



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 19822—2005/ISO 10074:1994

---

## 铝及铝合金硬质阳极氧化膜规范

Specification for hard anodic oxidation coatings  
on aluminium and its alloys

(ISO 10074:1994, 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

## 目 次

前言 .....	I
引言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 材料分类 .....	1
5 外观 .....	2
6 厚度 .....	2
7 表面密度 .....	2
8 耐磨粒磨损性能 .....	2
9 维氏显微硬度 .....	4
10 耐腐蚀性 .....	4
附录 A (规范性附录) 需方向供方提供的信息 .....	5
附录 B (规范性附录) TABER 耐磨粒磨损性能试验法 .....	6
附录 C (规范性附录) 标准试样的制备 .....	7
附录 D (规范性附录) 抽样程序 .....	8
附录 E (规范性附录) 击穿电压 .....	8
附录 F (资料性附录) 鉴定和验收程序 .....	8
附录 G (资料性附录) 耐磨粒磨损性能试验 .....	9
附录 H (资料性附录) 阳极氧化工件的包装和储运 .....	9
附录 J (资料性附录) 工艺控制 .....	10

## 前 言

本标准等同采用 ISO 10074:1994《铝及铝合金硬质阳极氧化膜规范》(英文版)。

本标准对 ISO 10074:1994 做了如下修改：

——取消了 ISO 10074 的前言；

——用“本标准”代替了“本国际标准”；

——其引用的国际标准中已有对应的国家标准的改为对应的国家标准；

——附录 G 表 G.1 中磨料网目规格单位应为  $\mu\text{m}$ ，标准原文误为 mm，所以纠正为  $\mu\text{m}$ ；

——附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 和附录 E 为规范性附录，附录 F、附录 G、附录 H 和附录 J 为资料性附录；

——在“5 外观”条款中，增加了“允许合适位置和尺寸的挂具痕”。

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：武汉材料保护研究所。

本标准参加起草单位：广州华龙整流器厂。

本标准主要起草人：王菊荣、李捷、毕艳、刘传焯、莫日炉。

## 引 言

硬质阳极氧化是形成主要用于工程目的硬(且通常厚)氧化铝膜层的一种电解处理方法。

硬质阳极氧化可以用于铸造或锻造的铝及铝合金,但对于含有5%以上的铜和/或8%以上的硅以及压铸铝合金需要特殊的阳极氧化工艺。为了获得最好的显微硬度、耐磨性或低表面粗糙度的特性,应选用低的合金含量。

除非另有规定,工件在所有热处理、机加工、焊接、成型和冲孔操作后都需要阳极氧化,在机加工表面上可获得最好效果。尖锐轮廓需加工成曲率半径不低于预定厚度十倍的圆角以避免烧蚀或剥落。

硬质阳极氧化通常会导致每一表面上尺寸增加膜层厚度的50%。如有必要,工件阳极氧化前的尺寸应估计到这一增加。

膜厚度通常在25 μm~150 μm范围内。低厚度(≤25 μm)膜有时用于多种用途,例如花键、螺纹;一般厚度的膜(50 μm~80 μm)用于耐磨或绝缘的需要;高厚度膜(150 μm)用于修复的目的,但厚膜的外层趋向于变软。非常硬的膜层降低疲劳强度,这种现象可以通过减小厚度或封闭以减至最小。硬质阳极氧化导致表面粗糙度增加,可通过降低合金含量或机械精饰来得到抑制。

硬质阳极氧化膜一般用于:

- 抵抗磨粒磨损或腐蚀磨损;
- 电绝缘;
- 隔热;
- 修复工件(克服其在机加工中或因磨损产生的公差);
- 抗腐蚀(封闭的膜)。

# 铝及铝合金硬质阳极氧化膜规范

## 1 范围

本标准规定了铝及铝合金硬质阳极氧化膜的技术条件,包括测试方法。  
需方向供方提供的信息在附录 A 中给出。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 4957 非磁性基体金属上非导电覆盖层 覆盖层厚度测量(ISO 2360,IDT)

