，对碳素钢板进行增强处理，先对碳素钢表面进行喷砂处理，预置锆镍铝铜混合粉，用激光束对其表面进行熔覆，激光束按计算机程序设置的轨迹曲线进行全方位照射，使非晶合金粉末熔解固化在碳素钢表面，形成非晶合金层，大幅度提高了碳素钢表面硬度、耐磨性和耐腐蚀性，表面硬度比处理前可提高 4 倍，耐磨性提高 4 倍，耐腐蚀性提高 1000%，此增强方法工艺先进，数据翔实精确，工艺流程短，容易实现，安全稳定可靠，熔覆层牢固，不易脱落，是理想的碳素钢板表面增强方法。



1. 一种碳钢表面激光熔覆非晶合金涂层的方法,其特征在于:使用的化学物质材料为:碳素钢板、锆粉、铝粉、镍粉、铜粉、氩气、无水乙醇,其组合准备用量如下:以克、毫升、厘米³、毫米为计量单位

碳素钢板: Q235 300mm×200mm×20mm

锆粉: Zr 500g±5g

铝粉: Al 500g±5g

镍粉: Ni 500g±5g

铜粉: Cu 500g±5g

氩气: Ar 10000cm³±100cm³

无水乙醇: C₂H₆O 1000mL±10mL

碳钢表面激光熔覆非晶合金涂层方法如下:

(1) 精选化学物质材料

对使用的化学物质材料要进行精选,并进行精度、纯度控制:

碳素钢板: 固态板形

锆粉: 固态粉体 99.99%

铝粉: 固态粉体 99.95%

镍粉: 固态粉体 99.9%

铜粉: 固态粉体 99.9%

无水乙醇: 液态液体 99.7%

氩气: 气态气体 99.99%

(2) 表面处理碳素钢板

①打磨修整碳素钢板表面各部,确定工作表面,使各边垂直;

②在喷砂机上用石英砂喷砂粗化处理碳素钢板工作面,表面粗糙度为 R_a2.5~5.0 μm;

③用无水乙醇擦洗碳素钢板工作面,擦洗后晾干;

(3) 球磨、干燥处理涂层材料

①用球磨机分别研磨锆粉、铝粉、镍粉、铜粉,并用 200 目筛网分别过筛,成细粉,细粉颗粒直径≤ 0.075mm;

②合金粉混合:将研磨的锆、铝、镍、铜粉按 582:30.8:101:48.3 的质量比置于容器中混合,搅拌均匀,再用球磨机将混合粉研磨,用 400 目筛网过筛,细颗粒直径≤ 0.040mm;

③将研磨后的锆镍铝铜混合粉置于烘干箱内干燥,干燥温度 110°C,干燥时间 240min;

(4) 在 Q235 板表面激光熔覆锆镍铝铜混合粉

①将碳素钢板置于激光焊机的三坐标工作台上,调整好 X、Y、Z 坐标距离,并固定;

②将激光头对准碳素钢板,调整激光束聚焦距离,激光器联结氩气导管、氩气瓶;

③将锆镍铝铜混合粉置于碳素钢板上,混合粉厚度 1mm;

④开启氩气瓶,氩气压力为 0.8 ~ 1.0kgf/cm²,氩气输入速度为 10cm³/min;

⑤熔覆混合粉:激光发生器送光,激光头在碳素钢板上对混合粉进行熔覆,用 30% 搭接率连续扫面,氩气跟随激光头输入扫面,扫面时间 3min;

⑥扫描后冷却固化,自然冷却至 25℃;

激光束辐照碳素钢板表面的合金涂层轨迹由计算机程序控制并完成,程序由 G 代码编制;

激光束照射固熔参数:

激光器:CO₂ 气体激光器

激光波长:10.6 μm

激光束输出功率:3300W

光斑直径:3mm

正离焦量:+20mm

激光束照射固熔温度:1200~1500℃

扫描速度:600mm/min

扫描时间:3min

瞬时固熔时间:0.02s

激光束扫描照射固熔后,在碳素钢板工作表面形成熔覆层,即:ZrNiAlCu 非晶涂层,熔覆后非晶涂层厚度为 0.6mm,表面呈黄褐色;

