

# 用石墨原子化法测定铝阳极氧化电解着色膜中的铜、镍、锡

杨晓燕<sup>a</sup>, 颜流水<sup>a</sup>, 温振东<sup>a</sup>, 杜楠<sup>b</sup>

(南昌航空工业学院 a. 环境与化学工程系, b. 材料系, 江西 南昌 330034)

**[摘要]** 了解着色膜中铜、镍、锡的沉积情况,是研究铝阳极氧化电解着色机理的前提。采用硝酸与醋酸褪除着色膜,并将标准曲线法运用于石墨原子吸收分光光度的测定中,从而测定褪除液中的铜、镍、锡含量。所测曲线的线性相关系数分别为0.999 5,0.999 2和0.995 1;测定试液的加标回收率范围为93.0%~103.4%;测试结果的相对标准偏差范围为0.44%~3.70%。试验表明,用硝酸与醋酸褪膜,不仅能有效地去除着色膜,而且还有利于石墨原子化,此法所测结果对铝阳极氧化电解着色的研究具有一定的参考价值。

**[关键词]** 元素测量;原子吸收分光光度法;石墨原子化;铝阳极氧化;电解着色

**[中图分类号]** O657;TG174.451 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1001-1560(2005)02-0069-06

## 0 前言

铝及其合金因其比重小、比强度大、耐腐蚀性好等性能,被广泛应用于现代工业。但是铝材料硬度低、耐磨性较差,工业上常用阳极氧化加电解着色的方法,提高其表面的耐磨性、耐晒性、耐热性、抗污染性、耐腐蚀性及外观装饰性。

铝的阳极氧化是氧化膜生成与溶解共存的过程,当氧化膜生成速度大于溶膜速度时,其表面会生成一层具有一定厚度、硬度及透明度的多孔氧化铝膜层<sup>[1]</sup>。因此,在其后的电解着色过程中,着色液中的金属离子镍、锡、铜等,将在膜孔底部的近阻挡层析出,当光照射到其表面时,孔底的金属沉积物将对光产生吸收、扩散及反射作用,同时又与膜表面的反射光发生干涉作用,从而产生颜色<sup>[2]</sup>。由此可见,阳极氧化电解着色膜不是单一的氧化铝膜,其中除了含有镍、锡、铜元素外,还含有铝基体自身的合金元素及杂质元素,因此,阳极氧化电解着色膜的结构与组成对膜层的颜色起着决定性的作用。分析和了解氧化铝膜层中金属元素的含量,

对阳极氧化电解着色的研究具有十分重要的意义。

目前,有关铝表面阳极氧化电解着色膜中金属元素的测定研究的报道很少,但是与金属元素的分析相关的研究却很多,如分光光度法<sup>[3-6]</sup>、等离子发射光谱法<sup>[7,8]</sup>、荧光光谱法<sup>[9,10]</sup>、反射光谱法<sup>[11]</sup>、极谱法<sup>[12]</sup>和火焰原子吸收法<sup>[13,14]</sup>等。由于铝阳极氧化电解着色膜膜层薄且组成复杂,待测元素含量少,杂质元素含量高,使用上述方法势必会因为共存物的干扰而降低测试精度及准确性。此外,如果褪膜方法不恰当,则更会降低测试结果的准确性。因此,本研究根据硬铝 LY12 和超硬铝 LC4 材料自身及其表面阳极氧化电解着色膜的特性,兼顾后续测试方法,使用硝酸与醋酸相结合的化学褪膜方法,用石墨炉原子吸收分光光度仪进行阳极氧化电解着色膜层中镍、锡、铜含量的测定。

## 1 试验

### 1.1 仪器与试剂

日立 Z-8000 型偏振塞曼原子吸收分光光度计及 A. A 型微量自动进样器;日产铜空心阴极灯;国

产镍、锡空心阴极灯。

硝酸(光谱级), 盐酸(光谱级), 醋酸钠(分析纯), 醋酸(分析纯)。

铜储备液(1 mg/mL): 精确称取 1.000 0 g 光谱级金属铜于 20 mL 浓硝酸中, 加热、溶解、冷却后, 移入 1 000 mL 容量瓶中, 用超纯水稀释至刻度线, 摇匀。

