



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 39254—2020

---

## 增材制造 金属制件机械性能评价通则

Additive manufacturing—Evaluation guideline for mechanical  
properties of metal parts

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国增材制造标准化技术委员会(SAC/TC 562)归口。

本标准起草单位:无锡市产品质量监督检验院、中航迈特粉冶科技(北京)有限公司、上海材料研究所、中机生产力促进中心、北京工业大学、西安增材制造国家研究院有限公司、机械科学研究总院集团有限公司、中国商用飞机有限责任公司北京民用飞机技术研究中心、中国航空综合技术研究所、中国航发北京航空材料研究院、西安航天发动机有限公司、华南理工大学、广东汉邦激光科技有限公司、北京易加三维科技有限公司、成都优材科技有限公司、西安赛隆金属材料有限责任公司、江苏铭亚科技有限公司、华中科技大学、青岛海尔智能技术研发有限公司、北京机科国创轻量化科学研究院有限公司、广州雷佳增材科技有限公司、内蒙古科峰智能科技有限公司、河南省数造智能科技有限公司、哈尔滨福沃德多维智能装备有限公司、中国标准化研究院。

本标准主要起草人:朱应陈、高正江、黄旭东、薛莲、胡娟、贺定勇、侯颖、单忠德、张金玲、栗晓飞、梁家誉、杨欢庆、王迪、刘建业、张国庆、邹善方、朱纪磊、刘一胜、宋波、刘永辉、孙福臻、李海斌、张滨、安学辉、彭鹏、林慧敏、李文武、刘晶琳、过凯楠。

# 增材制造 金属制件机械性能评价通则

## 1 范围

本标准规定了增材制造金属制件机械性能评价适用的评价项目、试样制备通用要求、试验方法及试验报告。

本标准适用于增材制造金属制件机械性能测试及试验结果的评定。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 228.2 金属材料 拉伸试验 第2部分:高温试验方法
- GB/T 228.3 金属材料 拉伸试验 第3部分:低温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分: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 2039 金属材料 单轴拉伸蠕变试验方法
- GB/T 2975 钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备
- GB/T 3075 金属材料 疲劳试验 轴向力控制方法
- GB/T 4161 金属材料 平面应变断裂韧度  $K_{IC}$  试验方法
- GB/T 4337 金属材料 疲劳试验 旋转弯曲方法
- GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 6398 金属材料 疲劳试验 疲劳裂纹扩展方法
- GB/T 7314 金属材料 室温压缩试验方法
- GB/T 10128 金属材料 室温扭转试验方法
- GB/T 21143 金属材料 准静态断裂韧度的统一试验方法
- GB/T 22315—2008 金属材料 弹性模量和泊松比试验方法
- GB/T 26077 金属材料 疲劳试验 轴向应变控制方法
- GB/T 35351 增材制造 术语
- GB/T 39247 增材制造 金属制件热处理工艺规范
- YB/T 5349 金属材料 弯曲力学性能试验方法

## 3 术语和定义

GB/T 35351 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**制件 part**

采用增材制造工艺成形的零件或实物。

## 3.2

**样坯 rough specimen**

为获取满足试验要求的样品而预先制备的具有一定加工余量的坯料。

## 3.3

**试样 test piece**

具有规定类型和尺寸,满足试验要求状态的样件。

## 3.4

**随炉样品 sample along with part**

在零件或实物成形的同时,额外制备的同制造批次样坯或试样。

## 3.5

**本体样品 sample cut from the part**

在增材制造的制件上截取的试验用样坯或试样。

## 4 评价项目

增材制造金属制件机械性能主要评价项目见表 1。

根据产品的设计需要,由供需双方选择适宜的测试项目。

表 1 主要评价项目

| 试验类型 | 主要特性指标   | 单位  | 试验方法<br>对应章条 |
|------|----------|-----|--------------|
| 拉伸试验 | 抗拉强度     | MPa | 6.1          |
|      | 屈服强度     | MPa |              |
|      | 规定塑性延伸强度 | MPa |              |
|      | 规定总延伸强度  | MPa |              |
|      | 断后伸长率    | %   |              |
|      | 断面收缩率    | %   |              |
| 硬度试验 | 布氏硬度     | —   | 6.2          |
|      | 洛氏硬度     |     |              |
|      | 维氏硬度     |     |              |
| 冲击试验 | 冲击吸收能量   | J   | 6.3          |
| 弯曲试验 | 抗弯强度     | MPa | 6.4          |
|      | 挠度       | mm  |              |
|      | 规定塑性弯曲应变 | %   |              |
| 压缩试验 | 抗压强度     | MPa | 6.5          |
|      | 压缩屈服强度   | MPa |              |
|      | 规定塑性压缩强度 | MPa |              |
|      | 规定总压缩强度  | MPa |              |