(5) 碳素钢板冷却后,用砂纸打磨非晶涂层表面,表面粗糙度为 R_a 0.63~1.25 μm;

(8) 清洗碳素钢板,用无水乙醇进行清洗,清洗后晾干;

(9) 检测、分析、表征

对激光重熔后的碳钢板合金层表面进行形貌、显微硬度、XRD 物相、耐腐蚀性进行分析和表征;

用金相显微镜、扫描电镜对熔覆层表面形貌进行观察分析;

用显微硬度仪对熔覆层表面进行测试分析;

用 XRD 分析仪对熔覆层进行物相分析;

用电化学腐蚀试验仪对熔覆层表面进行腐蚀性能检测分析;

结论:

碳素钢板与非晶熔覆层达到冶金结合;

熔覆层由晶体与非晶体组成,其中非晶体体积分数达到 55%;

显微硬度:由基体的 232.2HV 升至 828.7HV,表面硬度可提高 4 倍,耐磨性提高 4 倍;

电化学腐蚀:腐蚀电流由基体的 2.261E-5A/cm² 升高到 2.142E-6A/cm²,耐腐蚀性提高 1000%。

2. 根据权利要求 1 所述的一种碳钢表面激光熔覆非晶合金涂层的方法,其特征在于:碳素钢板工作表面激光熔覆非晶涂层是在激光机上进行的,是在 XYZ 三坐标工作台上,在激光束照射、氩气保护下完成的;

激光机座(3)呈矩形,在激光机座(3)上设置 XYZ 三坐标工作台(4),在 XYZ 三坐标工作台(4)的上部平行置放碳素钢板(1),并固定,碳素钢板(1)工作表面上,在碳素钢板

(1) 上部均匀置放锆镍铝铜混合粉层(2),在XYZ三坐标工作台(4)的正面设置液晶显示屏(19)、指示灯(20)、固熔温度控制器(21)、电源开关(22);在激光机座(3)的左部设有氩气瓶(15),氩气瓶(15)联接氩气阀(16)、氩气管(17),氩气管(17)由支架(18)支撑,氩气管(17)对准锆镍铝铜混合粉层(2),并输出氩气;在激光机座(3)的左上部设有激光器(7),激光器右部平行对准光栅(8),光栅(8)平行对准反射镜(9),反射镜(9)垂直对准聚焦镜(10),聚焦镜(10)对准碳素钢板(1)上的锆镍铝铜混合粉层(2);在激光机座(3)的右上部设有观察镜(12)、摄像机(13),观察镜(12)、摄像机(13)对准碳素钢板(1)上的聚焦熔覆点;在激光机座(3)的右部设有计算机(14),计算机(14)通过摄像机导线(23)与摄像机(13)联接,计算机(14)通过激光器导线(24)与激光器(7)联接,计算机(14)通过温度场测量导线(25)与激光机座(3)联接。

一种碳钢表面激光熔覆非晶合金涂层的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种碳钢表面激光熔覆非晶合金涂层的方法,属非晶合金表面涂覆金属、激光熔覆、提高耐腐蚀的技术领域。

背景技术

[0002] 碳素钢是近代工业中使用最早、用量最大的基础材料,世界各工业国家,非常注意改进碳素钢质量,扩大品种和使用范围,广泛应用于建筑、桥梁、铁道、车辆、船舶和机械制造工业,而且在石油化工、海洋开发方面,也得到大量使用。

[0003] 碳素钢虽然具有很多优点,但由于铁元素的活性,易发生电池反映,氧化铁的疏松多孔结构特性,使其表面耐腐蚀性差,使碳素钢的应用受到了很大局限,故必须对碳素钢的表面进行处理,提高表面的耐蚀性,才可得到更广泛的应用。

