



# 中华人民共和国航空行业标准

HB 8751—2023

## 飞机用紧固件涂铝通用规范

General specification for fastener aluminum coating for aircraft

2023—12—29 发布

2024—07—01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

## 目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 要求	1
5 质量保证规定	3

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国航空工业集团有限公司提出。

本文件由中国航空综合技术研究所归口。

本文件起草单位：中国航空综合技术研究所、航空工业第一飞机设计研究院、上海飞机设计研究院、中航通飞研究院有限公司。

本文件主要起草人：侯 崑、米保卫、郑建锋、王咏梅、张盼霖。

# 飞机用紧固件涂铝通用规范

## 1 范围

本文件规定了紧固件树脂型有机铝涂层的技术要求、检验规则和试验方法。  
本文件适用于树脂型有机铝涂层的研制和生产。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 6739 色漆和清漆：铅笔法测定漆膜硬度  
AMS—QQ—P—416 电镀锌、电镀锡工艺  
ASTM G—85 改进的盐雾试验  
MIL—A—8625 铝及铝合金铬酸阳极氧化工艺  
MIL—R—81294 脱漆剂  
NASM 1312.9 紧固件试验方法 交替浸渍试验  
NASM 1312.12 紧固件试验方法 金属覆盖层厚度

## 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

## 4 要求

### 4.1 准备

- 4.1.1 基体金属材料应无外观缺陷或不利于保证涂层质量的缺陷。
- 4.1.2 涂覆前须消除零件在加工过程中产生的有害残余应力，消除过程不得对零件机械性能产生有害影响。
- 4.1.3 涂覆前表面应无明显侵蚀、点蚀、晶间腐蚀和其他磨损。

### 4.2 过程

- 4.2.1 允许以任何合理的工艺对零件表面进行涂覆来满足规范要求。
- 4.2.2 涂覆过程中，紧固件的温度不允许超过 230℃。
- 4.2.3 除非另有规定，涂覆工序均应在所有机械加工、成型以及其他金属加工工序后进行。应直接在工件表面进行涂覆。

### 4.3 涂层要求

#### 4.3.1 材料

铝涂层的原材料应满足相关标准的要求。

#### 4.3.2 外观

涂层应光滑、平整、均匀，且具有金黄色光泽，无气孔、暗洞、气泡、根瘤、凹坑或者其他不平整缺陷。

#### 4.3.3 厚度

按 5.5.3 测量涂层厚度，外螺纹紧固件所有工作面的涂层厚度均应在 0.005mm~0.013mm 之间，内螺纹紧固件所有工作面的涂层厚度均应在 0.005mm~0.02mm 之间。零件锐边的涂层厚度可以满足最小涂层厚的要求，但是此处涂层也应完全覆盖。紧固件头部除去工作面外的剩余面、减轻孔、内六角扳手孔及防松孔内表面等处不做涂覆要求。

