

# 钨铜材料电镀镍层常见缺陷分析及解决路径

舒刚 肖摇

(中国振华集团永光电子有限公司(国营第八七三厂) 贵州贵阳 550000)

**摘要:** 钨铜复合材料在表面电镀镍层后,常出现孔洞、油污、鼓泡以及腐蚀等缺陷,严重影响钨铜复合材料的质量。本文对钨铜材料的常见缺陷进行试验分析,通过对缺陷形貌的观测和对缺陷元素组成的分析,得出了造成上述缺陷的主要原因,同时提出了解决钨铜材料缺陷的措施。

**关键词:** 钨铜复合材料; 缺陷分析; 解决路径

钨铜复合材料的性能优异,具有熔点高、硬度高以及良好的导电性能、导热性能,可广泛应用于航空航天、电子工业等领域。

在钨铜复合材料的表面进行镀镍的主要目的可以从以下两个方面进行分析。一是能够有效提升材料的焊接性能,钨铜复合材料作为基材,在应用于电子封装领域时常需要与其他材料焊接,但钨铜复合材料自身的焊接性能较差,在表面镀镍则有助于改善其焊接性能。二是有助于避免钨铜复合材料的腐蚀、氧化等问题,由于铜在高温条件下容易被氧化,钨在高温条件下也容易与水蒸气发生反应,使得钨铜复合材料在高温条件下的耐腐蚀能力与抗氧化能力都较差,而镍的高温抗氧化、抗腐蚀能力较好,故需要在高温条件下使用的钨铜复合材料必须进行表面镀镍。

但钨铜复合材料的制备一般采用粉末冶金法,使材料基体中存在孔洞,同时钨铜复合材料在电镀前需进行系列的前处理过程,使其电镀难度较高。因此,在钨铜复合材料表面电镀镍的过程中,较容易导致电镀成品存在表面缺陷,不利于钨铜复合材料的应用,故本文中主要针对钨铜复合材料电镀镍层的缺陷及其解决措施进行分析。

## 一、试验分析

本次试验中为实现对钨铜复合材料电镀镍层缺陷的分析,对选定的样品进行缺陷观测,并对样品缺陷形貌以及缺陷成分进行测定,同时在试验过程中利用塑料膜隔离样品,防止样品的污染。在完成对样品缺陷的初步观测与成分测定后,根据样品存在的缺陷类型进行对应处理,从而明确不同缺陷下的基体材料状态。具体处理方案如下:

(1) 孔洞缺陷样品。对于电镀镍层中存在孔洞缺陷的样品,首先应通过显微镜、扫描电镜对缺陷形貌进行全面观测,并采用线切割的方法将样品沿孔洞方向切开,再通过扫描电镜对样品的横截面进行观测,从而确定孔洞缺陷位置的基体微观形貌。

(2) 油污缺陷样品。在处理电镀镍层中存在油污缺陷的样品时,

对样品进行显微镜观测、扫描电镜观测后,应采用退镀方法完全除去样品表面的电镀镍层,并对油污情况以及基体状态进行观察。

(3) 鼓泡缺陷样品。在对电镀镍层存在鼓泡缺陷的样品进行显微镜、扫描电镜观测后,应将样品表面的鼓泡划开,并进一步研究鼓泡缺陷处的基体状态。

## 二、试验结果与讨论

### (一) 孔洞缺陷

孔洞缺陷是钨铜复合材料电镀镍层常出现的缺陷问题之一,通常表现为电镀镍层中具有一定的深度与大小,且呈黑色的缺陷。钨铜复合材料基本通过粉末冶金法进行制备,导致材料基体的致密性较差,使得基体内部存在孔洞问题。在观测钨铜复合材料电镀镍层的孔洞缺陷形貌特征时,则可明确发现其孔洞类型包括圆形孔洞、方形孔洞以及不规则孔洞,故在分析孔洞缺陷的过程中,可主要选取上述三种孔洞样品进行横截面形貌观测以及横截面能谱分析。