GB/T 6462 金属和氧化物覆盖层 横断面厚度显微镜测量方法(eqv ISO 1463)

GB/T 8015.1—1987 铝及铝合金阳极氧化膜厚度的试验方法 重量法(idt ISO 2106:1982)

GB/T 8754 铝及铝合金阳极氧化 应用击穿电位测定法检验绝缘性(idt ISO 2376)

GB/T 9790 金属覆盖层及其他有关覆盖层 维氏和努氏显微硬度试验(neq ISO 4516)

GB/T 10125 人造大气腐蚀试验 盐雾试验(eqv ISO 9227)

GB/T 11109—1989 铝及铝合金阳极氧化 术语(eqv ISO 7583)

GB/T 12967.1—1991 铝及铝合金阳极氧化 用喷磨试验仪测定阳极氧化膜的平均耐磨性(idt ISO 8252:1987)

GB/T 12967.2 铝及铝合金阳极氧化 用轮式磨损试验仪测定阳极氧化膜的耐磨性和磨损系数(idt ISO 8251)

ISO 2859-0:1995 特性检查抽样程序 第 0 部分:ISO 2859 特性抽样系统的介绍

ISO 2859-1:1989 特性检查抽样程序 第 1 部分:按批检验合格质量水平(AQL)编制的抽样程序

## 3 术语和定义

GB/T 11109—1989 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1 批

相同公称成分并在一起进行热处理。

### 3.2 批验收试验

按本规范的要求检验一批产品性能所进行的试验。

### 3.3 有效表面

膜层覆盖的或要覆盖的工件部分,即工作面和外观重要的部分。

## 4 材料分类

硬质阳极氧化膜的性质和特点受到合金成分及加工方法两方面的很大影响,因此,对于本标准,将材料分为五类合金并归类如下:

第 1 类:除第 2 类以外的全部锻造合金;

第 2 类(a):2000 系列合金;

第 2 类(b):含 2%或 2%以上镁的 5000 系列合金及 7000 系列合金;

第 3 类(a):低于 2%铜和/或低于 8%硅的铸造合金;

第3类(b);其他铸造合金。

## 5 外观

重要表面需全部阳极氧化,目测外观基本均匀,不存在剥落、砂眼、起粉的区域。目测验收须逐批进行。

允许合适位置和尺寸的夹具痕。

裂纹及微裂纹通常不作为报废的理由。

## 6 厚度

厚度测量在有效表面(但不在记号周围5 mm以内,也不在轮廓邻近周边)上进行。

测量应采用GB/T 4957所描述的无损涡流法或GB/T 6462中破坏性的显微镜测量法,有争议时,应采用显微镜测量法(GB/T 6462)进行测量。

厚度或是相关的最终尺寸应在对批检测试验后给出。

通常的膜层厚度在40  $\mu\text{m}$ ~60  $\mu\text{m}$ 之间(见引言及附录A)。

## 7 表面密度

当按照GB/T 8015.1测量具有公称厚度为50  $\mu\text{m}$ ±5  $\mu\text{m}$ 的未封闭阳极氧化膜时,其表面密度(单位面积上的膜层质量)的最小值由表1给出。

表1 最小表面密度

材料类别	允许的最小表面密度/(mg/dm <sup>2</sup> )
第1类	1 100
第2类	950
第3类(a)	950
第3类(b)	按协议定
注:如果膜层厚度不是50 $\mu\text{m}$ ,则按比例换算。	

## 8 耐磨粒磨损性能

### 8.1 总则

未封闭的阳极氧化膜(见注)须测定其耐磨粒磨损性能,因为与其他性能具有很好的相关性,耐磨粒磨损性能试验依照附录G G.1,按GB/T 12967.2描述的轮式磨损试验法进行。