镍储备液(1 mg/mL): 精确称取 1.000 0 g 光谱级金属镍于 20 mL 浓硝酸中, 加热、溶解、冷却

后, 移入 1 000 mL 容量瓶中, 用超纯水稀释至刻度线, 摇匀。

锡储备液(1 mg/mL): 精确称取 1.000 0 g 光谱级金属锡于 100 mL(1+1) 盐酸中, 加热、溶解、冷却后, 移入 1 000 mL 容量瓶中, 用超纯水稀释至刻度线, 摇匀。

## 1.2 试验溶液的制备

(1) 试样处理工序为: 硫酸阳极氧化→电解着色黑色→封闭, 其基本情况见表 1。

表 1 试样情况

项 目	材 料	
	超硬铝 LC4	硬铝 LY12
材料成分中合金元素	Al, Zn, Mg, Cu, Mn, Cr	Al, Cu, Mg, Mn
材料成分中杂质元素	Fe, Si	Fe, Si, Zn, Ni, Ti
尺寸/mm	15.0 × 13.0 × 5.0	19.0 × 13.0 × 2.5
电解着色液中的金属离子	Ni <sup>2+</sup> , Sn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup> , Sn <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup>
着色膜颜色及面积/cm <sup>2</sup>	5.95(黑色)	6.54(黑色)
质量/g	G <sub>0</sub> = 2.599 4	G <sub>0</sub> ' = 2.488 2

(2) 黑色阳极氧化膜的褪除及试验溶液制备用原子吸收测定阳极氧化膜中的金属元素, 褪除氧化膜、制备试验溶液是关键, 在该过程中, 必须注意: ①尽可能只褪除阳极氧化膜而不损伤铝基体; ②所用化学试剂与待测金属元素形成的金属化合物要稳定, 在升温过程中, 此化合物不能极易挥发, 否则, 在灰化阶段就被蒸发, 导致分析元素损失, 同

时也不能极难挥发, 这将导致分析元素在原子化阶段原子化不彻底<sup>[15]</sup>; ③所用试剂与待测金属元素形成的金属化合物不能沉淀。据此并根据铝材料自身特性和石墨原子化的高精确性要求, 试验采用化学褪膜法, 褪除方法及试样溶液制备情况见表 2 和表 3。

表 2 超硬铝 LC4 阳极氧化着色膜的褪除及试样溶液制备

操作步骤及内容	现 象	试验溶液制备
(1) 试块 LC4 放入 20 mL 硝酸中(体积比为 1:1), 处理 10 min	浸入之初, 气泡产生较明显, 后来渐少, 最后消失, 膜色几乎无变化, 但膜已疏松	合并硝酸和洗液, 稀释至 50 mL, 作为试液 1
(2) 用塑料镊子取出试块, 并用超纯水冲洗		保留滤纸
(3) 将试块轻轻置于定量滤纸上, 任其自然干燥	滤纸表面有黑色	$\Delta G_1 = 0.005 9 \text{ g}$
(4) 称重 $G_1 = 2.593 5 \text{ g}$		
(5) 再次将试块浸入 0.012 8 g 醋酸钠 + 2.4 mL 醋酸 + 24 mL 水的溶液中, 加热至 90~92 °C, 处理 20 min 后, 冷却	铝表面有大气泡溢出, 膜色变浅, 但黑色尚存	将处理液与洗液合并, 稀释至 50 mL, 作为试液 2
(6) 用塑料镊子取出试块, 并用超纯水冲洗膜疏松多孔		
(7) 将试块置于定量滤纸上, 并用滤纸擦拭	黑色膜彻底脱落, 露出铝本色	保留滤纸
(8) 自然干燥	-	
(9) 称重 $G_2 = 2.588 4 \text{ g}$	-	$\Delta G_2 = 0.005 1 \text{ g}$
(10) 将包有黑色膜的定量滤纸放在坩埚中, 置于马弗炉中, 于 700 °C 下保温 30 min, 冷却		
(11) 坩埚内加 10 mL 硝酸, 加热煮沸, 直至残渣完全溶解, 容积在 2 mL 左右, 冷却	坩埚内有少许黑色残渣	灰化处理液作为试液 3。移取相同体积的试液 1, 2, 3 混合, 作为混合试液 A
(12) 将坩埚内溶液移入 50 mL 容量瓶, 洗液也并入容量瓶内, 然后稀释至刻度线	溶液清澈透明, 无残渣	

