ICS 49.035.00
CCS V 11

团 体 标 准

T/CEATEC XXX—2025

低空飞行汽车用钛合金卡钳支架

Titanium alloy caliper bracket for low-altitude flying vehicles

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 3
2 规范性引用文件 3
3 术语和定义 3
4 一般要求 4
4.1 外观要求 4
4.2 尺寸及公差 4
5 技术要求 4
5.1 材料要求 4
5.2 物理要求 4
5.3 耐腐蚀性要求 5
5.4 安全要求 5
5.5 环境要求 5
6 试验方法 5
6.1 材料试验 5
6.2 物理试验 5
6.3 耐腐蚀性试验 5
6.4 安全试验 5
6.5 环境试验 6
7 检验规则 6
7.1 检验分类 6
7.2 检验要求 6
7.3 出厂检验 6
7.4 型式检验 6
7.5 检验报告 6
8 标志、包装、运输和贮存 7
8.1 标志 7
8.2 包装 7
8.3 运输 7
8.4 贮存 7

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。

本文件由牵头或起草单位提出。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会归口。

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。

低空飞行汽车用钛合金卡钳支架

1 范围

本文件规定了低空飞行汽车用钛合金卡钳支架的一般要求、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存等内容。

本文件适用于低空飞行汽车制动系统中使用的钛合金卡钳支架的设计、制造与检验。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法

GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法

GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.61 环境试验 第2部分：试验方法 试验和导则：大型试件砂尘试验

GB/T 2423.63 环境试验 第2部分：试验方法 试验：温度（低温、高温）/低气压/振动（混合模式）综合

GB/T 3620.1 钛及钛合金牌号和化学成分

GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分: 试验方法

GB/T 4698.29 海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 第29部分：铝、碳、铬、铜、铁、锰、钼、镍、硅、锡、钒、锆含量的测定 光电直读光谱法

GB/T 5620 道路车辆 汽车和挂车制动名词术语及其定义

GB/T 6543 运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱

GB/T 9966.16 天然石材试验方法 第16部分：线性热膨胀系数的测定

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 33217 冲压件毛刺高度

GB/T 43103 金属材料 蠕变-疲劳损伤评定与寿命预测方法

YS/T 1264 钛合金热稳定性能试验方法

3 术语和定义

GB/T 5620界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低空飞行汽车 low-altitude flying car

具备地面行驶与低空飞行能力，适用于城市与短程交通的新型交通工具。

3.2

钛合金卡钳支架 titanium alloy caliper bracket

由钛合金材料制成，用于飞行汽车制动系统中支撑卡钳结构的关键部件。

4 一般要求

4.1 外观要求

4.1.1 表面缺陷

卡钳支架表面应光洁，不应有裂纹、砂眼、气孔、缩松、夹渣等影响使用性能的缺陷，其中气孔直径应不大于0.5mm，且每平方厘米面积上气孔数量应不超过1个。

4.1.2 表面平整度

表面加工纹路应均匀、整齐，无明显划痕、磕碰伤和变形，划痕深度应不大于0.05mm，长度应不大于5mm；磕碰伤面积应不大于1mm²。

4.1.3 毛刺要求

冲压件的毛刺高度应符合GB/T 33217的规定。

4.2 尺寸及公差

低空飞行汽车用钛合金卡钳支架的尺寸及公差详见表1规定。

表1 低空飞行汽车用钛合金卡钳支架尺寸及公差要求

项目	公差
安装孔直径	±0.02mm
表面平面度	≤0.08mm/m²
重量偏差	≤±1.5%

5 技术要求

5.1 材料要求

5.1.1 钛合金牌号

卡钳支架应采用符合GB/T 3620.1要求的钛合金材料制造，典型材料如TC4。

5.1.2 化学成分要求

卡钳支架所用钛合金材料化学成分应符合表2的要求。

表2 钛合金材料的化学成分

元素	Al	V	Fe	O	N	C	H	Ti	其他元素
含量（%）	5.5～6.75	3.5～4.5	≤0.30	≤0.20	≤0.05	≤0.08	≤0.015	余量	≤0.40

5.2 物理要求

低空飞行汽车用钛合金卡钳支架的物理要求，应符合表3的要求。

表3 低空飞行汽车用钛合金卡钳支架物理要求

指标	指标要求
拉伸强度	≥900MPa
屈服强度	≥830MPa
断后伸长率	≥10%
硬度	320～380 HV10
疲劳寿命	≥1×10^7次
热稳定性	在+120℃环境下连续运行100h，性能下降≤5%
高温强度	在250℃环境下屈服强度≥700MPa
低温性能	在-55℃环境下冲击吸收功Ak≥40J，延性无脆裂
涂层附着力	≥12MPa

