

Study on the relationship between the hardness and wear resistance of iron plating layer and the concentration of B_4C in the plating solution

Yang Lili Zhang Xiaoshan*

Yangzhou University, Yangzhou

Abstract: Iron coating was formed using electrochemical deposition technology and adding nonmetal insoluble solids B_4C with high hardness. The surface evenly degree, hardness and corrosion resistance and wear resistance were studied by changing the concentration of B_4C . The results show that the micro-cracks reduce, the hardness, corrosion resistance and wear resistance increase with the increase of B_4C concentration.

Key words: Electroplating iron; B_4C particle; Composite electroplating

Received: 2020-02-22; Accepted: 2020-03-08; Published: 2020-03-10

镀铁层的硬度、耐磨性与镀液中 B_4C 浓度关系的研究

杨莉莉 张晓山*

扬州大学, 扬州

邮箱: xszh.9876@gmail.com

摘要: 利用电化学沉积工艺, 在镀液中加入高硬度不溶性非金属固体颗粒 B_4C , 使这些颗粒与铁共同沉积, 通过改变 B_4C 的颗粒浓度研究了镀层表面均匀程度、硬度和耐磨性。结果表明: 随 B_4C 颗粒浓度的增加, 镀铁层中的微裂纹减少, 硬度和耐磨性提高。

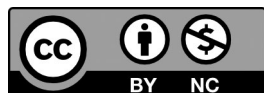
关键词: 电镀铁; B_4C 颗粒; 复合镀层

收稿日期: 2020-02-22; 录用日期: 2020-03-08; 发表日期: 2020-03-10

Copyright © 2019 by author(s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



镀铁技术以其镀层沉积速率快, 镀层质量稳定, 工艺设备简单, 生产成本低, 节省能源, 对环境基本无污染, 镀层与基体结合牢固, 具有良好的力学性能等

优点,在国内得到广泛的应用,其研究领域也正不断拓宽。随着科学技术的发展,单一成分的金属镀层已不能满足使用要求。在金属镀层中添加硬质颗粒的复合镀工艺逐渐兴起,并成为当前国内外研究的热点。

镀铁技术中一个主要的研究方向是进一步强化镀层,在复合镀中添加的硬质颗粒 B_4C 具有密度低、弹性模量高、耐磨及耐腐蚀等优点,是比较理想的增强材料。本实验利用电化学沉积工艺,在镀液中加入高硬度不溶性非金属固体颗粒 B_4C ,使这些颗粒与铁共同沉积。通过改变 B_4C 的颗粒浓度研究镀层表面 B_4C 颗粒均匀程度和镀层表面的硬度、耐磨性和耐腐蚀性,这对于镀铁修复工艺具有一定的实际意义和参考价值。

1 实验材料及方法

1.1 实验装置及材料

实验装置采用不对称交-直流镀铁电源,双阳极单阴极电极,并辅以机械搅拌机。试样为普通低碳钢 Q235。镀件与阳极均为 $35\text{ mm} \times 20\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ 的长方体试样。实验温度 45°C ,镀液为 $400\text{ g/LFeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 溶液 ($\text{pH}=1.0$),镀液中加入不同量的 B_4C 颗粒,其直径均为 $23\text{ }\mu\text{m}$,施镀时间 2h。

1.2 电镀工艺

将用作阳极和阴极的低碳钢板浸入 10% 稀盐酸中进行去锈、去氧化皮处理。电镀时先用对称的交流电进行活化处理,在对称交流活化后,用不对称交流电起镀,然后逐渐加大交流电正负半波的不对称性,最终转为直流电镀,电镀过程中电流密度始终保持在 15 A/m^2 。在转为直流镀时开启机械搅拌机,以保持 B_4C 颗粒在镀液中呈悬浮状态。

1.3 性能检测

用 MM6 光学显微镜对镀层内的 B_4C 分布进行分析(腐蚀液为 4% 硝酸酒精溶液);用 SSX-55 电子扫描显微镜观察镀铁试样表面形貌;用 71 型显微硬度