[0004] 目前,碳素钢表面改性有多种方法,例如表面扩渗合金化、气相沉积涂层、镀层处理法、化学表面处理法、机械表面处理法,都有一定效果,但也存在一些弊端。

[0005] 在碳素钢表面激光熔覆非晶合金涂层是一种新的技术领域,许多国内外科研人员在非晶涂层方面进行了研究,常见的涂层有Zr基非晶涂层,但这种涂层单一,使用效果欠佳,制备涂层过程也存在弊端和不足,仍处于研究阶段。

发明内容

[0006] 发明目的

[0007] 本发明的目的就是针对背景技术的现状和不足,在碳钢表面用激光熔覆法,采用锆粉、铝粉、铜粉、镍粉形成非晶合金涂层,以大幅度提高碳钢表面的硬度、强度和耐腐蚀性,改善碳钢的力学性能。

[0008] 技术方案

[0009] 本发明使用的化学物质材料为:碳素钢板、锆粉、铝粉、镍粉、铜粉、氩气、无水乙醇,其组合准备用量如下:以克、毫升、毫米、厘米³为计量单位

[0010]

碳素钢板: Q235 300mm×200mm×20mm

锆粉: Zr 500g±5g

铝粉: Al 500g±5g

镍粉: Ni 500g±5g

铜粉: Cu 500g±5g

无水乙醇: C₂H₆O 1000mL±10mL

氩气: Ar 10000cm³±100cm³

- [0011] 碳钢表面激光熔覆非晶合金涂层方法如下：
- [0012] (1) 精选化学物质材料
- [0013] 对使用的化学物质材料要进行精选，并进行精度、纯度控制：
- [0014] 碳素钢板：固态板形
- [0015]
- 锆粉：固态粉体 99.99%
- 铝粉：固态粉体 99.95%
- 镍粉：固态粉体 99.9%
- 铜粉：固态粉体 99.9%
- 无水乙醇：液态液体 99.7%
- 氩气：气态气体 99.99%
- [0016] (2) 表面处理碳素钢板
- [0017] ① 打磨修整碳素钢板表面各部，确定工作表面，使各边垂直；
- [0018] ② 在喷砂机上，用石英砂喷砂粗化处理碳素钢板工作表面，表面粗糙度为 $R_a 2.5\text{--}5.0 \mu\text{m}$ ；
- [0019] ③ 用无水乙醇擦洗碳素钢板工作表面，擦洗后晾干；
- [0020] (3) 球磨、干燥处理涂层材料
- [0021] ① 用球磨机分别研磨锆粉、铝粉、镍粉、铜粉，并用 200 目筛网分别过筛，成细粉，细粉颗粒直径 $\leq 0.075\text{mm}$ ；
- [0022] ② 合金粉混合：将研磨的锆、铝、镍、铜粉按 582 : 30.8 : 101 : 48.3 的质量比例置于容器中混合，搅拌均匀；然后用球磨机将混合粉研磨，用 400 目筛网过筛，细粉颗粒直径 $\leq 0.04\text{mm}$ ；
- [0023] ③ 将研磨后的锆镍铝铜混合粉置于烘干箱内干燥，干燥温度 110 °C，干燥时间 240min；
- [0024] (4) 在碳素钢板表面激光熔覆锆镍铝铜混合粉
- [0025] ① 将碳素钢板置于激光焊机的三坐标工作台上，工作表面朝上，调整好 X、Y、Z 坐标距离，并固定；
- [0026] ② 将激光头对准碳素钢板，调整激光束聚焦距离，激光器联结氩气导管、氩气瓶；
- [0027] ③ 将锆镍铝铜混合粉置于碳素钢板工作表面上，混合粉厚度 1mm；
- [0028] ④ 开启氩气瓶，氩气输入速度为 $40\text{cm}^3/\text{min}$ ；
- [0029] ⑤ 熔覆混合粉：激光发生器送光，激光头在碳素钢板上对混合粉进行熔覆，用 30% 搭接率连续扫面，氩气跟随激光头输入扫面，扫面时间 3min；
- [0030] ⑥ 扫面后冷却固化，自然冷却至 25 °C；
- [0031] 激光束辐照碳素钢板表面的合金涂层轨迹由计算机程序控制并完成，程序由 G 代码编制；
- [0032] 激光束照射固熔参数：
- [0033] 激光器： CO_2 气体激光器