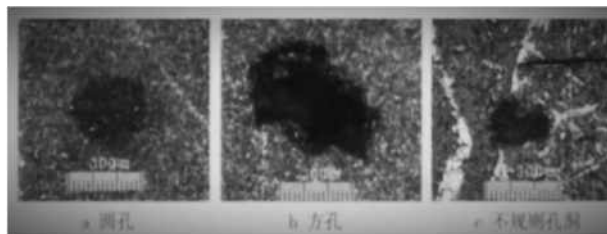


图1 孔洞横截面形貌图

根据图1可知,本次研究所选用的样品基体中具有大小为200微米的圆形孔洞,造成电镀层无法完全覆盖钨铜材料的基体表面,形成孔洞缺陷。在对圆形孔洞进行能谱分析的过程中,则可明确发现圆形孔洞中含有一定量的铜,同时孔洞的内壁较为光滑,且粉末的连接较为紧密,故可从以下两个方面对导致圆形孔洞出现的原因进行分析:①在钨铜材料制备中加入成形剂后,没有进行均匀搅拌,使孔洞缺陷部位聚集了大量的成形剂,当成形剂在高温下挥发后则造成钨铜复合材料存在孔洞。②该区域内的粉末与其他区域的连接不够致密,使得钨铜复合材料在后续加工过程中出现孔洞问题。因

此,在制备钨铜复合材料时,可适当提升成形剂的搅拌时间,使成形剂的分布更为均匀,避免出现圆形孔洞缺陷。

根据图 1 中方形孔洞的形貌特征进行分析可知,该方形孔洞具有一定的棱角,且孔洞内壁较为粗糙,孔洞处的组织不够致密。而通过对方形孔洞的能谱分析可知,孔洞中的碳含量较高。因此,该方形孔洞的成因可能是钨铜复合材料制备过程中,其粉末内存在一定的大颗粒杂质,杂质在高温煅烧条件下分解,生成碳单质并形成孔洞。为避免钨铜复合材料电镀镍层存在方形孔洞,需进一步提升钨铜复合材料制备过程中的粉末纯度,如可以利用多级网筛进行筛除,并确保工作环境的洁净,避免钨铜复合材料电镀镍层的工作环境中存在灰尘等,都能够有效避免方形孔洞缺陷的产生。

在针对钨铜复合材料电镀镍层不规则孔洞缺陷进行分析时,没有在样品基体中发现孔洞,即该孔洞缺陷是在电镀过程中形成的。而对不规则孔洞开展能谱分析时,则可明确发现孔洞的主要成分为三氧化二铝。由于三氧化二铝不具有导电性,无法在相应位置形成电镀镍层,故造成钨铜复合材料的电镀镍层存在缺陷。由于造成该类缺陷的主要原因为三氧化二铝的富集,故应避免钨铜复合材料表面富集大量的三氧化二铝,以保障电镀镍层的质量,避免钨铜复合材料电镀镍层出现不规则缺陷。

#### (二) 油污缺陷

油污缺陷是钨铜复合材料电镀镍层的常见缺陷之一,油污缺陷通常会在电镀镍层表面形成较大面积的黑色区域。在对油污缺陷的形成原因进行分析时,主要采用能谱分析法判定油污缺陷位置的基体成分。根据能谱分析结果可知,油污缺陷处基体的元素组成较为复杂,但与钨铜复合材料电镀过程中使用的溶液的元素组成基本一致。因此可推测钨铜复合材料基体中存在微小的针孔缺陷,当电镀镍层较厚时,可完全覆盖针孔缺陷,使其表面不会出现明显的孔洞缺陷。但由于针孔缺陷处封存有一定量的电镀液,在长期使用的过程中或受到高温条件的影响,材料内部的电镀液会逐渐渗出,并导致电镀镍层的油污缺陷问题。因此,若要解决钨铜复合材料电镀镍层的油污缺陷,则应注重提升钨铜复合材料基体的致密度,避免产生针孔缺陷,同时可在电镀前对基体的形貌进行观测,也能有效提升电镀镍层的整体质量。

