

中华人民共和国国家标准

铝及铝合金阳极氧化 阳极氧化膜的总规范

Anodizing of aluminium and aluminium
alloys—General specifications for anodic
oxidation coatings

UDC 669.715:620
.197.2

GB 8013—87
ISO 7599—1983

本标准主要适用于铝及铝合金的阳极氧化膜。

本标准定义了铝及铝合金阳极氧化膜的特性参数，提出了这些特性参数的检验方法，规定了氧化膜的最低性能，及适用于阳极氧化所用的原铝级别。此外还阐明了预处理对加工制品外观及表面状态所带来的影响。

本标准不适用的范围有：

- a. 屏蔽型无孔氧化膜；
- b. 用于有机涂覆底层或金属镀覆底层的氧化膜；
- c. 工程上应用的硬质阳极氧化膜。

本标准等同于ISO 7599—1983《铝及铝合金阳极氧化——阳极氧化膜的总规范》。

1 定义

1.1 铝

铝及铝基合金。

1.2 阳极氧化铝

铝的阳极氧化膜是在阳极氧化过程中生成的，这层氧化膜具有防护、装饰和其他实用性能。

1.3 无色阳极氧化膜

基本无色透明的阳极氧化膜。

1.4 着色阳极氧化膜

铝的阳极氧化膜，靠吸附染料而着色。

1.5 自发色阳极氧化膜

这种阳极氧化膜是某种特定铝材在某种合适的电解液（通常以有机酸为基）中在电解作用下，由合金本身自发地生成一种带色的阳极氧化膜。

1.6 电解着色

阳极氧化膜的着色，通过氧化膜的孔隙被金属或金属氧化物电沉积而着色。

1.7 光亮阳极化

其主要特性是使铝的表面具有高的镜面反射率。

1.8 防护性阳极化

阳极氧化后的特性为耐磨、耐蚀，至于外观则是次要的或无关紧要的。

1.9 装饰性阳极化

阳极氧化主要使外表均匀、美观。

1.10 建筑业阳极化

建筑业阳极氧化要求的特点是外观和寿命至关重要，因为它的工作条件具有永久曝置性和静止性的特点。

1.11 封闭

铝在阳极氧化之后进行水合封孔处理，以减少氧化膜中的孔隙及吸附能力。

1.12 有效表面

物件表面覆有涂层及氧化膜的部分，这部分氧化膜的性能和外观都很重要。

1.13 测量面积

在有效表面上可供一次测试的面积。

“测试面积”的定义可作如下规定：

- a. 用重量法时，“测量面积”是指去掉氧化膜的这部分面积；
- b. 用于阳极溶解法时，该面积部分是指蜂窝状绝缘环所包围的面积；
- c. 用于显微法时，该面积是指可供一次性测试的部分；
- d. 用于无损检验法时，该面积指探针区或感应读数区。

1.14 参比面积

在参比面积内可作一系列一次性试验。

1.15 局部厚度

所测厚度的平均值，这是指参比面积内测量的一系列厚度的平均值。

1.16 最小局部厚度

指局部厚度的最小值，它是在某一氧化件的有效表面上测得的。

1.17 最大局部厚度

指局部厚度的最大值，它是在某一物件的有效表面上测得的。

1.18 平均厚度

指用重量法所得的数据，或者指在有效表面上测得的一系列厚度的平均值。

2 铝阳极氧化分类须知

多数铝及铝合金都可以进行阳极氧化（参见2.4），阳极氧化后的许多特性数据有很大差别，这些特性数据如氧化膜外观、颜色、最大厚度、反射率、耐磨性、耐蚀性及击穿电压等等。铝的阳极氧化膜在许多工程应用上表现出了很好的防护性能，对于那些要求特殊外观的氧化膜（例如要求外观均匀、表面光亮的阳极氧化膜）便应选择一些特级铝材。生产这种特级铝材，最主要的是要控制铝材的化学成分、冶金工艺和加工工艺之间的关系，以便提供一种高标准光亮的制造工艺和配合相应的阳极氧化工艺。铝的级别是很难划分的，因为为了不断满足特殊工业和用户之间的要求，在制的应用范围方面有了很大的扩展。另外，在各种铝材的品位等级方面也很难有一个清晰的分界线。

下面提到的一些标准方法，仅适用于一般性的检验，而这些标准方法是根据铝的最终用途确定的。作为阳极氧化的生产单位，必须明确产品的最终用途，特别需要强调的是在铝材的生产厂家与用户之间要有良好的合作和明确的合同书。

