

汽车传动件纳米复合电刷镀修复技术研究

秦传江

(重庆工业职业技术学院, 重庆 400050)

摘 要:对纳米复合电刷镀技术在汽车传动件磨损表面修复中的应用进行了研究,对其表面强化机理进行了分析,采用机械化学法制备了高稳定的电镀液,并对汽车主轴轴头表面进行了修复实验。结果表明:纳米复合电刷镀可以有效修复主轴轴头的磨损表面,提高其抗摩性,该研究为汽车零部件磨损表面修复提供了一个新的方法。

关键词:汽车传动件; 复合电刷镀; 表面修复

中图分类号: TG174.44

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2009)16-0094-03

Research on Restoration Technology of Nano-composite Electro-brush Plating for Transmission

QIN Chuanjiang

(Chongqing Industry Polytechnic College, Chongqing 400050, China)

Abstract: The application of nano-composite electro-brush plating technology in the restoration of wearing surface of automotive transmission was researched, and the mechanism was analyzed. The highly stable plating liquid was prepared by adopting mechanical-chemical method, and the restoration experiment was presented on the surface of automobile principal axis. The results show that nano-composite electro-brush plating can restore the axis head effectively, and improve its anti-friction property. The research provides a new method for the wearing surface restoration of automobile parts.

Key words: automotive transmission; composite electro-brush plating; surface restoration

断裂、磨损与腐蚀是机械零件和工程构件的主要失效形式,据工业发达国家初步统计,每年因磨损和腐蚀所造成的经济损失占国民生产总值的2%~4%^[1]。磨损是从零件的表面开始,在载荷的作用下逐渐发展而最终导致零件破坏失效。为提高零件的可靠性,延长其使用寿命,防止它们在高温、高温、重载和腐蚀介质等工作条件下因表面局部损坏而报废,世界各国都在研究和应用各种提高零件表面性能的表面技术,如表面化学热处理、表面形变强化处理、堆焊与粘结处理、气相沉积(PVD和CVD)、热喷涂、高能束热源表面处理(激光、电子束和等离子体)以及表面镀层(电镀、化学镀和电刷镀)等。这些表面技术的应用,不仅能提高零件和装备的耐磨性和减摩性,还能赋予零件和装备耐高温、耐腐蚀、抗疲劳、防辐射、导电、导磁、吸光和吸波等特殊的功能。但随着科学技术的不断发展与进步,对零件的表面性能提出了越

来越高的要求,单一的电刷镀层已不能很好地满足零件表面性能的要求。复合电刷镀技术的出现,为电刷镀技术在工业上的应用拓宽了道路。在镀液中加入不溶性的固体微粒,使其与金属离子发生共沉积而得到的复合电刷镀层实际上是一种金属基复合材料,不仅能提高单一镀层的硬度、耐磨性和耐蚀性等常规力学性能,还能获得单一电刷镀层不具有的特殊性能。纳米颗粒尺寸小,比表面积很大,表现出强烈的表面效应和量子尺寸效应,其表面出现许多活性中心,使其具有与常规材料不同的光、电、热、磁等物理性质^[2-3]。纳米硬质颗粒不仅具有高的硬度,而且当它们弥散分布在电刷镀层中时因弥散强化作用和高的表面活性可使镀层基质金属原子与它们牢固结合,从而提高电刷镀层的综合性能。

1 纳米颗粒复合电刷镀表面强化机理

虽然利用纳米颗粒复合电刷镀技术能制备出组织细小均匀,具有较高显微硬度的纳米颗粒复合电刷镀层,但关于纳米颗粒与基质金属在电刷镀过程中的共沉积机理研究尚少。一些研究者借

收稿日期:2009-03-10

作者简介:秦传江(1968-),男,四川南充人,副教授,硕士,研究方向为机械设计与制造、汽车维修;电话:023-68856743;
E-mail:qinchuanjiangqin@163.com

在装卸搬运时有其特点及方法:

物流装卸搬运的概念：物流装卸搬运是指在一定的区域内(通常指某一个物流结点，如车站、码头、仓库等，以改变物品的存放状态和位置为主要内容的活动。它是伴随输送和保管而产生的物流活动，是对运输、保管、包装、流通加工、配送等物流活动进行衔接的中间环节。

在整个物流活动中，如果强调存放状态的改变时，一般用“装卸”一词表示；如果强调空间位置改变时，常用“搬运”一词表示。物流的各环节和同一环节不同活动之间，都必须进行装卸搬运作业。所以杭州搬家公司就是来完成其作业的。正是装卸搬运活动把物流运动的各个阶段联结起来，成为连续的流动过程。

<http://www.hzcjbanjia.com/>

用复合电镀的经典共沉积机理来解释纳米颗粒复合电刷镀的共沉积过程,并未结合纳米颗粒复合电刷镀技术的特点进行深入地研究。而这几种机理各有其适用范围,对某些实验体系或实验现象,某些理论只能在一定条件下给出一些合理的解释。因此,将其用于纳米颗粒复合电刷镀就缺乏普遍意义。

一般认为,在颗粒与基质金属共沉积过程中,颗粒与阴极的作用机理有吸附机理、力学机理和电化学机理。对 Zeta 点位为负的纳米颗粒而言,阴极表面与这些负电荷的纳米颗粒之间存在静电斥力,阴极极化越强,这种斥力越大,不利于纳米颗粒在阴极表面吸附;而电化学机理认为纳米颗粒在镀液中有选择地吸附阳离子,从而在电场力的作用下到达阴极表面,在阴极表面吸附并被沉积的金属包埋。力学机理认为,颗粒与基质金属的共沉积过程是一个力学过程占主导的过程。就纳米颗粒复合电刷镀来说,纳米颗粒在镀液的搅拌力和复合镀液的流动力的共同作用下,与阴极表面接触并在这两种力的作用下停留在阴极表面,从而被生长的基质金属逐渐包埋^[4]。因此,用电化学机理和吸附机理来描述纳米颗粒与金属镍离子的共沉积是不合适的,纳米颗粒与金属镍的共沉积过程应以力学机理为主^[5]。具体沉积过程可描述为:(1)复合镀液中的 Ni^{2+} 和纳米颗粒在镀笔的作用下被传输到阴极表面附近的流体边界层;(2) Ni^{2+} 在镀笔和电场力的共同作用下,纳米颗粒在力学作用下,它们一起到达阴极表面;(3) Ni^{2+} 在阴极表面吸附、获得电子、在表面进行短程扩散并在生长点形核长大;与此同时,到达阴极表面的纳米颗粒由于机械滞留机制停留于此,其中一部分被正在生长的金属包埋。

2 纳米颗粒复合电镀液的制备

纳米颗粒尺寸小,比表面积很大,表面原子占有相当大的比例,因此表面活性很高。一方面纳米颗粒具有壳层结构,表面层结构不同于内部;另一方面,基体相结构也受到尺寸制约而不同于常规材料的结构,原子之间的结合力也出现尺寸依赖性,结合力性质发生变化。另外,当颗粒达到纳米级时,就成为能供给电子和捕获电子的反应活性体,具有较高的化学活性,易氧化还原或吸附而较

难保持稳定的物理、化学形态。纳米颗粒巨大的表面能使其严重倾向于颗粒间彼此聚结而降低其表面能,形成软团聚或硬团聚,造成纳米颗粒尺寸的不稳定性、难分散性。因此,降低纳米颗粒表面自由能,提高其化学和物理稳定性,使纳米颗粒能均匀、稳定分散是纳米技术应用的重大难点之一。

