

纺杯镍磷人造金刚石复合化学镀研究

李建华⁽¹⁾ 刘 英⁽³⁾

张启峰⁽²⁾

(中原工学院机械工程系, 郑州, 450007)

(中原工学院计算中心)

摘 要: 在气流纺机的纺杯 Ni-P-人造金刚石复合化学镀中, 研究其预处理、镀液的成份及施镀工艺过程并讨论镀液的 pH 值、温度、装载量及热处理等工艺参数。

关键词: 纺杯 复合 化学镀 Ni-P-人造金刚石 硬度 研究

中图分类号: TS104.71

文献标识码: A

研究在铝及其合金表面通过化学工艺施镀 Ni-P 合金层, 同时在该 Ni-P 镀层上施镀均匀分布的人造金刚石微粒。这样在铝及其合金表面就形成了一层含有 Ni-P-人造金刚石的复合合金层, 从而提高了铝及其合金的物理和机械性能, 极大地提高了纺杯的使用寿命。

1 Ni-P-人造金刚石复合化学镀工艺研究

1.1 纺杯的镀前预处理

1.1.1 现行的镀前预处理工艺 由于复合化学镀是在化学镀的基础上发展起来的新技术, 因此, 复合化学镀的技术水平要受到化学镀镍磷技术的影响。

目前, 国内外较成熟的预处理工艺有如下两种:

1) 铝及铝合金制件→除油→浸蚀→第一次浸锌→硝酸退除→第二次浸锌→碱性化学镀镍→正常化学镀。

2) 铝及铝合金制件→有机溶剂除油→乳化剂除油→碱蚀→除渣漂白→第一次浸锌→退膜→第二次浸锌→化学预镀镍→正常化学镀。上述工艺的共同之处为均经过二次浸锌处理。铝和锌能牢固结合, 则铝和镍是否也能牢固结合, 这主要取决于两元素的电负性、晶体结构的类型和原子半径的大小。

1.1.2 电负性因素 两种金属的电极电位差越大, 它们之间的化学亲合力越强。铝、锌、镍的电极电位以及电位差见表 1。镍和铝的电位差为 -1.412, 远远大于锌和铝的电位差 -0.899, 说明铝和镍原子间的吸附力(化学亲合力)大于铝和锌原子间的化学亲合力, 从热力学观点分析, 两种金属的电极电位差越大, 反应的驱动力就越大, 而在铝表面浸镀锌后, 再镀镍时又形成锌—镍的界面。而锌与镍电位差更小, 锌与镍原子之间的亲合力比铝与锌的亲合力还小, 这就使得镀层面临两个结合面的结合力问题。

表 1 铝、镍、锌的电极电位、晶体结构类型

金属	电极电位	与铝的电位差	锌与镍的电位差	晶体结构
铝	-1.662			面心立方 f.c.c
锌	-0.7628	-0.899	-0.5128	密排六方 c.p.h
镍	-0.250	-1.412		面心立六 f.c.c