2.1 建筑材料的质量

这种材料半成品经阳极氧化之后，应在距离不小于3m处进行外观观察，其表面基本上要达到均匀一致。

同一材料，由于批次和形状不同，阳极氧化后的外观和颜色会稍有不同。有些缺陷，如亮斑、条纹及其他宏观缺陷，有时需要通过严格检查或通过不同角度观察才能发现。上述所讲的这些缺陷在任何情况下都不会影响氧化膜质量。有关这类缺陷的验收标准可由用户规定（参见第4章）。

有些特殊合金已经发展到自然发色阳极氧化的方法，并且必须要拟订一些特殊的表面处理工艺。

2.2 装饰质量

对于装饰品的质量检验，当从0.5m距离去观察时应该有特别均匀的外观。根据材料和阳极氧化处

理的特点，装饰性处理可以按毛面处理，亮度处理和半散射状的处理，但不应有其他缺陷。

2.3 光亮阳极化的质量

光亮阳极化的材质宜选用纯铝锭（99.7%）和高纯锭（99.99%）。尤其重要的是要控制金属的制造工艺。另外只有采用特殊的加工工艺、化学处理和电化学处理才能保证在阳极化后有着高镜面的表面质量。

2.4 一般工程的质量

绝大部分铝材是属于这类阳极化处理，这种阳极化处理要求氧化膜连续和有较好的防护性能，对它的外观无需十分注意。

高铜、高硅和高锌的铝合金在阳极氧化的质量方面是一个问题，因此有些协议需要征求供需双方意见，当铜含量超过3%时，所得氧化膜的防护性能是较差的。

3 表面状态

3.1 阳极氧化前的表面预处理，对表面的最终外观及其状态有着较大的影响。不同的表面处理可以得到各式各样的图案花纹。

机械抛光使表面平滑而光亮。

化学抛光或电化学抛光可以使特殊铝材获得很光亮的表面。

在一般情况下，抛光材料和未经抛光材料经过化学浸蚀工艺处理之后，可以获得不同程度的表面。

另外，机械加工方法，可以获得不同的表面状态，例如采用机械磨刷，皮带磨光和旋轮磨光等方法，可以得到不同程度的有方向性的粗糙表面，而与浸蚀处理而得的无方向性粗糙面大不相同。机械加工比化学预处理的优点是具有较好的重现性。金属组织和化学成分对它的影响较小，另外机械抛光可以把不很深的表面缺陷去掉。

3.2 表面处理状态应由阳极氧化生产厂家和用户双方协定。必要时可以确定一个标准样片。它是指导生产的有力保证。但也应该承认这种标样有时并非完全可靠，因为不同形状，不同尺寸的材料所选用的参数也稍有不同。

4 氧化膜的特性数据

下面列出了阳极氧化膜的各种参数，这些参数都有待于订货时加以规定和协商，并取得一致意见。

有些参数仅仅是对某种特殊产品才有重要意义，因此阳极氧化厂家必须要明确材料的最终用途和使用时的特殊性能。

有些性能（如镜面反射率）只有特种合金才能实现，有些性能彼此之间还是矛盾的。

- a. 厚度.....（参见第6章）
- b. 封闭质量.....（参见第7章）
- c. 颜色和外观.....（参见第8章）
- d. 耐蚀性.....（参见第9章）
- e. 耐磨性.....（参见第10章）
- f. 耐变形破裂性.....（参见第11章）
- g. 耐紫外线辐射性.....（参见第12章）
- h. 耐晒度.....（参见第13章）
- i. 光反射性.....（参见第12.2条）
 - 全反射率
 - 镜面反射率
 - 散射率
 - 反射图象清晰度

- j. 击穿电压····· (参见第14章)
- k. 膜的连续性····· (参见第15章)
- l. 氧化膜单位面积的质量
(表面密度)····· (参见第16章)

5 试验

5.1 取样方法

取样方法必须由阳极氧化生产厂家与用户双方商定。取样形状按检验标准的规定执行。

5.2 试样

一般情况下,试样只能是产品的一部分。为了便于仲裁试验和验收试验,如果双方同意,可确定一个标样,至于标样的制备条件应和生产上的条件相同。

5.3 验收试验

验收试验由阳极氧化生产厂家和用户商定。

5.4 仲裁试验

当有争议时,应按本标准规定的方法进行仲裁试验。

5.5 生产检验

控制产品生产检验可由阳极氧化生产厂家自行决定。

6 厚度

6.1 总则

阳极氧化膜的厚度用微米(μm)表示。氧化膜厚度是一个最重要的参数,因此必须加以规定。

6.2 分级

阳极氧化膜厚度的分级,可按氧化膜的最小平均厚度进行分级。厚度分级的标志为:在字母AA后加厚度级别的数字。典型的分级法见下表。

为了表征阳极氧化膜的特殊性质,可以用较高的氧化膜厚度表示。如有需要,可以采用平均氧化膜厚度表示,但在任何时候都不允许氧化膜的最小局部膜厚低于最小平均膜厚的80%。有关氧化膜厚度级别的选择应该参照国家标准自行决定。

