

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXX—XXXX

大型铝合金环形件检测方法

Detection method for large aluminum alloy ring parts

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 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 略缩语	2
5 一般要求	2
5.1 环境要求	2
5.2 安全要求	2
5.3 人员资质	2
5.4 设备校准	2
6 尺寸与几何精度检测	2
6.1 常规尺寸检测	2
6.2 轮廓与截面检测	2
6.3 超大直径检测的特殊要求	2
6.4 形位公差检测	2
7 化学成分与低倍组织检测	2
7.1 化学成分	2
7.2 低倍组织	3
8 物理性能与高倍组织检测	3
8.1 拉伸性能检测	3
8.2 硬度检测	3
8.3 高倍组织检测	3
9 无损检测	4
9.1 超声波检测	4
9.2 渗透检测	错误!未定义书签。
9.3 残余应力检测	4
9.4 涡流检测与电导率测试	4
10 检验规则	5
10.1 检验分类	5
10.2 检验项目	5
10.3 批次	5
10.4 抽样	5
10.5 出厂检验	5
10.6 型式检验	5
10.7 判定规则	5
11 检测报告	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。

本文件在编制过程中，系统参考并集成了铝合金材料、加工、热处理及检测领域的核心国家标准和军用标准，充分吸纳了我国在高端铝合金材料研发与大型构件检测技术方面的最新科研成果与重大工程应用经验。本文件旨在针对大型铝合金环形结构件，建立一套包含“制造精度-组织表征-性能测试-品质评估”的检测技术规范。

本文件由中国西部开发促进会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件首次发布。

大型铝合金环形件检测方法

1 范围

本文件规定了大型铝合金环形件的术语和定义、一般要求、尺寸与几何精度检测、化学成分与低倍组织检测、物理性能与高倍组织检测、无损检测、检验规则、检测报告。

本文件适用于外径大于3500 mm（3500 mm~15000 mm）的铝合金环形件的质量检测，其他规格的铝合金环形件可参照执行。

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 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 3246.1 变形铝及铝合金制品组织检验方法 第1部分：显微组织检验方法
- GB/T 3246.2 变形铝及铝合金制品组织检验方法 第2部分：低倍组织检验方法
- GB/T 6519 变形铝、镁合金产品超声波检验方法
- GB/T 8545 铝合金锻件
- GB/T 12966 铝及铝合金电导率涡流测试方法
- GB/T 18851.1 无损检测 渗透检测 第1部分：总则
- GB/T 32073.1 无损检测 测量残余应力的超声检测方法 第1部分：临界折射纵波法
- GB/T 32249 铝及铝合金模锻件、自由锻件和轧制环形锻件通用技术条件
- GJB 1580A 变形金属超声检验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

大型铝合金环形件 large-size Al alloy ring-shaped component

公称外径大于3500mm（3500 mm~15000 mm）的铝合金环形件。

3.2

环形件取样余量环 Sample ring

在大型铝合金环形件锻造或粗加工过程中，于环形件端部或指定部位预留的环形件多余环形段余量。余量，作为本体的一部分，随同主环形件一同经过相同的锻造环轧、成形并经历相同的热处理及其他加工过程。

3.3

检测时机 testing timing

针对特定检测目的，规定的环形件状态（如热处理前/后、机加工前/后）和检测时间节点。

3.4

电导率-硬度联合检测法 conductivity-hardness combined detection method

同时测量材料电导率和硬度，通过二者的组合特征判断热处理状态、评估性能一致性的检测方法。

4 略缩语

UT: 超声波检测 (Ultrasonic Testing)

5 一般要求

5.1 环境要求

检测环境应符合相应检测方法标准的规定。对于精密尺寸检测，应在温度 (20 ± 5) ℃条件下进行，大型铝合金环形件检测应考虑温度变化对测量结果的影响，必要时进行温度补偿。

5.2 安全要求

检测操作应符合国家安全生产相关法规及企业安全操作规程。大型环形件在吊装、翻转、检测过程中应采用专用工装固定，防止倾覆、滑落。

5.3 人员资质

从事本文件规定的各项检测工作的人员，应具备相应的专业知识和操作技能，无损检测人员应持有国家认可的相应等级资格证书。

5.4 设备校准

所有检测仪器设备应按规定周期进行计量检定或校准，并在有效期内使用。

6 尺寸与几何精度检测

6.1 常规尺寸检测

常规尺寸检测包括外径、内径、高度、壁厚等基本尺寸的测量。测量工具应根据尺寸精度选择，测量点应均匀分布在环件周向，外径大于3500 mm (3500 mm~15000 mm)的环形件，同一纵截面上周向取不应少于8点，轴向高度方向取不少于2个纵截面。(重新表述)

