

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 5270—2005/ISO 2819:1980  
代替 GB/T 5270—1985

## 金属基体上的金属覆盖层 电沉积和化学 沉积层 附着强度试验方法评述

**Metallic coatings on metallic substrates—Electrodeposited and chemically  
deposited coatings—Review of methods available for testing adhesion**

(ISO 2819:1980, IDT)

2005-06-23 发布

2005-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 前 言

本标准是对 GB/T 5270—1985 标准的修订,本标准等同采用 ISO 2819:1980(E)《金属基体上的金属覆盖层 电沉积和化学沉积层 附着强度试验方法评述》(英文版)。

本标准按 GB/T 1.1 的编辑要求根据 ISO 2819 重新起草。本标准对 ISO 2819 作了如下修改:

——取消了 ISO 2819 的前言,补充了目次;

——用“本标准”代替“本国际标准”;

——为便于使用,引用了采用国际标准的我国标准。

本标准的附录 A 是资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:机械工业表面覆盖层产品质量监督检测中心。

本标准主要起草人:宋智玲、钟立畅、姜新华。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 5270—1985。

# 金属基体上的金属覆盖层 电沉积和化学 沉积层 附着强度试验方法评述

## 1 范围

本标准叙述了检查电沉积和化学沉积覆盖层附着强度的几种试验方法。它们仅限于定性试验。表 2 说明了每种试验对常用的一些金属覆盖层的适应性。其中大多数试验都会破坏覆盖层和零件,而一些试验则只破坏覆盖层,即使试验试件在非破坏试验中覆盖层的附着强度是合格的,也不应认为该试件未受损伤。例如摩擦抛光试验(见 2.1)可能使试件不能再用,热震试验(见 2.12)可能产生不允许的金相变化。

本标准未述及各时期制订的金属覆盖层与基体金属附着强度的一些定量试验方法。因为,这样的试验在实践中需要特殊的仪器和相当熟练的技术,这使之不适用于作产品零件的质量控制试验。然而,某些定量试验方法对研究开发工作可能有用。

把附着强度试验的特殊方法规定于具体覆盖层的国家标准中时,应优先采用本标准所述及的方法,并应征得供需双方的事先同意。

## 2 试验方法

### 2.1 摩擦抛光试验

如果镀件局部进行擦光,则其沉积层倾向于加工硬化并吸收摩擦热。如果覆盖层较薄,则在这些试验条件下,其附着强度差的区域的覆盖层与基体金属间将呈起皮分离。

在镀件的形状和尺寸许可时,可利用光滑的工具在已镀覆的面积不大于  $6\text{ cm}^2$  的表面上摩擦大约 15 s。直径为 6 mm、末端为光滑半球形的钢棒是一种适宜的摩擦工具。

摩擦时用的压力应足以使得在每次行程中能擦去覆盖层,而又要不能大到削割覆盖层,随着摩擦的继续,鼓泡不断增大,便说明该覆盖层的附着强度较差。

如果覆盖层的机械性能较差,则鼓泡可能破裂,且从基体上剥离。此试验应限于较薄的沉积层。

### 2.2 钢球摩擦抛光试验

钢球磨光往往用于抛光。但是,也可以用于测试附着强度。采用直径约为 3 mm 的钢球、用皂液作润滑剂在滚筒或振动磨光器中进行。当覆盖层的附着强度很差时,可能产生鼓泡。此方法适用于较薄的沉积层。

### 2.3 喷丸试验

利用重力或压缩空气,把铁球或钢球喷于受试验的表面上,钢球的撞击导致沉积层发生变形。

如果覆盖层的附着强度差,则会发生鼓泡。一般来讲,引起非附着覆盖层起皮的喷丸强度随着覆盖层的厚度变化而改变,薄覆盖层比厚覆盖层需要的喷丸强度小。

用长度 150 mm、内径为 19 mm 的管子将喷嘴与发射铁或钢丸(直径约 0.75 mm)的容器相连进行此试验,把压力为 0.07 MPa~0.21 MPa 的压缩空气送入上述装置中,喷嘴和试样之间的距离为 3 mm~12 mm。

