

证书号 第 1363186 号



发明 专利 证书

发明名称：磨削辅助电化学放电加工工具及方法

发明人：余大民；刘江文

专利号：ZL 2010 1 0284957.5

专利申请日：2010 年 09 月 17 日

专利权人：香港理工大学

授权公告日：2014 年 03 月 19 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书，并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 09 月 17 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。

局长
申长雨

申长雨



(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102398193 B

(45) 授权公告日 2014. 03. 19

(21) 申请号 201010284957. 5

(22) 申请日 2010. 09. 17

(73) 专利权人 香港理工大学

地址 中国香港九龙红磡

(72) 发明人 余大民 刘江文

(74) 专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理

有限公司 44217

代理人 郭伟刚

(51) Int. Cl.

B23H 5/02 (2006. 01)

B24B 1/00 (2006. 01)

审查员 徐炼

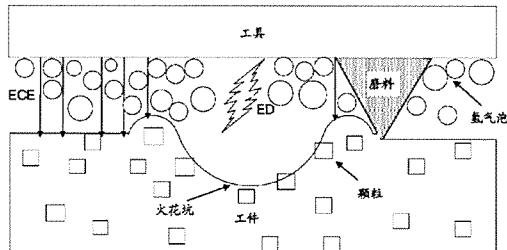
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

磨削辅助电化学放电加工工具及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种磨削辅助电化学放电加工工具及加工方法,该方法尤其适用于金属基复合材料的加工。所述磨削辅助电化学放电加工工具包括ECDM电极以及设于所述ECDM电极上的磨料层,所述磨料层主要用于移除加工过程中火花坑周围形成的重铸材料。实施本发明在对难以加工的材料进行加工时能够增加材料的去除率,获得更好的表面质量,并且大大地延长了加工工具的寿命。



1. 一种磨削辅助电化学放电加工工具，包括 ECDM 电极，所述 ECDM 电极用于对工件进行电火花加工，并采用电化学方法产生氢气泡以辅助所述电火花加工；

其特征在于，所述加工工具还包括设于所述 ECDM 电极上的磨料层，所述磨料层用于移除电火花蚀刻过程中在工件的火花坑周围形成的重铸材料。

2. 根据权利要求 1 所述的磨削辅助电化学放电加工工具，其特征在于，所述磨料层由含有增强相的材料制成，且所述电火花蚀刻过程中的放电隙大于所述增强相露出工具表面的尺寸。

3. 根据权利要求 1 所述的磨削辅助电化学放电加工工具，其特征在于，所述磨料层的厚度为 $10 \mu m$ 至 $10mm$ 。

4. 根据权利要求 1 至 3 中任意一项所述的磨削辅助电化学放电加工工具，其特征在于，所述 ECDM 电极为实心电极，所述磨料层完全或部分涂覆在所述实心电极的电极面上构成实心钻。

5. 根据权利要求 1 至 3 中任意一项所述的磨削辅助电化学放电加工工具，其特征在于，所述 ECDM 电极为空心电极，所述磨料层完全或部分涂覆在所述空心电极的电极面上构成空心钻。

6. 根据权利要求 1 至 3 中任意一项所述的磨削辅助电化学放电加工工具，其特征在于，所述 ECDM 电极为螺旋电极，所述磨料层完全或部分涂覆在所述螺旋电极的电极面上构成螺旋钻。

7. 根据权利要求 1 至 3 中任意一项所述的磨削辅助电化学放电加工工具，其特征在于，所述 ECDM 电极为动丝，所述磨料层完全或部分涂覆在所述动丝的电极面上构成动丝复合电极。

8. 一种磨削辅助电化学放电加工方法，包括对工件进行电化学放电加工，所述电化学放电加工包括对工件进行电火花加工，并采用电化学方法产生氢气泡以辅助所述电火花加工；

其特征在于，所述加工方法还包括在进行电化学放电加工过程中，采用磨削工艺移除在工件的火花坑周围形成的重铸材料。

9. 根据权利要求 8 所述的磨削辅助电化学放电加工方法，其特征在于，所述磨削工艺采用含有增强相的材料进行磨削，且所述电火花加工过程中的放电隙应大于所述增强相露出工具表面的尺寸。