表 1（续）

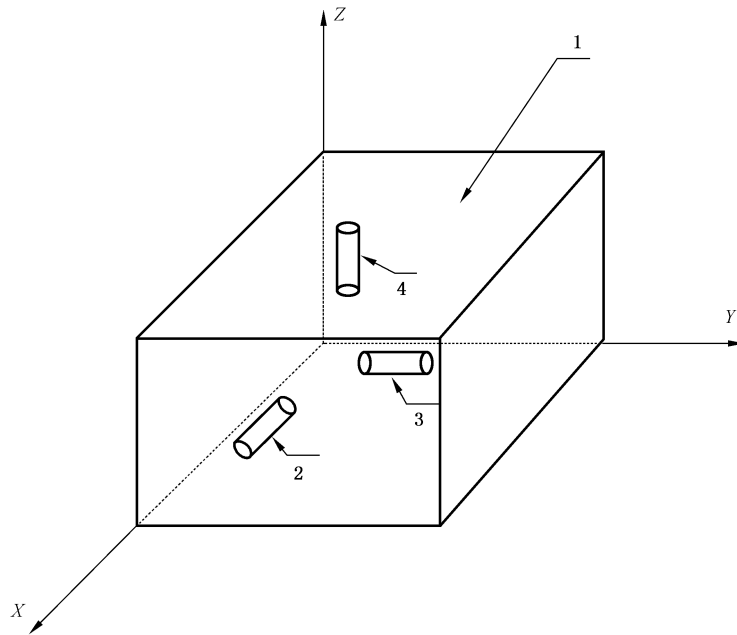
| 试验类型       | 主要特性指标    | 单位                     |                   | 试验方法<br>对应章条 |
|------------|-----------|------------------------|-------------------|--------------|
| 扭转试验       | 抗扭强度      | MPa                    |                   | 6.6          |
|            | 扭转屈服强度    | MPa                    |                   |              |
|            | 规定非比例扭转强度 | MPa                    |                   |              |
|            | 最大非比例切应变  | %                      |                   |              |
| 蠕变试验       | 蠕变伸长率     | %                      |                   | 6.7          |
|            | 蠕变伸长时间    | h                      |                   |              |
|            | 蠕变断后伸长率   | %                      |                   |              |
|            | 蠕变断面收缩率   | %                      |                   |              |
|            | 蠕变断裂时间    | h                      |                   |              |
| 疲劳试验       | 疲劳寿命      | —                      |                   | 6.8          |
|            | 疲劳强度      | MPa                    |                   |              |
| 断裂韧性试验     | 平面应变断裂韧度  | MPa · m <sup>1/2</sup> |                   | 6.9          |
|            | 准静态断裂韧度   | 裂纹尖端张开位移               | mm                |              |
|            |           | J 积分                   | kJ/m <sup>2</sup> |              |
|            |           | R 曲线图                  |                   |              |
| 疲劳裂纹扩展试验   | 疲劳裂纹扩展速率  | mm/cycle               |                   | 6.10         |
| 弹性模量和泊松比试验 | 杨氏模量      | MPa                    |                   | 6.11         |
|            | 弦线模量      | MPa                    |                   |              |
|            | 切线模量      | MPa                    |                   |              |
|            | 泊松比       | —                      |                   |              |

5 试样制备通用要求

5.1 随炉样品制备

制件在成形过程宜随炉制备用于机械性能测试的随炉样品，应确保随炉样品与金属制件是同一批次原材料、同一工艺参数、同时成形、并经同一后处理。样坯或试样的制备方向应最大程度反映制件机械性能的方向差异性。相关产品标准或供需双方无具体规定时，按图 1 优先采用空间内垂直相交的三个方向。

如非供需双方要求近净成形试样，一般情况下，样坯的尺寸应考虑足够的机械加工余量，以保证试验前可加工成符合相关机械性能试验方法标准要求的试样。



说明：

1——主包围盒；

2——X 向；

3——Y 向；

4——Z 向。

图 1 随炉样品制备方向示意图

## 5.2 本体样品制备

当制件允许破坏且有足够的机械加工余量时，可对制件本体加工取样。

试样的切取位置和方向应按相关产品标准的要求，如未具体规定可按 GB/T 2975 的要求进行，但切取样坯和机加工试样不应改变材料的机械性能；本体取样的试样类型和尺寸，应按相关机械性能试验方法标准的规定进行选择。

## 5.3 样品后处理

试样的后处理状态应与制件的后处理状态基本保持一致。如需进行热处理，应按 GB/T 39247 或供需双方约定的要求执行。

经后处理后的试样在测试前还应符合相关机械性能试验方法标准规定的样品条件。

## 5.4 样品标记

5.4.1 样坯、试样应做标记以确保可追溯至它们在成形空间内的方向和位置。若在样品制备过程中无法避免要将样坯、试样的(一个或多个)标记去除，应在需方认可的情况下做好去除前的标记转移。