另一种方法最适用于检查电镀生产中厚度为  $100\text{ }\mu\text{m}$ ~ $600\text{ }\mu\text{m}$  的电镀层的附着强度(见附录 A)。它采用一种标准气动箱来喷钢丸。

如果银镀层的附着强度差,则会延展或滑动而鼓泡。

### 2.4 剥离试验

本试验适用于基本平整、表面厚度小于  $125\text{ }\mu\text{m}$  的覆盖层。将一种大约  $75\text{ mm}\times 10\text{ mm}\times 0.5\text{ mm}$

的镀锡中碳钢带或镀锡黄铜带,在距一端 10 mm 处弯成直角,将较短的一边平焊于覆盖层表面上。将一载荷施加于未焊接的一边,并垂直于焊接点的表面,如果覆盖层的附着强度比焊接点弱,则覆盖层将从基体上剥落。如果覆盖层的附着强度比焊接点大,则将在焊接点或覆盖层内发生断裂。

本方法未被广泛应用。因为在焊接操作过程中所到达的温度可能改变附着强度。另外,可利用一种具有适当抗拉强度的硬化合成树脂粘合剂代替钎焊完成这种试验。

另一种试验(胶带试验)是利用一种纤维粘胶带,其每 25 mm 宽度的附着力值约为 8 N。利用一个固定重量的辘子把胶带的粘附面贴于要试验的覆盖层,并要仔细地排除掉所有的空气泡。间隔 10 s 以后,在带上施加一个垂直于覆盖层表面的稳定拉力,以把胶带拉去。若覆盖层的附着强度高则不会分离覆盖层。此试验特别用于印刷线路的导线和触点上覆盖层的附着力试验,镀覆的导线试验面积应大于 30 mm<sup>2</sup>。

## 2.5 锉刀试验

锯下一块有覆盖层的工件,夹在台钳上,用一种粗的研磨锉(只有一排锯齿)进行锉削,以期锉起覆盖层。沿从基体金属到覆盖层的方向,与镀覆表面约呈 45° 的夹角进行锉削,覆盖层应不出现分离。本试验不适用于很薄的覆盖层,以及像锌或镉之类的软镀层。

## 2.6 磨、锯试验

沿基体金属到沉积层的切割方向,利用砂轮磨削已镀覆的试样边缘。如果覆盖层的附着强度差,则沉积层将从基体金属上裂开。可以利用一种钢锯来代替砂轮机。重要的是锯子锯动的方向,使施加的力倾向于使覆盖层从基体金属上分离。磨、锯试验对镍和铬之类的较硬镀层特别有效。

## 2.7 凿子试验

通常情况下,可以把凿子试验应用于较厚(大于 125 μm)的覆盖层。

一种试验方法是把一种锐利的凿子放在覆盖层伸出部分的背面,给以猛烈的锤击。如果覆盖层的附着强度高,则覆盖层会裂开或被切断而不影响基体金属和覆盖层之间的结合。

另一种“凿子试验”是与“钢锯试验”结合进行。此试验是垂直于覆盖层锯试样。如果覆盖层的附着强度不很好,则会明显断裂。在断口处未发现分离的情况下,则用一锐利的凿子尽力凿起边缘的覆盖层,如果覆盖层能以相当大的距离从边缘剥离,便说明其附着强度较差或较弱,在每次试验之前,凿子的锋刃应当磨得锐利。

以刀代替凿子可以用于较薄覆盖层的试验,可用或者不用锤子轻轻敲打试样。凿子试验不适用锌或镉之类的软镀层。

## 2.8 划线和划格试验

采用磨为 30° 锐刃的硬质钢划刀,相距约 2 mm 划两根平行线。在划两根平行线时,应当以足够的压力一次刻线即穿过覆盖层切割到基体金属。如果在各线之间的任一部分的覆盖层从基体金属上剥落,则认为覆盖层未通过此试验。

另一种试验是划边长为 1 mm 的方格,同时,观察在此区域内的覆盖层是否从基体金属上剥落。

## 2.9 弯曲试验

弯曲试验就是弯曲挠折具有覆盖层的产品。其变形的程度和特性随基体金属、形状和覆盖层的特性及两层的相对厚度而改变。

试验一般是用手或夹钳把试样尽可能快地弯曲,先向一边弯曲,然后,再向另一边弯曲,直到把试样弯断为止。弯曲的速度和半径可以利用适当的机器进行控制。此试验在基体金属和沉积层间产生了明显的剪切应力,如果沉积层是延展性的,则剪切应力大大降低,由于覆盖层的塑性流动,甚至当基体金属已经断裂时,覆盖层仍未破坏。