10. 根据权利要求 8 或 9 所述的磨削辅助电化学放电加工方法，其特征在于，所述电化学放电加工采用的 ECDM 电极为实心电极、空心电极、螺旋电极或动丝电极。

磨削辅助电化学放电加工工具及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及加工工具及方法,更具体地说,涉及一种适用于金属基复合材料的磨削辅助电化学放电加工工具及方法。

背景技术

[0002] 金属基复合材料(Metal matrix composites, MMCs)正逐渐进入航空航天、电子和汽车等领域。然而,人们认为,不论使用传统加工方法或非传统加工方法,金属基复合材料的加工难度通常远甚于其中某种单一材料。这并不奇怪,因为增强相大多为坚硬的陶瓷材料,如碳化硅(SiC)和氧化铝(Al₂O₃)。除了增强相大多具有极高的硬度之外,金属基体和增强相之间在物理、化学和机械性能上的巨大差异,也使得金属基复合材料成为众所周知的一种难以加工的材料。

[0003] 使用非传统加工技术,诸如激光和水射流加工,虽然能够达到相当高的材料去除率,但是往往伴随着一些严重的表面和亚表面的缺陷,而在很多情况下,这些缺陷都是最终成品所不能接受的,而且这可能会破坏其疲劳强度。此外,这两种加工方法并非适用于三维成型的理想选择。在众多非传统加工方法中,考虑到表面粗糙度和塑形几何的灵活性,电火花加工(electrical discharge machining, EDM)、线切割(wire-EDM)和电化学加工(electrochemical machining, ECM)或许是用于金属基复合材料成型的最具前景的加工方法。尽管金属基复合材料的这几种加工方法具有一些优点,但仍有一些问题需要解决,并且需要进行一些改进,它们才可以得到有效利用。金属基复合材料的电火花加工中遇到的主要问题是低加工率、较高的工具损坏风险,以及加工面存在的各种形式的缺陷。这些问题主要是由于陶瓷增强相的非导电性,以及陶瓷相的高偏析。这些问题随着陶瓷相的增加而愈发严重。虽然,使用电化学放电加工工艺(electrochemical discharge machining, ECDM),材料去除率可以相比 EDM 有所增加,但是仍不能顺利克服表面光洁度差等问题,且难以获得高的加工精度。鉴于这些问题,很明显,EDM、ECM 或 ECDM 工艺必须做进一步改进,以应对先进复合材料成型所面临的挑战。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有电化学放电加工工艺的加工面的质量存在缺陷以及工具电极损伤严重等问题,提供一种设有磨料层的电化学放电加工工具,以及相应的加工方法。

[0005] 本发明解决其技术问题所提供的技术方案是:提供一种磨削辅助电化学放电加工工具及加工方法,在进行电化学放电加工的过程中,通过磨削来移除在工件的火花坑周围形成的重铸材料。

[0006] 本发明第一方面,提供了一种磨削辅助电化学放电加工工具,包括 ECDM 电极,所述 ECDM 电极用于对工件进行电火花加工,并采用电化学方法产生氢气泡以辅助电火花加工;所述加工工具还包括设于所述 ECDM 电极上的磨料层,所述磨料层用于移除电火花蚀刻

过程中在工件的火花坑周围形成重铸材料。

[0007] 在根据本发明第一方面所述的磨削辅助电化学放电加工工具中，所述磨料层由含有增强相的材料制成，且所述电火花加工过程中的放电隙应大于所述增强相露出工具表面的尺寸。

[0008] 在根据本发明第一方面所述的磨削辅助电化学放电加工工具中，所述磨料层的厚度为 $10 \mu m$ 至 $10mm$ 。

[0009] 在根据本发明第一方面所述的磨削辅助电化学放电加工工具中，所述 ECDM 电极为实心电极、空心电极、螺旋电极或动丝电极。

[0010] 本发明第二方面，提供了一种磨削辅助电化学放电加工方法，包括对工件进行电化学放电加工，所述电化学放电加工包括对工件进行电火花加工，并采用电化学方法产生氢气泡以辅助所述电火花蚀刻；所述加工方法还包括在进行电化学放电加工过程中，采用磨削工艺移除在工件的火花坑周围形成的重铸材料。

[0011] 在根据本发明第二方面所述的磨削辅助电化学放电加工方法中，所述磨削工艺采用含有增强相的材料进行磨削，且所述电火花加工过程中的放电隙应大于所述增强相露出工具表面的尺寸。