#### 4.3.4 结合力

将涂铝后试件做完结合力试验后放在 4~6 倍放大镜下检查，不应出现涂层与基体金属分离现象。

#### 4.3.5 耐流体性

将涂铝后试件浸泡后，涂层应无气泡，结合力应满足 4.3.4 要求。浸泡后的紧固件与未浸泡紧固件相比，其涂层的硬度降低不应超过 2 个 HRB 硬度。

#### 4.3.6 耐脱漆剂

将涂铝后试件浸泡脱漆剂后，涂层应无气泡，结合力应满足 4.3.4 要求。浸泡脱漆剂后紧固件与未浸泡紧固件相比，其涂铝层的硬度降低不应超过 2 个 HRB 硬度。

#### 4.3.7 脆性

将涂铝后的试件暴露后检查，在头下圆角或螺纹区域不应有裂纹。

#### 4.3.8 耐热性

将涂铝后的试件在空气中加热，冷却后，其涂层不应有气泡或裂纹，结合力应满足相关标准要求。

#### 4.3.9 防腐性

对沉头紧固件涂层进行防腐性试验。试验具体要求如下。

##### 4.3.9.1 乙酸盐雾试验

进行试验后，装有涂铝紧固件的试片镡窝部分及紧固件头下支撑面的腐蚀程度不应超过装有镀隔紧固件试件的相应区域。

##### 4.3.9.2 交替浸渍试验

进行交替浸渍试验后，检查试片的镡窝部分及紧固件头下支撑面，其片状脱落和腐蚀深度不应超过表 1 中规定的极限值。试片镡窝部分的局部腐蚀部位不允许多于两处。

注：局部腐蚀是指单个区域的腐蚀深度大于表 1 中最大腐蚀深度值小于局部最大腐蚀深度值。

表 1

暴露时间(h)	最大腐蚀深度(mm)	局部最大腐蚀深度(mm)
150	无	无
250	无	0.006
500	无	0.013
750	0.025	0.050
1000	0.050	0.100

#### 4.3.10 压入力 (仅适用于螺栓)

直径规格6mm或.25inch的螺栓压入铝合金材料的力值最大不超8898N,平均压入力不超过7118N。安装孔和螺栓光杆不允许出现明显损伤,且螺栓光杆不能裸露出金属基体。

### 5 质量保证规定

#### 5.1 试件分离试验

当零件不满足规定试验要求,可以使用随炉试样进行试验。

#### 5.2 检验分类

检验分类如下:

- a) 鉴定检验;
- b) 质量一致性(验收)检验。

#### 5.3 鉴定检验

##### 5.3.1 鉴定检验时机

有下列情况之一时,应进行鉴定检验:

- a) 新产品鉴定或老产品转厂生产;
- b) 正式生产后,如结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能;
- c) 正式生产时,定期或积累一定产量后,应周期性进行一次检验;
- d) 产品长期停产后,恢复生产;
- e) 验收检验结果与上次鉴定检验结果有较大差异;
- f) 订货方认为必要时。

##### 5.3.2 鉴定检验

鉴定检验项目、方法及数量等按表2。

表 2

序号	项目	技术要求 章条号	检验方法 章条号	试件数量(件)
1	材料	4.3.1	5.5.1	按材料标准
2	外观	4.3.2	5.5.2	所有进行鉴定检验的试件都需 做外观检查
3	厚度	4.3.3	5.5.3	10
4	结合力	4.3.4	5.5.4	10
5	耐流体性	4.3.5	5.5.5	2
6	耐脱漆剂	4.3.6	5.5.6	2
7	脆性	4.3.7	5.5.7	4
8	耐热性	4.3.8	5.5.8	5
9	防腐性	4.3.9	5.5.9	按5.5.9
10	压入力	4.3.10	5.5.10	5

## 5.4 质量一致性(验收)检验

### 5.4.1 批的组成

检验批(简称批)的组成:同一炉号原材料,同一直径规格,同一涂层类型,同一涂覆条件,连续一次涂覆的零件。

### 5.4.2 加严检查

如必要更加严格的检验,可以采用全部或部分鉴定检验项目进行检验,样本数量与鉴定检验项目数量相同。

### 5.4.3 拒收和重复检验

检验时,如果有一项不合格,则拒收该产品批。不合格批,只有剔除全部有缺陷的产品,或排除产品缺陷后,方可进行再次检验。

对于进行再次检验的批,样本大小应为初次验收的两倍,并使用同样的合格质量水平(AQL)的原样本大小的合格判定数。

### 5.4.4 验收检验项目

验收检验项目、方法及数量等按表3进行。

表 3

试验项目	提交数量	抽样数量	技术要求 章条号	试验方法 章条号	允许不合格数
外观	≤15	7	4.3.2	5.5.2	0
	16~40	10			0
	41~110	15			0
	111~300	25			1
	301~500	35			1
	≥501	50			2
厚度	—	10	4.3.3	5.5.3	0
结合力	—	5	4.3.4	5.5.4	0