脆性的沉积层会发生裂纹,但是,即使是如此,此试验也能获得关于附着强度的一些数据。必须检查断口,以确定沉积层是否剥离或者沉积层能否用刀或凿子除去。

剥离、碎屑剥离或片状剥离的任何迹象都可作为其附着强度差的象征。

具有内覆盖层或外覆盖层的试样都可能发生破坏。虽然,在某些情况下,检查弯曲的内边可能得到更多的数据,但是,一般都是在试样的外边观察覆盖层的性能。

## 2.10 缠绕试验

在此试验中,把试样(一般是带或线)绕一心轴进行缠绕,此试验的每一部分都能标准化,即:带的长度和宽度、缠绕速度、缠绕动作的均匀性和试样所缠绕的棒(心轴)的直径。

剥离、碎屑剥离和片状剥离的任何迹象都可作为附着强度差的象征。

具有内覆盖层或外覆盖层的试样都可能发生变化。虽然在某些情况下,检查弯曲的内边可能得到更多的数据,但是,一般都是在试样的外边观察到覆盖层的性能。

## 2.11 拉力试验

这只适用于某些类型的镀覆零件。对零件施加拉伸应力直至断裂。断口附近的覆盖层一般都会显现出一些开裂。不应有覆盖层从基体金属上明显脱落的现象。

## 2.12 热震试验

把具有覆盖层的试样加热,而后骤然冷却,便可以测定许多沉积层的附着强度。此试验原理是覆盖层和基体金属之间的热膨胀系数不同所致。

因此,该试验适用于覆盖层与基体金属之间的膨胀系数明显不同的情况。试验是在炉中把试样加热足够的时间,使之达到表1所列的适当温度。此温度应保持在 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 的公差范围内。对易氧化的金属应当在惰性气氛、还原性气氛中或在适当的液体中加热。

然后,把试样放入水或室温中骤冷。覆盖层应没有发生从基体金属上分离的现象,例如,鼓泡、片状剥离或分层剥离。

应当注意,加热一般都会提高电沉积层的附着强度<sup>1)</sup>。所以,需要把试样加热的任何试验方法都不能正确地指示电镀状态的附着强度。

表1 热震试验温度

基体金属	镀层金属	
	铬,镍,镍+铬,铜和锡-镍	锡
钢	300 $^{\circ}\text{C}$	150 $^{\circ}\text{C}$
锌合金	150 $^{\circ}\text{C}$	150 $^{\circ}\text{C}$
铜和铜合金	250 $^{\circ}\text{C}$	150 $^{\circ}\text{C}$
铝和铝合金	220 $^{\circ}\text{C}$	150 $^{\circ}\text{C}$

## 2.13 深引试验

最常用于镀覆金属薄板的深引实验是埃里克森杯凸试验<sup>2)</sup>和罗曼诺夫凸缘帽试验。

它们是借助于几种柱塞使沉积层和基体金属发生杯状或凸缘帽状的变形。

在埃里克森试验中,采用适当的液压装置把一个直径为20 mm的球形柱塞以0.2 mm/s~6 mm/s的速度推进试样中,一直推到所需要的深度为止。

附着强度差的沉积层经几毫米的变形,便从基体金属上呈片状剥离。然而,由于冲头的穿透作用,即使基体金属已发生开裂,附着良好的沉积层仍不会出现剥离。

罗曼诺夫试验仪器是由一般冲床和附有一套与凸缘帽配合使用的可调模具所组成。其凸缘直径为63.5 mm,帽的直径为38 mm,帽的深度从0 mm~12.7 mm,可以调节。一般把试样测试到使帽发生断裂的程度为止。深引件的未损伤部分说明深引效应影响沉积层的结构。这些方法特别适用于较硬金属的沉积层,例如,镍或铬。