注:对于封闭过的阳极氧化膜可以测定耐磨性,但热水封闭或着色可降低耐磨性50%以上。

当磨轮不适用时(特别是一些弧形表面),则依照附录G G.2按GB/T 12967.1描述的喷磨法进行试验,该试验对总膜层厚度给出一个平均值。

TABER法(见附录B)只有在指定条件下使用。

### 8.2 轮式磨损试验法

通过测定膜层厚度的损失即膜层质量损失来测定耐磨粒磨损性能。当依照附录G G.1按GB/T 12967.2描述的轮式磨损试验法测定时,最终数值将是用一个19.6N的载荷和240目规格的碳化硅砂纸作最少3次试验的平均值。

合格值在表2给出。

在相同的实验条件下,每天都应对标准试样进行测试。当测定膜层厚度损失时,每一厚度值应为测

试范围内十点读数的平均值。

硬质阳极氧化处理和耐磨性试验之间的时间间隔应不少于 24 h,在这段时间内,试样应存放于试验环境中。

表 2 轮式磨损试验的合格值

合金类别	往复行程数 DS/次	平均相对耐磨粒磨损性能合格值/% 相对于标准试样(见附录 C)
第 1 类	800~100	≥80%
第 2 类(a)	400~100	≥30%
第 2 类(b)	800~100	≥55%
第 3 类(a)	400~100	≥55%或按协议定
第 3 类(b)	400~100	≥20%或按协议定

注 1: 由于表面条件或阳极氧化膜的结构,膜层并不总是适合进行耐磨粒磨损性能试验。第 3 类合金极少要求做试验,耐磨性合格值由供方和需方之间商定,并可能需要专门的标准片。

注 2: 平均相对比耐磨粒磨损性能由以下公式给出

$$\text{相对平均比耐磨性能} = \frac{\text{试验的平均磨损速率}}{\text{标准片的平均磨损速率}} \times 100$$

这里磨损速率是指单位往复行程次数的厚度(或质量)损失。

### 8.3 喷磨磨损试验法

耐磨粒磨损性能通过用去的碳化硅质量或穿透膜层所需要的时间来测定,当依照附录 G G. 2 按 GB/T 12967.1 描述的方法测定时,最终的数值将最少是 3 次试验的平均值。

合格值在表 3 给出。

硬质阳极氧化处理和耐磨性试验之间的时间间隔应不少于 24 h,在这段时间内,试样应存放于试验环境中。

### 8.4 TABER 试验法

当按附录 B 进行测定时,TABER 试验合格值在表 4 中给出。

表 3 喷磨法耐磨试验的合格值

合金类别	平均相对耐磨粒磨损性能合格值/% 相对于标准试样(见附录 C)
第 1 类	≥80%
第 2 类(a)	≥30%
第 2 类(b)	≥55%
第 3 类(a)	≥55%或按协议定(见注)
第 3 类(b)	≥20%或按协议定(见注)

注 1: 由于表面条件或阳极氧化膜的结构,膜层并不总是适合进行耐磨粒磨损性能试验。第 3 类合金极少要求做试验,耐磨性合格值由供方和需方之间商定,并可能需要专门的标准片。

注 2: 平均相对比耐磨粒磨损性能由以下公式给出

$$\text{平均相对比耐磨粒磨损性能} = \frac{\text{试验的平均磨损速率}}{\text{标准片的平均磨损速率}} \times 100$$

这里,磨损速率是除去 1 μm 厚膜层必须持续的时间(s)或除去磨料的质量(g)。

表 4 TABER 耐磨粒磨损性试验的合格值

合金类别	合格值(最大质量损失)/mg
第 1 类	15
第 2 类(a)	35
第 2 类(b)	25
第 3 类	(见注)

注：由于表面条件或阳极氧化膜的结构，膜层并不总是适合进行耐磨粒磨损性能试验。第 3 类合金极少要求做试验，耐磨性能合格值由供方和需方之间商定，并可能需要专门的标准片。