## 5.5 试验方法

### 5.5.1 材料

按照原材料相关标准进行。检查试件是否符合4.3.1要求。

### 5.5.2 外观

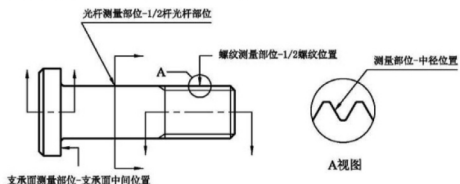
采用目视方法进行检查。检查试件是否符合4.3.2要求。

### 5.5.3 厚度

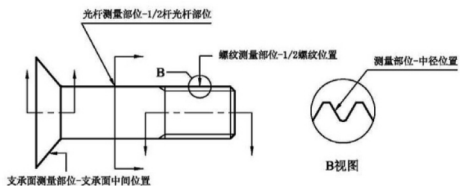
按照 NASM 1312.12 中的显微镜法进行测量,在规定的测量部位选取测量视场,单个视场的厚度应为在放大倍数为 500 倍的视场内,等距离选取 5 个测量点的厚度取平均值,其结果应满足 4.3.3 的要求。选取的测量视角场应能表征整个剖面的铝涂层厚度范围。

内螺纹紧固件螺纹部位随机选取 3 个测量视场,支承面部位随机选取 3 个测量视场,测量视场选取部位按图 1 所示。

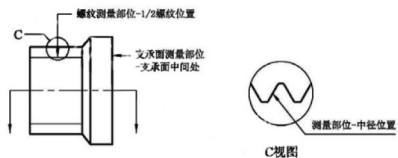
外螺纹紧固件光杆部位随机选取 2 个测量视场，螺纹部位随机选取 2 个测量视场，支承面部位随机选取 2 个测量视场，测量视场选取部位按图 1 所示。



外螺纹紧固件-凸头



外螺纹紧固件-沉头



内螺纹紧固件

图 1 涂层厚度测量位置

## 5.5.4 结合力

### 5.5.4.1 落锤法(仅适用于沉头螺栓)

抽取试样 5 件放置在落锤试验机的静负载压盘上。压平头部或者将紧固件头部碾碎至杆径。检查试件是否符合 4.3.4 要求。



#### 5.5.4.2 胶带法(仅适用于凸头螺栓)

抽取试样 5 件, 选用 3M 公司 250 号胶带贴于紧固件表面。如果螺栓杆太短不能保证胶带与涂层连续粘接, 应按压胶带使之贴紧螺栓头部或者杆部。在与螺栓表面垂直的方向上将胶带猛力去除。检查试样是否符合 4.3.4 要求。

#### 5.5.5 耐流体性

将两件已涂铝的试件或者随炉试样分别浸在 RP-3 型燃油和 YH-15 航空液压油中, 在温度为  $65^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  下保持至少 30 天。试样干燥后按 5.5.4 规定做结合力试验, 按 GB/T 6739 使用铅笔法测定涂层硬度, 结果应符合 4.3.5 要求。

#### 5.5.6 耐脱漆剂

将两件已涂铝的试件或者随炉试样浸入或者涂上 T-2 型脱漆剂(MIL-R-81294), 在室温( $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ )下, 保持 24 小时。将试样用自来水冲洗后, 按 5.5.4 进行结合力试验。按 GB/T 6739 使用铅笔法测定涂层硬度, 结果须符合 4.3.6 要求。

#### 5.5.7 脆性

将 4 件已涂铝的试件装配在 7075-T6 铝合金垫块里, 垫块上的孔与紧固件杆之间应有  $0.05\text{mm} \sim 0.10\text{mm}$  的干涉量, 试件所受预紧力为额定载荷的 80%, 在  $150^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  温度下暴露 72 小时。暴露后, 将紧固件从铝垫块上取下剖开, 放大约 200 倍进行金相检查, 结果须符合 4.3.7 要求。

#### 5.5.8 耐热性

将 5 件已涂铝的试件在空气中加热到  $190^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ , 保温 4 小时。然后在空气中冷却, 结果须符合 4.3.8 要求。

