

ICS 71.100.10

CCS H 61



团体标准

T/CEATEC XXX-2025

高精度冷轧铝薄材表面处理工艺规范

High-precision cold-rolled aluminum sheet surface treatment process
specification

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 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 总体要求 1

 4.1 基材技术要求 1

 4.2 设备要求 2

 4.3 人员要求 2

5 工艺流程与预处理 2

 5.1 工艺流程 2

 5.2 预处理 2

 5.3 工艺参数 3

6 表面处理工艺 3

 6.1 机械表面处理 3

 6.2 化学表面处理 4

 6.3 阳极氧化 4

 6.4 涂层处理 5

7 检验方法与质量控制 6

 7.1 检测设备要求 6

 7.2 检测方法与频次 6

 7.3 质量判定规则 6

8 标志、包装、运输与贮存 6

 8.1 标志要求 6

 8.2 包装规范 7

 8.3 运输与贮存 7

9 安全与环保要求 7

 9.1 化学品管理 7

 9.2 废气处理 8

 9.3 废水处理 8

 9.4 职业健康 8

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

高精度冷轧铝薄材表面处理工艺规范

1 范围

本文件规定了高精度冷轧铝薄材的总体要求、工艺流程与预处理、表面处理工艺、检验方法与质量控制、标志、包装、运输与贮存、安全与环保要求。
本文件适用于高精度冷轧铝薄材。

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本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 3880.3 一般工业用铝及铝合金板、带材 第3部分：尺寸偏差
- GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分
- GB/T 3199 铝及铝合金加工产品包装、标志、运输、贮存
- GB/T 4957 非磁性基体金属上非导电覆盖层 覆盖层厚度测量 涡流法
- GB/T 6739 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度
- GB/T 8753.1 铝及铝合金阳极氧化 氧化膜封孔质量的评定方法 第1部分：酸浸蚀失重法
- GB/T 9286 色漆和清漆 划格试验
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 10610 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法
- GB/T 11186.2 涂膜颜色的测量方法 第二部分：颜色测量
- GB 16297 大气污染物综合排放标准
- ISO 105-B02 纺织品 色牢度试验 第B02部分：耐人造光色牢度：氙弧灯褪色测试

3 术语和定义

GB/T 3199界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高精度冷轧铝薄材 High-Precision Cold-Rolled Aluminum Sheet

经精密冷轧工艺制成、厚度公差 $\leq \pm 0.1\text{mm}$ 且表面粗糙度 $R_a \leq 0.2\ \mu\text{m}$ 的铝材薄板/带材，具有均匀微观组织，专用于需超精密表面处理的电子元件、光学器件及新能源电池集流体等领域。

4 总体要求

4.1 基材技术要求

高精度冷轧铝薄材在表面处理前应满足以下技术要求：

- a) 化学成分：符合 GB/T 3190 规定的 1XXX 系（纯铝）、3XXX 系（Al-Mn）、5XXX 系（Al-Mg）合金成分范围，其中 Fe 含量 $\leq 0.25\%$ ，Si 含量 $\leq 0.20\%$ （高硅合金除外），以保证表面处理均匀性；
- b) 力学性能：抗拉强度 $R_m = 80 \sim 150\text{MPa}$ （O 态）或 $150 \sim 280\text{MPa}$ （H14 态），伸长率 $A_{50\text{mm}} \geq 15\%$ （厚度 $> 0.5\text{mm}$ ）或 $\geq 8\%$ （厚度 $\leq 0.5\text{mm}$ ）；

- c) 厚度公差:按 GB/T 3880.3 的 PT 级精度,厚度 $\leq 0.5\text{mm}$ 时公差 $\pm 0.02\text{mm}$, $0.5\sim 1.0\text{mm}$ 时 $\pm 0.03\text{mm}$, $1.0\sim 2.0\text{mm}$ 时 $\pm 0.05\text{mm}$;
- d) 表面质量:原始表面粗糙度 $R_a \leq 0.2\text{ }\mu\text{m}$, 无擦划伤、压痕、辊印等缺陷,允许有轻微色差但不得影响后续处理。

4.2 设备要求

使用设备应符合下列规定:

- a) 表面处理生产线:应具备完善的自动化控制系统,能够精确控制工艺参数,如温度、时间、浓度、电流密度等;
- b) 前处理设备:应包括脱脂槽、碱蚀槽、中和槽等,各槽体应具有良好的耐腐蚀性,且配备加热、搅拌、过滤等装置,以保证处理液的均匀性和稳定性。脱脂槽温度控制范围一般为 $40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$,碱蚀槽温度控制在 $45^{\circ}\text{C}\sim 65^{\circ}\text{C}$;
- c) 化学转化膜处理设备和阳极氧化设备:应配备冷却装置,以控制反应过程中的温度,确保膜层质量。在阳极氧化过程中,电解液温度一般控制在 $18^{\circ}\text{C}\sim 22^{\circ}\text{C}$;
- d) 涂漆(涂装)设备:应根据所采用的涂装工艺(如喷涂、辊涂等)选择合适的设备,且具备良好的通风、废气处理和漆雾回收装置,以满足环保要求;
- e) 质量检测设备:应齐全,包括测厚仪、光泽度仪、色差仪、盐雾试验箱、划格器等,且定期进行校准和维护,以保证检测数据的准确性。测厚仪的测量精度应达到 $\pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$ 。

4.3 人员要求

操作人员应符合下列要求:

- a) 表面处理:应经过专业培训,熟悉表面处理工艺和设备操作规程,具备相应的技能和经验;
- b) 质量检验:应经过专门的培训,掌握质量检验标准和方法,能够正确使用各种检测设备进行检测和判定。

5 工艺流程与预处理

5.1 工艺流程

铝薄材 $\rightarrow$ 预处理(脱脂、酸洗) $\rightarrow$ 表面钝化 $\rightarrow$ 喷涂防护层 $\rightarrow$ 固化 $\rightarrow$ 检测 $\rightarrow$ 包装

5.2 预处理

5.2.1 脱脂清洗:

具体条件如下:

- a) 采用碱性脱脂液($\text{pH}=9\sim 11$);
- b) 工艺参数:温度 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$,浸泡时间 $3\sim 8\text{min}$,喷淋压力 $0.1\sim 0.2\text{MPa}$;
- c) 质量要求:水膜连续时间 $\geq 30\text{s}$ (按 GB/T 13312 检验)。

5.2.2 水洗:

具体条件如下:

- a) 两级逆流水洗,电导率 $\leq 50\text{ }\mu\text{S/cm}$ (第一级)和 $\leq 20\text{ }\mu\text{S/cm}$ (第二级);
- b) 水温 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$,喷淋流量 $\geq 10\text{L/min}\cdot\text{m}^2$ 。

5.2.3 碱蚀处理:

具体条件如下:

- a) 溶液:NaOH $40\sim 60\text{g/L}$,铝离子 $\leq 20\text{g/L}$,温度 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$,时间 $30\sim 120\text{s}$;
- b) 减量控制:单面蚀刻量 $1\sim 3\text{ }\mu\text{m}$,表面粗糙度变化 $\leq 0.1\text{ }\mu\text{m}$ 。

5.2.4 中和处理:

具体条件如下:

- a) 硝酸(30%体积浓度)或混合酸(硝酸:氢氟酸=10:1),温度室温,时间 $1\sim 3\text{min}$;
- b) 目的:去除表面黑灰及残留碱液。

5.2.5 去离子水洗:

电导率 $\leq 5\text{ }\mu\text{S/cm}$ ，确保表面无离子残留。

5.3 工艺参数

预处理工艺参数应符合表 1 的规定。

表 1 预处理工艺参数控制表

工序	溶液组成	温度（℃）	时间	关键控制点	检测方法
脱脂	Na ₃ PO ₄ 20~30g/L Na ₂ CO ₃ 15~25g/L	50~60	3~8min	水膜连续 $\geq 30\text{s}$	GB/T 13312
一次水洗	自来水	40~50	喷淋 1min	电导率 $\leq 50\text{ }\mu\text{S/cm}$	在线电导仪
碱蚀	NaOH 40~60g/L	40~50	30~120s	减量 1~3 μm	称重法
二次水洗	自来水	常温	喷淋 1min	电导率 $\leq 20\text{ }\mu\text{S/cm}$	在线电导仪
中和	HNO ₃ 30% vol	室温	1~3min	表面润湿均匀	目视检查
去离子水洗	DI 水	室温	喷淋 2min	电导率 $\leq 5\text{ }\mu\text{S/cm}$	在线电导仪

