

电镀磨料法制造超硬磨料工具的常用方法

电镀磨料法是制造超硬磨料工具的常用方法，电镀质量直接影响到电镀超硬磨料工具的寿命和使用性能，而电镀工艺是影响电镀质量的主要因素。文中首先对原有的电镀基础工艺中镀前处理及镀底镍工序进行了改进，提出了镀前处理中增加去毛刺、电化学除油、阳极处理等过程及镀底镍工序中带电入槽和冲击电流的一套新的电镀工艺，并进行了实验研究，结果表明：新的工艺增强了镀层的结合力，提高了电镀质量；其次实验研究了电镀液配方及电流密度、镀液温度、pH 值等工艺参数对电镀质量的影响，并得到了优化结果。

关键词：电镀工艺；超硬磨料；电镀液；正交试验
1 引言

电镀磨料法是 1960 年代发展起来的一种新的制造超硬磨料工具的方法。对于超硬磨料来说，比如金刚石，由于其不可电镀性，使得电镀工艺的实质是“电铸”，其过程是电镀液金属离子在阴极获得电子而沉积在基体上，而后不断沉积生长，于是落在基体上面的金刚石磨粒被沉积的粘结金属埋铸起来，形成工具。在电镀磨料法中电镀金属结合剂单层超硬磨料砂轮应用日益广泛，不仅用其磨削工件表面(特别是成形回转表面)，而且用来修整普通砂轮(此时称滚轮)。电镀质量直接决定了电镀超硬磨料工具的使用性能和使用寿命，金刚石磨粒与基体之间没有结合力作用，而仅靠基体与粘结金属之间的作用。因此，解决电镀质量的工艺问题，实质上就是解决金属电镀工艺问题。使用传统的工艺，在电镀过程中经常会出现镀层不均匀、结合强度弱等问题，为此，国内外学者仍在进行电镀工艺的研究工作。

2 电镀工艺分析及其改进

2.1 电镀基本工艺分析

电镀金属是利用电解的方法使金属合金沉积在工件表面上，以形成均匀、致密、结合力良好的金属的过程。电镀必须具备外加直流电源，以及由特定的电镀液和特定的金属阳极组成的电镀装置。

以纯镍作为金属阳极，镍盐为电镀液，则电镀粘结金属的电极反应如下：

- (1) 阳极反应：金属镍失去电子，变成二价镍离子进入镀液，保证了镀液中镍离子的正常补充；
- (2) 阴极反应：镍离子从镍盐电镀液中沉积到电镀基体的工作面上。

电镀液主要由主盐、导电液、缓冲剂、氯化物和添加剂等五大组成部分。任何一个完整的电镀工艺过程一般都包括三个阶段：镀前处理、电镀、镀后处理。采用电镀法制作单镀层磨料磨具，工艺路线是：基体镀前处理→镀底镍→上砂(固砂)→镀装饰镍(加厚)。

在整个电镀过程中，影响电镀质量的因素有：(1) 粘结金属与基体间的结合力；(2) 电镀基体的工作面上，镀层的厚度不均匀和没有细致的结构；(3) 镀层没能达到规定的厚度，并且具有一定量的孔隙；

影响因素中的第一个因素就是和镀前处理有关，而镀前处理是最主要的影响因素。日本电镀界人士统计过，电镀层结合不好，有 90%以上是由于镀前处理不良所致。镀前处理不良严重影响了电镀件的使用寿命。由于镀前处理的每道工序都会直接影响镀层质量。因此，镀前处理的每道工序必须严格进行。只有这样，才能获得均匀性，表面完整性好和结合力强的镀层，从而提高电镀砂轮的使用寿命和加工精度。

在镀前处理方面，国外目前有专门的酸、碱处理添加剂。大部分的除油、酸洗都采用多次电解处理。另外采用 40℃~46℃的低温除油，而我国大多在 60℃~90℃除油，对常温和低温除油曾引起重视，但未获得全面推广应用。对镀前产品采用机械研磨和机械清洗来提高产品质量，在我国还未受重视。

2.2 电镀基础工艺的改进

为了提高镀层质量，通过对国内外的电镀行业情况的分析和比较，对镀前处理工艺流程进行改进，在原电镀工艺基础之上增加去毛刺、电化学除油、阳极处理等工序，各工序的作用如表 1 所示。