#### 5.5.9 防腐蚀性

##### 5.5.9.1 试片安装

试片如图 2 所示, 材料为 7075-T6 铝合金板材。铝块在钻孔和镗窝前按 MIL-A-8625 进行阳极化。用卡圈(或者螺母)将已涂铝的紧固件安装到试片上。孔径与紧固件杆径之间应有  $0.05\text{mm} \sim 0.10\text{mm}$  的间隙量。安装 5 个紧固件在试片上, 第 6 个孔空留, 以便观察未加保护的 7075-T6 铝合金板材暴露在腐蚀环境下的腐蚀状况和脱落状况。装配好后, 应用甲基酮溶剂对试验件进行清洗, 以便去除所有油脂和指印。之后在自来水中冲洗, 然后在空气中干燥。

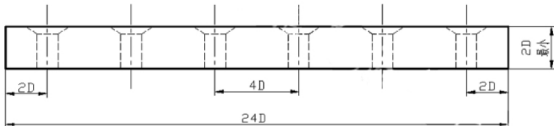


图 2 腐蚀试验试件(D为紧固件光杆直径)

##### 5.5.9.2 乙酸盐雾试验

###### 5.5.9.2.1 试验过程

按 5.5.9.1 规定准备 2 组腐蚀试验试件, 其中一组紧固件进行涂铝; 另一组按 AMS-QQ-P-416 进行镀镉。装配好的试验件按 ASTM G-85 要求连续暴露在乙酸盐雾中 14 天。

#### 5.5.9.2.2 检测

暴露后，用一种防止损坏紧固件和孔的方法拆下所有的紧固件。在水中用刷子轻轻刷去疏松的腐蚀产物和盐沉积物。干燥后，比较两组试验件，检查是否符合 4.3.9.1 要求。

#### 5.5.9.3 交替浸渍试验

##### 5.5.9.3.1 试验过程

按 5.5.9.1 准备一组试验件，按 NASM 1312.9 中规定将试验件暴露在含盐浓度为 2.5%~3.5% 的氯化钠溶液中 1000 个小时。分别在 150、250、500、750 和 1000 小时时将一个试样从装配件上切割下来。用自来水冲洗割开剩余的部分，并用甲基酮清洗，然后再用自来水清洗并在空气中干燥后，再放回盐溶液中继续试验。

##### 5.5.9.3.2 检测

用水洗去除切割下来试件上疏松的盐沉积物，检验其是否满足 4.3.9.2 的要求。

#### 5.5.10 压入力(仅适用于螺栓)

选取 5 件直径为 6mm 或 .25inch 的螺栓，按照附录 A 进行十六醇润滑后安装在厚度为 12mm 或 .5inch 的 2024-T4 铝合金试片上，试片安装孔与螺栓杆部干涉量为 0.08mm~0.12mm。安装孔应进行倒角，倒角后的直径要比孔径大 1.4mm，在倒角边上允许有 0.8mm 的倒圆。然后以 (50±6)mm/min 的速率将螺栓压入安装孔中，直至螺栓的头下承载面与安装板接触后停止，过程中记录压入力，试验后检查螺栓光杆部位和安装孔表面损伤情况，其试验结果应满足 4.3.10 的要求。

附录 A  
(资料性附录)  
润滑说明书

本说明书规定了高锁螺栓、螺母浸涂润滑膜的工艺过程，其目的是在紧固件表面上涂覆一层十六醇薄膜，使其具有良好的润滑性能。

A.1 少量(100件以下)紧固件用十六醇加三氯乙烯涂覆过程

A.1.1 材料及设备包括：

- a) 十六醇(4级)；
- b) 三氯乙烯(4级)；
- c) 烧杯(不小于800ml)；
- d) 平玻璃(长、宽尺寸大于烧杯直径)；
- e) 水银温度计：100℃；
- f) 台秤天平：500g；
- g) 盛水铝盆 $\phi 250 \times H160\text{mm}$ ；
- h) 22~40孔铜丝网(外形比烧杯小)；
- i) 电炉： $\sim 1000\text{W}$ 。