目前,纳米颗粒在镀液(包括电镀液和化学镀液)中的分散方法主要有超声波、机械搅拌和表面活性剂等方法,以及由这几种方法构成的复合分散方法。纳米颗粒粒径分布合理且在镀液中均匀分散和稳定的复合刷镀液是保证纳米颗粒在镀层中弥散分布并且使复合电刷镀层具有优良性能的前提。当纳米颗粒的团聚体特别是软团聚体进入镀层中后,会成为镀层中的薄弱区,从而影响镀层性能。因此,对纳米颗粒在镀液中进行有效分散处理很有必要。通过分散处理,一方面有利于镀液中的离子、络合剂等纳米颗粒表面吸附或键合,利用静电效应或空间位阻效应,阻止纳米颗粒的进一步团聚,以期提高纳米复合镀液的稳定性,有利于纳米颗粒与金属镍离子的共沉积;另一方面将软团聚甚至硬团聚的纳米颗粒打开,使进入复合镀层的纳米颗粒在纳米数量级且均匀弥散分布在镀层中,有利于提高镀层的性能^[6-7]。两方面的共同作用,使分散处理能在一定程度上改善复合镀层的性能。因此,对复合镀液进行有效分散非常重要。

为了得到均匀稳定的纳米颗粒复合电刷镀液,在此采用超声波分散法、机械分散法和表面活性剂分散法对纳米颗粒与镍基镀液的复合体系进行分散处理,镀液中纳米颗粒含量均为 20 g/L。通过沉降试验来评定几种分散方法对复合体系稳定悬浮的影响。在此基础上得到一种能有效地将复合体系均匀分散并使其稳定存在的方法—机械化学法,处理的时间约为 20 h。而经高能机械化学法处理后,复合镀液中颗粒的粒径分布范围较窄,粒径在 100 nm 以下的颗粒含量最多,如图 1 所示。用扫描隧道显微镜观察到的纳米颗粒分布情况如图 2 所示。通过机械化学法处理后复合镀液中纳米颗粒的团聚程度大大减小。

机械作用将纳米颗粒的团聚体打开一部分,由于摩擦和振动等产生一定的温升,使纳米颗粒被复合体系中的有机基团等充分润湿,有利于降低颗粒表面自由能,使纳米颗粒表面活性中心与

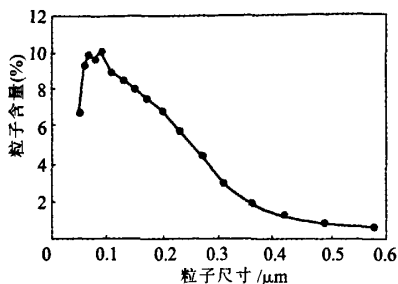


图1 纳米颗粒在电刷镀液中的粒子含量
Fig.1 Nano particle content in brush

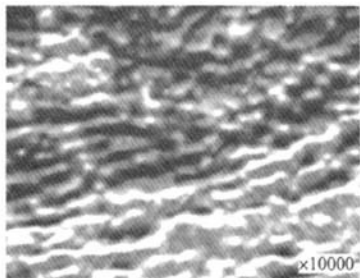


图2 扫描隧道显微镜观察到的纳米颗粒分布
Fig.2 Nano particle distribution under scanning tunnel microscope plating bath

镀液之间的物理、化学作用增强;纳米颗粒表面与这些基团形成比较稳定的物理吸附或一定程度的化学键合,从而在纳米颗粒表面构成双电层,使纳米颗粒之间产生静电斥力;同时,吸附在纳米颗粒表面的有机基团在纳米颗粒表面产生空间位阻作用,阻碍纳米颗粒的进一步接触,从而防止它们的团聚。在采用高能机械化学法对纳米颗粒复合电刷镀液进行处理过程中,机械的作用使团聚体在一定程度解聚,纳米颗粒表面吸附层则有利于分散后的颗粒保持稳定。因此,两方面的协同作用强化了纳米颗粒之间的排斥作用,使纳米颗粒在镀液中易于分散并使已打开的颗粒与镀液较好地结合在一起,使复合镀液能长时间稳定悬浮。

3 汽车减速器主动轴轴头表面修复

纳米颗粒复合电刷镀技术可对表面划伤、表面防护层脱落、表面锈蚀、表面磨损超差等各种形式的磨损进行修复并对零部件表面进行强化。在此以某汽车减速器主轴说明表面修复过程。