表3 硬铝 LY12 阳极氧化着色膜的褪除及试验溶液制备

操作步骤及内容	现象	试验溶液制备
(1) 试块 LY12 放入 20 mL 硝酸(体积比1:1)的中,处理 10 min	浸入之初,气泡产生较明显,后来渐少,最后消失,膜色几乎无变化	合并硝酸和洗液,并稀释至 50 mL,作为试液 4
(2) 用塑料镊子取出试块,并用超纯水冲洗	膜色未褪,但膜已疏松	保留滤纸
(3) 将试块轻轻置于定量滤纸上,任其自然干燥	滤纸置放试块处有黑色	$\Delta G_1' = 0.0057 \text{ g}$
(4) 称重 $G_1' = 2.4825 \text{ g}$	-	-
(5) 将试块浸入(0.0128 g 醋酸钠 + 2.4 mL 醋酸 + 24 mL 水)溶液中,加热至 90~92 °C,处理 20 min 后,冷却	铝表面有大气泡溢出,膜色变化不大	将处理液与清洗液合并,稀释至 50 mL,作为试液 5
(6) 用塑料镊子取出试块,并用超纯水冲洗	膜疏松多孔	-
(7) 将试块置于定量滤纸上,并用滤纸擦拭	基体表面疏松多孔,黑色膜未脱净	保留滤纸
(8) 自然干燥	-	-
(9) 称重 $G_2' = 2.4775 \text{ g}$	-	$\Delta G_2' = 0.0050 \text{ g}$
(10) 将试块放入含有 0.01 g 醋酸钠和 20 mL 醋酸的溶液中,加热至 90~92 °C,处理 20 min 后,冷却	铝表面有大气泡溢出,膜色变浅,但黑色尚存	将处理液与洗液合并,稀释至 50 mL,作为试液 6
(11) 重复步骤 6~8	-	保留滤纸
(12) 称重 $G_3' = 2.4767 \text{ g}$	-	$\Delta G_3' = 0.0008 \text{ g}$
(13) 将包有黑色膜的定量滤纸分放在 2 个坩埚中,置于马弗炉中,在 700 °C 下保温 30 min,冷却	坩埚内有少许浅黄色残渣	两次灰化处理液作为试液 7 和试液 8
(14) 坩埚内加 10 mL 硝酸,加热煮沸,直至残渣完全溶解,容积在 2 mL 左右,冷却	溶液清澈透明,无残渣	移取相同体积的试液 4, 5, 6, 7, 8 混合,作为混合试液 B
(15) 将坩埚内溶液移入 50 mL 容量瓶,洗液也并入容量瓶内,然后稀释至刻度线	-	-

### 1.3 配制标准系列溶液

用 1 g/L 的标准储备液逐级配制 1  $\mu\text{g/L}$  的标准使用液,然后用标准使用液和 5%  $\text{HNO}_3$  配制标准系列溶液见表 4。

元素	空白	标液 1	标液 2	标液 3	标液 4	标液 5	标液 6
铜	0	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000	-
镍	0	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600
锡	0	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600

### 1.4 仪器工作条件

测定铜、镍、锡元素的仪器工作参数见表 5。

元素	波长/ nm	灯电 流/mA	狭缝宽 度/nm	试样池	载气流量/ ( $\mu\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ )	中断供气/ ( $\mu\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ )	自动进样 容积/ $\mu\text{L}$
铜	324.8	7.5	1.3	石墨杯	200	30	20
镍	232.0	10.0	0.2	石墨杯	200	30	20
锡	286.3	15.0	1.3	石墨杯	200	30	20