级 别	最小平均膜厚, μm	最小局部膜厚, μm
A A 5	5	4
A A 10	10	8
A A 15	15	12
A A 20	20	16
A A 25	25	20

从实际角度出发,耐蚀性是一个重要的参数,因此阳极氧化生产厂家与用户应该对氧化膜的最小局部厚度加以规定,对平均膜厚可不作任何规定。

6.3 氧化膜厚度和单位面积质量(表面密度)的测量

氧化膜的测量方法有以下几种(可采用其中的一种或几种方法):

- a. 横截面显微法;
- b. 涡流法;

- c. 分光束显微法；
- d. 重量法。

当碰到争议时，如果氧化膜厚度等于或大于 $5\mu\text{m}$ 时，应以显微测厚法a.作为仲裁方法。如氧化膜厚度小于 $5\mu\text{m}$ 时，一般不采用显微法，而采用重量法d.，并计算出单位面积的最小质量，应用上述方法时，应该征求生产厂家与用户的同意。

测量膜厚必须在有代表性的部位进行，距阳极接触点 5mm 内以及边角外都不宜选作测膜厚的部位。

7 封闭质量

7.1 总则

氧化膜的封闭质量极为重要，无需加以说明，氧化膜都须加以封闭，只有对那些特殊声明的氧化膜才不予封闭。

7.2 封闭质量的评价

7.2.1 仲裁试验

当有争议时，应以磷铬酸浸渍重量损失法作为封闭质量的仲裁试验方法。如每平方分米氧化膜的重量损失不超过 30mg 的话，封闭质量是合格的。

7.2.2 交替式的耐酸试验

在试验中，如每平方分米氧化膜的重量损失不大于 20mg ，则这种封闭工艺是理想的。

7.2.3 导纳试验和阻抗试验

氧化膜未经染料着色，只经蒸气和热水封闭，如果其导纳值小于 $20\mu\text{s}$ （以 $20\mu\text{m}$ 氧化膜厚作为标准）。则可以认为这种封闭质量是合格的。但对于所有的暗色氧化膜，导纳值要达到 $20\mu\text{s}$ 是不可能的。另外，如精确测量的阻抗值大于 $50\text{k}\Omega$ ，同样也可以认为这种封闭方法是合格的。

对于有些种类的着色氧化膜，其数据可由阳极氧化生产厂家和用户商定。

热水封闭槽液中加入某些添加剂后，必然会影响封闭氧化膜的导纳值和阻抗值，这时应采用仲裁法（7.2.1）鉴别封闭质量。

7.3 封闭氧化膜吸附损失率的检验

如在颜色标尺上，染料吸附的额定值为1或2时，则此封闭工艺是合理的。在热水封闭槽液中添加适量添加剂之后必然影响染料的吸附能力，此时应用仲裁方法（7.2.1）鉴别封闭质量。

8 外观和颜色

8.1 阳极氧化零件，从双方同意的某一距离去观察，在有效表面上应没有肉眼可观察到的缺陷。如果用户认为外观颜色至为重要，那么这些缺陷部位和尺寸大小应由阳极氧化生产厂家和用户之间提出一个标样。

8.2 有关颜色、表面缺陷和公差都应由阳极氧化生产厂家与用户协商，有必要的話，最好建立一个双方都认可的标样。

由于阳极化铝在基体金属的表面具有双反射的性质，因此，当与着色试样作对比试验时，两种试样应放在同一平面上，并且最好在接近垂直于试样的方位上观察，两个试样的观察方向宜应相同。照射的散射光源最好放在观察者的后面。

8.3 除了另有规定之外，颜色的观察都需在散射的日光下进行观察。光线照射的方向作如下规定，在赤道北部，光线从北方照射，在赤道南部，光线从南方照射。

如果着色氧化膜在人造光下使用，则应在人造光下进行比较。

协议标样应贮藏在暗而干燥的地方。

8.4 为了控制生产过程，对颜色的记录和分级，一般采用颜色的测量仪器。

9 耐蚀性

如用户需要对阳极氧化膜作耐蚀试验,可采用 ASS法和CASS法。试验方法的选择和试验的周期,应由阳极氧化生产厂家和用户商定。

10 耐磨性

如用户需要阳极氧化膜的耐磨性试验,仪器选用和试验方法应由阳极氧化生产厂家和用户商定。

11 耐变形破裂性

如用户需要对阳极氧化膜作耐变形破裂性试验,应按国家标准规定的方法进行。实施方案可由阳极氧化生产厂家和用户商定。

12 耐晒度及耐紫外线辐射性

12.1 为了评定外观颜色的牢固度,应当采用与真实条件相同的户外曝晒试验。快速试验法只适用于着色氧化膜的生产试验,但是这种快速试验法事先已经对这种着色介质在户外作了对照性的曝晒试验。

