
引言

Q235 是一种常见的低碳钢，又称作 A3 板，通常情况下，该钢不经过热处理直接进行使用。因为 Q235 的良好塑性，还有韧性和焊接性，和一定的强度，以及冷冲压性能，良好的冷弯性能，所以被广泛应用在零件和焊接结构的一般要求。如小杆，连杆，销，轴，螺钉，螺母，套圈，支架，机座，建筑结构，桥梁等。但尽管 Q235 塑性，韧性及加工性能良好，要应用于较高领域，其力学性能有待进一步提高。

电镀在表面工程中占有非常重要的地位。电镀这个过程是氧化还原的过程还有电化学过程。电镀作为一种重要的表面处理技术，在材料保护、精加工和功能电镀方面具有重要应用^[1]。脉冲电镀是一种将电镀槽连接到脉冲电源的电镀系统^[2]，与直流电镀相比，脉冲电镀可以降低沉积层的孔隙率，提高涂层的亮度，使涂层均匀致密，导电性高，提高涂层的耐腐蚀性，消除氢脆，提高涂层的分散能力等，从而达到节约贵金属的目的功能涂层^[3-7]，并获得与基材的粘合强度。良好的电镀，为电镀技术的发展开辟了新的途径^[8,9]。目前，主要有脉冲镀铬，铜，镍及其合金，金和金合金等，脉冲复合电镀的研究不是很多^[10]。

金属镍是一种传统的保护涂层材料，它的金属光泽呈银白色，还有很强的钝化能力。它能在空气中快速形成一层很薄的钝化膜，并能维持很长时间。镀镍层是一种持久耐用，广泛使用的装饰性保护涂层，具有耐腐蚀性和装饰性产品。如果将纳米固体颗粒共沉积在镀镍层上以获得 Ni 基复合涂层，则硬度，耐磨性和耐腐蚀性将大大提高^[11-14]。

纳米复合材料涂层是向电镀溶液中添加纳米固体颗粒，并且通过与金属共沉积获得涂层。与传统的复合涂层相比，纳米颗粒在电镀，化学镀和刷镀中的应用得到了更高的硬度，耐磨性和减少摩擦力。纳米材料在各个方面都拥有许多特性，大大提高了制备拥有特殊涂层的机会，这将极大地增强复合涂层的功能特性^[15]。

本文采用单脉冲电沉积方法在 Q235 基体上制备 Ni-纳米 TiC 复合镀层，通过改变反向电流密度为，确定其最佳的反向电流密度，改善复合镀层的组织结构，进而提高复合镀层的表面性能。

1 绪论

1.1 复合电镀

1.1.1 复合电镀的概念

金属电沉积是在电流的作用下电镀液中的金属离子被还原并沉积到金属中的过程。电镀是电沉积的一种，现在电镀的含义已扩大到利用两相界面的电化学反应，在准备好的基体表面获得非金属或金属覆盖层的过程^[16]。采用电镀方法制备复合镀层称为复合电镀^[17]。

基质金属和颗粒的类型不仅决定了复合涂层的性质，还可以确定其他共沉积因子。例如，电镀液中的颗粒含量，颗粒表面上的电荷状态，颗粒的处理方法，电镀系统和工艺条件。含有不同颗粒的电镀系统具有不同的影响规律。因此，可以选择不同的基质金属和颗粒来确定复合涂层的不同要求。

1.1.2 复合电镀的特点

(1) 准备过程简单。在原始单金属或合金电镀工艺的基础上进行微调，并添加第二相颗粒以获得复合镀层。不但不需要多余的设备，而且还不用在高温或高压环境下。

(2) 镀层多样化。对相同的基质金属还有合金电镀来说，要用不同种类的颗粒和不同粒径的颗粒作复合相的话。不同的金属基质中可以沉积相同的颗粒来得到复合涂层。因此，复合涂层可以具有不同的类型和性质。

(3) 分散相颗粒品种多样化。能在电镀液中满足该条件的固体颗粒可以用作复合镀层的分散相，像是有机细颗粒和陶瓷细颗粒等，还有一些纤维也可以用作分散相。添加到镀层中来形成各种类型的复合涂层。

(4) 镀层性能独特。调整镀层基体金属的颗粒的种类和组成比例，就能制备出具有不同性能的涂层，如耐磨复合涂层，自润滑复合涂层，高温抗氧化复合材料。涂层，耐腐蚀复合涂层等。

1.1.3 复合电镀的原理

复合电镀的基本原理主要是金属离子的阴极还原反应，固体颗粒的共沉积过程也伴随其中。在电镀期间，电源的正电极连接就得基底的金属片，并且电镀的负电极连接到电镀物。阳极一般都是用可溶性基质做的，并且失去电子的阳极

作为阳离子进入镀液中补充消耗。因为电场力的作用，金属离子扩散到阴极表面，然后被还原成金属原子。通过结晶来形成基底涂层。同时，通过搅拌的作用，让固体颗粒沉积在阴极表面。捕获基质金属的生长，最后形成复合涂层。

好多学者在不同的电镀液中，对这个原理研究了很久，试着解开这个谜底。具有代表性的有三种^[18-23]。

1.1.4 复合电镀的条件

在一定条件下，复合镀通常通过将所需的固体颗粒加入到一般的镀液中进行。要制备复合涂层，必须满足以下条件：

（1）让颗粒在镀液中保持均匀悬浮。

（2）粒径适当，如果要是大了，就不容易被包裹，使镀层粗糙。要是太细，就容易聚集在溶液中，导致在镀液中分布不均匀。

（3）亲水颗粒，选出在水溶液中带正电位。这对于疏水性颗粒尤其重要。这些应在使用前（进入电镀浴之前）用表面活性剂（放到稀酸里来除掉金属杂质）润湿。多次清洗在激活后。清洗过后，让表面呈现中性，再与少量电镀液混合搅拌，最后往里倒入颗粒。为了让颗粒表面带有正电，就需要将阳离子表面活性剂加入到电镀液中。

1.2 脉冲电镀

脉冲电镀是一种电镀系统，由电镀单元和脉冲电源组成^[10]。普通脉冲电镀一般可分为单脉冲电镀和周期性换向双脉冲电镀。脉冲电源还具有多种电流模式，如方波，间隔锯齿波，锯齿波和正弦半波^[24]。在使用过程中，通常根据基质金属选择相应波形的脉冲电镀。比较常见有方波脉冲电镀，合金类型就会使用脉冲电源，还有精密仪器和电子元件，以及陶瓷基板反转脉冲，经常用于表面要求的应用中如表面要求很高的场合^[25]。

1.2.1 脉冲电镀的特点

国外有多位研究者像美国的 A. J. Avila, M. J. Brown, Roger Olson, 澳大利亚的 G. Perger, P. M. Robison, 日本的田忠夫等就脉冲电镀的特点展开研究，都发现脉冲电镀有许多优于直流镀的特点。如：降低了孔隙率，增加它的结合力，改变镀层分布和它的物理性能，尤其

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/827150141101010004>