注:锡在 224.6 nm 的共振线上具有最大灵敏度,但背景干扰很大,为获得高的信噪比,本试验选用 286.3 nm 作为分析线。

### 1.5 石墨炉工作条件

石墨原子化与火焰原子化不同,火焰原子化进行测试时,杂质元素的干扰必须通过添加抗干扰剂、配位剂等方法来消除,而在石墨原子化中,杂质元素必须在待测元素进行原子化前彻底蒸发与灰化,因此,石墨炉工作条件的设置,直接影响着测试结果的准确与可靠性。所以,设定温度和保留时间时,必须遵循以下几点:

(1) 干燥温度的设定应避免发生试液暴沸或干燥不彻底,试液以水为溶剂时,每微升试液在 100 °C 左右需 2~3 s 才能蒸发;

(2) 使用尽可能高的灰化温度,来蒸发共存物质,降低干扰,提高灵敏度,但应防止待测元素的损失;

(3) 选择适合于待测元素的原子化温度,保证待测元素充分原子化。

基于上述原则,经筛选优化,本试验使用如表 6 所示的石墨炉工作条件进行测试。

表 6 测定铜、镍、锡元素时的石墨炉升温程序

序号	阶段	起始温度/℃			终了温度/℃			保留时间/s
		Cu	Ni	Sn	Cu	Ni	Sn	
1	干燥	80	80	80	120	120	120	60.0
2	灰化	500	600	300	600	700	400	15.0
3	灰化	600	700	400	600	700	400	30.0
4	原子化	2 700	2 900	2 700	2 700	2 900	2 700	10.0
5	清除	2 800	3 000	3 000	2 800	3 000	3 000	3.0
6	模拟监视	步骤 2~4						
7	载气	中断						

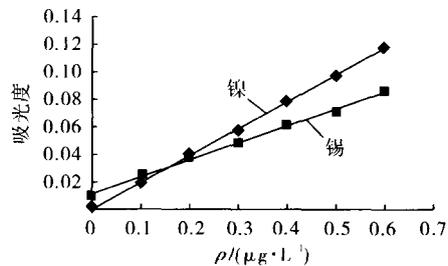


图 2 镍、锡标准工作曲线

分别为:0.999 5,0.999 2 和 0.995 1。由此可见,铜、镍的标准曲线线性很好,而锡的线性稍差,这可能是由于锡有价态变化及灰化温度无法再提高的缘故。

## 2 结果与讨论

### 2.1 绘制标准曲线

本试验采用偏振塞曼石墨炉进行原子化,精确校正背景吸收,消除背景干扰,以峰高来表示吸光度。根据试验所测铜、镍、锡标准系列溶液的吸光度与浓度的关系,绘制出标准工作曲线(见图 1 和图 2)。其中,铜在 0~1.0 μg/L、镍和锡在 0~0.6 μg/L 的浓度区间呈线性关系,它们的线性回归方程为: $y = 0.256 9x + 0.004 7$ ,  $y = 0.193 6x + 0.003 4$ ,  $y = 0.121 3x + 0.008 3$ ,线性相关系数

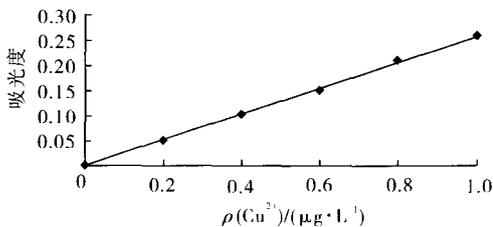


图 1 铜标准工作曲线

### 2.2 测试结果的精密度及回收率

根据上述标准工作曲线,对每组 5 个样的稀释混合试液 A、混合试液 B 和加标回收试液进行同步试验,其精密度见表 7 和表 8,加标回收率见表 9 和表 10。结果表明,稀释混合试液 A、混合试液 B 中,铜、镍、锡的相对标准偏差分别为:0.44%, 3.08%, 3.70%, 2.39%, 0.29%, 0.97%;加标回收率分别为:103.4%, 100.0%, 100.6%, 97.8%, 100.9%, 94.1%;回收率范围分别为:102.0%~105.3%, 99.5%~100.5%, 97.5%~100.5%, 95.0%~100.0%, 100.5%~102.0%, 93.0%~95.0%。由此可见,测试精密度与回收率均较好,因此,通过稀释倍数计算可得:混合试液 A、B 中,铜、镍、锡的浓度分别为:4.696, 0.404, 6.104 μg/L 和 0.098, 1.230, 1.625 μg/L。