6 表面处理工艺

6.1 机械表面处理

6.1.1 拉丝处理：

6.1.1.1 工艺原理

采用砂带磨削形成线性纹路，砂带规格选用#600~#2000目（依粗糙度要求而定）。

6.1.1.2 技术参数

具体参数如下：

- a) 砂带线速度：15~25m/s；
- b) 进料速度：3~10m/min；
- c) 压力：0.05~0.2MPa。

6.1.1.3 质量要求

具体要求如下：

- a) 表面粗糙度 $R_a=0.4\sim 1.6\text{ }\mu\text{m}$ ；
- b) 纹路均匀一致，无色差、烧伤、漏磨现象；
- c) 厚度减薄量 $\leq 0.02\text{mm}$ 。

6.1.2 喷砂处理：

6.1.2.1 工艺参数

具体参数如下：

- a) 磨料：玻璃珠（100~140 目）或白刚玉（#180~#220）；
- b) 空气压力：0.5~0.7MPa（500~700kPa）；
- c) 喷嘴距离：200±20mm；
- d) 喷嘴角度：30° ±5° ；
- e) 移动速度：100±20mm/s。

6.1.2.2 质量要求

具体要求如下：

- a) 表面粗糙度 $R_a=1.5\sim 1.8\text{ }\mu\text{m}$ ；
- b) 表面均匀无光斑，无过度喷砂导致的边缘倒角；
- c) 厚度减薄量 $\leq 0.03\text{mm}$ 。

6.2 化学表面处理

6.2.1 化学氧化（无铬钝化）：

6.2.1.1 工艺流程

脱脂→水洗→化学氧化→水洗→干燥

6.2.1.2 溶液配方

具体参数如下：

- a) 氟锆酸：2~4g/L；
- b) 硝酸：5~10mL/L；
- c) 有机添加剂：1~3g/L（含硅烷偶联剂）；
- d) pH=3.8~4.5，温度 25~35℃，时间 1~3min。

6.2.1.3 膜层特性

具体参数如下：

- a) 膜厚 0.3~1.0 μm，无色透明；
- b) 盐雾试验（NSS）≥100h（按 GB/T 10125）；
- c) 接触电阻≤0.9 Ω/mm²（电极压力 1kg/mm²）。

6.2.2 化学蚀刻：

6.2.2.1 纹理蚀刻

具体参数如下：

- a) 蚀刻液：FeCl₃ 150~250g/L，HCl 50~100mL/L；
- b) 温度：40~50℃，时间：30~120s；
- c) 表面纹理深度 5~20 μm，粗糙度 Ra=1.0~3.0 μm。

6.2.2.2 光面蚀刻

具体参数如下：

- a) 蚀刻液：H₃PO₄/HNO₃/CH₃COOH 混合酸（比例 7：2：1）；
- b) 温度：80~90℃，时间：15~60s；
- c) 表面粗糙度 Ra≤0.1 μm，光泽度≥85%（60°角测量）。

6.3 阳极氧化

6.3.1 普通阳极氧化：

6.3.1.1 工艺参数

具体条件如下：

- a) 电解液：硫酸 150~200g/L，铝离子 5~15g/L；
- b) 温度：18~22℃，电压：12~18V DC；
- c) 电流密度：1.0~1.5A/dm²，时间：20~40min（依膜厚要求）。

6.3.1.2 膜层性能

具体参数如下：

- a) 膜厚控制：AA10 级（10±2 μm），AA15 级（15±2 μm）；
- b) 硬度：≥250HV；
- c) 孔隙率：10~15 亿个孔/cm²。

6.3.2 硬质阳极氧化：

6.3.2.1 工艺参数

具体条件如下：

- a) 电解液：硫酸 120~150g/L，温度：-5~5℃；
- b) 电流密度：2.5~4.5A/dm²，电压：40~70V DC；
- c) 时间：40~90min。

6.3.2.2 膜层性能

具体参数如下：

- a) 膜厚：50~80 μm；
- b) 硬度：≥400HV；
- c) 耐磨性：磨耗系数≤0.5mg/1000 转（Taber 磨耗仪）；
- d) 绝缘性：击穿电压≥500V。

