

51-54

金刚石镀覆电镀生产技术的研究

TR 164.8

段晓昆

董安怀

(冶金工业部钢铁研究总院·北京·100081)

(有色总公司技术经济研究院·北京·100035)

根据对金刚石镀覆电镀生产技术的研究,将金刚石镀覆电镀生产工艺及生产工序中容易出现的问题,进行了理论探讨和论述。

关键词 金刚石, 镀覆电镀, 生产工艺, 生产工序



随着金刚石工业的发展,金刚石表面镀覆技术也不断向其广度和深度发展。生产实践表明,金刚石表面的金属镀覆可以较显著的提高金刚石与结合剂的结合力,减少金刚石磨粒的过早脱落,增加金刚石磨粒的有效利用率,在高温烧结和高温磨削时,镀层可以对金刚石起保护作用,使金刚石不容易发生氧化、石墨化、溶剂化或生成碳化物等;并且可以提高金刚石磨粒的颗粒强度,减少其脆性作用。目前,金刚石表面镀覆技术不仅作为改善其金刚石制品使用性能的一种有效手段,而且作为获得新型复合材料的一种新技术,已引起人们的注意。

1 金刚石镀覆电镀生产技术

金刚石经过化学镀后,表面上附着一层金属导电薄膜(一般为0.05~0.2微米厚),但这层镀层并不能满足制品的需要。为此化学镀后的金刚石一般还需要经过电镀加厚镀层,方能使用。

金刚石电镀镀覆目前国内一般采用滚镀及间歇搅拌电镀。本文仅讨论金刚石滚镀。

金刚石在滚镀时,是将金刚石放在滚镀装置的玻璃滚镀瓶中(见图1),镀瓶与水平

面呈一定的倾角,阴极与阳极从瓶口置于镀液中,阳极在瓶中悬空,而阴极则必须与金刚石相接触。当镀瓶旋转时,阴、阳极不动,金刚石被带动而进行适当翻滚。

1.1 金刚石滚镀电流

众所周知,电镀电流的选择在电镀生产中是至关重要的工艺参数之一,对于金刚石滚镀而言亦是如此,一般金刚石滚镀时采用的电流密度要低于常规电镀的电流密度,其原因主要有几点:①在开始电镀时,由于化学镀后的金刚石表面镀膜层极薄,且含磷量较高,金刚石相互间的接触电阻大,导电性能差,起始时电流密度必须保持在很低的范围内,否则会因电流值过大而烧焦镀层及阴极表面。当电镀一定时间后,金刚石表面的金属镀层加厚,导电性能增加,金刚石间的传导性能加强,方可适当提高其电流值而进入正常的滚镀电镀阶段;②电镀电流值的选择与受镀面积有很大关系,金刚石在滚镀时,大部分电流都消耗在最外层金刚石表面上,而内部金刚石则由于受外部金刚石的遮挡、屏蔽等原因只有极少部分能沉积在金属镀层,即只有消耗在最外层表面上的电流才能和一般镀槽中的电镀电流相比拟,因此必须采用相对较低的电流值,否则会因实际受镀面积较小而造成氢的急剧析出,使该处的pH值迅速

上升,生成金属氢氧化物或碱式盐夹附在镀层内,形成空洞、麻点、疏松和发黑等许多不良现象;③滚镀时金刚石在镀瓶中的翻滚情况也在一定程度上决定着采用多大的电流才能够安全使用而不会“烧焦”金刚石的镀层和产生结团现象。

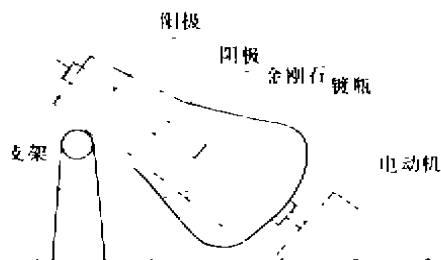


图1 金刚石滚镀示意图

实践表明电流值的选择也不应过低,根据法拉第定律:

$$M = KQ = KIt$$

式中: M ——电极上析出物质的重量(g); I ——电流强度(A); t ——通电时间(h); Q ——电量(A·h); K ——比例常数。

可知,电镀时电极上所析出的物质的量与通过的电量成正比,即与所通过的电流强度和电镀时间的乘积成正比。因此,当镀一定重量的金属镀层时,如果电流值过低、必定要

耗费较长时间,导致工作效率太低,不能满足生产要求。同时电流强度太低,其镀层质量也会受到一定影响。

1.2 金刚石的滚镀转速

滚镀时金刚石在镀瓶中随着镀瓶的转动而翻转,金刚石的翻转状况随着镀瓶的运转速度可能出现以下几种情况。

(1)当镀瓶转速很慢时,金刚石在镀瓶中仅是滑动(见图2a),金刚石在瓶中的上下位置变化不大。这种情况下,电镀时表层金刚石对内部金刚石电镀电流有着屏蔽及阻挡作用,电流穿透效果差,使大部分电流都消耗在表层金刚石上,造成仅是表层或近表层的金刚石被镀覆,而内部金刚石则由于电流密度很低几乎没有被镀覆,致使金刚石镀覆产生严重的不均匀性,甚至出现结块现象,使镀覆失败。