表 7 稀释混合试液 A 中,铜、镍、锡的浓度与测试精密度

项 目		1	2	3	4	5	平均值	相对标准偏差/%
铜	稀释 10 倍 吸光度	0.125 3	0.125 6	0.124 9	0.125 1	0.126 2	0.125 4	0.40
	浓度/(μg·L <sup>-1</sup> )	0.469	0.470	0.468	0.468	0.473	0.470	0.44
镍	稀释 4 倍 吸光度	0.022 3	0.023 0	0.023 3	0.022 3	0.023 5	0.022 9	2.44
	浓度/(μg·L <sup>-1</sup> )	0.098	0.102	0.103	0.098	0.105	0.101	3.08
锡	稀释 20 倍 吸光度	0.046 3	0.046 5	0.045 7	0.044 6	0.043 2	0.045 3	3.02
	浓度/(μg·L <sup>-1</sup> )	0.314	0.315	0.309	0.300	0.288	0.305	3.70

表 8 稀释混合试液 B 中,铜、镍、锡的浓度与测试精密度

项 目		1	2	3	4	5	平均值	相对标准偏差/%
铜	原液 吸光度	0.030 2	0.028 9	0.030 1	0.030 5	0.029 6	0.029 9	2.10
	浓度/(μg·L <sup>-1</sup> )	0.099	0.094	0.099	0.100	0.098	0.098	2.39
镍	稀释 4 倍 吸光度	0.062 7	0.062 9	0.063 0	0.063 0	0.062 5	0.062 8	0.35
	浓度/(μg·L <sup>-1</sup> )	0.307	0.308	0.308	0.308	0.306	0.308	0.29
锡	稀释 5 倍 吸光度	0.047 1	0.047 6	0.048 0	0.047 9	0.047 8	0.047 7	0.75
	浓度/(μg·L <sup>-1</sup> )	0.320	0.324	0.328	0.327	0.326	0.325	0.97

表9 稀释混合试液A中,铜、镍、锡的回收率

项 目	1	2	3	4	5	平均回收率	
铜加标量 0.4 μg/L	吸光度	0.230 6	0.233 6	0.229 8	0.230 2	0.233 7	
	浓度/(μg·L <sup>-1</sup> )	0.879	0.891	0.876	0.878	0.891	103.4%
	回收率/%	102.5	105.3	102.0	102.5	104.5	
镍加标量 0.2 μg/L	吸光度	0.060 7	0.061 8	0.062 2	0.061 0	0.062 4	
	浓度/(μg·L <sup>-1</sup> )	0.297	0.302	0.304	0.298	0.305	100.0%
	回收率/%	99.5	100.0	100.5	100.0	100.0	
锡加标量 0.2 μg/L	吸光度	0.070 1	0.070 5	0.070 1	0.069 8	0.069 4	
	浓度/(μg·L <sup>-1</sup> )	0.510	0.513	0.510	0.507	0.504	100.6%
	回收率/%	98.0	99.0	100.5	97.5	108.0	

表10 稀释混合试液B中,铜、镍、锡的回收率

项 目	1	2	3	4	5	平均回收率	
铜加标量 0.1 μg/L	吸光度	0.055 1	0.053 8	0.055 0	0.056 0	0.054 0	
	浓度/(μg·L <sup>-1</sup> )	0.197	0.192	0.197	0.200	0.193	97.8%
	回收率/%	98.0	98.0	98.0	100.0	95.0	
镍加标量 0.2 μg/L	吸光度	0.101 3	0.102 5	0.102 0	0.102 0	0.101 3	
	浓度/(μg·L <sup>-1</sup> )	0.506	0.512	0.510	0.510	0.506	100.9%
	回收率/%	100.5	102.0	101.0	100.0	101.0	
锡加标量 0.2 μg/L	吸光度	0.070 1	0.070 3	0.070 8	0.070 5	0.070 9	
	浓度/(μg·L <sup>-1</sup> )	0.510	0.512	0.515	0.513	0.516	94.1%
	回收率/%	95.0	94.0	93.5	93.0	95.0	

