

SiC 含量对液压机立柱表面 Ni-SiC 复合镀层性能影响

朱 明, 王志华, 孙万昌

(西安科技大学 材料学院, 西安 710054)

摘 要: 为了改善煤矿液压机立柱的耐磨及耐蚀性能, 采用复合电镀在 45 钢表面获得了表面光洁平整、结合紧密的 Ni-SiC 复合镀层, 并测试了涂层的硬度、耐磨性能及在模拟矿井溶液中的耐蚀性能。结果表明: 复合镀层的硬度与耐磨性能随着镀液中 SiC 颗粒的含量上升而上升, 在镀液中碳化硅颗粒含量 30 g/L 时, 镀层的显微硬度、耐磨性能最高; SiC 颗粒的加入降低了镀层的耐蚀性能, 且 SiC 颗粒含量越高镀层的耐蚀性能越差。

关键词: Ni-SiC 复合镀层; SiC 颗粒; 耐磨性; 耐蚀性

中图分类号: TG174.441 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003 - 0794(2009)08 - 0113 - 03

Influence of SiC Content on Properties of Ni - SiC Composition Coating Deposited on Prop of Hydraulic Support

ZHU Ming, WANG Zhi - hua, SUN Wan - chang

(Material Science and Engineering College, Xi'an Science and Technology University, Xi'an 710054, China)

Abstract: In order to improve the corrosion and wear resistance of the prop of hydraulic support, Ni-SiC composite coatings with smooth surface, and tight adhesion were deposited on 45 # steel by conventional composite plating. The content of SiC in the composite coating was adjusted by varying the SiC particle content in the bath. The effects of the SiC content in the Ni matrix on the wear resistance and the corrosion resistance of the composite coatings were investigated. The results indicated that with increasing content of SiC in the bath, the micro-hardness and wear resistance of Ni-SiC coating increased until the SiC concentration in the bath up to 30 g/L. The addition of SiC particles decreased the corrosion resistance of coating, and the corrosion rate of the coating increased with increasing SiC concentration in the bath.

Key words: Ni-SiC composition coating; SiC particle; wear resistance; corrosion resistance

1 实验方法

选用工业上广泛应用的瓦特镀液为母液, 并对其进行了适当地改进。在母液中添加不同含量的 SiC 颗粒(粒度为 5 μm)。为避免不洁净的碳化硅颗粒在复合电沉积时产生负面影响, 预先将 SiC 颗粒分别在碱溶液与酸溶液中煮沸几分钟然后用蒸馏水清洗并烘干。选用的基体为 45 钢, 进行表面复合电镀之前, 要对 45 钢试样表面进行研磨→抛光→除油→酸浸等镀前预处理, 以获得平整光洁的试件表面。镀液的具体配方为: 250 g/L NiSO₄·6H₂O, 60 g/L NiCl₂·6H₂O, 35 g/L H₃PO₄, 0~40 g/L SiC, 0.1 g/L 十二烷基硫酸钠。pH: 4.2, 温度: 45~48 $^{\circ}\text{C}$, 电流密度: 1 A/dm², 搅拌速度 300 r/min。

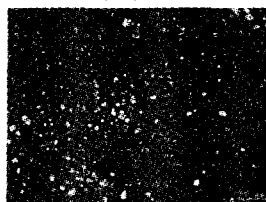
本实验采用自制复合电镀设备制备复合镀层。采用单面阳极电镀, 并施以单向连续机械搅拌。采用光学显微镜观察了在添加有不同量 SiC 电镀液中获得的复合镀层的表面形貌。

硬度测试在 HV-120 维氏硬度计上进行(山东

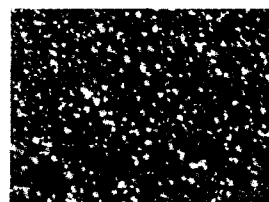
掖县材料试验机厂)。在不同的镀层上, 选取 3 个点打硬度并取其平均值, 加载载荷为 50 N。镀层磨损性能试验在 MM2200 型磨损试验机上进行。采用失重法计算磨损量, 对磨试块为 45 钢淬火, 载荷 30 N, 干磨时间 10 min, 对磨块转速 100 r/min。

以饱和甘汞电极 (SEC) 作为参比电极, Pt 做辅助电极, 采用 CS 300 型电化学分析系统(华中科技大学)测定了不同 SiC 含量的 Ni-SiC 复合镀层在模拟矿井环境溶液中的极化曲线。模拟矿井环境的具体成分为: [Na⁺]=3 mg/L, [K]=1 mg/L, [SO₄²⁻]=920 mg/L, [S²⁻]=1 mg/L, [Cl⁻]=400 mg/L。溶液 pH 值为 6, 测试温度 28 $^{\circ}\text{C}$ 。

