

MEVVA 源离子注入金属表面优化应用*

丁晓纪 林文廉 张荟星 张孝吉 周凤生 李 强

(北京师范大学低能核物理所, 北京市辐射中心 北京 100875)

桑吉梅 徐 骏 袁晓珉

(北京有色金属研究总院 北京 100088)

摘 要 针对几种钢部件的磨损、耗能问题,本课题组应用 MEVVA 源离子注入技术,对 H13、T10A、HSS、Cr17 等钢材料进行了离子注入表面改性研究,得出了提高钢耐磨性和改善其固体自润滑的一套有用的离子注入工艺。

关 键 词 MEVVA 源离子注入 钢材料 表面改性

分 类 号 TG142.45

1 引 言

离子注入已成为公认的材料表面性能优化的手段之一^[1],它的特点在于可以在固体表面形成超固溶条件下的各种元素的组合,以达到常规冶金手段所不能产生的各种合金及非晶层.这些经过人为控制各种元素组份而产生的离子注入层,可以综合改善材料表面的各种物理性能. MEVVA 源离子注入设备能引出多种金属和非金属元素的离子,它的束流强、束流纯度好^[2,3],因此是性能优良的材料表面改性金属离子注入设备^[4,5,6]. 本文主要介绍:(1)应用离子注入层产生自润滑性能,解决返回式卫星的耗能部件“抽气泵”的能耗降低问题;(2)利用离子注入层提高耐磨性,解决军用方向仪凸轮、卡板易磨损问题;(3)离子注入钢制切削工具,解决粘着磨损问题;(4)解决渗氮后模具的自润滑问题.

2 T10A 钢自润滑性能的研究

T10A 钢为返回式卫星上抽气泵所用材料,由于抽气泵耗电量大,影响了卫星内其它探测设备的正常工作,使遥感资料的质量及卫星在轨工作寿命均受影响.为解决抽气泵能耗问题,与航天部门协作,通过对注入元素

的选择、注入元素的剂量搭配,以及不同注入元素的注入能量的选择,对 T10A 钢的离子注入进行了系统研究.最后选定用 Ti 加 C 离子双注入来改善 T10A 钢的摩擦学性能.由于 T10A 钢的含碳量 1%wt,C 离子注入剂量经过实验,利用优选法程序找出了最佳的 Ti、C 搭配注入剂量:在 Ti 为 3×10^{17} ions/cm² 加 C 为 0.6×10^{17} ions/cm² 条件下,TEM 的电子衍射图显示 T10A 表面生成 Fe-Ti-C 三元非晶态和弥散的 TiC 相,从摩擦学性能改善后的试样测得 AES 谱,其表面 Fe : Ti : C 为 1 : 1 : 1,使摩擦系数呈最低(摩擦系数由原来的 0.4 降至 0.1),且耐磨性最强.

经过 MEVVA 源离子注入的抽气泵,工作电流由 6.3 A 以上降到 4.7 A 以下,降低能耗 25%以上,抽气泵的工作状况也比未注入的泵更加稳定可靠.1992 年 8 月 9 日发射的返回式科学实验卫星中,第一次使用离子注入处理的抽气泵.卫星在轨工作寿命由以往的 3~8 天延长到 16 天;卫星获取信息量明显增加;探测精度有所提高.用户的鉴定材料上指出:“离子注入技术的应用对降低卫星遥感器的能耗、提高其工作可靠性、延长卫星在轨工作寿命有着显著的作用,从而产生了巨大的经济效益.离子注入工艺为卫星发射

* 国家“863”计划资助课题,课题编号 863-715-23-02-01.

成功做出了重要贡献”。

3 提高 Cr17 钢的耐磨性研究

凸轮、卡板为军用方向仪的关键部件之一,其材料为 Cr17 钢. 在实际装配、调试、试运行中,凸轮、卡板尤其是凸轮极易磨损而造成配合间隙的超差. 一般只能依靠频繁地更换部件来满足技术要求,这不但造成材料及时间的浪费,且降低方向仪运行的可靠性. 为了改善这种状况,采用 MEVVA 源离子注入对凸轮、卡板进行表面优化处理,以期改善其摩擦学性能,延长部件的使用寿命. 选择 Ta、Ti 及 C 离子作为注入元素,注入剂量:Ti 为 3×10^{17} ions/cm²、Ta 为 3×10^{17} ions/cm²、C 为 3×10^{17} ions/cm². 实验表明:Ti+C 双注入的摩擦系数由未注入样品的 0.35 降到 0.1 以下,Ta+C 双注入摩擦系数为 0.12 左右. 超显微硬度测量的结果表明,离子注入后样品的表面硬度比未注入样品时提高 120%,耐磨性能得到良好改善. 离子注入技术应用到凸轮、卡板上,对保证方向仪的精度和可靠性,有重要作用,已被用户认可,纳入部件正式生产工艺.

4 MEVVA 源离子注入用于高速工具钢金属切削工具的表面优化处理

改善金属切削工具的耐磨损性能,对机械加工工业具有十分重要的经济意义. 高速工具钢的含碳量一般在 1%wt 左右,考虑到 Ti 离子注入时伴随的真空碳化效应,只要单注入 Ti: 3×10^{17} ions/cm² 就能达到优化性能的目的. 如用一个未经离子注入处理的 W18Cr4V 高速钢片铣刀($\Phi 80 \times 1.5$ mm)加工 1Cr18Ni9Ti 不锈钢工件时,由于刀齿快速磨损,一般只能加工 3~4 个槽就不能继续使用,而且常常发生铣刀崩齿,甚至断裂成碎片. 而用经离子注入处理过的相同材料的铣刀,由于降低了粘着磨损,可以加工 70 个槽左右,提高使用寿命 20 倍.

