ICS 77.150.01
CCS H 61

T/CS

团 体 标 准

T/CS 544—2026

铝合金型材数字化加工要求

Requirements for digital processing of aluminum alloy profiles

2026－07－31 发布 2026－07－31 实施

中国商品学会 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　缩略语 1
5　开工准备 2
6　加工流程 3
7　加工技术要求 4
8　成品质量要求 5
9　检验 6
10　环保要求 6

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。

本文件由云南瑞业新型建材有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：云南瑞业新型建材有限公司、贵州亚兴建筑工程劳务有限公司、佛山市南海区恒鑫通达铝材店、曲靖宏欣达商贸有限公司、北京联合利来企业管理有限公司。

本文件主要起草人：李家腾、李吓忠、谢俊儿、陈文玉、范金余、丁健中。

铝合金型材数字化加工要求

1 范围

本文件规定了铝合金型材数字化加工的开工准备、加工流程、加工技术要求、成品质量要求、检验及环保要求。

本文件适用于铝合金型材的数字化加工。

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 1732 漆膜耐冲击测定法

GB/T 5237.1 铝合金建筑型材 第 1 部分：基材

GB/T 6892 一般工业用铝及铝合金挤压型材

GB/T 9286 色漆和清漆 划格试验

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB/T 16865 变形铝、镁及其合金加工制品拉伸试验用试样及方法

GB 25465 铝工业污染物排放标准

GB/T 31962 污水排入城镇下水道水质标准

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50187 工业企业总平面设计规范

GB 55037 建筑防火通用规范

GBZ 1 工业企业设计卫生标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数字化加工 digital processing

通过数字化控制的挤压、前处理、喷涂、固化、木纹转印等工序，实现型材成型与表面处理的过程。

3.2

木纹转印 wood grain transfer printing

通过贴木纹纸、烘烤固化，将木纹图案转印至喷涂后型材表面的工艺。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CAD：计算机辅助设计（Computer-Aided Design）

CAE：计算机辅助工程（Computer-Aided Engineering）

CAM：计算机辅助制造（Computer-Aided Manufacturing）

MES：制造执行系统（Manufacturing Execution System）

MSDS：化学品安全技术说明书（Material Safety Data Sheet）

PVDF：聚偏二氟乙烯（Polyvinylidene Fluoride）

QMS：质量管理系统（Quality Management System）

RoHS：限制在电气和电子设备中使用某些有害物质的指令（Restriction of Hazardous Substances）

5 开工准备

5.1 工艺文件

铝合金型材数字化加工前应完成工艺文件的数字化准备、校核与确认，具体包括：

a) 产品三维 CAD 设计模型，含截面、尺寸公差、表面要求、装配关系；
b) 产品可制造性分析报告，覆盖挤压、模具、喷涂、木纹、精加工全工序；
c) 挤压模具、定位夹具、喷涂挂具、检测治具的三维数字化设计图纸；
d) 数字化工艺参数表，明确加热温度、挤压速度、时效曲线、喷涂流量、固化温度等；
e) 质量控制计划，明确检验项目、频次、取样位置、判定标准；
f) 在线检测与数据采集方案，包含数据上传、报警、剔废、反馈规则；
g) 环保与安全操作规程，包含废气、废水、危废、液氨使用、燃气使用专项要求。

5.2 设备与软件

5.2.1 数字化软件

应配备铝合金型材专用数字化设计、仿真与生产管理软件，具体包括：

a) 支持三维建模、截面优化、模具结构设计与仿真；
b) 具备数字孪生建模功能，可模拟挤压金属流动、温度场、应力场；
c) 支持工艺路径编程、参数下发、数据采集、生产追溯；
d) 能与 MES、QMS 系统对接，实现设计-生产-检验数据互通。

5.2.2 设备与数控接口

设备与数控接口应符合下列要求：

a) 挤压机、时效炉、立式/卧式喷涂线、固化炉、木纹炉配备数控系统；
b) 关键设备具备数字化通信接口，能实现参数下发、运行状态反馈、异常报警；
c) 配备在线视觉检测、涂层测厚、尺寸检测、力学性能检测数字化设备。