- [0034] 激光波长 : $10.6\mu\text{m}$
- [0035] 激光束输出功率 : 3300W
- [0036] 光斑直径 : 3mm
- [0037] 正离焦量 : $+20\text{mm}$
- [0038] 激光束照射固熔温度 : $1200^{\circ}\text{C} - 1500^{\circ}\text{C}$
- [0039] 扫描速度 : 600mm/min
- [0040] 扫描时间 : 3min
- [0041] 瞬时固熔时间 : 0.02s
- [0042] 激光束扫描照射固熔后, 在碳素钢板工作表面形成熔覆层, 即 :ZrNiAlCu 非晶合金涂层, 熔覆后非晶合金涂层厚度为 0.6mm , 表面呈黄褐色;
- [0043] (5) 碳素钢板冷却后, 用砂纸打磨非晶合金涂层表面, 表面粗糙度为 $R_a 0.63 - 1.25 \mu\text{m}$;
- [0044] (6) 清洗碳素钢板, 用无水乙醇进行清洗, 清洗后晾干;
- [0045] (7) 检测、分析、表征
- [0046] 对激光重熔后的碳钢板非晶合金层表面进行形貌、显微硬度、XRD 物相、耐腐蚀性进行分析和表征;
- [0047] 用金相显微镜、扫描电镜对熔覆层表面形貌进行观察分析;
- [0048] 用显微硬度仪对熔覆层表面进行硬度测试分析;
- [0049] 用 XRD 分析仪对熔覆层进行物相分析;
- [0050] 用电化学腐蚀试验仪对熔覆层表面进行腐蚀性能检测分析;
- [0051] 结论:
- [0052] 碳素钢板与非晶熔覆层达到冶金结合;
- [0053] 熔覆层由晶体与非晶体组成, 其中非晶体体积分数达到 55%;
- [0054] 显微硬度:由基体的 232.2HV 升至 828.7HV , 表面硬度提高 4 倍, 耐磨性提高 4 倍;
- [0055] 电化学腐蚀:腐蚀电流由基体的 $2.261\text{E}-5\text{A/cm}^2$ 升高到 $2.142\text{E}-6\text{A/cm}^2$, 耐腐蚀性提高 1000%。
- [0056] 有益效果
- [0057] 本发明与背景技术相比具有明显的先进性, 它是根据碳素钢板表面强度低, 耐磨性、耐腐蚀性差的状况, 对碳素钢板表面采用预置金属粉末、激光熔覆技术, 在其表面熔覆了非晶合金涂层, 涂层硬度较碳素钢板提高 4 倍, 耐磨性提高 4 倍, 耐腐蚀性提高 1000%, 熔覆涂层非晶形成能力高, 该熔覆增强方法工艺流程短, 数据翔实精确, 容易实现, 安全稳定可靠, 固熔层牢固, 不易脱落, 是十分理想的碳素钢表面的增强方法。

附图说明

- [0058] 图 1 为碳素钢板表面激光熔覆非晶合金涂层工艺流程图
- [0059] 图 2 为碳素钢板激光熔覆非晶合金涂层状态图
- [0060] 图 3 为碳素钢板激光束聚焦照射扫描轨迹图
- [0061] 图 4 为图 3 的 A—A 剖面图
- [0062] 图 5 为熔覆层整体形貌图

[0063] 图 6 为熔覆层非晶组织放大形貌图

[0064] 图中所示,附图标记清单如下:

[0065] 1、碳素钢板,2、锆镍铝铜混合粉层,3、激光机座,4、XYZ 三坐标工作台,5、温度场测量仪,6、温度传感器,7、激光器,8、光栅,9、反射镜,10、聚焦镜,11、激光束聚焦点,12、观察镜,13、摄像机,14、计算机,15、氩气瓶,16、氩气阀,17、氩气管,18、支架,19、液晶显示屏,20、指示灯,21、固熔温度控制器,22、电源开关,23、摄像机导线,24、激光器导线,25、温度场测量导线。