表面防护性能	涂层耐盐雾≥720h，无起泡、剥落
热膨胀系数	温度范围20℃-300℃，热膨胀系数应在8.0×10^{-6}～9.0×10^{-6}/℃

5.3 耐腐蚀性要求

钛合金卡钳支架在盐雾环境中持续暴露300小时后表面无白锈。

5.4 安全要求

5.4.1 安全系数

在最大工作载荷作用下，卡钳支架的强度安全系数应不小于1.5。

5.4.2 失效防护

卡钳支架应设计有失效防护结构或措施，当出现局部损伤时，不应导致整体失效。

5.5 环境要求

5.5.1 高低温要求

钛合金卡钳支架应能在-40℃至+85℃环境温度下正常工作。

5.5.2 湿度要求

钛合金卡钳支架应能在相对湿度10%至95%环境下正常工作。

5.5.3 砂尘要求

钛合金卡钳支架应能在干燥砂尘环境下稳定工作。

6 试验方法

6.1 材料试验

材料化学成分分析应按照GB/T 4698.29的要求进行。

6.2 物理试验

6.2.1 拉伸性能试验

应按照GB/T 228.1进行。

6.2.2 硬度试验

应按照GB/T 4340.1进行。

6.2.3 疲劳性能试验

应按照GB/T 43103进行。

6.2.4 热稳定性试验

应按照YS/T 1264进行。

6.2.4 冲击韧性试验

应按照GB/T 229进行。

6.2.5 热膨胀系数试验

应按照GB/T 9966.16进行。

6.3 耐腐蚀性试验

应按照GB/T 10125的要求进行。

6.4 安全试验

6.4.1 强度安全系数验证

通过有限元分析或加载试验，计算在最大工作载荷下的应力值，与材料的屈服强度进行对比。

6.4.2 失效防护试验

对卡钳支架进行局部损伤处理（如钻Φ3㎜小孔），模拟实际使用中的局部损坏情况，然后施加最大工作载荷，持续监测支架的结构完整性和制动作用力传递性能，观察是否发生整体失效，并记录基本制动功能的维持时间，确保不低于30min。

6.5 环境试验

6.5.1 高低温试验

应按照GB/T 2423.63进行。

6.5.2 湿度试验

应按照GB/T 2423.3进行。

6.5.3 砂尘试验

应按照GB/T 2423.61进行。

7 检验规则

7.1 检验分类

本文件要求的检验分为型式检验和出厂检验两类。

7.2 检验要求

生产方需建立完善质量管控体系，从原材料进厂到成品出厂全流程监督。型式检验侧重对产品全面性能验证，出厂检验聚焦常规性能抽检，确保每批次产品质量稳定。

7.3 出厂检验

7.3.1 检验时机

每批次产品生产完成、入库前，应执行出厂检验。

7.3.2 检验项目与要求

出厂检验的项目应包括外观质量、尺寸公差等。

7.3.3 判定规则及处理措施

若所有检验项目均符合要求，则判定该批产品出厂检验合格；若有不合格项，允许加倍抽样复检，复检合格则该批产品合格，否则不合格。

7.4 型式检验

7.4.1 检验时机

当以下任何情形出现时，应启动型式检验：

a) 新产品研发定型、老产品转产，需验证产品全性能适配性；

b) 产品结构、材料、工艺有重大调整（如钛合金牌号更换、锻造工艺变更），可能影响性能时；

c) 产品停产超1年恢复生产，需重新确认质量状态；

d) 出厂检验结果与过往型式检验数据差异显著，怀疑质量波动时；

e) 市场监管部门或客户要求，需第三方权威验证；

f) 正常生产周期内，每2年至少执行1次，作为质量周期性验证。

7.4.2 检验项目与要求

型式检验需覆盖本文件技术要求全部内容，逐项验证是否符合指标要求。

7.4.3 判定规则及处理措施

所有检验项目均满足标准要求，判定型式检验合格；任意一项不达标，判定不合格；检验不合格时，需暂停生产，回溯生产流程（从材料采购到成品加工）排查问题，整改后重新抽样进行型式检验，直至合格方可恢复生产。

7.5 检验报告

所有检验应出具完整的检测报告，报告应包含以下内容：

a) 基本信息：产品名称、型号、批次编号、检验日期、检验机构与检验人员；

b) 检验目的与依据：引用本标准中所依据的标准条款与测试方法；

c) 检验环境与设备清单：包括环境温度、湿度，检测仪器型号、校准证书等；

d) 试验方法与过程说明：明确测试步骤、试样位置、处理流程；

e) 检验数据：列出各性能项的原始测量数据和计算结果；

f）检验结论：明确判定该批产品是否合格，并有检验人员签名与日期。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 产品标志

产品本体需清晰标注永久性标识，内容包括：产品型号、规格、生产厂家名称、生产日期，字体/刻印深度需保证在正常使用（含飞行振动、环境侵蚀）下，至少3年清晰可辨，便于产品身份识别与质量追溯。

8.1.2 包装标志

应符合GB/T 191规定的要求。

8.2 包装

8.2.1 内包装

采用泡沫塑料/珍珠棉包裹产品，缓冲减震，避免运输、贮存中与包装箱内壁碰撞。对于卡钳支架精密安装孔、受力关键部位，需额外用硅胶塞/防护膜防护，防止异物进入、磕碰损伤。

8.2.2 外包装

瓦楞纸箱应符合GB/T 6543规定的要求。

8.3 运输

钛合金卡钳支架的运输应满足下列要求：

a）选择封闭、清洁、干燥运输工具，避免淋雨、灰尘污染；

b）堆码时轻拿轻放，按照包装标志“向上”摆放，堆码高度≤2m；

c）控制运输振动（加速度≤10g），可通过加装减震垫、固定支架，降低路面颠簸对产品影响。

8.4 贮存

产品需存放于干燥通风仓库，环境条件：温度5℃-35℃，相对湿度≤70%，远离酸碱、盐雾等腐蚀性气体。