计测量镀层的硬度，加载砝码 100 g，保持时间

15 s；镀层的磨损试验是在 ML-100 磨料磨损试验机上进行，加压载荷 30N；磨损时间 3 min，磨盘上的砂纸为水磨砂纸 240#。

2 实验结果及分析

2.1 B_4C 颗粒浓度对镀铁层组织的影响

2.1.1 B_4C 颗粒浓度对镀铁层中 B_4C 颗粒分布的影响

图 1 为镀液中不同 B_4C 颗粒浓度时获得的镀铁层的金相组织。可以看出，单位面积内 B_4C 颗粒的数量大致是相等的，对照图 1 (a)、(b) 可得出，在共沉积过程中，随着 B_4C 颗粒浓度的增加镀铁层中 B_4C 颗粒分布仍较为均匀。

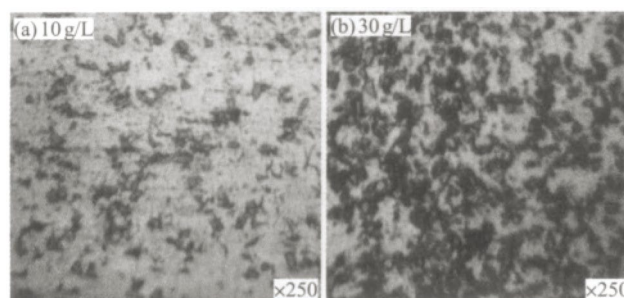


图 1 B_4C 在镀铁层中的分布

在直流电镀过程中，电流大小不变，单位时间内基体获得的铁原子数相等，阴极板单位面积内获得的铁原子数也相等。由于镀铁液中的 B_4C 颗粒分布是均匀的，大量 Fe^{2+} 撞击每一个 B_4C 颗粒是相同的，所以随着镀铁液中 B_4C 颗粒浓度的增加， B_4C 颗粒在镀铁层中的分布也是均匀的。

2.1.2 B_4C 颗粒浓度对镀铁层表面裂纹的影响

图 2 是镀液中加入与未加 B_4C 颗粒时获得的镀铁层在电子扫描显微镜下的表面形貌。可以观察到镀液中未加 B_4C 颗粒时获得的镀铁试样表面存在大量不规则的网状裂纹，而镀液中添加 B_4C 颗粒后获得的镀铁试样表面的裂纹基本消失。由此可知加入 B_4C 颗粒可以明显减少镀铁层裂纹的数量，随 B_4C 加入量的增加，裂纹逐渐减少。

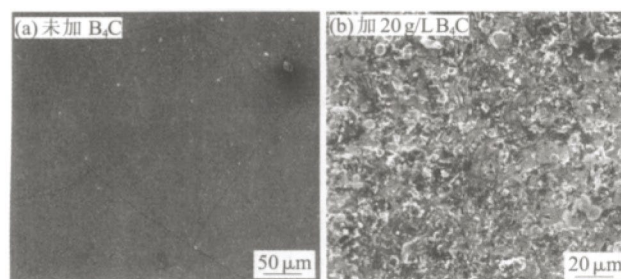


图 2 加与未加 B_4C 的镀层表面形貌

在电镀沉积过程中, 阴极在析出铁的同时也析出一定量的氢原子, 氢原子溶入铁的晶格内, 造成晶格畸变, 致使镀铁层的硬度提高。另外, 在镀铁层中存在大量的位错, 位错缺陷成为镀铁层中潜在的裂纹源。在内应力的作用下, 这些微观缺陷的前沿形成复杂的三向应力区, 诱使溶入镀铁层中的氢原子向该处扩散聚集。当氢原子扩散到位错缺陷的空隙处时, 氢原子结合成氢分子, 造成该处空间体积膨胀, 形成更大的应力。这种应力达到一定数值时, 促使缺陷扩展产生镀铁层中的裂纹。