## 9 维氏显微硬度

当按 GB/T 9790 在 25  $\mu\text{m}$ ~50  $\mu\text{m}$  的膜层上进行维氏显微硬度测定时，最小值在表 5 给出。

表 5 维氏显微硬度合格值

合金类别	显微硬度/HV 0.05
第 1 类	400
第 2 类(a)	250
第 2 类(b)	300
第 3 类(a)	250
第 3 类(b)	按协议定

注：50  $\mu\text{m}$  以上的膜层厚度可能降低显微硬度值，尤其是在外层。

## 10 耐腐蚀性

本试验只用于封闭过的氧化膜。

如需要(见附录 A)做腐蚀试验，将阳极氧化膜按 GB/T 10125(NSS 试验)试验 336 h。

一般具有 50  $\mu\text{m}$  厚的阳极氧化膜在中性盐雾中暴露 336 h 后，除了夹具痕 1.5 mm 以内或角落外不会出现任何腐蚀点。



附 录 A  
(规范性附录)

需方向供方提供的信息

需方应于适当的时候向供方提供下列信息：

- a) 本标准号；
- b) 标明材料牌号和热处理代号；
- c) 重要表面的区域；
- d) 所需阳极氧化膜的厚度；
- e) 接触点(夹具痕)的合适位置和尺寸；
- f) 任何所需要的特殊前处理或后处理(尤指封闭)(见附录 J)；
- g) 最后的尺寸公差；
- h) 任何所需要的特性，例如耐腐蚀性、电绝缘性、表面擦伤的允许度、处理前后的批硬度或粗糙度；
- i) 任何击穿电压测量的要求(见附录 E)；
- j) 抽样程序(如果需要)(见附录 D)；
- k) 任何对合格证和认可手续的要求(见附录 F)；
- l) 任何特殊包装和交付的要求(见附录 H)。

附录 B  
(规范性附录)

TABER 耐磨粒磨损性能试验法

B.1 磨轮的准备

每次试验后清洁磨轮,用 S11 纸磨 50 周。  
每磨 4 周,用金刚石研磨机重修表面,应格外小心,尽可能少除去一些表面材料。  
处理后限一年内使用。

B.2 试样的准备

硬质阳极氧化后至耐磨性试验之间须至少存放 24 h。在此期间内,试样存放于试验环境中。

B.3 程序

将试样置于轮台上,其转速设置为  $60 \text{ r/min} \pm 2 \text{ r/min}$  或  $70 \text{ r/min} \pm 2 \text{ r/min}$ 。

装好两个 CS 17 磨轮,每个负荷为 1 000 g。

在试样的 0.8 mm~1.5 mm 内安置吸尘口。

开始吸尘。

设置周期旋钮为 1 000 周。

开始试验。

当设备停止,将试样从轮台上取下置于干燥器内。

试样称量,精确到 0.1 mg(质量为  $m_0$ )。

再次将试样置于轮台上。

装好 CS 17 磨轮,安置好吸尘口。

开始吸尘。

设置周期旋钮为 10 000 周。

记下温度和湿度。

开始试验。

当设备停止,将试样从轮台上取下置于干燥器内。

记下试验结束时的最终温度和湿度。

试样称量,精确到 0.1 mg(质量为  $m_1$ )。

B.4 结果的表示

质量损失  $\Delta m(\text{mg})$  由式(B.1)给出:

$$\Delta m = (m_0 - m_1) \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中:

$m_0$ ——试样磨 1 000 周后的质量,单位为毫克(mg);

$m_1$ ——试样继续磨 10 000 周后的质量,单位为毫克(mg)。

B.5 试验报告

试验报告应包括如下内容:

- a) 本标准的参考资料;

- b) 试样的标识(包括合金)以及认可的参比试样的标识;
- c) 质量损失的计算值;
- d) 试验前后纪录的温度和湿度;
- e) 任何与试样处理有关的观察结果、试样或试验区域的状态。