A.1.2 工艺过程见图 A.1。

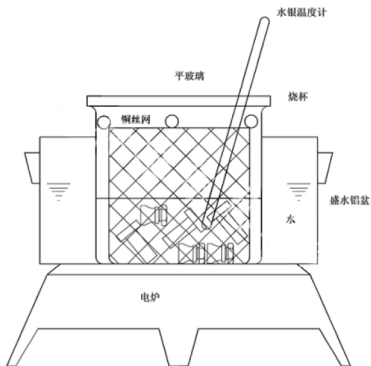


图 A.1

- A. 1. 2. 1 将盛水铝盆内的水加热至 60℃。
- A. 1. 2. 2 烧杯内倒入三氯乙烯溶剂 X 克(不能少于 300g)。
- A. 1. 2. 3 称重十六醇 Y 克 [ $Y = (6 \sim 14)\%X$  克], 将其倒入盛三氯乙烯的烧杯内。
- A. 1. 2. 4 烧杯置于铝盆热水中, 使烧杯中的溶液升温到 60℃。
- A. 1. 2. 5 将装有紧固件的铜丝网浸入烧杯溶液中保证紧固件全部浸没在溶液内, 此时溶液降温。
- A. 1. 2. 6 待溶液温度回升至 60℃时切断电源、保温 2min, 将铜丝网连同紧固件一起取出晾干待用。

注: 每次配制的十六醇三氯乙烯用量当天用完为好。

## A. 2 成批(100 件~1000 件)紧固件用十六醇加三氯乙烯涂覆过程

### A. 2. 1 材料及设备

- a) 十六醇(4 级);
  - b) 三氯乙烯(4 级);
  - c) 24cm 铝锅(有效容积 10l);
  - d) 水银温度计: 100℃;
  - e) AGT-10 普通台秤;
  - f) 盛水铝盆:  $\phi 500 \times H250\text{mm}$ ;
  - g) 22~40 孔铜丝网(外形比铝锅小);
  - h) 电炉:  $\sim 2000\text{W}$ 。
- A. 2. 2 工艺过程见图 A. 2。

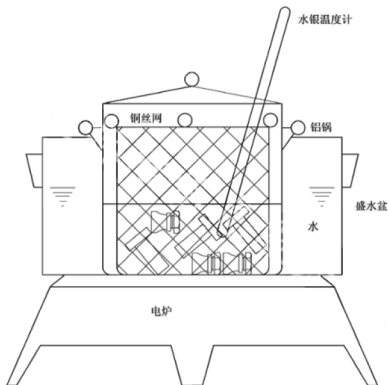


图 A. 2

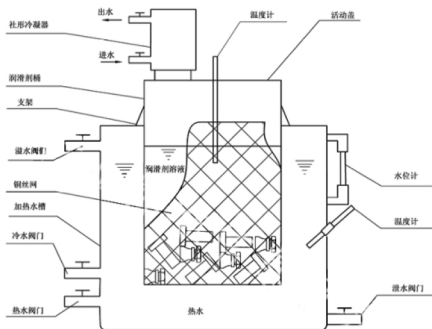
- A.2.2.1 将盛水铝盆内的水加热至 60℃~65℃。
- A.2.2.2 铝锅内倒入三氯乙烯 x 克(不能少于 3000g)。
- A.2.2.3 在台秤上称十六醇 y 克 [ $y = (6 \sim 14)\% x$  克]，切碎倒入盛三氯乙烯的铝锅中。
- A.2.2.4 铝锅置于铝盆热水中，使铝锅中的溶液升温至 60℃。
- A.2.2.5 将装有紧固件的铜丝网浸入铝锅溶液中，保证紧固件全部浸没在溶液内。此时溶液降温。
- A.2.2.6 待溶液温度回升到 60℃时，切断电源，保温 2min，将铜丝网连同紧固件一起取出晾干待用。

### A.3 成批(100件~1000件)紧固件用十六醇加石油醚涂覆过程

#### A.3.1 材料及设备包括：

- a) 十六醇(4级)；
- b) 石油醚(沸程：III类，90℃~120℃)按 HG 3—1003；
- c) 200号溶剂油；
- d) 润滑剂桶(20L)；
- e) 水银温度计：100℃，2支；
- f) AGT-10普通台秤；
- g) 加热水槽；
- h) 22~40孔铜丝网。