(2)当镀瓶转速合适时(见图2b),金刚石在镀瓶中沿瓶体上升至自然坡度角后滚下泻落,翻转至底层,下面的金刚石露出表面后接着又是滚动泻落,金刚石在镀瓶中呈翻滚状态,使金刚石表面的金属镀层得以均匀镀覆,从而获得合格产品。

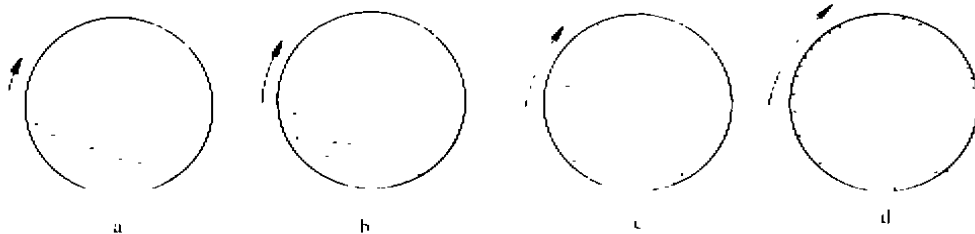


图2 滚镀时金刚石随转速不同的4种状态

(3)当镀瓶转速较高时,金刚石在离心力的作用下,随着镀瓶上升至比第二种情况更高的高度,然后在重力的作用下抛落下来(见图2c)。从图中可以看出当金刚石抛落时,在短时间内会离开金刚石粒度群体,即离开与金刚石粒度群体相连的阴极,呈断电状态。根据电镀原理可知,此时抛起的金刚石在镀液

中处于正负极的电场中,而出现双性电极现象,即对于单颗金刚石来说,它面向阴极的一面由于它的电位高于阴极而出现溶解现象,而朝阳极的一面,则由于它的电位相对较低而产生沉积现象。特别是在电镀初期,金刚石表面上的化学镀层很薄,极易导致镀层在溶解后露出不导电的金刚石表面,使金刚石出

现局部漏镀,严重时将会使整个金刚石无镀层,因此金刚石滚镀中,应尽力避免采用这种转速。

(4)当镀瓶转速更高时(图 2d),即当离心力超过金刚石的重力时,紧靠瓶壁的金金刚石将不脱离瓶壁而与瓶体一起回转。此时的金刚石由于已离阴极而不能被镀覆。所以这种转速显然也是不允许出现的。

1.3 金刚石的投料量

金刚石滚镀时,每次金刚石投料量的多少,对金刚石的滚镀质量也具有较大影响。

综上所述,合适的金刚石滚镀转速是金刚石在镀瓶中呈滚动状态时的转速。但是金刚石在镀瓶中是作滑动还是滚动运动,不仅取决于镀瓶的转速,在一定程度上还与装料量有关,当镀瓶转动时,金刚石群体表面发生倾斜(见图 3),其倾斜角为 β 。实践表明,金刚石滚镀时,在转速和装料量一定的情况下,图中的 β 角也一定。假定 β 角不太大,转速也不太快的情况下, β 角则取决于两个力矩的大小,即带动金刚石往上转的摩擦力矩 M_1 和阻止金刚石随瓶壁上升的重力矩 M_2 。

$$M_1 = \mu \cdot G_2 \cdot R_2 = \mu \cdot R \cdot G \cdot \cos \beta$$

$$M_2 = G_1 \cdot l$$

式中: μ ——摩擦系数,摩擦力=摩擦系数 $\times G_2$; R ——瓶体半径; $l=OA$,又可用镀瓶半径和 α 角来表示(见图 4),则 $l=R \cdot \cos \alpha$ 。

$$M_2 = G_1 \cdot l = G \cdot \sin \beta \cdot R \cdot \cos \alpha$$

当倾斜面积稳定,即 β 角不变时,则表示 M_1 和 M_2 两力矩平衡,故有:

$$\mu \cdot R \cdot G \cdot \cos \beta = G \cdot R \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta$$

化简得:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\mu}{\cos \alpha}$$

可见在一定转速下,金刚石磨粒群体倾角 β 只取决于摩擦系数与 α 角,而 α 角又取决于金刚石的装入量。金刚石的装入量大,则 α 角也大,所以由公式可得出 β 角是随金刚

石的装入量的增加而增大的。

当 $\beta <$ 自然坡度角时,金刚石在镀瓶内滑动; $\beta >$ 自然坡度角时,金刚石在镀瓶内呈滚动,所以自然坡度角亦可称为 $\beta_{\text{临界}}$ 。由上式可得:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\mu}{\cos \alpha} < \operatorname{tg} \beta_{\text{临界}} \text{ 时, 金刚石作滑动。}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\mu}{\cos \alpha} > \operatorname{tg} \beta_{\text{临界}} \text{ 时, 金刚石作滚动。}$$