6.3.3 封闭处理：

6.3.3.1 工艺选择

具体条件如下：

- a) 热水封闭：95~100℃，pH=5.5~6.5，时间 20~40min，膜膨胀封闭孔隙；
- b) 中温封闭：60~80℃，含 Ni²⁺、F⁻ 封闭剂，时间 10~20min；
- c) 冷封闭：25~35℃，镍氟系封闭剂，时间 8~15min。

6.3.3.2 质量指标

具体指标如下：

- a) 封孔失重≤30mg/dm²（磷铬酸法）；
- b) 染色试样耐晒度≥7 级（ISO 105-B02）；
- c) 酸溶解试验无变色。

6.4 涂层处理

6.4.1 电泳涂装：

6.4.1.1 工艺参数

具体参数如下：

- a) 涂料类型：阴极电泳漆（丙烯酸、环氧）；
- b) 固体含量：10%~15%，pH=5.8~6.5；
- c) 电压：100~200V，时间：120~180s；
- d) 烘烤条件：160~180℃×20~30min。

6.4.1.2 膜层性能

具体参数如下：

- a) 膜厚：阳极氧化膜≥10 μm+电泳漆膜≥7 μm（复合膜≥16 μm）；
- b) 铅笔硬度≥2H；
- c) 附着力 0 级（划格法）；
- d) 耐碱试验（5%NaOH）240h 无变化。

6.4.2 静电喷涂：

6.4.2.1 工艺类型

具体类型如下：

- a) 粉末喷涂：环氧-聚酯混合粉末，粒径 30~50 μm，膜厚 40~120 μm，固化条件 200℃×10min，光泽度为高光（≥85%）、半光（40~60%）、哑光（≤30%）；
- b) 氟碳喷涂：PVDF 树脂（70%以上氟含量），膜厚≥30 μm（二涂一烘），固化条件 230℃×15min，耐候性为 10 年失光率≤15%（QUV 4000h）。

6.4.2.2 质量要求

具体要求如下：

- a) 色差 $\Delta E \leq 1.0$ （标准板比对）；
- b) 反冲试验无开裂（冲击能量 $5\text{kg} \cdot \text{cm}$ ）；
- c) 耐溶剂性（丁酮擦拭） ≥ 100 次无露底。

7 检验方法与质量控制

7.1 检测设备要求

具体要求如下：

- a) 膜厚检测仪：涡流测厚仪（按 GB/T 4957 校准），分辨率 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ ；
- b) 粗糙度仪：接触式轮廓仪，探针半径 $2\text{ }\mu\text{m}$ ，量程 $\pm 100\text{ }\mu\text{m}$ ；
- c) 盐雾试验箱：符合 GB/T 10125 要求，温度控制 $\pm 1^\circ\text{C}$ ；
- d) 附着力测试仪：划格器（刀距 $1\text{mm}/2\text{mm}$ ），百格刀；
- e) 色差仪：D65 光源， $8^\circ/\text{d}$ 光学结构，测量孔径 $\geq 8\text{mm}$ 。

7.2 检测方法 with 频次

表2 表面处理层检测项目与方法

检测项目	检测标准	检测频次	接收准则	不合格处理
膜厚	GB/T 4957	每批次/2h	AA15 级：平均 $\geq 15\text{ }\mu\text{m}$ 局部 $\geq 12\text{ }\mu\text{m}$	返工或降级
粗糙度	GB/T 10610	每批次	$Ra \leq 0.2\text{ }\mu\text{m} \pm 0.05\text{ }\mu\text{m}$	调整工艺参数
附着力	GB/T 9286	每班次	0 级（无脱落）	拒收
硬度	GB/T 6739	每日	$\geq 2\text{H}$ （涂层）	调整固化条件
耐蚀性	GB/T 10125	每周	AA15 级：32h 无腐蚀	工艺审核
封孔质量	GB/T 8753.1	每批次	失重 $\leq 30\text{mg}/\text{dm}^2$	延长封闭时间
色差	GB/T 11186.2	每批次	$\Delta E \leq 1.0$	调整涂料参数