[0012] 在根据本发明第二方面所述的磨削辅助电化学放电加工方法中，所述电化学放电加工采用的 ECDM 电极为实心电极、空心电极、螺旋电极或动丝电极。

[0013] 实施本发明所述的磨削辅助电化学放电加工工具及方法，可以获得以下有益效果：

[0014] 1、在对难以加工的材料(例如金属基复合材料和硅)进行加工时，由于磨削的作用，增加了材料的去除率，并获得了更好的表面质量；

[0015] 2、工具电极可以被设计成各种外形，以满足产品的加工和制造过程中不同形状的加工需要；

[0016] 3、最大限度减小了加工过程对工具电极的损伤，延长了工具的寿命。

附图说明

[0017] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明，附图中：

[0018] 图 1 是根据本发明的磨削辅助电化学放电加工过程示意图；

[0019] 图 2 至图 6 是根据本发明的具有不同外形的磨削辅助电化学放电加工工具，其中图 2 为连续磨料层的实心钻，图 3a-b 为非连续磨料层的实心钻，图 4a-b 为非连续磨料层的空心钻，图 5 为螺旋钻，图 6 为动丝电极；

[0020] 图 7 是根据本发明的使用螺旋钻的磨削辅助电化学放电加工示意图；

[0021] 图 8 是根据本发明的使用动丝钻的磨削辅助电化学放电加工示意图；

[0022] 图 9 是本发明实施例中 G-ECDM 工艺和传统 ECDM 工艺所加工产品的表面粗糙度比较图；

[0023] 图 10 是本发明实施例中传统 ECDM 工艺的加工面电镜图；

[0024] 图 11 是本发明实施例中 G-ECDM 工艺的加工面电镜图。

具体实施方式

[0025] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。

[0026] 请参阅图 1,为根据本发明的磨削辅助电化学放电加工过程示意图。如图 1 所示,本发明提供的磨削辅助电化学放电加工方法,包括对工件进行电化学放电加工,所述电化学放电加工包括对工件进行电火花加工(即图 1 中标示的 ED 过程),并采用电化学方法(即图 1 中标示的 ECE 过程)产生氢气泡以辅助所述电火花加工。本发明的独特之处在于在采用电化学放电加工过程中同时采用磨削工艺移除在工件的火花坑周围形成的重铸材料,例如采用图 1 中磨料对火花坑周围形成的重铸材料进行磨削。

[0027] 本发明提供的磨削辅助电化学放电加工方法为电化学反应、电火花蚀刻和直接机械磨削产生联合反应的过程。电火花效应可以使被加工工件产生火花坑。电化学反应的目的在于产生氢气泡,以便在较大的火花隙中促进火花的引发。而磨削操作主要用于移除火花坑周围形成的重铸材料。

[0028] 在电化学加工过程中,通常工具作为阴极,而工件作为阳极。如图 1 所示,电解质为工具和工件之间提供了有限的电传导。该电化学效应的功能是使得火花放电能够在火花隙尺寸比较大的情况下进行,并因此方便了加工屑的清除。火花间隙的尺寸由工艺参数控制,如电解液的浓度,以及施加的电压。在火花加工中,材料将会被融化、蒸发并形成凝固的碎屑,然而,通常数量相当多的熔融材料将会在火花蚀刻口周围重铸。当进入到磨削阶段时,蚀刻口周围的重铸材料可以被机械清除。该加工过程利用磨料层中的超硬磨粒进行磨削,且所述电火花加工过程中的放电隙应大于所述露出工具表面的磨粒的尺寸。电化学放电加工采用的 ECDM 电极可以为实心电极、空心电极、螺旋电极或动丝电极。