原镀前处理工艺过程：清洗→化学除油→酸洗；新镀前处理工艺过程：去毛刺→清洗→化学除油→电化学除油→酸洗→阳极处理。

在此采用的镀前处理工艺，如采用机械去毛刺、锉磨需镀部位的方法，改变镀前基体需镀部位的表面状况；进行电化学除油和阳极处理，大大地改交了基体表面的状态，提高了镀液的分散能力和覆盖能力。对比实验表明新的工艺提高了镀层的均匀性、表面完整性，增强了镀层的结合力，可以保证镀层质量。检测镀层结合力对比试验结果如图 1 所示。

为了保证镀层与基体结合良好，除了认真完成镀前处理的各道工序以外，对于镀底层的工序也应予以重视。基体表面净化和活化之后，为了避免在电镀开始前重新生成氧化膜，要尽可能迅速地入槽电镀，并且最好要采取带电入槽措施。所谓带电入槽，就是将预处理后的基体接电镀电源的负极，镀槽中的镍阳极接电

源正极，在接通电源的情况下，将阴极迅速移入槽中开始电镀。带电入槽可以避免出现双性电极现象，这一现象会导致镀件上靠近阴极一侧的表面在通电前发生阳极反应而生成氧化膜。

对于高碳钢合金钢等材料制成的基体，以及形状复杂、有凹腔和表面粗糙的基体，在电镀开始时需要使用冲击电流，即在刚开始电镀时，对镀件施加比正常情况下高 2~3 倍的电流密度，使镀件表面迅速沉积上一薄层微细镀层而后迅速恢复到正常的电流密度。这样可使零件表面的镀层分布均匀和结合牢固。

3 电镀液配方及工艺参数优化

3.1 电镀液配方的优化

镀液选用镍盐为主的溶液，其成分为硫酸镍、硫酸钴、氯化钠、硼酸、糖精、丁炔二醇、十二烷基硫酸钠。1.4 为研究镀液成分对电镀质量的影响，采用 L9(34) 正交表设计实验，各因素的水平取值如表 2 所示，以镀层的结合强度作为评价指标，对镀液中的主要成份硫酸镍、硫酸钴、硼酸，进行工艺参数优化。

正交实验安排及结果如表 3 所示，通过对实验结果的直观分析可知，当电镀液成分中硫酸镍、硫酸钴、硼酸含量分别为：240G/L、8G/L、40G/L 时，可以获得较大的镀层强度。综合考虑，优化电镀液配方为：硫酸镍 240G/L、硫酸钴 8G/L、硼酸 40G/L、氯化钠 15G/L、糖精 1G/L、丁炔二 1.4 醇 0.8G/L、十二烷基硫酸钠 0.8G/L。

通过进一步实验证明，该组配方可以获得理想的镀层结合强度。

3.2 工艺参数的优化

在镀液配方优选后，影响结合剂与基体结合强度的主要工艺参数是：电流密度、镀液温度和 pH 值。按三因素三水平进行正交设计，各因素的水平取值如表 4 所示，同样以镀层的结合强度作为评价指标，进行工艺参数优化。实验结果及分析如表 5 所示。

由表 5 可看出，对镀层结合强度影响最大的因素是电流密度，这个因素的极差最大，为 7.334，其次为镀液温度，最后为镀液的 pH 值。在实验中获得最大镀层结合强度的工艺条件为：电流密度=0.10kA/m²、镀液温度=70℃、pH 值=4.0。根据表 5 中各因素同一水平实验结果的均值，以各因素的三个水平值为横坐标，每个水平值对应的实验结果的均值为纵坐标，做出直观图如图 2 所示。

由图 2 可见，电流密度=0.1kA/m²，镀液温度=70℃，pH 值=4.0 均为比较理想的水平，此时镀层的结合强度最大，以上面所分析的结论是一致的。

4 结论

本文通过对原有电镀基础工艺的改进，增加了去毛刺、电化学除油、阳极处理等工序，试验表明该工艺增强了镀层的结合力，提高了电镀质量。

通过对电镀液配方及工艺参数进行试验研究得知，电镀液成分中硫酸镍、硫酸钴、硼酸的含量对电镀质量都有影响，可以获得最大的镀层结合强度的主要电镀液配方为：硫酸镍 240G/L、硫酸钴 8G/L、硼酸 40G/L。而影响镍镀层与基体结合强度的工艺参数(电流密度、镀液温度、pH 值)中，电流密度的影响明显，并且影响变化趋势曲线呈极值性变化，当电流密度为 0.1kA/m² 时镀层与基体结合强度获得最大值，电镀液温度与镀液 pH 值的影响均呈单调性变化，可以获得较大的镀层结合强度的电镀工艺参数为：电流密度 0.1kA/m²、镀液温度 70℃、pH 值 4.0。