

## 金—碳化物复合材料

金的化学稳定性极好，导电率高，接触电阻低，所以在电子工业中金以电沉积的形式被广泛地用作接触表面。但对于绝大部份滑动接触的使用场合，纯金太软，并且同所接触的零件有冷焊粘接倾向，使镀层撕裂，不能满足使用要求。众所周知，通过合金化（如添加0.1~0.5%的Ni或Co）可以提高硬度以获得更好的耐磨性。不过这些非贵金属元素的添加，虽然提高了硬度、耐磨等性能，但对沉积物的抗腐蚀性、接触电阻及导电率却带来有害的影响。

为了改善金沉积物的滑动抗磨损等力学性能，又使其保持良好的抗腐蚀性和电气特性，近年来国外在开展金-碳化物或氧化物复合材料的方面已取得一些进展。如Samtner研制的金-氧化铝共沉积复合材料明显地改善了金的抗蠕变性。Gimpl和Fuschillo通过化学沉积的方法将金沉积到氧化物粒子上然后热压烧结复合粉末制成了金-氧化铝或氧化钽复合材料。Poniatowski和Classng用类似的方法以氧化钛作弥散相制备合金并进行了研究，其目的是要使其改进超过金-氧化铝和金-氧化钽复合材料。据报道，这种复合材料在环境温度下硬度改进不大，可能妨碍在滑动磨损方面的应用。C. Larson通过金-碳化物的共同电沉积制成的金-碳化物复合材料获得好的效果。难熔而且坚硬的碳化物粒子均匀地分散在纯金基体内，既提高了硬度、强度、抗磨损性（抗磨损性为纯金的6倍），而且据报道还改善了舌簧接点和特殊继电器所要求的熔焊性和金属转移特性。因为碳化物粒子在化学性能上是惰性的，所以复合材料的抗腐蚀性和电接触特性都接近纯金的性能。

关于金-碳化物复合材料的制备及性能简介如下。

C. Larson将平均直径1微米的碳化钛或碳化钨粉的球磨粘浆加到金的电解质溶液中，在选定的电流密度和镀槽温度下进行电镀可获得金-碳化物复合材料。电镀过程中必须充分搅拌以便获得均匀的弥散粉末。

两种典型的电镀工艺：

1. 金的酸性络合氰化物，pH9.5，电流密度0.5~1.0安培/平方分米，温度60°C，金浓度10克/升。
2. 金的碱性络合硫酸盐，pH9.5，电流密度0.3~0.60安培/平方分米，温度60°C，金的浓度10克/升。

复合镀层内的碳化物含量可用化学分析方法进行分析。复合镀层的显微硬度，用Vickers仪器，采用10克载荷，在厚度为25微米的复合镀层的抛光截面上测定。

C. Larson研究了碳化物对镀层退火特性的影

响。将表面镀有复合镀层的铝片浸到冷硝酸内，把镀层剥离下来，然后在空气中于200°C、400°C、600°C、800°C退火1小时，再将这种箔样抛光，重新测定硬度。结果表明，含碳化物17%的复合镀层即使经800°C的退火处理硬度仍为纯金的1.5倍。

C. Larson用游码-平板仪器测定了复合镀层的抗磨损性和接触电阻，将镀层镀在镀过铝的铝盘上，用刚性的硬金合金丝（JM-625）弯成半圆形的圆圈作游码，铝盘以80毫米/秒的速度旋转，接触压力为45克。在滑动10<sup>6</sup>厘米长度之后，用光学立体显微镜鉴定复合镀层的磨损痕迹和游码上的磨损，确定复合镀层的磨损量。结果表明，复合镀层的抗磨损性随碳化物的含量增加而增加，含15%碳化钨的复合镀层抗磨损性超过纯金的500%。在磨损试验过程中可测或测量金复合物同JM-625合金丝的静态接触电阻。金-碳化物复合材料的接触电阻仅比纯金表面的稍高（1.08欧姆比0.78欧姆），而镀钨和钼的接触电阻分别为7.09和2.61欧姆。

复合物内碳化物的体积比，在一定的工艺条件下，主要取决于电镀液中的粉末含量，其关系为近似的抛物线关系，即 $(V_p)^2 \propto C$ ，式中 $V_p$ 为复合镀层中碳化物的体积百分比，C为电镀液的粉末含量：克/升。在一定的条件下，复合物中碳化物的体积百分比可达20%。电沉积的复合物箔具有足够的韧性，断裂之前可承受明显的弯曲。

复合镀层的硬度随复合镀层内碳化物的体积百分比和金基体的硬度增加而增加。在所试验的碳化物含量范围内，复合材料的硬度同所用的碳化物类型无关。

研究表明这种金-碳化物复合镀层在滑动接触应用方面可能获得广泛应用，也可以用作装饰珠宝的表面镀层。

在航空电器仪表中，大量采用钨、钼、铌、金等贵金属作电接触元件，如导电环、片、接点、电刷、电位器绕组等。而这些电接触元件在传输和断开电讯号的过程中，只是表面那一部分起作用，元件的绝大部分白白地浪费了。据报道，在弱小电流条件下工作的电接触元件只要能镀在贱金属基体上镀上5微米厚的贵金属就能满足要求。看来，金-碳化物复合镀层用作电接触材料的工作表面是很有前途的。尤其在滑动接触应用方面，比如导电环和电刷，用贱金属作基体再镀上金-碳化物复合镀层，通过调整电刷及导电环上的复合镀层内碳化物的体积百分比，可获得理想的硬度匹配，这对提高电接触元件的使用寿命、节约贵金属也许是个可取的途径。

（龚家聪编译）