### 2.3 LC4、LY12 试块表面阳极氧化电解着色膜情况

根据 ISO 2932-81, 将表 2 中的超硬铝 LC4 和硬铝 LY12 的  $\Delta G_1$ 、 $\Delta G_1'$  与表 1 中的着色膜表面积相比, 得出的值 99.2 mg/dm<sup>2</sup> 和 87.2 mg/dm<sup>2</sup>, 均大于 10.0 mg/dm<sup>2</sup>, 由此可以对铝合金表面阳极化膜的封闭质量做出评价, 认为其表面阳极氧化电解着色膜过软且疏松多孔。试块表面阳极氧化电解着色膜中的铜、镍、锡含量, 则可依据超硬铝 LC4、硬铝 LY12 表面着色膜的质量 0.011 0 g, 0.011 5 g 和混合试液量 150 mL, 250 mL, 计算得到:

超硬铝 LC4 中

$$\omega(\text{铜}) = (4.696 \times 0.150) \div 0.011 0 = 64.04 \mu\text{g/g}$$

$$\omega(\text{镍}) = (0.404 8 \times 0.150) \div 0.011 0 = 5.52 \mu\text{g/g}$$

$$\omega(\text{锡}) = (6.104 \times 0.150) \div 0.011 0 = 83.24 \mu\text{g/g}$$

硬铝 LY12 中

$$\omega(\text{铜}) = (0.098 \times 0.250) \div 0.011 5 = 2.13 \mu\text{g/g}$$

$$\omega(\text{镍}) = (1.23 \times 0.250) \div 0.011 5 = 26.74 \mu\text{g/g}$$

$$\omega(\text{锡}) = (1.625 \times 0.250) \div 0.011 5 = 35.33 \mu\text{g/g}$$

### 3 结束语

本试验所建立的硝酸与醋酸相结合的铝阳极氧化电解着色膜褪膜方法, 不仅能有效褪除铝合金表面的着色膜、利于石墨原子化过程中共存元素的灰化与待测元素的原子化, 而且还可为铝合金表面阳极化膜的封闭质量评价提供依据。采用偏振塞曼石墨原子化加自动进样器, 对实际样品中微量金属进行测定, 能更有效地消除背景干扰、减少人为进样与测量误差, 可进一步提高测试结果的准确性及精密度。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 《电镀工艺手册》编委会编. 电镀工艺手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988. 401.
- [2] 周谏银. 铝阳极氧化膜电解着色[J]. 电镀与环保, 2004, 24(2): 21.
- [3] 仰榴青. BCO 测定含镍铝合金中的铜[J]. 江苏理工大学学报(自然科学版), 1998, 19(1): 65.
- [4] 李山河. 双波长分光光度法同时测定铝合金中的铁和镍[J]. 材料开发与应用, 2002, 17(1): 32.

- [5] 胡志强,吕明. 催化动力学光度法测定痕量镍的研究[J]. 松辽学刊(自然科学版), 2001(3):42.
- [6] 文莉,邓凯佳. 多波长线性回归分光光度法同时测定铝合金中的铜、铁、镍[J]. 湖南有色金属, 2001,17(3):35.
- [7] 李帆,田丹华. ICP-AES法测定铝合金中主要元素和杂质元素的方法[J]. 材料工程, 2002(12):18.
- [8] Lambkin D C, Alloway B J. Problem of arsenic interference in the analysis of soils for cadmium by inductively coupled plasma - optical emission spectrometry [J]. Science of the Total Environment, 2000, 256(1):77.
- [9] 铁生年,胡艳妮. X射线荧光光度仪测定铝合金中 Si、Mn、Fe、Cr、Ni、Ti、Cu [J]. 冶金分析, 2001, 21(1):55.
- [10] Johanna Y S, Woodward P W. Energy dispersive X-ray fluorescence spectrometric determination of vanadium, nickel, and iron in petroleum and petroleum residua [J]. ASTM Special Technical Publication, 1991, 1 109:128.
- [11] 张平,闫宏涛. 反射光谱法测定合金中铁和硅[J]. 冶金分析, 1999, 19(4):11.
- [12] 王永红,钟国伦. 交流示波极谱内标工作曲线法测定铜铝合金中的铜和镍[J]. 冶金分析, 1996, 16(1):21.
- [13] 刘忠雄. 火焰原子锡光谱法测定铝合金中的 Cu、Mg、Mn、Ni、Fe、Zn [J]. 理化检验 - 化学分册, 2002, 38(8):413.
- [14] Mustafa Tuzen, Mustafa Soylak. Column system using diaion HP-2MG for determination of some metal ions by flame atomic absorption spectrometry [J]. Analytica Chimica Acta, 2004, 504(2):325.

