

## 氢脆现象分析及控制

在任何电镀溶液中,由于水分子的离解,总或多或少地存在一定数量的氢离子。因此,电镀过程中,在阴极析出金属(主反应)的同时,伴有氢气的析出(副反应)。析氢的影响是多方面的,其中最主要的是氢脆。氢脆是表面处理中最严重的质量隐患之一,析氢严重的零件在使用过程中就可能断裂,造成严重的事故。表面处理技术人员必须掌握避免和消除氢脆的技术,以使氢脆的影响降低到最低限度。

### 一、氢脆

#### 1 氢脆现象

氢脆通常表现为应力作用下的延迟断裂现象。曾经出现过汽车弹簧、垫圈、螺钉、片簧等镀锌件,在装配之后数小时内陆续发生断裂,断裂比例达40%~50%。某特种产品镀镉件在使用过程中曾出现过批量裂纹断裂,曾组织过全国性攻关,制订严格的去氢工艺。另外,有一些氢脆并不表现为延迟断裂现象,例如:电镀挂具(钢丝、铜丝)由于经多次电镀和酸洗退镀,渗氢较严重,在使用中经常出现一折便发生脆断的现象;猎枪精锻用的芯棒,经多次镀铬之后,堕地断裂;有的淬火零件(内应力大)在酸洗时便产生裂纹。这些零件渗氢严重,无需外加应力就产生裂纹,再也无法用去氢来恢复原有的韧性。

#### 2 氢脆机理

延迟断裂现象的产生是由于零件内部的氢向应力集中的部位扩散聚集,应力集中部位的金属缺陷多(原子点阵错位、空穴等)。氢扩散到这些缺陷处,氢原子变成氢分子,产生巨大的压力,这个压力与材料内

部的残留应力及材料受的外加应力,组成一个合力,当这合力超过材料的屈服强度,就会导致断裂发生。氢脆既然与氢原子的扩散有关,扩散是需要时间的,扩散的速度与浓差梯度、温度和材料种类有关。因此,氢脆通常表现为延迟断裂。

氢原子具有最小的原子半径,容易在钢、铜等金属中扩散,而在镉、锡、锌及其合金中氢的扩散比较困难。镀镉层是最难扩散的,镀镉时产生的氢,最初停留在镀层中和镀层下的金属表层,很难向外扩散,去氢特别困难。经过一段时间后,氢扩散到金属内部,特别是进入金属内部缺陷处的氢,就很难扩散出来。常温下氢的扩散速度相当缓慢,所以需要即时加热去氢。温度升高,增加氢在钢中的溶解度,过高的温度会降低材料的硬度,所以镀前去应力和镀后去氢的温度选择,必须考虑不致于降低材料硬度,不得处于某些钢材的脆性回火温度,不破坏镀层本身的性能。

## 二、避免和消除的措施

### 1 减少金属中渗氢的数量

在除锈和氧化皮时,尽量采用吹砂除锈,若采用酸洗,需在酸洗液中添加若丁等缓蚀剂;在除油时,采用化学除油、清洗剂或溶剂除油,渗氢量较少,若采用电化学除油,先阴极后阳极;在电镀时,碱性镀液或高电流效率的镀液渗氢量较少。

### 2 采用低氢扩散性和低氢溶解度的镀涂层

一般认为,在电镀 C r 铬、Z n 锌、C d 镉、N i 镍、S n 锡、P b 铅时,渗入钢件的氢容易残留下来,而 C u 铜、M o 钼、A l 铝、A g

银、Au金、W钨等金属镀层具有低氢扩散性和低氢溶解度,渗氢较少。在满足产品技术条件要求的情况下,可采用不会造成渗氢的涂层,如达克罗涂覆层可以代替镀锌,不会发生氢脆,耐蚀性提高7~10倍,附着力好,膜厚6~8 $\mu\text{m}$ ,相当于较薄的镀锌层,不影响装配。

### 3 镀前去应力和镀后去氢以消除氢脆隐患

若零件经淬火、焊接等工序后内部残留应力较大,镀前应进行回火处理,减少发生严重渗氢的隐患。

对电镀过程中渗氢较多的零件原则上应尽快去氢,因为镀层中的氢和表层基体金属中的氢在向钢基体内部扩散,其数量随着时间的延长而增加。新的国际标准草案规定“最好在镀后1 h内,但不迟于3 h,进行去氢处理”。国内也有相应的标准,对电镀锌前、后的去氢处理作了规定。电镀后去氢处理工艺广泛采用加热烘烤,常用的烘烤温度为150~300 $^{\circ}\text{C}$ ,保温2~24 h。具体的处理温度和时间应根据零件大小、强度、镀层性质和电镀时间的长短而定。去氢处理常在烘箱内进行。镀锌零件的去氢处理温度为110~220 $^{\circ}\text{C}$ ,温度控制的高低应根据基体材料而定。对于弹性材料、0.5 mm以下的薄壁件及机械强度要求较高的钢铁零件,镀锌后必须进行去氢处理。为了防止“镉脆”,镀镉零件的去氢处理温度不能太高,通常为180~200 $^{\circ}\text{C}$ 。

### 三、应注意的问题

材料强度越大,其氢脆敏感性也越大,这是表面处理技术人员在编制电镀工艺规范时必须明确的基本概念。国际标准要求抗拉强度 $\sigma_b > 105 \text{ kg/mm}^2$ 的钢材,要进行相应的镀前去应力和镀后去氢处理。法国

航空工业对屈服强度 $\sigma_s > 90 \text{ kg/mm}^2$ 的钢件就要求作相应去氢处理。

由于钢材强度与硬度有很好的对应关系,因此,用材料硬度来判断材料氢脆敏感比用强度来判断更为直观、方便。因为一份完善的产品图和机加工工艺都应标注钢材硬度。在电镀中我们发现钢的硬度在HRC 38左右时开始呈现氢脆断裂的危险。对高于HRC 43的零件,镀后应考虑去氢处理。硬度为HRC 60左右时,在表面处理之后必须立即进行去氢处理,否则在几小时之内钢件会开裂。

除了钢材硬度外,还应综合考虑以下几点:

(1)零件的使用安全系数:安全重要性大的零件,应加强去氢;(2)零件的几何形状:带有容易产生应力集中的缺口,小R等的零件应加强去氢;(3)零件的截面积:细小的弹簧钢丝、较薄的片簧极易被氢饱和,应加强去氢;(4)零件的渗氢程度:在表面处理中产生氢多、处理时间长的零件,应加强去氢;(5)镀层种类:如镀镉层会严重阻挡氢向外扩散,所以要加强去氢;(6)零件使用中的受力性质:当零件受到高的张应力时应加强去氢,只受压应力时不会产生氢脆;(7)零件的表面加工状态:对冷弯、拉伸、冷扎弯形、淬火、焊接等内部残留应力大的零件,不仅镀后要加强去氢,而且镀前要去应力;(8)零件的历史情况:对过去生产中发生过氢脆的零件应特别加以注意,并作好相关记录。