**附录 C**  
(规范性附录)  
**标准试样的制备**

### C.1 标准试样制备

通过磨光或抛光的铝片作为耐磨粒磨损性能试验的标准阳极氧化试样。

铝牌号: Al 99.5/1050A;

厚度: 至少 2 mm;

倒圆: 至少 2 mm。

### C.2 工艺条件

前处理: 脱脂(轻微碱腐蚀或酸浸蚀);

阳极氧化: 溶液成分;

游离硫酸: 180 g/L  $\pm$  2 g/L;

铝浓度: 1 g/L  $\sim$  5 g/L;

其余: 去离子水。

### C.3 阳极氧化条件

温度:  $0^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ;

电流密度:  $3.5 \text{ A/dm}^2 \pm 0.35 \text{ A/dm}^2$ ;

强搅拌: 用压缩空气;

阳极氧化时间: 40 min;

阳极氧化膜厚度:  $50 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$ 。

### C.4 膜层不封闭, 在空气中干燥

标准试样垂直悬挂于水平安置在氧化槽的极杠上进行阳极氧化, 保持整个阳极表面处于强力搅拌, 使用波动不超过 5% 的平稳直流电。同槽阳极氧化的标准试样数不多于 20 个, 每个标准试样的槽液不少于 10 L。

做测试试验时, 一天至少要测试标准试样一次。

**附 录 D**  
(规范性附录)  
**抽 样 程 序**

当需方希望确认一批或多批阳极氧化工件是否符合质量规定时,应根据 ISO 2859-1 给出的抽样程序,按 ISO 2859-0 的规定进行抽样。

这样,当同一生产线上进行阳极氧化的一套完整程序用于氧化生产 3 批以至更多批次的工件时,抽样程序将作为合格质量水平(AQL)的基础,这个质量水平代表需方准备接受的误差的平均百分率。

**附 录 E**  
(规范性附录)  
**击 穿 电 压**

如需方需要(见附录 A),阳极氧化膜的击穿电压按 GB/T 8754 描述的方法进行测定。击穿电压最小合格值由需方和供方商定。

**附 录 F**  
(资料性附录)  
**鉴 定 和 验 收 程 序**

当需要鉴定时,需方应在生产开始前准备好验收所需的样件或试片。根据商定的鉴定步骤进行鉴定,按照鉴定需要测试各项目。除非需方认可,不允许修改鉴定步骤。

**附录 G**  
(资料性附录)  
**耐磨粒磨损性能试验**

### G.1 轮式耐磨性能试验法

采用 GB/T 12967.2 描述的试验方法进行耐磨粒磨损性能试验,显示出硬度与表面密度之间很好的相关性,说明这是一种较好的试验方法。但是,较高的耐磨性能需要较大的负荷。膜层表面粗糙度的增加会引起测量的困难,对于有  $2\ \mu\text{m}\sim 3\ \mu\text{m}$  突起的膜层,需以 100 个往复行程的预磨以除去  $3\ \mu\text{m}$  膜层,保证起点的重现性。

第 2(a)类合金比第 1 类合金耐磨性能低,所以可给定较少的试验往复行程数,大约每 400 次往复行程除去  $5\ \mu\text{m}$  膜层(见 GB/T 12967.2)。

较高的硬质阳极氧化膜的耐磨性能需要使用较大的负荷和较粗的碳化硅砂纸(240 目)。对于某些用途,采用协议参比试样的比较耐磨性能试验可能更好(见 GB/T 12967.2—1991 第 7 章第 3 款)。

### G.2 喷磨耐磨性能试验

喷磨耐磨性能试验法特别适用于那些形状复杂、不规则的工件。GB/T 12967.1 描述的这种方法允许使用两种不同的喷嘴装置。GB/T 12967.1—1991 中图 2 描述的喷嘴使用高的空气速度和低的空气流量。这将导致很快的磨损速率,有可能在通常的测量时间内穿透膜层。