1.1.3 晶体结构类型 由金属学、金属物理学的理论可知, 两相的结合其结合力与两相的晶体结构类型有关, 铝的晶体结构为面心立方结构, 镍的晶体结

构与铝相同, 锌的晶体结构为密排六方, 而铝的表面由于空位、位错等缺陷的存在, 使表面处于高能状态, 当晶格类型相同的原子在空位处容易被吸附。

1.1.4 原子半径因素 目前还不能从理论物理的角度很精确地计算出原子的尺寸, 只能根据钢球模型和实验数据进行粗略的推算, 实际上任何元素的原子半径都不是不变的, 而是受外界条件、原子间结合力、结合键的模型以及配位数等多种因素的影响而变化。1) 配位数因素: 铝和镍的晶体结构相同, 都是面心立方结构, 其配位数均为 12, 锌的晶体结构为密排六方结构, 而两个晶格常数 a 和 c 轴比 $c/a = 1.8563$, 因此, 它的配位数为 6, 如果把铝原子半径作为 1.00 时, 锌原子半径的相对值应为 0.96, 比铝和镍的原子半径小。2) 原子半径与元素周期表的关系: 在每一周期中随着原子序数的增加, 由于电子壳层逐渐被电子填满, 原子半径逐渐减小, 镍和锌在同一周期, 锌的原子序数比镍大, 镍和锌的外壳电子数分别为 10 和 12, 所以, 锌的原子半径比镍小。原子半径小说明锌原子填充在铝表面的空位处或置换铝原子后, 使晶格发生较大的畸变, 结合面的能量高, 结合力小。而镍则相反。在锌和镍的结合面处, 同样发生这种情况。

1.1.5 镀前预处理工艺 经过无数次的试验研究, 终于实现了在铝及其合金表面直接沉积镍层的预处理工艺: 铝或铝合金制件→除油→活化(酸浸蚀)→酸性化学镀镍。该项工艺比现有的工艺节省了多道工序, 该工艺先进、简化, 并节省了材料和工时消耗。

1.2 人造金刚石微粉的镀前预处理

碱(NaOH)除油→水洗→10% 盐酸中和→水洗→80℃、50% HCl 浸泡→水洗到 pH 为 7 烘干→备用。

1.3 镀液的研制

镀液经 $L_9(3^4)$ 和 $L_{18}(6^1 \times 3^6)$ 多次试验研究和工程应用, 证明其对铝及其合金制件均获得很好的镀层。镀液成份如表 2(所选用试剂均为分析纯); 该镀液稳定性好, 一般来说, 还原剂是在使用时才加入到镀液中, 而该镀液在还原剂加入之后, 可以长期放置而不会发生自分散, 这就为工程实际应用带来

了方便。在镀液的研制和使用过程中,应掌握的有关工艺参数如下:

表2 酸性化学镀镍溶液的组成和工艺条件

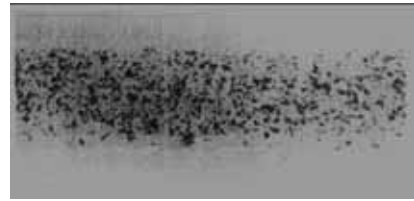
镀液成分(g/L)及工艺条件	CP-III
硫酸镍(NiSO ₄ ·6H ₂ O)	20
次亚磷酸钠(Na ₂ H ₂ PO ₂ ·H ₂ O)	20
乳酸(C ₃ H ₆ O ₃)80%(ml/L)	15
乙酸钠(NaC ₂ H ₃ O ₂)	10
添加剂 I(ml/L)	50
添加剂 II(ml/L)	50
pH值	5.0-5.4
温度(℃)	92
沉积速度(μm/h)	32
装载比(dm ² /L)	1

1.3.1 pH值 化学镀镍的成份按 pH 值可分为两大类, pH 值为 3.5~6 者为配性镀液, pH 值为 7~11 者为碱性镀液。由于碱性镀液的镀层中含磷较少,对提高镀层的硬度和耐磨性不利。因此,为了提高镀层的硬度和耐磨性,我们主要研究了酸性镀液。镀液的 pH 值对化学镀镍过程的影响很重要。当酸性化学镀镍的 pH 值增大时,能使镀层沉积速度加快,当 pH 值 < 3 时,沉积速度极慢,实际上反应已不进行。但为了提高沉积速度,过分提高 pH 值也是不适当的,因为会使镀液中亚磷酸镍的沉淀点降低,即镀液对亚磷酸镍的溶解度降低,产生亚磷酸镍的白色沉淀。溶液混浊,导致镀液自然分解,缩短镀液的使用寿命。同时当镀液混浊时,容易造成镀件向上部位镀层粗糙。当镀液的 pH 值 > 6 时,次亚磷酸钠氧化为亚磷酸,催化反应转化为自发反应,这时镀液会很快失效,因此,酸性化学镀镍溶液维持在一定 pH 值范围内是很重要的,一般控制在 4.0~5.0 较为合适。