镀前准备是保证修复质量的基础。首先车削去除轴头表面的疲劳层,精确测量尺寸,对待刷镀部位进行除油、整形,保护非镀表面。然后选择纳

米颗粒复合镀层材料和最佳工艺参数。轴头材料为高强度合金钢,用2[#]活化液对待镀表面活化,镀底层选用特殊镍镀液,镀工作层选用Al₂O₃/Ni复合镀液。待尺寸满足要求尺寸的下限后,根据需要再在复合镀层表面刷镀一薄层钢镀层起减摩润滑作用。具体施镀工艺参数及过程见图3。

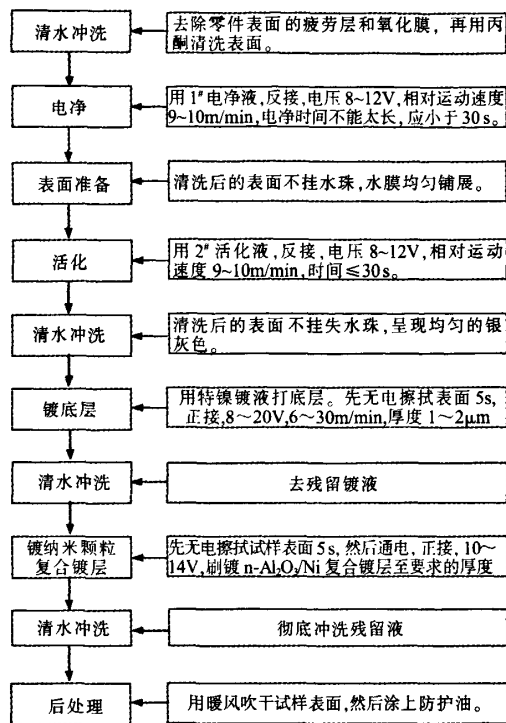


图3 减速器主动轴轴头表面修复工艺过程和参数
Fig.3 Process and parameters of restoration technology on driving shaft head surface of final drive

对用纳米颗粒复合电刷镀技术修复后的零件进行装车试验。实车考核历经3个月,行使20000km。零件每公里的磨损量约为0.002 μm,磨损量较小,磨损速率很低。实车考核结果表明,纳米颗粒复合电刷镀技术能够有效地修复和强化装备零件表面,有效提高装备零件的使用性能。

4 结论

为延长零部件的使用寿命,对复合电刷镀的相关技术进行了研究,对其沉积机理进行了分析,并尝试使用该技术对汽车磨损的轴头进行修复。结果表明,该技术可以有效对磨损零部件表面进行修复,提高零件表面耐磨性,该(下转第100页)

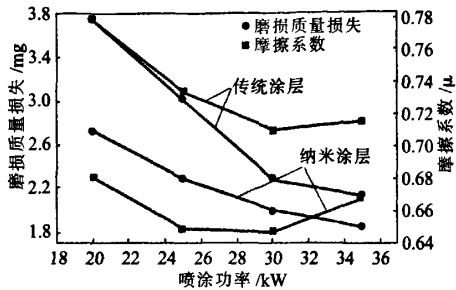


图5 不同功率下涂层的磨损质量损失和摩擦系数
Fig.5 Wearing capacity and friction of coating with different sprayed power

的磨损质量损失比传统 AT20 陶瓷涂层的小。说明在不同功率下, 纳米 AT20 陶瓷涂层的耐磨性能都比传统 AT20 陶瓷涂层好。随功率的提高, 涂层的磨损质量损失先降低后升高。这与涂层的硬度和功率关系基本吻合。而纳米 AT20 陶瓷涂层在 25 和 30 kW 时的磨损质量损失变化不大, 但硬度相差较大。说明纳米 AT20 陶瓷涂层在 25 kW 时韧性比 30 kW 时高, 同时具有相同耐磨性能。这是由于在 25 kW 时有少量的硬质点, 其硬度在 4000 HV 以上, 虽然平均硬度较低, 这种半熔状态下或者熔融后没有来得及长大的纳米颗粒形成的硬质点能大大提高涂层的耐磨性能。因此, 在本实验条件下, 当喷涂功率为 25~30 kW 时, 纳米 AT20 陶瓷涂层的耐磨性能最优。