6.2 轮廓与截面检测

轮廓与截面检测应采用以下方法之一进行：

- a) 仿形样板法：制作与理论轮廓相匹配的仿形样板，检测间隙应符合图样要求；
- b) 三维光学扫描法：采用激光扫描技术获取点云数据，与理论模型比对，获得偏差分布云图。

6.3 超大直径检测的特殊要求

对于外径不小于8000 mm的超大直径环形件，推荐采用激光跟踪仪法(卷尺或专用工装)进行测量，并依据材料线膨胀系数对测量结果进行温度修正。

6.4 形位公差检测

形位公差检测包括圆度、平面度、平行度、垂直度等。检测方法应符合GB/T 8545及图样规定。

7 化学成分与低倍组织检测

7.1 化学成分

7.1.1 检测方法

环形件的化学成分分析按GB/T 20975或GB/T 7999执行。仲裁分析按GB/T 20975执行。取样按GB/T 5678或GB/T 17432的规定进行。

7.1.2 验收要求

化学成分应符合GB/T 3190的规定，或按订货协议中约定的专用技术条件执行。对于铝锂合金（如2195、2198），具体要求由供需双方协议确定。

7.1.3 复验规则

化学成分分析结果不合格时，允许从同一炉批的铸锭或锻件上取双倍试样进行复验，复验结果全部合格判为合格，否则判为不合格。

7.2 低倍组织

7.2.1 取样与制备

取样位置和方向应在环形件图或订货协议中明确规定。试样制备应符合GB/T 3246.2的规定。

7.2.2 检测方法

低倍组织检验按GB/T 3246.2执行。检验项目包括流线分布、偏析、裂纹、折叠、鱼尾、夹杂等缺陷。

7.2.3 验收要求

验收应符合如下要求：

- a) 流线要求：流线应沿锻件轮廓连续、顺畅分布，无严重的穿流、涡流、紊流或切断现象；
- b) 偏析：无明显宏观偏析带；
- c) 缺陷：不应有裂纹、折叠、残余缩孔、非金属夹杂等缺陷。

8 物理性能与高倍组织检测

8.1 拉伸性能检测

8.1.1 取样位置与方向

拉伸试样应在环形件指定部位切取，方向应覆盖轴向、切向及径向（必要时）。取样位置应在环形件图或订货协议中明确规定。

8.1.2 检测方法

室温拉伸试验按GB/T 228.1执行。

8.1.3 验收要求

拉伸性能指标（抗拉强度 R_m 、规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 、断后伸长率 A ）应符合GB/T 32249中对相应合金和状态的规定，且不应低于订货协议中的规定值。

8.2 硬度检测

8.2.1 检测方法

布氏硬度试验按GB/T 231.1执行。测试点应均匀分布在环形件余量表面，同一纵截面上周向取样不应少于8点，轴向高度方向取不少于3个纵截面。（重新表述）

8.2.2 均匀性判定

硬度极差（最大值与最小值之差）不应超过协议规定值。当未规定时，极差不大于30 HBW。

8.3 高倍组织检测

8.3.1 取样与制备

高倍组织试样取样位置和方向应在环形件图或订货协议中明确规定，试样制备应符合GB/T 3246.1的规定。

8.3.2 晶粒度评级

晶粒度按GB/T 3246.1的规定进行评级。平均晶粒度不应低于2级。

8.3.3 过烧组织判定

不允许存在过烧组织。

9 无损检测

9.1 超声波检测

9.1.1 检测时机

超声波检测应在最终热处理后进行。当协议另有规定时，可按协议执行。

9.1.2 检测方法与灵敏度

检测方法按GB/T 6519或GJB 1580A执行。基准灵敏度设定应不低于 $\Phi 1.2$ mm平底孔当量。对于关键承载部位，可设定更严格等级。对于大壁厚环形件（壁厚 ≥ 200 mm）应考虑声束衰减补偿。