1) 在其他情况下,镀层同基体的扩散可能产生脆性层,因此引起剥离的是断裂,而不是无附着性。

2) 此法详见 GB/T 9753 色漆和清漆 杯凸试验。

在所有的情况下,必须仔细地分析所得到的结果。因为它包括了沉积层和基体金属的延展性。

## 2.14 阴极试验

将镀覆的试件在溶液中作为阴极,在阴极上仅有氢析出。由于氢气通过一定覆盖层进行扩散时在覆盖层与基体金属之间的任何不连续处积累产生压力,致使覆盖层发生鼓泡。

在5%的氢氧化钠(密度1.054 g/mL)溶液中,以10 A/dm<sup>2</sup> 电流密度、90℃处理试样2 min。在覆盖层中附着强度差的点便形成小的鼓泡。如果在经过15 min之后,镀层仍无鼓泡发生,则可以认为,覆盖层的附着强度良好。另外,可以采用硫酸(5%重量比)溶液,在60℃、电流密度为10 A/dm<sup>2</sup>、经5 min~15 min后,附着强度差的覆盖层会发生鼓泡。

电解试验只限于可透过阴极释放氢的镀层。镍或镍-铬镀层的附着强度差时,用此试验比较适宜。像铅、锡、锌、铜或镉之类金属镀层,则不适用于这种试验方法。

表2 适用于各种金属镀层的附着强度试验

附着强度试验	覆盖层金属										
	镉	铬	铜	镍	镍+铬	银	锡	锡-镍合金	锌	金	
摩擦抛光	·		·	·	·	·	·	·	·	·	
钢球磨光	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	
剥离(钎焊法)			·	·		·		·			
剥离(粘结法)	·		·	·		·	·	·	·	·	
锉刀			·	·	·			·			
凿子		·		·	·	·		·			
划痕	·		·	·	·	·	·		·	·	
弯曲和缠绕		·	·	·	·			·			
磨与锯		·		·	·			·			
拉力	·		·	·	·	·		·	·		
热震		·	·	·	·		·	·			
深引(埃里克森)		·	·	·	·			·			
深引(凸缘帽)		·	·	·	·	·		·			
喷钢丸				·		·					
阴极处理		·		·	·						

注:黑点·表示覆盖层所适用的试验方法。

附 录 A  
(资料性附录)

喷丸法测定银沉积层(100 μm~600 μm)附着强度

### A.1 范围

此试验方法适用于评价钢上的厚度为 0.10 mm~0.60 mm 之间的银沉积层的附着强度。其试验结果只是定性的。此方法不破坏零件。由此方法所得覆盖层的附着强度是满意的。

### A.2 参考文献

GB/T 4956 磁性金属基体上非磁性覆盖层厚度测量 磁性方法

### A.3 试验设备

#### A.3.1 喷丸设备

一般的压缩空气或离心式喷丸设备。

#### A.3.2 钢丸

平均直径为 0.4 mm、硬度不小于 350HV30 的钢球。用筛网法测量其尺寸。并且,必须具备相当于表 A.1 所列的尺寸。

表 A.1

筛孔/mm	丸的控制率/%
0.707	≤10
0.420	≥85
0.354	≥97

必须至少每周从喷嘴中取出 100 g 钢丸试样来筛选一次,以检查丸的尺寸。

### A.4 程序

在进行喷丸之前,所有的零件先在 190℃±10℃ 加热 2 h,以消除应力。

遮掩不需喷丸的所有表面。

采用非破坏性方法(例如,按 GB/T 4956)测定银镀层的厚度。弃掉银镀层厚度小于 0.10 mm 或大于 0.60 mm 的及最大和最小厚度之间的差大于 0.125 mm 的零件,对所有的合格件都标上最大厚度的记号,并把试样按批分组,其中合格产品的厚度差应不大于 0.125 mm。