#### A.3.2 工艺过程(见图 A.3)



注1：润滑剂桶：为20L容积铝桶。桶盖1/3焊接固定，以便安装螺旋形冷凝器。桶盖2/3为活动盖，咬合处加软质聚乙烯塑料或毛毡垫圈，插温度计处加毛毡圈，以减少溶剂挥发。

注2：加热水槽：用2mm~3mm铝板焊成，装有热水、冷水、溢水、泄水阀门、水位计和温度表孔。

热水阀门的作用是通入热水使十六醇熔化并维持60℃温度；冷水阀门的作用是为浸涂工作结束后，把热水放出，立即通进冷水，使润滑剂溶液冷却，以减少溶剂挥发。

注3：蛇形冷凝器：蛇形管由内径8mm，长约2m~3m紫铜管制成。它使溶剂蒸气遇冷回流，减少溶剂挥发。

图 A.3

A.3.2.1 在润滑剂桶内，加入 10kg~15kg 石油醚和 200 号溶剂油的混合液，石油醚与 200 号溶剂油的质量比为 1:2。

A.3.2.2 按石油醚和 200 号溶剂油的混合液质量的 (6~14)%，称取十六醇，用刀切细加入润滑剂桶内，扣盖。

A.3.2.3 通入 70℃~80℃ 热水或蒸汽至加热水槽中进行加热，直至润滑剂完全溶解成透明溶液，并始终保持 60℃ 的温度。

A.3.2.4 将装有紧固件的铜丝网浸入润滑剂溶液中，保证紧固件全部浸没在溶液内，此时溶液降温。见图 A.3。

A.3.2.5 待溶液温度回升到 60℃ 时停止供热，保温 2min，将铜丝网连同紧固件一起取出并立刻用冷风或热风将紧固件吹干。

### A.3.3 安全注意事项

A.3.3.1 由于石油醚和 200 号溶剂油易挥发、易着火，因此，浸涂工作间绝对禁止有明火。

A.3.3.2 要建立专用的浸涂工作间，面积 10m<sup>2</sup>~15m<sup>2</sup>，门窗、房顶、灯光、电源等均应考虑防火，并有排风设备。

## A.4 润滑剂溶液浓度简单测定方法

A.4.1 在实际操作中，由于加热到 60℃ 溶剂不断挥发，溶液便不断浓缩，需要对浓度进行简单测定。方法如下：

a) 仪器：10mL 玻璃量筒一个，瓷蒸发皿一个（容量约 75ml）；

b) 操作过程：

用 10mL 量筒取已加热到 60℃ 的润滑剂溶液 10mL 左右，倒入重量为 G 克的瓷蒸发皿中，称得（瓷蒸发皿加溶液）重量 P<sub>1</sub>（克）。

将瓷蒸发皿置于水盆中加热，使溶剂彻底蒸发，然后取出瓷蒸发皿并放冷，称得瓷蒸发皿加十六醇重量 P<sub>2</sub>（克）。

按公式(A.1)计算重量比

$$\left(\frac{\text{十六醇}}{\text{溶剂}}\right)\text{重量比} = \frac{P_2 - G}{P_1 - P_2} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

例：P<sub>1</sub> = 56.5g P<sub>2</sub> = 41.5g G = 40g

计算

$$\left(\frac{\text{十六醇}}{\text{溶剂}}\right)\text{重量比} = \frac{41.5 - 40}{56.5 - 41.5} \times 100\% = \frac{1.5}{15} \times 100\% = 10\%$$

A.4.2 在有密度计的情况下，使用密度计更方便可靠，现将数据列出：

a) 十六醇加三氯乙烯润滑时按表 A.1：

表 A.1

$\left(\frac{\text{十六醇}}{\text{三氯乙烯}}\right)\text{重量比}$	溶液比重 g/cm <sup>3</sup>
6%	1.41
14%	1.34
注：用密度计测量时，必须用十六醇，不能用混合醇。	

b) 十六醇加石油醚润滑时：

由于石油醚、200号溶剂油产品标准中没有规定比重，故无法列出数据。

---