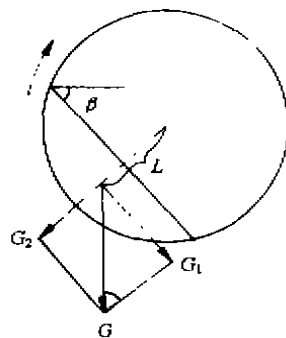


图 3 金刚石体倾斜时重力及分力的方向

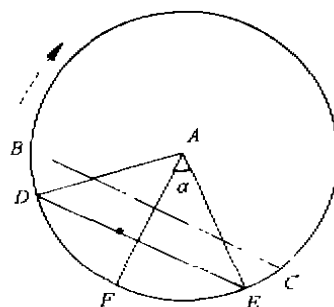


图 4 α 角与装金刚石量的关系

转速一定时,自然坡度角 β 主要取决于装料量。如果装料量过少,金刚石在倾斜面上主要是滑动,金刚石几乎没有翻转,镀出的金刚石镀层均匀性差。另外如果金刚石量过少,金刚石不能将阴极覆盖,大部分电流就会集中在阴极上,造成阴极增长过快。再加上金刚石的运动速度较低的话,则极易将金刚石镀在阴极上,结成很大的块,镀覆失效。但是,如果装料量太多亦会出现不利因素:①在要求的增重量一定的情况下,根据库仑定律可知,金刚石的投料量大时,势必要增加电镀时的

安培·小时量,即增加电镀电流的大小或延长电镀时间;②由于镀瓶的容积不大,阴阳极距离较近,当装料量过多时容易发生短路现象,使电镀无法进行;③当金刚石量大时,受镀面积增加,则阳极相对较小,在大的电流密度下易造成阳极钝化;④滚镀时,镀瓶的容积小,镀瓶中的镀液量相对来说较少。电镀时高的安培·小时,会导致镀液成分有较大的变化,从而影响电镀金刚石镀层的质量。

为了避免上述现象发生,经过多次试验,我们在电镀液中加入了一种物质,使金刚石在镀瓶中能够正常翻转滚动,促进了金刚石镀层的均匀性,可避免因投料量多而增大电镀电流或延长电镀时间所产生的弊病。同时又可以冲击开电镀时连接在一起的金刚石,大大减少了金刚石电镀时所生产的连聚晶,这种新技术的实施,显著地提高了电镀金刚石的产品质量及产品合格率。

1.4 金刚石粒度的影响

根据生产实践可知,金刚石滚镀时,金刚石粒度越细,镀后产生连聚晶及漏镀的现象越严重。主要是由于:当金刚石颗粒较细时,在镀液中容易产生漂浮的现象,而漂浮的金刚石根据斯托克斯公式可知,金刚石的沉降速度为:

$$V = \frac{g}{18\mu}(\rho - \rho')D^2$$

式中: g ——重力加速度; μ ——介质溶液的粘度; ρ ——固体的比重; ρ' ——液体的比重; D ——沉降颗粒的直径。

即金刚石颗粒愈小,在镀液中沉降的速度越慢,亦即金刚石在镀液中产生的双性电

极的现象越严重,因而导致最终漏镀或无镀层的金刚石数量愈多。

为减少漂浮,一般要降低镀瓶的转速,但是转速降低了往往会增加金刚石的结团及产生连聚晶的倾向。

为此,在生产中除应根据金刚石粒度大小调整上述新物质的加入量及适当减慢镀瓶转速外,还应采用分阶段调整转速的办法,可取得较好的效果。即根据上述斯托克斯公式可知,金刚石在镀液中的沉降速度与金刚石和镀液的比重差有关系,当二者的比重差增大时,沉降速度增加。因此,随着金刚石镀层的加厚,金刚石比重增加,减少了金刚石漂浮的倾向。此时若适当提高镀瓶转速,改善金刚石的翻转状况,即可以明显减少金刚石的结团及连聚晶。

2 结语

1. 金刚石滚镀时采用的电流密度要低于常规电镀时的电流密度,并且应采用分阶段给定电镀电流的生产工艺。

2. 金刚石滚镀镀瓶的转速,对电镀金刚石产品质量有显著的影响。在滚镀时,金刚石随着镀瓶的转动上升至自然坡度角后滚动泻落时的转速为合适转速。

3. 在电镀液中加入某种新物质的新技术,可以有效地提高镀层的均匀性,减少电镀过程中生产的连聚晶,显著地提高了金刚石镀覆产品的质量及合格率。

4. 细粒度金刚石滚镀,可根据金刚石粒度大小调整新物质的加入量及镀瓶转速,并且应分阶段调整其镀瓶转速。

Study on Manufacturing Technology of Covering—Plating of Diamond

Duan Xiaokun, Dong Anhui

On the basis of studying the manufacturing technology of covering plating of diamond, the authors give a theoretical discussion on some problems which are apt to arise in manufacturing procedure of covering-plating of diamond.

Key Words: diamond, covering-plating, manufacturing technology, manufacturing procedure