[0029] 请参阅图 2 至图 6,为根据本发明的具有不同外形的磨削辅助电化学放电加工工具。如图所示,本发明提供的磨削辅助电化学放电加工工具 1,包括 ECDM 电极 11,所述 ECDM 电极 11 可以对工件进行电化学放电加工,即在进行电火花蚀刻的同时,采用电化学方法产生氢气泡以辅助电火花加工。本领域技术人员熟知多种 ECDM 电极,且本发明可以采用任何这些 ECDM 电极。本发明的加工工具 1 还包括设于所述 ECDM 电极 11 上的磨料层 12,所述磨料层 12 用于移除电火花加工过程中在工件的火花坑周围形成的重铸材料。ECDM 电极 11 上的磨料层 12 被整合在一起构成了加工工具电极。所述磨料层 12 由含有超硬磨粒的材料制成,例如金刚石、碳化硅等颗粒,其中超硬磨粒的尺寸规定了 ECDM 电极 11 在加工过程中的放电隙应大于所述露出工具表面的磨粒的尺寸。该磨料层的厚度为 $10 \mu m$ 至 $10mm$,通常为几十微米到几毫米之间,可以根据需要设置。

[0030] 本发明的加工工具可以采用各种外形来适应不同形状产品的需求。图 2 为连续磨料层的实心钻, ECDM 电极 11 为实心电极, 磨料层 12 完全涂覆在实心电极的电极面上构成连续磨料层的实心钻。图 3a-b 为非连续磨料层的实心钻, 图 3a 为侧视图, 图 3b 为仰视图, ECDM 电极 11 为实心电极, 磨料层 12 部分涂覆在实心电极的电极面上构成非连续磨料层的实心钻。图 4a-b 为非连续磨料层的空心钻, 图 4a 为剖视图, 图 4b 为仰视图, 加工工具 1 由 ECDM 电极 11 和磨料层 12 制成, 从而对工件 2 进行加工。其中 ECDM 电极 11 为空心电极, 磨料层 12 部分涂覆在空心电极的电极面上构成非连续磨料层的空心钻, 同样也可以完全涂覆在空心电极的电极面上构成连续磨料层的空心钻。图 5 为螺旋工具, ECDM 电极 11 为电极, 磨料层 12 部分涂覆在所述螺旋电极的电极面上构成螺旋工具。磨料层 12 呈螺旋状环

绕在棒状的 ECDM 电极 11 上。图 6 为动丝电极, ECDM 电极 11 为动丝, 磨料层 12 部分涂覆在所述 ECDM 电极 11 上构成动丝复合电极, 即动丝上间隔排列着磨料层 12, 对加工面起到磨削的作用。采用非连续性磨料层工具设计(图 3 至图 6)获得了更稳定的加工条件, 因为磨料层之间的空隙将方便落入加工工具 1 和工件 2 之间的加工磨屑的清除。

[0031] 请参阅图 7, 为根据本发明的使用螺旋电极的磨削辅助电化学放电加工示意图。从工件 2 上方观察, 螺旋电极 1 顺时针旋转, 并在工作方向上进行上下移动。在该加工过程中, 螺旋电极 1 为阴极, 工件 2 为阳极, 螺旋电极 1 上含有磨料的螺纹状磨料层对加工面起到磨削的作用, 使得加工产生的材料碎屑得到清除, 保证了加工面具有良好的抛光度, 同时保护了螺旋电极 1 少受损伤。

[0032] 请参阅图 8, 为根据本发明的使用动丝电极的磨削辅助电化学放电加工示意图。如图 8 所示, 在该加工过程中, 动丝电极 1 为阴极, 工件 2 为阳极, 动丝电极 1 上间隔排列着含有磨料的复合磨料层, 对加工面起到磨削的作用, 使得加工产生的材料碎屑得到清除, 保证了加工面具有良好的抛光度, 同时保护了动丝电极 1 少受损伤。

[0033] 实验结果表明, 当将磨削与 ECDM 工艺组合在一起时, 材料的去除率和融化材料的抛出系数都得到了显著增加。此外, 由于加工工具设计的灵活性, 使得复杂形状能够得以加工。当采用本发明的 G-ECDM (Grinding-aided Electrochemical Discharge Machining, 磨削辅助电化学放电加工)与传统 ECDM 对金属基复合材料(如 SiC 和 Al₂O₃ 陶瓷增强的铝合金)进行加工, 结果显示, 与通常 ECDM 工艺相比较, 当磨削操作被结合到 ECDM 工艺中时, 材料的去除率和效率都得到了显著提高(增强 2 倍左右)。此外, 工具电极的损伤显著减小, 其寿命得到了延长 10 倍以上。此外, G-ECDM 所加工产品的表面粗糙度显著的比传统 ECDM 工艺所加工之为低(请参阅图 9); 图 10 是本发明实施例中传统 ECDM 工艺的加工面电镜图; 图 11 是本发明实施例中 G-ECDM 工艺的加工面电镜图。其中, 质量检测结果显示采用 G-ECDM 工艺生产的工件的表面粗糙度明显降低, 电镜图显示其表面光洁度好, 较之 ECDM 工艺具有更少的缺陷。