以图 A.1 中所表示的相对于最厚的测量厚度的最低喷丸强度,向银镀层表面喷丸。在每批处理开始之前,必须根据亚尔门 A 试样试验来调节喷丸强度(见 A.6)。

至少每小时做一次亚尔门试样测定,以控制喷丸强度。

从已经喷丸的零件上除去表面遮掩物。

目察喷过丸的表面,它应当受到全部喷射,若有漏喷的区域,则必须重喷。

检查镀层中有没有夹嵌钢丸的部位。用空气吹去任何残存的丸。

### A.5 评定

用肉眼仔细检查镀银层的表面。在试验过程中,附着强度差的银沉积层上会形成泡或起皮,或者镀层本身脱落。

A.6 喷丸强度的调节

采用硬度为 400HV30~500HV30,厚度为 1.6 mm 的碳素钢板,切成尺寸为(76±0.2)mm×(19±0.1)mm 并磨到厚度为(1.30±0.02)mm(亚尔门 A 试样)。

在按下述规定测量时,其平整度偏差不应超过 38 μm 的弧高度。

把试样紧固于图 A.2 所示的夹具上,对暴露的一面进行喷丸。

喷丸后,从夹具上卸下试样,并用深度计测试未喷丸面的曲率,把试样支撑在形成 32 mm×16 mm 的长方形的 4 个直径为 5 mm 的球上,把深度计的中心指针指在试样的中心,使试样对称地对准深度计,在深度计指示的 32 mm 以上的深度,测定试样中心的弧高度,精确至 25 μm 为止。按需要调整喷丸的条件,以得到所要求的弧高度。

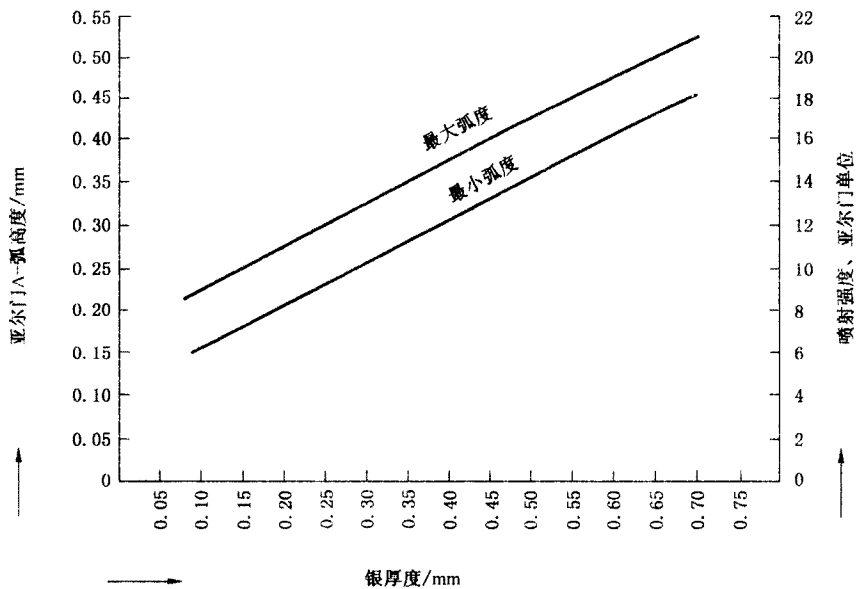


图 A.1 银镀层厚度与喷丸强度关系

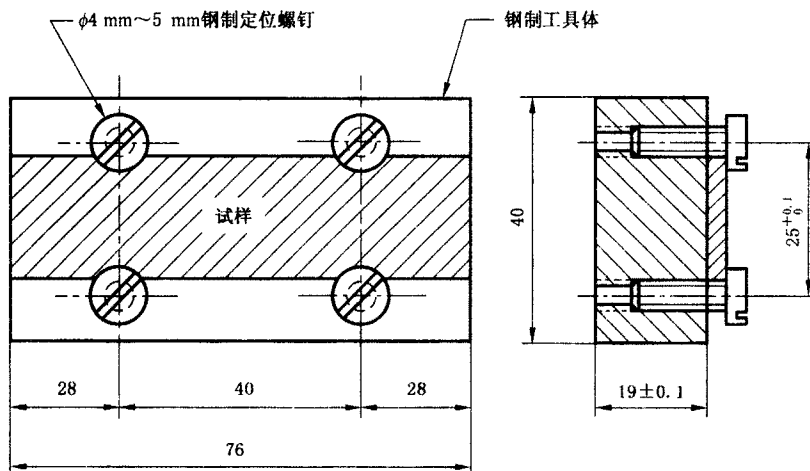


图 A.2 喷丸试验的试样夹具