7.3 质量判定规则

7.3.1 合格批

关键项目（膜厚、附着力、耐蚀性）100%合格，次要项目（色差、光泽度）不合格率 $\leq 5\%$ 。

7.3.2 让步接收

关键项目达到低一级要求（如 AA15 级膜厚达 AA10 级），且客户书面确认。

7.3.3 拒收批

出现以下任一情况：

- a) 膜厚低于 AA10 级要求；
- b) 附着力 >1 级（划格法）；
- c) 盐雾试验 16h 内出现基体腐蚀；
- d) 表面存在不可修复缺陷（起泡、剥落、色斑）。

8 标志、包装、运输与贮存

8.1 标志要求

每件产品应在醒目位置粘贴永久性标签，内容包括：

- a) 生产厂家名称/商标；
- b) 产品批号（含生产日期）；

- c) 基材牌号及状态;
- d) 表面处理类型;
- e) 执行标准号;
- f) 质检合格印章。

8.2 包装规范

8.2.1 内包装

具体参数如下:

- a) 采用中性防锈纸 (pH=6.5~7.5) 单张隔离;
- b) 边角加装 PVC 或 EPE 护角;
- c) 湿度指示卡 (要求 $\leq 40\%RH$)。

8.2.2 外包装

具体参数如下:

- a) 防水防潮复合纸箱 (符合 GB/T 3199 要求);
- b) 箱内放置干燥剂 (每箱 $\geq 20g/m^3$);
- c) 箱体印刷防潮、防压、防倒置标识。

8.2.3 卷材包装

具体参数如下:

- a) 钢制可拆卸卷筒, 内径 $\Phi 505mm$;
- b) 外层缠绕 PE 拉伸膜+防锈铝箔复合材料;
- c) 端面加装 ABS 塑料护板。

8.3 运输与贮存

8.3.1 运输要求

具体要求如下:

- a) 运输工具清洁干燥, 有防雨措施;
- b) 避免与酸、碱、盐类物质混装;
- c) 堆码高度 $\leq 1.5m$ (平板材), ≤ 3 层 (卷材)。

8.3.2 贮存条件

具体条件如下:

- a) 库房温度 $10\sim 35^{\circ}C$, 相对湿度 $\leq 60\%$;
- b) 离地垫高 $\geq 150mm$, 离墙距离 $\geq 500mm$;
- c) 贮存期 ≤ 12 个月 (阳极氧化产品), ≤ 6 个月 (涂层产品)。

8.3.3 特殊要求

具体要求如下:

- a) 电子级产品应在洁净室 (Class 10000 级) 拆包;
- b) 光学用产品拆包后需在 48h 内加工。

9 安全与环保要求

9.1 化学品管理

具体要求如下:

- a) 硫酸、硝酸等强酸应储存在双防泄漏托盘内, 容积 $\geq 110\%$ 最大容器;
- b) 槽液添加采用自动计量系统, 误差 $\leq \pm 3\%$;
- c) 建立化学品安全技术说明书 (MSDS) 数据库, 现场配备应急处理装置。

9.2 废气处理

具体要求如下：

- a) 酸雾处理：采用两级喷淋塔（第一级碱液 $\text{pH} \geq 10$ ，第二级清水）；
- b) 有机废气：活性炭吸附+RCO催化燃烧装置，净化效率 $\geq 95\%$ ；
- c) 排放标准：符合《大气污染物综合排放标准》（GB 16297）。

9.3 废水处理

具体要求如下：

- a) 含酸废水：石灰中和 $\rightarrow$ 絮凝沉淀 $\rightarrow$ pH调节 $\rightarrow$ 达标排放（ $\text{pH}=6\sim 9$ ）；
- b) 含镍废水：离子交换树脂处理，镍浓度 $\leq 0.1\text{mg/L}$ ；
- c) 含氟废水：钙盐沉淀法，氟浓度 $\leq 5\text{mg/L}$ 。

9.4 职业健康

具体要求如下：

- a) 操作人员需佩戴全面罩防护面具（酸处理区）、防尘口罩（喷砂区）；
 - b) 每半年进行一次职业健康体检（重点检查肺功能、皮肤、牙齿）；
 - c) 噪声区域（ $\geq 85\text{dB}$ ）配备耳塞，每日暴露时间 $\leq 4\text{h}$ 。
-