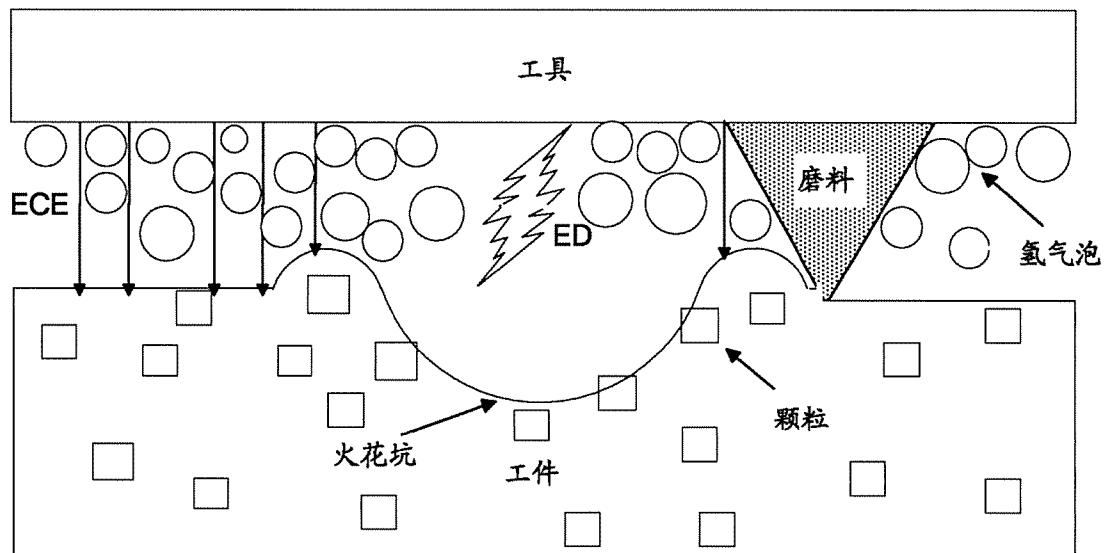


图 1

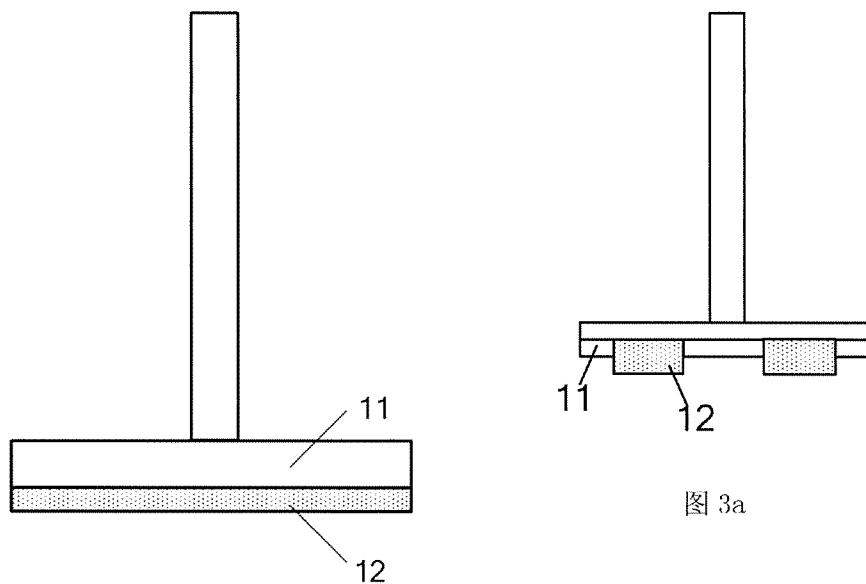


图 3a

图 2

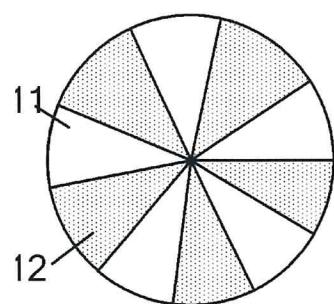


图 3b

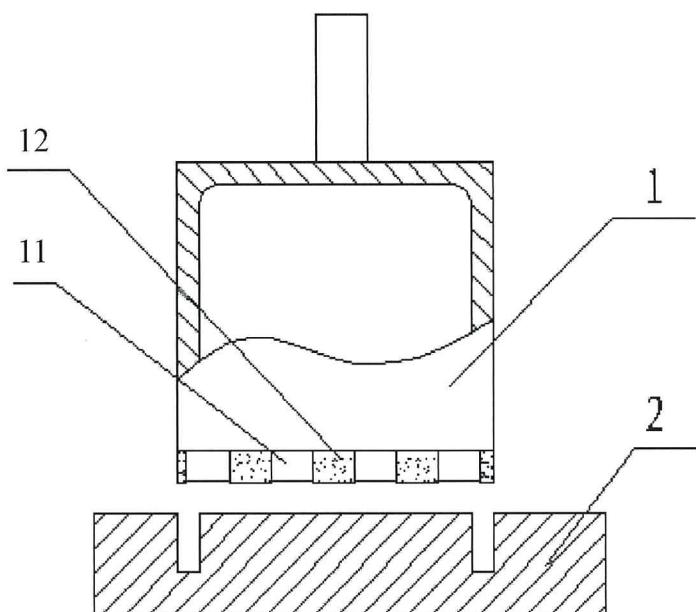