3 结论

(1) 纳米 AT20 陶瓷涂层中 Al_2O_3 以 α 、 γ 两相共存的形式存在; TiO_2 仍以金红石型存在。 γ - Al_2O_3 的含量随等离子喷涂功率的提高而增加。

(2) 在相同的喷涂条件下, 纳米 AT20 陶瓷涂

层较传统 AT20 陶瓷涂层的硬度和耐磨性能都有明显的提高。

(3) 随喷涂功率的提高, 陶瓷涂层的完全熔化区增多, 部分熔化区减少。使得涂层的致密度、硬度和耐磨性能随功率的提高先升高后降低。且在喷涂功率为 25~30 kW 时, 纳米 AT20 陶瓷涂层的耐磨性能最优。

参考文献:

- [1] 田伟, 王铀, 王典亮. 纳米表面工程与摩擦学[J]. 润滑与密封, 2006, 7: 182-184.
- [2] 陈煌, 林新华, 曾毅, 等. 热喷涂纳米陶瓷研究进展[J]. 硅酸盐学报, 2002, 30(2): 235-239.
- [3] 周少红, 甘树才, 陈博. 纳米材料的发展及其展望[J]. 世界地质, 1999, 18(3): 100-104.
- [4] 刘超锋, 孟庆乐. 纳米材料在铸铁表面改性中的应用[J]. 热加工工艺, 2007, 36(4): 76-78.
- [5] Pranevicius L, Valatkevicius P, Valincius V, et al. Catalytic behavior of plasma-sprayed $\text{Al}-\text{Al}_2\text{O}_3$ coatings doped with metal oxides [J]. Surface and Coatings Technology, 2000, 125(1): 392-395.
- [6] Song Renguo. Hydrogen permeation resistance of plasma-sprayed Al_2O_3 and 13-wt.% TiO_2 ceramic coatings on austenitic stainless steel [J]. Surface and Coatings Technology, 2003, 168: 191-194.
- [7] 张望, 武颖娜, 梁勇等. 等离子喷涂 Al_2O_3 与 ZrO_2 复合热障涂层的高温性能 [J]. 稀有金属材料与工程, 2003, 23(9): 756-760.
- [8] Goberman D. Microstructure development of Al_2O_3 -13% TiO_2 plasma sprayed coatings derived from nanocrystalline powders [J]. Acta. Materials, 2002, 50: 1141-1152.
- [9] 张建新, 阎殿然, 何继宁, 等. 喷涂参数对 Al_2O_3 -13% TiO_2 纳米涂层组织性能的影响[J]. 材料热处理学报, 2008, (4): 135-139. [23]

(上接第 96 页) 技术在汽车零部件磨损零件修复中具有极大的应用潜力。

参考文献:

- [1] 徐滨士, 朱绍华. 表面工程与维修[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996. 25-26.
- [2] Bell T, Mao K, Sun Y. Surface engineering design: modeling surface engineering systems for improved tribological performance [J]. Surface and Coatings Technology, 1998, 108-109(10): 360-368.

- [3] Lu K, Lu J. Nanostructured surface layer on materials induced by surface mechanical attrition [J]. Materials Science and Engineering, 2004, 37(5): 38-45.
- [4] 徐国财, 张立德. 纳米复合材料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002. 17-18.
- [5] 黄新民, 吴玉程, 郑玉春. 纳米颗粒对复合镀层性能的影响[J]. 兵器材料科学与工程, 1999, 22(6): 11-14.
- [6] 葛利玲, 路彩虹, 井晓天, 等. 40Cr 钢表面纳米化组织与性能的研究[J]. 表面技术, 2008, 37(2): 11-13.
- [7] 工立平, 高燕, 薛群基, 等. 晶粒尺寸对纳米晶钻摩擦磨损性能的影响[J]. 表面技术, 2005, 31(1): 31-33. [24]

<http://www.taobao43.net/list.php/26.html>