5.2.3 工业网络与数据传输

工业网络与数据传输应符合下列要求：

a) 实现车间级工业物联网/工业以太网组网，设备、传感器、中央控制系统能稳定通信；
b) 温度、压力、速度、流量、炉温曲线等数据实时上传，并支持时间同步防篡改功能；
c) 具备权限管理、数据备份、网络安全防护机制。

5.2.4 传感器与检测设备

传感器与检测设备应符合下列要求：

a) 温度、压力、位移、流量、炉温传感器定期校准，确保精度合格；
b) 视觉检测镜头、光源保持清洁，无粉尘、油污、划痕干扰；
c) 检测设备定期点检，确保测量精度满足产品公差要求。

5.2.5 设备状态检查

开机前应确认下列内容：

a) 液压系统、润滑系统、冷却系统正常，无渗漏、无过热、无异响；
b) 电气系统、伺服系统、控制柜无报警、无松动、无老化；
c) 模具、夹具、挂具安装牢固、定位准确；
d) 空运行测试正常，安全联锁、急停、报警功能有效。

5.3 场地环境

5.3.1 通用要求

5.3.1.1 加工场地的总平面布置应符合 GB 50016、GB 50187、GB 55037 及 GBZ 1 的规定。

5.3.1.2 加工车间环境条件应符合下列要求：

a） 环境温度：5 ℃～40 ℃；
b） 相对湿度：不大于 85%，无凝露；
c） 车间整洁、通风良好，粉尘、废气收集处理系统正常投用。

5.3.2 作业区域

尺寸检测、喷涂、精加工、在线检测区域应满足下列要求：
a） 无强振动、无强冲击源：区域振动加速度不大于 0.05 g，无高能冲击工况；
b） 无强电磁干扰：工位交变磁场不大于 10 A/m，大功率电磁设备距工位不小于 10 m；
c） 无强气流直吹：直吹工件风速不大于 0.5 m/s，通风风口避开加工、检测工位；
d） 地面平整、支撑稳定，满足设备水平度要求。

5.4 人员

5.4.1 操作人员

5.4.1.1 上岗前应完成数字化操作系统、所负责设备的操作规程及安全生产规范等内容的专项培训。
5.4.1.2 经考核合格后方可独立上岗操作，应熟悉本岗位的工艺流程、关键工艺参数及设定范围。
5.4.1.3 应能够识别常见设备异常和工艺异常，并按规定采取停机、报警及简单复位等应急处理措施。

5.4.2 技术人员

5.4.2.1 应掌握 CAD/CAM/CAE 等数字化设计仿真软件及数字孪生系统的使用方法。
5.4.2.2 应具备独立的工艺文件编制、工艺参数优化、工装模具调试及异常问题分析与处理能力。
5.4.2.3 应掌握相关产品标准、技术规范及产品质量检验方法与合格判定准则。

5.4.3 作业规范

所有进入生产区域人员应穿戴劳动防护用品，遵守岗位安全操作规程。

5.5 材料

5.5.1 基体材料

5.5.1.1 铝棒的牌号、化学成分及力学性能应符合 GB/T 5237.1、GB/T 6892 的规定。
5.5.1.2 尺寸、圆度和直线度偏差应满足挤压工艺的入料要求，炉批号与质保书应齐全并可追溯。
5.5.1.3 材料表面应保持清洁，不应存在油污、明显氧化皮、裂纹、气孔、缩孔、偏析瘤及影响后续加工的磕碰伤等肉眼可见的质量缺陷。

5.5.2 辅助材料

环保型碱性除油剂、氟锆酸盐无铬钝化剂、聚酯粉末涂料、PVDF 氟碳水性漆、木纹纸、液氨、保护膜等应符合下列要求：
a） 型号、规格、技术指标与工艺文件一致；
b） 在有效期内，包装完好、标识清晰；
c） 提供 MSDS、检验报告、RoHS 环保检测报告；
d） 按要求储存，防潮、防晒、防污染、防变质。

5.5.3 材料管控

5.5.3.1 所有进厂原材料应按采购计划进行入库检验，经检验不合格的材料应进行隔离存放并明确标识，不应投入使用。
5.5.3.2 不同牌号、不同规格及不同批次的材料应分区分类存放，宜采取先进先出的批次管理原则。
5.5.3.3 材料的领用、消耗与剩余退回应进行台账记录，实现从入厂到投用的完整物料追溯。