图 4a

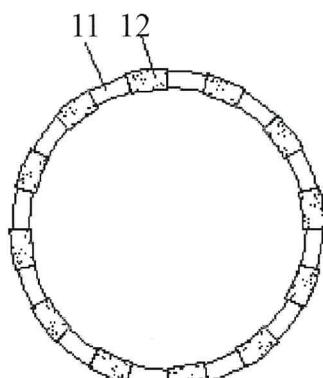


图 4b

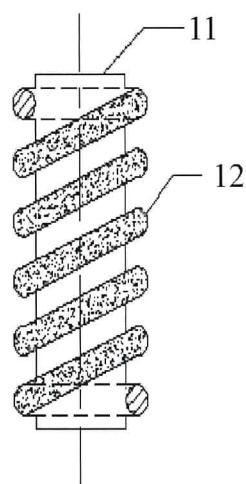


图 5

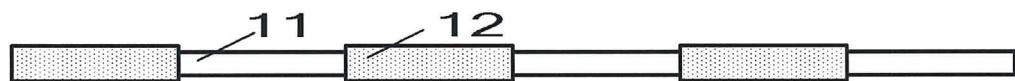


图 6

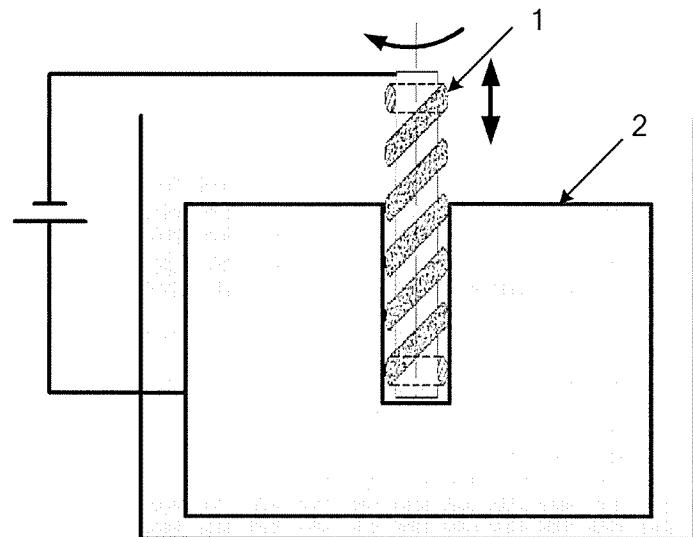