[编辑:魏兆军]

## 本技术相关链接:

1. 《电镀与环保》2004(3):33.

## 海洋环境防腐蚀新技术 及其产业化研究获得新突破

2004年12月,由中国科学院海洋研究所承担的青岛市科技发展项目“海洋环境防腐蚀新技术及其产业化研究”通过了青岛市科技局组织的专家验收。

专家验收委员会通过鉴定后认为:该项目根据海洋环境防腐蚀工作的现实需要,通过向 Zn-Al 二元合金中添加适量的镁、钛、稀土等元素进行合金化处理,开发了锌铝多元合金涂层防腐蚀新技术;开展了锌铝多元合金线材和合金涂层封闭用氯醚树脂防腐涂料的产业化研究,并取得了多项创新成果。

据悉,该项目一是开发了高、中、低等不同铝含量的锌铝多元合金涂层,并进行了涂层的耐蚀性能和力学性能评价,获得了合金的最佳配方;二是利用水平连铸法建立了锌铝多元合金线材的产业化生产模式,实现了中试规模的锌铝多元合金线材生产,完善了工艺流程,建立了技术和管理规范;三是研制成功了纳米 TiO<sub>2</sub> 改性氯醚树脂防腐涂料,并得出了金红石型纳米 TiO<sub>2</sub> 改性氯醚树脂防腐涂料的最佳配方;四是优选出具有产业化前景的耐腐蚀新涂层体系(热喷涂锌铝多元合金加金红石型纳米 TiO<sub>2</sub> 改性氯醚树脂防腐涂料封闭),进一步提高了热喷涂锌铝多元合金涂层的耐蚀性能和使用寿命。

(中科院海洋研究所)

## 中国专利 8

### 耐磨性涂层及其涂覆方法

公开号:1457375 公开日:2003-11-19

本发明提供了一种耐磨性涂层,它具有高的抗氧化性和耐久性,并且成本低。本发明介绍的耐磨性涂层是在形成燃气轮机叶片的基质材料的顶端形成的。顶端处耐磨性涂层的厚度为 300 μm。在顶端上,由 CBN 组成的硬颗粒 H 固定在粘合涂层中,该粘合涂层是通过加热、熔融和固化钎料和 M-Cr-Al-Y (M 表示金属元素,例如 Co 和 Ni) 的混合物而形成的。硬颗粒 H 是用 Ni 和 Co 涂覆的,用于提高相对于钎料的可湿性,并且一些硬颗粒从粘合涂层的表面部分突出出来,从而具备较好的耐磨损性能。

(金专)

## 中国专利 9

### 用超音速电弧喷涂设备喷涂 复合涂层的省煤器管

公开号:2575111 公开日:2003-09-24

本实用新型涉及一种用超音速电弧喷涂设备喷涂复合涂层的省煤器管,包括 20 碳钢管基体,其特征是钢管上有 0.05~0.15 mm NiAl 结合底涂层、0.10~0.30 mm NiCrFe-Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> 功能涂层和硅铝树脂封孔涂层。它用于电站锅炉的省煤器,具有优良的抗高温腐蚀性能和耐磨性能,大大延长了设备使用寿命。

(金专)