6 加工流程

铝棒加热→模具处理→挤压成型→冷却→矫直→锯切→时效→前处理→烘干→喷涂（喷塑/喷漆）→固化→木纹转印（可选）。

7 加工技术要求

7.1 铝棒加热

以天然气为燃料，加热温度控制在 400 ℃～500 ℃，升温时间 2 h～3 h，保温时间不少于 3 h 且不超过 8 h，确保铝棒热透、组织均匀。加热过程由温度传感器实时采集数据，与中央控制系统联动，超温、低温自动报警。

7.2 模具处理

7.2.1 模具焙模

采用质量分数为 15%的氢氧化钠溶液（液碱），配合压铝机清除模具内腔残留铝料。

7.2.2 模具氮化

以液氨为原料，氮化炉温度不应低于 650 ℃，氨气高温分解后在模具表面形成氮化层，提高模具耐磨性与使用寿命。

7.3 挤压成型

7.3.1 根据型材截面复杂程度、壁厚与宽度，对应选用不同型号的挤压机。

7.3.2 挤压速度由数控系统闭环控制，优先采用等温挤压技术，实时调节速度使型材出口温度恒定。

注：等温挤压是通过数字化系统实时调节挤压速度与加热功率，保持铝棒温度与型材出口温度恒定，使型材全长尺寸与力学性能均匀一致的挤压工艺。

7.3.3 对于宽厚比不小于 20 的复杂截面产品，采用专用分流组合模具，控制挤压比，防止齿部变形、扭曲、壁厚不均。

7.4 冷却

型材挤出后应采用风冷/水雾组合冷却，全程数字化控温，型材冷却至 50 ℃以下方可进入矫直工序。

7.5 矫直

7.5.1 将冷却后的型材送入数控矫直机，校正直线度、扭曲度、平面度。

7.5.2 矫直机应采用数控液压驱动，保证型材直线度、扭曲度符合设计要求。

7.6 锯切

7.6.1 矫直后的型材输送至数控锯切机，按订单长度定尺切断，去除不合格端头。

7.6.2 公称尺寸不大于 6 m 的型材，长度允许偏差±10 mm；公称尺寸大于 6 m 的型材，长度偏差由供需双方协商确定并在合同或工艺文件中注明。

7.6.3 切断端头切面倾斜度应小于 3°，无毛刺、无收口、无崩角。

7.7 时效

7.7.1 锯切合格的型材装入时效炉，按设定温度-时间曲线加热、保温、冷却。

7.7.2 时效炉应采用天然气加热与智能温控系统，设定目标温度 185 ℃，允许偏差±5 ℃，要求在 2 h 以内匀速升至工艺温度，保温时长执行 3 h～8 h，以消除挤压应力、稳定合金组织、确保型材达到 T5/T6 力学状态。

7.7.3 时效全过程温度曲线应自动记录、存储并上传至 MES 系统。

7.8 前处理

7.8.1 水洗：采用高压喷淋对型材表面进行冲洗，去除灰尘、铝屑与浮渣。

7.8.2 除油脱脂：使用环保型碱性除油剂配置脱脂液，处理时间 1 min～2 min，完全去除表面油污、

手印、氧化杂质；槽液温度、浓度、pH 值由传感器自动监测与补加。

7.8.3 三级水洗：依次采用二道自来水喷淋+一道纯水喷淋，洗净残留药剂，防止药剂带入钝化与烘干工序。

7.8.4 无铬钝化：采用氟锆酸盐无铬钝化剂，在型材表面生成均匀致密的二氧化锆（ZrO_2）转化膜，提升涂层附着力与耐腐蚀性；钝化槽液密闭循环使用，仅按损耗补充药剂，正常生产不外排废液，仅按损耗补加药剂。