5 MEVVA 源离子注入用于挤压模具解决渗氮后的自润滑问题研究

挤压成型是一种生产效率高和节约原材料的压力加工方法. 挤压模是金属离子注入表面优化技术的另一个具有广阔市场和重要经济意义的应用领域. 挤压模具,其核心部分是由一系列极精细的并具有复杂几何形状的模腔组成. 制作挤压模具通常是一个很复杂、很昂贵的过程. MEVVA 源强流金属离子注入,用于提高挤压模具的模腔内壁(尤其是定径带部位)的耐磨性和耐蚀性,从而延长挤压模具的使用寿命和提高挤制产品的质量.

目前国内通常在模具使用之前要进行软氮化处理,模具的磨损一般表现为:磨耗(从摩擦表面掉下磨粒)、压溃(模压过程中发生变形)、热裂(出现热疲劳裂纹),最大应力集中处的疲劳破坏、温度剧烈变化下的热振破坏和表面层形成氧化皮等. 这些因素又是相互影响的. 在铝型材的挤压模中,引起铝型材热挤压模磨损的主要因素是铝合金坯材通过模腔时产生的粘着磨损和 Al₂O₃ 等硬质颗粒对模具、定径带的磨蚀作用. 经过软氮化强化处理过的 H13 钢模具,挤压高强度铝合金自行车轮圈型材,模具的作用寿命仍然不长,只能挤压 100 kg 铝合金坯材. 经过 Ti+C 双注入的 H13 钢热挤压模,挤压铝合金坯材达 3 吨后,模具孔径尺寸尚未超差,型材表面质量满足要求,模具使用寿命提高 30 倍以上.

参 考 文 献

- 1 Straede C A. Ion Implantation as an Efficient Surface Treatment. NIM, 1992, B68:380~388
- 2 Lin W L, Ding X J, Sang J M et al. Metal Vacuum Arc Source Ion Implantation as a Surface Treatment Technique for Industrial Applications. Surf Coat Tech, 1992, 51:534~539
- 3 Lin W L, Ding X J, Sang J M et al. High Current Metal Ion Implantation for Industrial Applications. J Mater Eng Perfor, 1994, 3(5):587~590
- 4 Lin W L, Ding X J, Lu T et al. Comparison of Tribo-

- logical Property Modification in Si, Ti and N Implanted H-13 Steel. *Mater Lett*, 1992,13:212~217
- 5 Yang D H, Zhang X S, Ding X J et al. Surface Physical and Chemical Changes of Pure Iron After Molybdenum Ion Implantation and Their Effects on the Tribological Behavior I: Physical and Chemical Analysis. *Thin Solid Films*, 1994, 240:92~96
- 6 Yang D H, Xue Q J, Zhang X S et al. The Influence of Ion-implanted Mo on the Tribological Behavior of Iron Lubricated with Oil Containing Antiwear Additives. *Wear*, 1994,173:129~135

Application of Ion Implantation by MEVVA Source in Metals Surface Modification

DING Xiaoji LIN Wenlian ZHANG Haixing ZHANG Xiaoji
ZHOU Fengsheng LI Qiang

(*Institute of Low Energy Nuclear Physics, Beijing Normal University, Beijing 100875*)

SANG Jimei XU Jun YUAN Xiaomin

(*Beijing General Research Institute of Non-Ferrous Metals, Beijing 100088*)

Abstract Ion implantation with MEVVA source has been investigated on several types of steel such as H13, T10, HSS, Cr17 and so on, and the real industrial parts have been tested too. The results show that steel's wear resistance and solid lubrication of same sample parts are obviously improved.

Key Words ion implantation by MEVVA source steel matters surface modification

(上接第 169 页)

- Mat Res Soc Symp Proc, 1994, 316:777~782
- 10 Zhang Tonghe, Xie Jindong Chen Jun et al. Influence of The Structure of Implanted Steel with Y, Y+C and Y+Cr on the Behaviors of Wear, Oxidation and Corrosion Resistance. *Surface and Coatings Technology*, 1995,72:93~98
- 11 Zhang Tonghe, Wang Xiaoyan, Liang Hong et al. Behavior of MEVVA Metal Ion Implantation for Surface Modification of Materials. *Surface and Coatings Technology*, 1996,83:280~283

Study of Ion Beam Modification of Materials by High Current Metal Ion Beam

ZHANG Tonghe LIANG Hong MA Furong

(*Institute of Low Energy Nuclear Physics, Beijing Normal University, Radiation Beam & Material Engineering Laboratory of State Education Committee of China, Beijing 100875*)

Abstract A review of our research work is given in this paper. It is about strengthening mechanism; surface tribology; resistance in wear, oxidation and corrosion; thermal atom chemistry in steel during ion implantation; silicides synthesis.

Key Words MEVVA metal ion implantation strengthening mechanism in steel surface chemistry and thermal atom chemistry resistance in wear oxidation and corrosion silicides synthesis