1.3.2 镀液温度 温度对沉积速度影响很大,温度越高沉积速度越快。例如酸性镀液温度低于 60℃ (pH 为 4~5) 时反应极慢,甚至不发生沉积,而在 80℃ 以上时,沉积反应才能正常进行,自 80℃~90℃ 时,沉积速度上升 60% 左右,温度再升高 10℃,镍的沉积速度又可提高 30%~40%。但必须注意:温度大于 95℃ 时,将大大降低镀液的稳定性。而且会导致镀液严重的自然分解。因此镀液的温度一般控制在 85℃~92℃ 为宜。在施镀过程中,温度要严格控制,最好维持镀液的工作温度变化在 ±2℃ 内,因为沉积层中的磷含量会随温度的变化而变化。若施镀过程中温度波动过大,会发生片状镀层,镀层质量不好,并会影响结合力。

1.3.3 镀液装载量 镀液的装载量也叫负荷,若过高或过低,都会直接影响镀层的沉积速度和镀液的稳定性。装载过高,反应进行过于激烈时,镍颗粒可能从镀层上脱落到镀液中,形成自催化还原中心,加速溶液的自分解,另一方面要避免溶液空载时间过

长。一般化学镀镍装载量控制在 1dm²/L 较为合适。



附图 镀层的金相组织(400×)

1.4 施镀
施镀的基体材料为纺杯(硬铝)LY11,将表面活化后的工件立即放入镀液

中,同时,将一定量预处理后的人造金刚石微粒也放入镀液中,并使镀液保持在 85℃~92℃ 之间,在施镀过程中,要对镀液进行搅拌,以保证镀层中人造金刚石微粒均匀分布。

纺杯经过 Ni-P-人造金刚石复合化学镀后,纺杯表面沉积有 Ni-P-人造金刚石复合镀层。该镀层的金相组织如附图所示。

2 工件镀后的热处理

未经热处理的镀层为非晶态的无定型结构,在热处理过程中,镍磷镀层中原子扩散聚集与镍形成 Ni₃P 第二相析出,同时,镍原子通过扩散按照面心立方点阵结构排列转化成晶体。随着温度的不断升高, Ni₃P 相由共格到脱溶析出,以及析出量的不断增加,镍原子由非晶态向晶态固溶体的转化,硬度也随之上升。由于第二相 Ni₃P 刚刚析出时,造成晶格畸变产生强化作用,当第二相 Ni₃P 脱溶析出后呈弥散分布,产生弥散强化作用。尚有一些微晶区域的存在,引起畸变也可产生强化作用。因此,热处理后镀层硬度迅速增高,当温度升高到 400℃ 时,硬度达到最高值,温度继续上升,析出的 Ni₃P 相开始聚集粗化,导致硬度随之下降。热处理时间对镀层硬度的影响和温度的作用一样,所以,延长热处理时间,也可获得同样的硬度变化效果。

3 结论

对纺杯进行 Ni-P-人造金刚石复合化学镀后,镀层厚度均匀,镀层与基体具有很好的结合力。其复合镀层的 Ni-P-镀层硬度达 HV_{0.1}900~1000,由于在该镀层上均匀地分布有人造金刚石微粒,而人造金刚石微粒的显微硬度为 HV_{0.1}8000,这就使镀层的平均硬度达到 HV_{0.1}1982。从而极大地提高了纺杯的硬度和耐磨性,延长了使用寿命。

参考文献

- 1 黄高山.酸性化学镀镍—磷工艺研究.电镀与涂饰,2001(2):19.
- 2 阳范文.Ni-P-SiC 化学复合镀研究.桂林学院学报,1998(2):9~11.
- 3 董丽珠.化学镀 Ni-P 合金新技术在工业和烟草机械中的应用.云南冶金,1999(3):23.
- 4 张文忠.化学镀镍磷合金研究进展.宇航材料工艺,1998(6):12.
- 5 黄新民.化学复合镀工艺研究.表面技术,1996(4):24~27.