当复合镀层存在 B_4C 颗粒时, 一旦镀铁层内的纹扩展接触到 B_4C 颗粒时, B_4C 颗粒阻止了裂纹继续延伸, 从而中止了裂纹。

2.2 B_4C 颗粒浓度对镀铁层性能的影响

2.2.1 B_4C 颗粒浓度对镀铁层硬度的影响

图 3 是镀铁液中 B_4C 浓度与镀铁层表面显微硬度的关系曲线。可以看出, 随 B_4C 颗粒浓度的增加, 硬度得到提高。这是由于 B_4C 为硬质颗粒, 在镀铁层中可以起弥散强化作用, 随镀液中 B_4C 颗粒浓度增加, 引起的镀层晶格畸变会加重, 位错密度加大。晶格畸变和位错强化作用不断提高, 使镀铁层的显微硬度随镀液中 B_4C 颗粒浓度增加而提高。

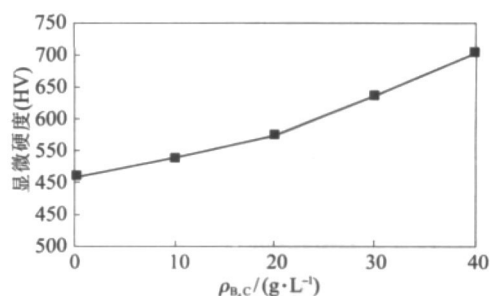


图3 镀铁层显微硬度与镀液中 B_4C 浓度的关系

2.2.2 B_4C 颗粒浓度对镀铁层耐磨性的影响

图4为 B_4C 颗粒浓度与镀铁层表面耐磨性的关系曲线。可以看出,在相同的磨损试验条件下,随 B_4C 浓度的增加复合镀层的磨损质量损失量变小。这是由于在电镀沉积过程中,镶嵌在 $\alpha-Fe$ 基体上的硬质 B_4C 颗粒起到支撑的作用,使较软的铁基体不受磨损,从而降低了复合镀层的磨损量。随复合镀层中 B_4C 浓度的增加,颗粒支撑的作用增强,质量磨损损失变小。

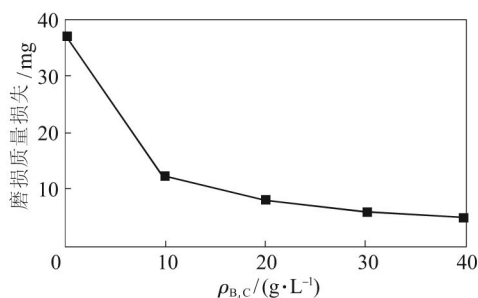


图4 镀层耐磨性与镀液中 B_4C 浓度的关系

3 结论

- (1) B_4C 颗粒弥散分布于镀层内以达到弥散强化作用,提高了复合铁层的显微硬度和耐磨性。
- (2) 镀铁液中加入 B_4C 颗粒后可以有效地消除镀铁层中的微裂纹。
- (3) 随镀液中 B_4C 颗粒浓度的增加,镀铁层中 B_4C 颗粒分布仍较为均匀。

参考文献

- [1] Bai A, Hu C C. Cyclic voltammetric deposition of nanostructured iron-group alloys in high-aspect ratios without using templates [J] . Electrochem Commun, 2003, 5 (8) : 619–624.
- [2] Leistner K, Fahler S, Schlörb H, et al. Preparation and characterization of electrodeposited Fe / Pt multilayers [J] . Electrochem Commun, 2006, 8 (6) : 916–920.
- [3] 田华, 赵程, 付平, 等. SiC 颗粒对镀铁层表面形貌和结构的影响 [J] . 电镀与精饰, 2006, 20 (4) : 36–38.
- [4] 康煜平, 陈立佳, 赵忠检. 无刻蚀直流镀铁层的组织结构与性能 [J] . 金属热处理学报, 1999, 20 (3) : 451.
- [5] 梁平. CIS 颗粒 Ni-P 合金刷镀层表面形貌和结构的影响 [J] . 表面技术, 2005, 34 (1) : 22–24.