GB/T 12967.1—1991 图 3 中描述的喷嘴装置使用低的空气速度和高的空气流量。这样需要很长的试验时间(近 10 min),而通常测量的是穿透膜层用去的磨料量。

**表 G.1 喷磨耐磨性能试验中使用的喷嘴的比较**

喷 嘴	GB/T 12967.1—1991 图 2	GB/T 12967.1—1991 图 3
空气压力/kPa	15	15
空气流量/(L/min)	$15\pm 1$	$67\pm 2$
磨料网目规格/ $\mu\text{m}$	106	150
磨料流量/(g/min)	$25\pm 1$	$25\pm 1$

**附录 H**  
(资料性附录)  
**阳极氧化工件的包装和储运**

### H.1 包装

阳极氧化工件的包装须保证其在装运中得到保护并在储存中不致由于保管不善、放置于露天或其他通常有害的环境中而受到损害。

### H.2 储运

阳极氧化工件按照工业上通常的惯例来准备,要能满意地搬运并安全运到交货地点。包装要按照适合运输的原则和规章来进行。

**附 录 J**  
**(资料性附录)**  
**工 艺 控 制**

所使用的设备与工艺须能得到满足本标准要求阳极氧化膜。除非另有约定,工艺条件须由供方确定。

**J.1 (非强制性的)**

屏蔽保护的目的是为了使工件的某些指定区域不被处理,特别是那些含有不是铝,而是钢、铜或有机材料制作的工件。

不同的适用技术包括:

- 蜡;
- 油漆或涂料;
- 机械保护;
- 传统的阳极化的使用(例如铬酸阳极化)。

**J.2 上夹具**

夹具以铝合金或钛合金制作,这样易于紧固工件以确保良好的电接触和机械接触。工件和夹具间的接合一般通过夹紧或螺栓来实现。

**J.3 脱脂**

表面需要清洗除去油、脂、氧化物、水锈及其他污物。不同的脱脂方法包括:

- 溶剂浸渍脱脂;
- 蒸汽脱脂;
- 碱或酸脱脂。

**J.4 浸蚀或腐蚀(非强制性的)**

浸蚀或腐蚀除去表面的氧化皮,但会引起表面粗糙,故在硬质阳极氧化前很少使用。如有必要,应使用适当的酸溶液。

**J.5 喷丸硬化(非强制性的)**

硬质阳极氧化将导致铝合金抗疲劳性降低。阳极氧化前喷丸硬化可以减少抗疲劳性的损失。

**J.6 硬质阳极氧化**

硬质阳极化通常在下列条件下进行:

- 电解质:槽液通常由硫酸和去离子水(有或没有一种或几种添加剂)组成;
- 搅拌:强而均匀的搅拌对于工件表面的散热是重要的;
- 温度:通常在 $-10^{\circ}\text{C}\sim+5^{\circ}\text{C}$ 范围内;对于某些特殊的工艺,上限温度可达到 $+20^{\circ}\text{C}$ ;
- 电流:使用的电流可以是直流、交流、直流叠加交流或脉冲电流。

**J.7 封闭(非强制性的)**

当硬度、耐磨性能和耐腐蚀性能之间必须综合考虑时,通常以沸水(有或没有添加剂)进行封闭。封

闭一般会降低阳极氧化膜的耐磨性和显微硬度,并可导致裂纹。

#### J.8 机械精饰(非强制性的)

工件可使用研磨或抛光以达到精确尺寸或改善其表面粗糙度。

#### J.9 浸渗(非强制性的)

二硫化钼、四氟聚乙烯或其他适当的材料可以用在硬质阳极氧化膜上以改善其摩擦特性。

#### J.10 溶液控制

阳极氧化溶液:阳极氧化溶液的成分根据化学分析控制,当溶液使用时,至少每周调整一次溶液成分,使其保持在规定的范围内。

封闭溶液:对于封闭溶液,pH值、电导率或添加剂浓度需控制在适当值,至少每周测试一次,将其保持在规定的范围内。

---