注：采用氟锆酸盐等无铬钝化剂，在铝合金型材表面形成防护膜的前处理工艺。

7.9 烘干

烘干炉采用天然气间接加热，炉内温度与风速自动调节，确保型材表面完全干燥、无水印，为粉末附着提供良好条件。

7.10 喷涂

7.10.1 立式喷塑

7.10.1.1 具体步骤包括：烘干、静电喷塑、粉末回收和初步冷却。

7.10.1.2 应采用静电喷涂系统，涂层厚度控制在 50 μm～60 μm。

7.10.2 卧式喷漆

7.10.2.1 具体步骤包括：烘干、喷底漆、流平、喷面漆和流平。

7.10.2.2 底漆、面漆宜采用环保 PVDF 氟碳涂料，每层厚度约 15 μm。

7.11 固化

固化炉采用热风循环与智能温控，温度设定约 200 ℃，固化保温时间约 30 min；炉内多点测温，温度曲线实时上传，确保涂层完全流平、交联固化、无过烧、无泛黄。

7.12 木纹转印（可选）

7.12.1 具体步骤包括：喷涂固化合格型材、木纹纸裁切、真空贴纸、烘烤、冷却和撕纸。

7.12.2 木纹纸应按型材长度加长 5 cm、截面周长加长 1 cm～2 cm 精确裁切。

7.12.3 应采用真空覆膜机将木纹纸紧密压覆在型材表面，要求无皱纹、无气泡、无破裂。

7.12.4 木纹炉以天然气为热源，炉内温度稳定控制在 165 ℃～200 ℃，烘烤时间按型材截面与转印效果设定；炉温实时监控、均匀送风，油墨应充分渗透、转印完整、无色差、无糊纸。

8 成品质量要求

8.1 尺寸精度

8.1.1 型材截面尺寸、形位公差应符合图纸及设计文件要求；公称长度不大于 6 m 时，长度允许偏差为 ±10 mm；长度大于 6 m 时由供需双方协商确定。

8.1.2 型材壁厚应均匀，壁厚均匀度偏差不超过设计公称公差的±5%。

8.1.3 型材锯切端头应平整，切斜度小于 3°，无毛刺、变形、崩角。

8.2 力学性能

8.2.1 型材的抗拉强度、规定非比例延伸强度（$Rp_{0.2}$）、断后伸长率应符合 GB/T 5237.1 或相应产品标准的规定。

8.2.2 型材硬度应达到 13 HW～15 HW。

8.2.3 时效后型材内应力消除充分，使用过程不应出现变形、弯曲、回弹。

8.3 表面质量

8.3.1 喷塑/喷漆型材涂层应连续、均匀、全覆盖、光滑致密，无露底、流挂、颗粒、针孔、缩孔、橘皮、色差、发花、漏喷。

8.3.2 木纹转印型材纹理应清晰完整、层次均匀、附着力良好，无漏印、虚印、糊版、掉色、脱膜。

8.3.3　成品表面应无裂纹、腐蚀斑点、氧化夹渣、明显划伤、磕碰变形、凹坑等影响使用的缺陷。
8.3.4　涂层附着力、耐冲击性应符合第 9 章检验要求。

9　检验

9.1　尺寸检验

应对型材的外形尺寸、截面尺寸、壁厚、孔径、齿形参数、长度及形位公差进行检验。可采用卡尺、千分尺、高度尺、三坐标测量仪或在线视觉测量设备，根据生产模式实施抽检或全检。

9.2　力学性能检验

以同一炉号、同一工艺、同一规格为一批，按 GB/T 16865 截取标准试样，试样保留型材原始表面，无加工损伤；在万能材料试验机上进行拉伸试验，测定抗拉强度、规定非比例延伸强度（$R_{p0.2}$）和断后伸长率；采用硬度计进行硬度测试。

9.3　涂层性能检验

9.3.1　涂层厚度

采用涡流测厚仪在型材表面多点测量，取平均值，涂层厚度应符合工艺及设计规定值。

9.3.2　涂层附着力

按 GB/T 9286 规定进行划格试验，评定等级为 0 级或 1 级判定为合格。

9.3.3　耐冲击性

按 GB/T 1732 规定进行冲击试验，涂层应无裂纹、剥落、脱落现象。

9.4　表面质量检验

目视检查，存在争议时参照对应产品技术图纸、供需双方约定样板判定合格性。

10　环保要求

10.1　污染物的排放应符合 GB 25465 及所在地地方排放标准要求。
10.2　厂界噪声符合 GB 12348 中 3 类区要求。
10.3　生产废水应经预处理达到 GB/T 31962 的要求后，方可排入城镇下水道。
10.4　危险废物（废活性炭、废包装桶、废水性漆）应分类收集、使用专用容器密封存放，并粘贴危险废物标识。应委托持有危险废物经营许可证的单位进行转移和处置。