阳极氧化铝材的着色牢度取决于着色的方法和使用的着色介质,在一些特殊的应用条件下,只有一定的着色范围比较理想,因此最好征求阳极氧化生产厂家的意见。

12.2 耐晒度

耐晒度方法是一种着色氧化膜耐晒度的快速试验法。当采用本试验方法时,对着色阳极氧化铝材的试验作如下规定:

- a. 室内使用:至少为6;
- b. 室外使用:至少为10。

12.3 耐紫外线辐射性

紫外线辐射方法是一种着色氧化膜耐紫外线辐射的试验方法。和其他耐晒度试验相比,该方法是一种较严格的试验方法。它在很短的曝晒时间内就会使着色阳极氧化膜发生颜色变化。这种方法尤其适用于建筑业方面的着色阳极氧化膜的耐晒度试验,因此适于用作生产检验。

13 光的反射性能

13.1 总则

可以对下列特性数据进行测试:

- a. 全反射率(全反射能力)
- b. 高光泽度表面的镜面反射率
 - 45°
 - 30°
 - 20°
- c. 中等或低光泽度表面的镜面反射率
 - 60°
 - 35°
 - 45°
- d. 散射反射率

这些参数可用各种光学仪器测量,各种光学仪器的差别取决于结构、价格及表面放置的方式。不同的仪器具有不同的照明系统,不同的入射角度,不同的反射角度及不同的聚光系统。因此,所测得的这些数据与选用的仪器有关。

有些数据的测定必须准备一个特别光滑的表面，并且测试工作只能在特制的试样上进行。

用户应将欲测量之特性数据通知阳极氧化生产厂家，双方还应规定测试使用的仪器及试验方法。

要想获得高光泽度表面的产品，必须采用高纯度铝锭。

13.2 全反射率

全反射率的测量方法有：

a. PRS探头测试法；

b. 积分球法。

13.3 镜面反射率（高光泽度）

光亮阳极氧化表面的镜面反射率是一个主要的特性参数。它是在平面上测定的，测定方法有：

a. 45°测量镜面反射率。本方法所用的仪器价格便宜，分辨率高，但只能测量一个参数；

b. 30°测量镜面反射率。试验中采用的简易测角仪，价格昂贵，仪器先进，能测量一系列的精确数据；

c. 20°测量镜面反射率。

13.4 镜面光泽度（中、低级光泽度）

所测量的镜面光泽度是在半散射的表面上测得的，测量方法有：

a. 60°测量镜面光泽度；

b. 35°测量镜面光泽度；

c. 45°测量镜面光泽度。

60°方法的关键在于选用一种合适的通用仪器，测量范围在30~70之间。度数的选用是根据表面的高、低光泽度决定的，表面光泽度低于30，一般选用45°，高于70时宜选用13.3中所规定的方法。

13.5 散射反射率

根据定义，全反射率为散射反射率和镜面反射率之和。因此，散射反射率不是一个独立的特性数据。它可以采用积分球法测量，或者用13.4中规定的方法所测得的镜面反射率进行计算。

14 击穿电压

当需要时，可用氧化膜绝缘性测试方法测量阳极氧化膜的击穿电压。击穿电压规定值由阳极氧化生产厂家和用户商定。

15 氧化膜的连续性

当需要时，可用硫酸铜试验法测试阳极氧化膜的连续性。氧化膜连续性的测试方法，只在氧化膜厚度小于5 μm时才适用。

氧化膜连续性的程度由阳极氧化生产厂家和用户协商而定。

16 氧化膜单位面积上的质量（表面密度）

当需要时，可用重量法（参见本标准6.3）测定氧化膜单位面积上的质量。

如果已用其他方法精确测量出氧化膜厚度，则可计算出氧化膜的表面密度。

在已知表面密度的前提下，用该法还可确定膜厚。一般常用的阳极氧化膜是在20℃硫酸溶液中阳极氧化而得到的。封闭后的氧化膜密度约为2.6 g/cm³，未经封闭的氧化膜的密度约为2.4 g/cm³。

附加说明：

本标准由东北轻合金加工厂负责起草。

本标准主要起草人高亢之、王子毅。