图 7

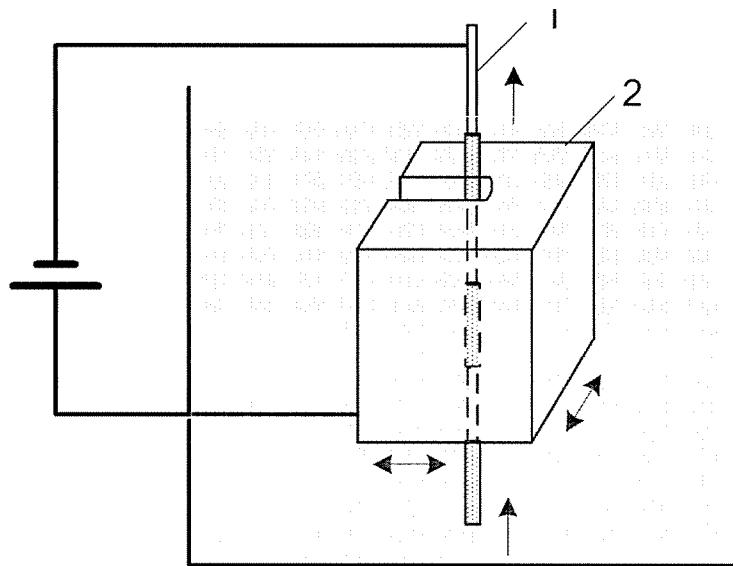


图 8

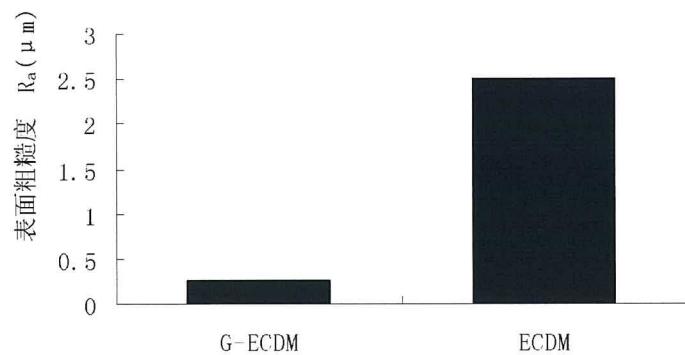


图 9

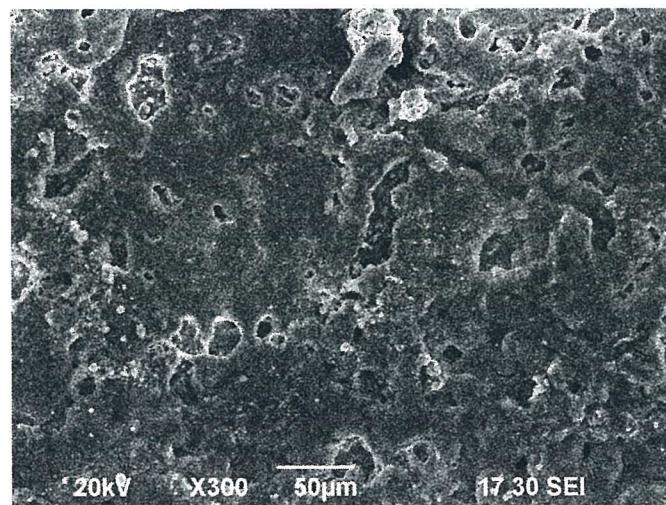


图 10

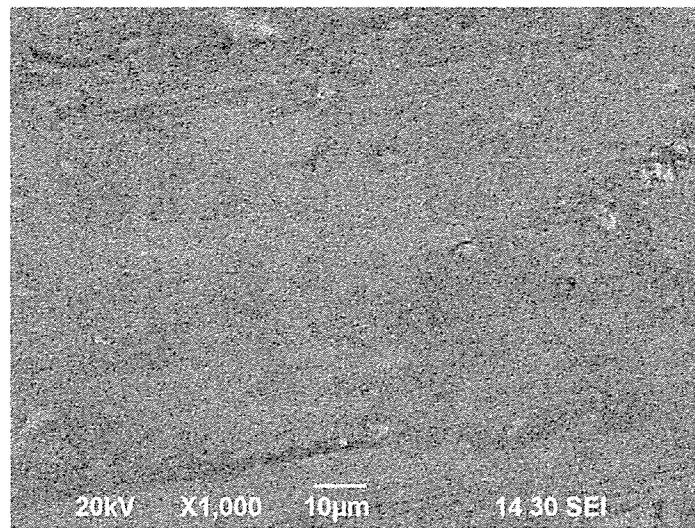


图 11