#### (三) 鼓泡缺陷

鼓泡缺陷一般表现为钨铜复合材料电镀镍层表面鼓起的气泡,鼓泡缺陷的直径一般为 1mm 左右,形状多为半球形,在材料的转折处以及侧边位置较为容易出现鼓泡缺陷。本文在对钨铜复合材料电镀镍层的鼓泡缺陷进行分析时,首先将气泡划破,并通过扫描电镜等对其内部的形貌特征进行观测,并利用能谱分析法确定缺陷位置的基体组成及其状态。根据扫描电镜的拍摄结果可知,在鼓泡缺

陷位置的基体表面存在均匀分布的黑点。而对黑点进行能谱分析则能够明确发现黑点处主要包括氧元素与铝元素,且氧原子与铝原子的个数比接近 3 比 2,即黑点处的成分与三氧化二铝类似。通过对黑点处主要成分的进一步观测,可发现其主要成分呈现多角棱形,也与三氧化二铝一致。因此,可基本确定钨铜复合材料电镀镍层表面的鼓泡缺陷主要成分为三氧化二铝。在对样品进行表面精磨的过程中,本次试验中主要选用三氧化二铝作为碾磨料,三氧化二铝的硬度高于铜的硬度,使得精磨过程中三氧化二铝粉末容易嵌入铜相,造成钨铜复合材料的铜相区域内富集大量的三氧化二铝微粒,并进一步影响了钨铜材料基体的结合力,使得钨铜复合材料电镀镍层表面出现鼓泡缺陷。因此,若要解决鼓泡缺陷,则可从样品的精磨过程入手,如选用硬度较低的材料作为碾磨料,减少碾磨料对钨铜复合材料的影响等。

#### (四) 腐蚀缺陷

通过对样品腐蚀缺陷的分析,可发现腐蚀缺陷区域的粗糙度相对较大,且色泽明显暗于其他区域。在用蒸馏水清洗钨铜复合材料电镀镍层的腐蚀缺陷时,腐蚀区域中会留下较为明显的水痕,且大部分的腐蚀缺陷能够通过化学手段消除,不会对钨铜复合材料电镀镍层造成严重影响。造成腐蚀缺陷的原因有多种,如钨铜复合材料的电镀工艺存在缺陷、电镀过程中使用的电镀液存在杂质、电镀液没有完全清洗等,都可能造成电镀镍层出现腐蚀缺陷。因此,在解决钨铜复合材料电镀镍层腐蚀缺陷时,可综合考虑电镀工艺、电镀液的选择,并重视电镀后的产品清洗过程,从而有效避免腐蚀缺陷的产生。

#### 总结

钨铜复合材料的电镀镍层缺陷会直接影响材料的使用性能,是制约钨铜复合材料产品生产规模扩大的主要因素。在对导致钨铜复合材料电镀镍层缺陷的成因进行分析的过程中,可发现造成缺陷的主要原因为钨铜复合材料的结构不致密以及电镀工艺不完善。故为进一步提升钨铜复合材料电镀镍层的质量,则应改善钨铜复合材料的制备工艺,使得基体的表面状态得到发展,避免基体中存在孔洞等缺陷,同时优化电镀工艺,使电镀工艺更符合钨铜材料的特点。

#### 参考文献:

- [1]刘天昕.镍-钨-铜复合材料的制备及其性能研究[D].太原科技大学, 2023.
- [2]吕冬冬,鲍瑞,郭圣达,等.钨铜合金制备与应用研究[J].中国钨业, 2021, 36(05).
- [3]宋鹏飞.选区激光烧结 W-Cu 复合材料的粉末吸收率与组织分布规律[D].南京理工大学, 2020.