具体实施方式

[0066] 以下结合附图对本发明作进一步说明:

[0067] 图 1 所示,为碳素钢板表面激光熔覆非晶合金涂层工艺流程图,要按量配比,按序操作。

[0068] 制备使用的化学物质材料的量值是按预先设置的规格、表面积、合金层深度确定的,以克、毫升、厘米³、毫米为计量单位。

[0069] 碳素钢板表面粗糙度以 R_a2.5–5.0 μm 为宜,以便于非晶涂层附着固化。

[0070] 非晶涂层是以锆镍铝铜按原子数目比 Zr_{63.8}Ni_{17.2}Al_{11.4}Cu_{7.6} 设定的,预置粉末厚度为 1mm。

[0071] 碳素钢板表面的固熔是最重要的工序,要严格进行,各技术参数要严格控制。

[0072] 激光束聚焦照射时会产生强的温度场,用温度场测量仪、温度传感器和高速摄像装置随时监控熔覆过程及温度场,液晶显示屏显示数值及熔覆状态。

[0073] 激光器为激光束能量源,要保证有足够的能量值,反射镜、聚焦镜要位置正确,垂直聚焦。

[0074] 激光束照射过程中,全程用氩气保护,气流量要充足。

[0075] 图 2 所示,为碳素钢板激光熔覆非晶合金涂层状态图,各部位置要正确,按量配比,各熔覆参数要严格控制,按序操作。

[0076] 碳素钢板工作表面激光熔覆非晶合金涂层是在激光机上进行的,是在 XYZ 三坐标工作台上,在激光束照射、氩气保护下完成的;

[0077] 激光机座 3 呈矩形,在激光机座 3 上设置 XYZ 三坐标工作台 4,在 XYZ 三坐标工作台 4 的上部平行置放碳素钢板 1,并固定,碳素钢板 1 工作表面向上,在碳素钢板 1 上部均匀置放锆镍铝铜混合粉层 2,在 XYZ 三坐标工作台 4 的正面设置液晶显示屏 19、指示灯 20、固熔温度控制器 21、电源开关 22;在激光机座 3 的左部设有氩气瓶 15,氩气瓶 15 联接氩气阀 16、氩气管 17,氩气管 17 由支架 18 支撑,氩气管 17 对准锆镍铝铜混合粉层,并输出氩气;在激光机座 3 的左上部设有激光器 7,激光器 7 右部平行对准光栅 8,光栅 8 平行对准反射镜 9,反射镜 9 垂直对准聚焦镜 10,聚焦镜 10 对准碳素钢板 1 上的锆镍铝铜混合粉层 2;在激光机座 3 的右上部设有观察镜 12、摄像机 13,观察镜 12、摄像机 13 对准碳素钢板 1 上的聚焦熔覆点;在激光机座 3 的右部设有计算机 14,计算机 14 通过摄像机导线 23 与摄像机 13 联接,计算机 14 通过激光器导线 24 与激光器 7 联接,计算机 14 通过温度场测量导线 25 与激光机座 3 联接。