2 实验结果及讨论



(a) 10 g/L



(b) 20 g/L

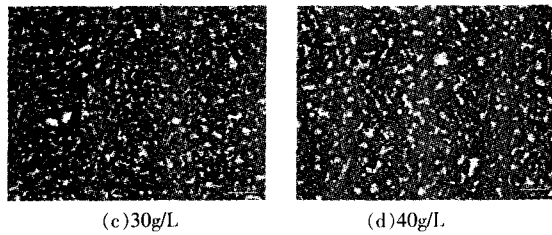


图 1 不同 SiC 含量镀液获得的 Ni-SiC 复合镀层的金相照片

图 1 为不同 SiC 含量镀液中获得 SiC/Ni 复合镀层的金相照片,放大倍数为 100 倍。图中的亮点就是被包裹在复合镀层中的 SiC 颗粒,黑色的是包裹它们的基体—镍。从图中可以看出涂层中 SiC 含量随着镀液中 SiC 颗粒含量的增加而增加。另外, SiC 颗粒能均匀地分散在 Ni 基体中。当镀液内颗粒含量为 20 g/L 时,复合镀层中的颗粒含量最为均匀。当镀液内颗粒含量为 40 g/L 时,复合镀层内的颗粒团聚最为严重。当镀液内颗粒含量为 30 g/L 时,复合镀层的颗粒含量最大,并开始有 SiC 颗粒的团聚现象出现。出现此情况的原因可能是当镀液内颗粒含量增加到一定数量后,在同一搅拌速度下到达试样表面的颗粒较多,而在本研究所采用的电流密度相对较小,镍的沉积速度相对较慢,到达试样表面的 SiC 颗粒不能及时地被包裹起来,因此复合镀层的颗粒含量达到一个最高值时开始下降。由于 SiC 颗粒的粒径很小,因而,当镀液中颗粒的含量增加到一定值时,镀液的分散性会显著降低,所以使颗粒与基体金属的共沉积变得困难,导致镀层中颗粒含量的降低。出现团聚现象的原因可能是由于镀液内颗粒含量增加,使得一部分大的颗粒没能悬浮在镀液中,而镀液内的颗粒由于分散性差,使得颗粒有所团聚。

从镀液中 SiC 质量浓度与复合镀层显微硬度的关系曲线(图略)可以看出,纯镀镍层的硬度最小,随着镀液中 SiC 含量的增加,复合镀层的硬度逐渐上升,镀液中 SiC 质量浓度为 30 g/L 时硬度达到最大,继续增加涂层中 SiC 含量,镀层的硬度开始下降。从图 1 可知,在复合镀层内弥散分布着大量的 SiC 微粒,根据奥罗万机制,弥散分布的 SiC 颗粒起到阻碍位错移动的作用,使位错线围绕着它发生弯曲形成位错环。位错环应力场增加了新的位错通过时的阻力。这种微粒强化作用与微粒间的间距呈反比关系。当镀层中 SiC 含量较低时,微粒间距较大,故而强化作用较小,当 SiC 含量增高时, SiC 微粒数增多,微粒间距变小,强化作用增大,故镀层硬度随镀层中 SiC 含量增加而升高。当镀液中 SiC 的含量达到 40 g/L 时,复合镀层中 SiC 颗粒团聚现象严重,

与基体的结合不牢固,在硬度测试过程中容易发生脱落,因而复合镀层的硬度反而降低。

从 Ni-SiC 复合镀层的耐磨性能曲线(图略)可以看出,复合镀层的磨损量随着复合镀层中 SiC 含量的上升而下降,当镀液内的 SiC 颗粒含量为 30 g/L 时,镀层内的颗粒含量最高,镀层的耐磨性能最好。Ni-SiC 复合材料镀层耐磨性能得以提高的原因是:(1)SiC 颗粒硬度高,屈服极限大,因而比基体更耐磨, SiC 颗粒在材料表面镍基体层被磨掉后裸露出来,直接承受载荷。SiC 颗粒体积含量越多,颗粒能起到抗磨质点的作用越大;(2)硬质相粒子 SiC 分散强化基体,阻碍位错运动,镀层不易发生塑性变形,因而所得镀层强度比一般的单金属镀层强度大,金属基体强度的提高使得 SiC 颗粒更牢固地镶嵌于基体中。但是继续增加镀液内 SiC 颗粒含量,复合镀层的磨损量又有所增加,这是因为镀层内的 SiC 颗粒团聚比较严重,使得基体 Ni 和 SiC 颗粒的结合强度下降。在摩擦过程中, SiC 颗粒很容易从基体 Ni 中脱落,失去提高镀层耐磨性的作用。

图 2 为复合镀层在模拟矿井溶液中的极化曲线图。通过观察极化曲线和比较它们的腐蚀速率,可以看出当镀液中的 SiC 颗粒含量增加时复合镀层的耐蚀性能逐步下降,当镀液中的颗粒含量为 30 g/L 时,镀层的腐蚀速率最大。这也就证明了:镀层中的 SiC 颗粒含量越高,镀层的耐蚀性越差。通常,固体颗粒加入镀层中形成复合镀层,镀层的空隙率会明显增大。颗粒含量越高,空隙率越高。这就降低了阴极性镀层的防护功能,耐蚀性能降低。尽管加入 SiC 颗粒降低了纯镍镀层的耐蚀性能,但复合镀层的耐蚀性能仍高于金属基体。