9.1.3 扫查方式

扫查速度不应超过探头有效声束宽度的70%。应采用自动扫查装置，记录扫查轨迹与缺陷位置。

9.1.4 验收等级

按GJB 1580A规定，一般结构件不低于B级，关键承载件不低于A级。订货协议中明确规定时以订货协议为准。

9.2 残余应力检测

9.2.1 检测部位

重点检测截面过渡区、变壁厚突变区、机械加工去除量大区等应力集中部位。检测点应不少于3个，周向均布。

9.2.2 检测方法

残余应力检测可采用以下方法之一：

- a) X射线衍射法：按GB/T 7704-2017执行，适用于表面应力测试；
- b) 超声临界折射纵波法：按GB/T 32073执行，适用于表面及亚表层应力测试，可快速扫查；
- c) 盲孔法：适用于表面及浅层应力测试，需钻孔，应征得供需双方同意。

9.2.3 验收要求

表面残余应力应满足图样或订货协议规定。当未规定时，关键部位表面残余压应力不应低于50 MPa，应力梯度不应大于20 MPa/mm。

9.3 电导率测试

9.3.1 检测方法

电导率测试按GB/T 12966执行。测试点应覆盖环形件表面，同一纵截面上周向取样不应少于8点，轴向高度方向取不少于3个纵截面。（重新表述）

9.3.2 电导率-硬度联合判定

建立针对各合金牌号、热处理状态的“电导率-硬度”参考数据库。当检测点电导率与硬度的组合特征偏离正常区域时，应判定为热处理异常，需进一步金相验证。

9.3.3 验收要求

电导率允许偏差范围应由供需双方协议确定。检验规则

9.4 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

9.5 检验项目

检验项目如表1所示。检验项目可经供需双方协商确定。

表1 检验项目

项目	出厂检验	型式检验	技术要求章条号	试验方法章条号
尺寸与几何精度	√	√	6	6
化学成分	√	√	7.1	7.1
低倍组织	—	√	7.2	7.2
拉伸性能	√	√	8.1	8.1
硬度	√	√	8.2	8.2
高倍组织	—	√	8.3	8.3
超声波检测	√	√	9.1	9.1
残余应力检测	—	√	9.2	9.2
电导率	○	√	9.3	9.3

注：√表示必检项目；○表示按协议检测项目；—表示不检项目。

9.6 批次

同一合金牌号、同一热处理状态、同一熔炼炉号、同一锻造工艺连续生产的环形件组成一批。每批数量由供需双方协商确定。

9.7 抽样

拉伸性能、硬度、电导率、高倍组织等破坏性检测项目，每批抽取1件进行检测。当环形件单件质量超过5吨或尺寸超过8000mm时，可由供需双方协商确定抽样方案。

9.8 出厂检验

每件环形件均应进行出厂检验项目检测，检验合格后附质量证明文件出厂。

9.9 型式检验

当有下列情况出现时，应进行型式检验：

- 新产品试制或老产品转厂生产时；
- 正式生产后，当原材料、工艺发生重大变更可能影响产品性能时；
- 正常生产每满一年时；
- 停产半年以上恢复生产时；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 国家质量监督机构或用户提出型式检验要求时。

9.10 判定规则

9.10.1 抽样试验不合格处理

抽样试验有任一项不合格时，应对不合格试验项目进行加倍抽样试验，如仍不合格，应进行100%检验，其中合格的产品可以提供交货。

9.10.2 无损检测不合格处理

无损检测发现的超标缺陷允许清除，若清除后尺寸仍在公差范围内且经圆滑过渡（过渡圆角半径不小于5mm），可重新提交检验。清除后尺寸超差或无法清除的，判为不合格。

9.10.3 高倍组织不合格处理

高倍组织过烧则判为不合格。

10 检测报告

检测报告应至少包含以下内容：

- a) 产品名称、合金牌号、图号、环形件编号、熔炼炉号、热处理批号；
- b) 检测依据的标准编号（本文件编号）及协议编号；
- c) 尺寸检测结果：实测尺寸与理论尺寸偏差表，及三维扫描对比图（如适用）；
- d) 化学成分分析结果及符合性判定；
- e) 力学性能及硬度检测结果，标注取样位置与方向；
- f) 低倍组织检验照片及评定结果（型式检验）；
- g) 高倍组织检验照片及晶粒度评级、析出相评定结果（型式检验）；
- h) 无损检测方法、设备型号、校准状态、检测灵敏度、扫查覆盖率及缺陷记录（附超声检测图谱）；
- i) 残余应力测试结果及测点位置图（型式检验）；
- j) 检测日期、检测人员签字、审核人员盖章；
- k) 检测报告应具有可追溯性，对于关键件，应附有热处理温度-时间记录曲线、超声波检测原始数据文件等可追溯文件。