[0078] 图 3、4 所示,为碳素钢板激光束聚焦照射扫描轨迹图,轨迹起点可从中间位置左

右方向开始,顺时针单道扫描,回程冷却,左右扫描可防止变形。

[0079] 图 5 所示,为熔覆层整体形貌图,图中可知:熔覆层与基体达到良好的冶金结合,熔覆层致密性好,少量气孔,无裂纹缺陷。

[0080] 图 6 所示,为熔覆层非晶组织放大形貌图,图中可知,非晶含量高,夹杂有晶体存在。



图 1

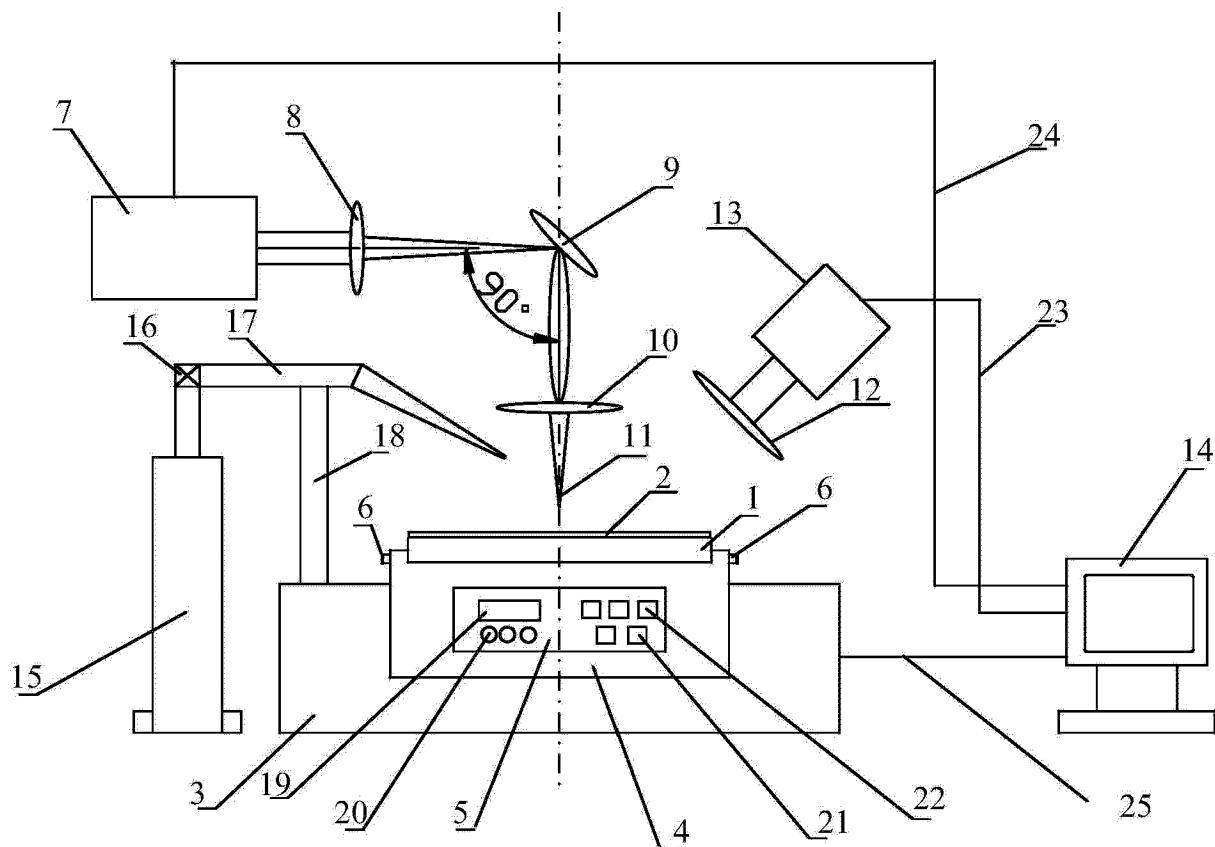


图 2

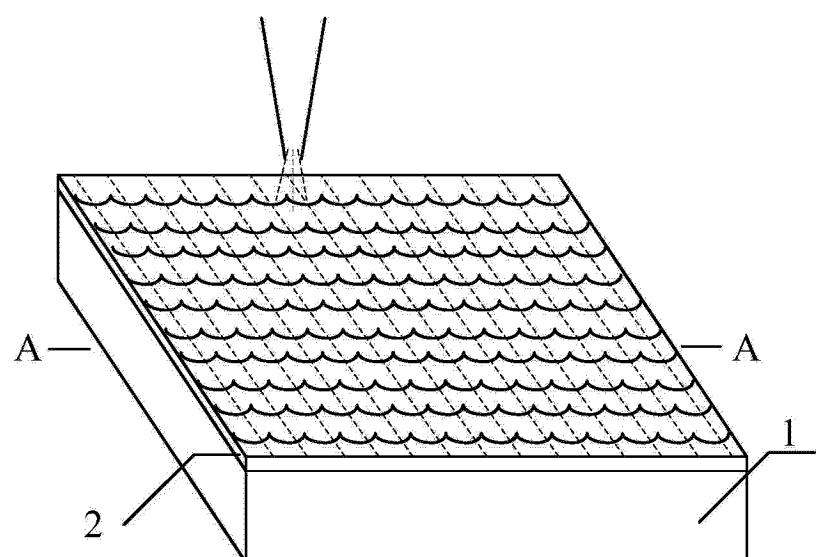


图 3

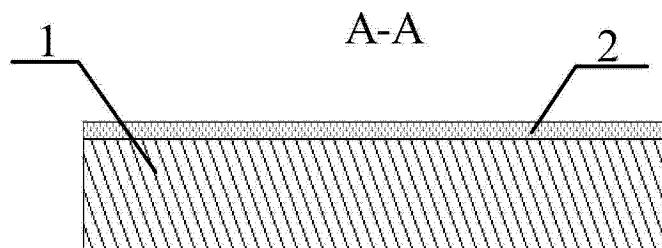


图 4

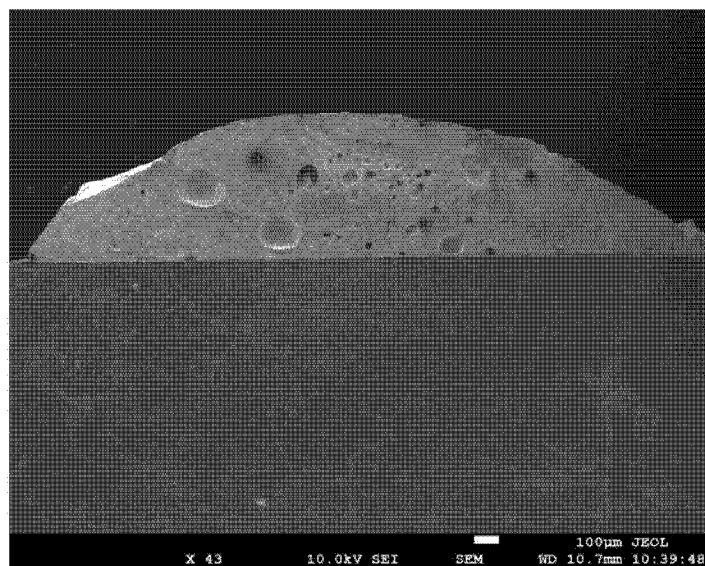


图 5

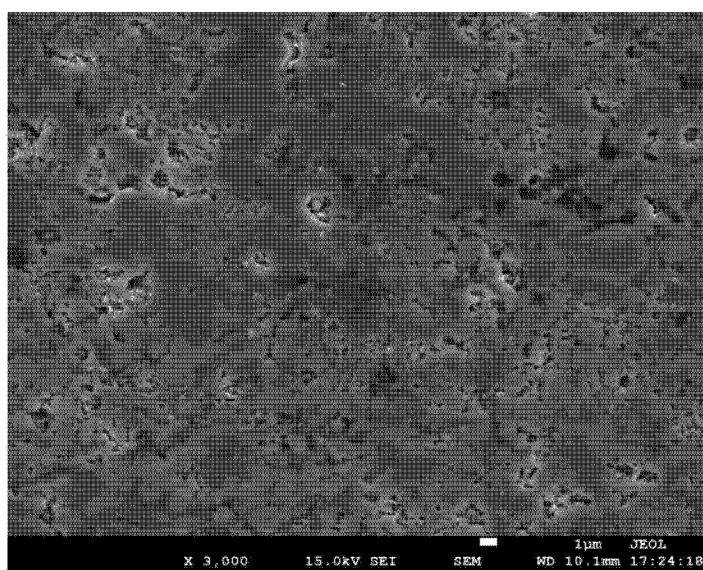


图 6