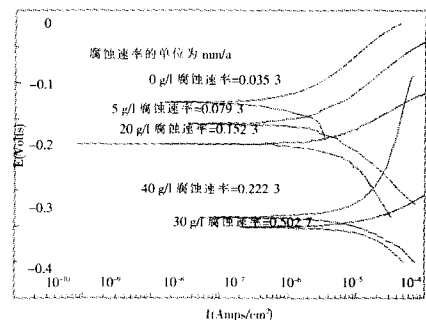


图 2 镀液中 SiC 含量对复合镀层在模拟矿井溶液中腐蚀性能的影响

3 结语

(1)复合镀层的耐磨性及硬度高于纯镍镀层,且随着镀液中 SiC 颗粒浓度的增加复合镀层的耐磨性能和硬度均上升,当镀液中的 SiC 颗粒含量达到 30 g/L 时,复合镀层的耐磨性能和硬度均达到最大

刚度理论视域下薄壁零件加工工艺研究

李世春

(长江师范学院 机械工程学院,重庆 涪陵 408000)

摘 要: 在机械加工过程中,薄壁零件的刚度成为影响加工精度的关键。通过对刚度理论的研究,对影响薄壁零件刚度的因素进行分析,采取不同的工艺途径提高薄壁零件的静刚度和动刚度,达到薄壁零件的加工精度。

关键词: 薄壁零件; 刚度; 变形; 加工工艺

中图分类号: TH161; TG506 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003 - 0794(2009)08 - 0115 - 03

Study on Processing Technology of Thin-walled parts Based on Theory of Stiffness

LI Shi-chun

(Applied Technology College, Yangtze Normal University, Puling 408000,China)

Abstract: In the process of machinery, the stiffness of the thin-walled parts become a key of influencing the precision. Through researching the theory of stiffness, and analyzing the factors which influence the stiffness of thin-walled parts, then adopt different technics to improve the static stiffness and moving stiffness of thin-walled parts, at last' achieve the precision of the thin-walled parts machining.

Key words: thin-walled parts; stiffness; deformation; processing technology

1 刚度理论

1.1 刚度概念

刚度是指零件在外加载荷作用下抵抗弹性变形的能力。工艺系统在夹紧力、切削力、惯性力、传动力、重力等外力的作用下,必然会产生变形,破坏刀具与工件之间的正确位置,产生加工误差。由材料力学知任何一个构件在外力的作用下总会产生一些变形,其大小与外力的大小、方向有关,也取决于构件抵抗外力引起的变形的能力,即工艺系统的刚度。

$$K = \frac{F}{Y} \quad (1)$$

式中 F ——作用在构件上的外力;

Y ——沿此作用力方向产生的位移。

在机械加工过程中,工艺系统所受外力和因外

力引起的变形是多方向的,但不是每一个方向的受力和变形都会对零件加工精度造成影响,只有在误差敏感方向(加工精度影响最大的方向)上的受力和变形才会引起零件较大的加工误差。所以,工艺系统的刚度

$$K_{XF} = \frac{F_p}{Y} \quad (\text{N/mm}) \quad (2)$$

式中 F_p ——工件表面在切削方法向分力;

Y ——刀具相对工件在该方向上位移。

必须指出,在上述刚度定义中,工件和刀具在 Y 方向产生的相对位移 Y , 不只是 F_p 作用的结果,而是 F_t 、 F_p 、 F_c 同时作用下的综合结果。

在切削加工过程中,机床部件、刀具、夹具和工件在切削力的作用下,都有不同程度的变形,在误差敏感方向上破坏刀具和加工表面的相对位置,产

值。继续增加镀液中 SiC 颗粒含量,上述性能反而下降。当镀层的硬度增加时,复合镀层的耐磨性能也相应地增加。

(2)纯镍镀层的耐蚀性要高于加入 SiC 颗粒的复合镀层,随着镀液中 SiC 颗粒含量的增加,复合镀层的耐蚀性降低。当镀液中的 SiC 颗粒含量为 30 g/L 时,复合镀层的耐蚀性最差。

参考文献

[1]王志华,王涛,马超. 化学镀 Ni-P-B 合金在液压立柱上的应用[J]. 煤矿机械,2008,29(12):162-164.

[2]王士遂. 复合镀层应用的新动向[J]. 电镀与装饰,2002,24(5):37-39.

[3]王丽琴,吴化,铁军,等.Ni-SiC 纳米复合镀工艺及性能研究[J]. 腐蚀科学与防护技术,2005,17(4): 230-233.

[4]郑学斌,谭澄宇,赵旭山,等. Ni/SiC 复合镀层腐蚀行为研究[J]. 材料保护,2008,41(2): 17-19.

[5]郭鹤桐,张三元. 复合镀层[M]. 天津:天津大学出版社,1991.

作者简介:朱明(1978-),湖北荆州人,讲师,2006年毕业于中国科学院金属研究所材料学专业,现主要从事材料表面改性的研究工作,电子信箱:mingzhu@xust.edu.cn.

收稿日期:2009-02-19