5.4.2 方向和位置标记应按照相关产品标准或合同约定的方式进行。如未具体规定，可参考 ISO/ASTM 52921 进行标记。

## 6 试验方法

### 6.1 拉伸试验

#### 6.1.1 试样制备

6.1.1.1 试样制备通用要求见第 5 章。

6.1.1.2 试样类型和尺寸应符合 GB/T 228.1 中的试样要求。若产品标准或供需双方无具体规定时，优先采用符合 GB/T 228.1 中规定的  $\phi 5$  mm 或  $\phi 10$  mm 圆形截面拉伸试样。

#### 6.1.2 试验设备、试验要求及试验方法

##### 6.1.2.1 室温拉伸性能

10 °C ~ 35 °C, 按 GB/T 228.1 规定的方法进行。

##### 6.1.2.2 低温拉伸性能

—196 °C ~ <10 °C, 按 GB/T 228.3 规定的方法进行。

##### 6.1.2.3 高温拉伸性能

35 °C 以上, 按 GB/T 228.2 规定的方法进行。

#### 6.1.3 试验结果评定

应按相关产品标准或合同约定的指标评定拉伸试验结果。

### 6.2 硬度试验

#### 6.2.1 试样制备

6.2.1.1 试样制备通用要求见第 5 章。

6.2.1.2 布氏硬度的试样状态应符合 GB/T 231.1 中的规定。

6.2.1.3 洛氏硬度的试样状态应符合 GB/T 230.1 中的规定。

6.2.1.4 维氏硬度的试样状态应符合 GB/T 4340.1 中的规定。

#### 6.2.2 试验设备、试验要求及试验方法

6.2.2.1 表面硬度可在洛氏硬度、维氏硬度中任选一种方法, 按 GB/T 230.1 或 GB/T 4340.1 的规定, 选择适用的压头、试验力进行试验。

6.2.2.2 芯部硬度可在布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度中任选一种方法, 按 GB/T 231.1 或 GB/T 230.1 或 GB/T 4340.1 的规定, 选择适用的压头、试验力进行试验。

6.2.2.3 考虑到不同部位(芯部/表面)的适用性, 以及增材成形缺陷的敏感性, 优先采用维氏硬度测试方法。

#### 6.2.3 试验结果评定

应按相关产品标准或合同约定的指标评定硬度值或硬度差。

### 6.3 冲击试验

#### 6.3.1 试样制备

6.3.1.1 试样制备通用要求见第 5 章。

6.3.1.2 试样类型和尺寸应符合 GB/T 229 中的规定。若产品标准或供需双方无具体规定时,优先采用标准尺寸冲击试样,标准尺寸为 55 mm×10 mm×10 mm(长×宽×高)。

#### 6.3.2 试验设备、试验要求及试验方法

根据相关产品标准或客户要求选择试验温度、缺口形状和摆锤刀刃,按 GB/T 229 的规定进行试验。

#### 6.3.3 试验结果评定

应按相关产品标准或合同约定的指标评定冲击试验结果。

### 6.4 弯曲试验

#### 6.4.1 试样制备

6.4.1.1 试样制备通用要求见第 5 章。

6.4.1.2 试样类型和尺寸应符合 YB/T 5349 中规定的试样要求。

#### 6.4.2 试验设备、试验要求及试验方法

根据相关产品标准或客户要求选择弯曲方式,未规定弯曲方式时,优先采用三点弯曲方式,按 YB/T 5349 的规定进行试验。

#### 6.4.3 试验结果评定

应按相关产品标准或合同约定的指标评定弯曲试验结果。

### 6.5 压缩试验

#### 6.5.1 试样制备

6.5.1.1 试样制备通用要求见第 5 章。

6.5.1.2 试样类型和尺寸应符合 GB/T 7314 的规定。若产品标准或供需双方无具体规定时,优先采用圆柱体或正方形柱体试样。

#### 6.5.2 试验设备、试验要求及试验方法

根据试验机上、下压板工作表面的平行度及偏心压缩情况,决定是否选用力导向装置和调平垫块。如采用矩形试样,应考虑约束装置的使用。按 GB/T 7314 的规定进行试验。

#### 6.5.3 试验结果评定

应按相关产品标准或合同约定的指标评定压缩试验结果。

### 6.6 扭转试验

#### 6.6.1 试样制备

6.6.1.1 试样制备通用要求见第 5 章。



6.6.1.2 试样类型和尺寸应符合 GB/T 10128 的规定。若产品标准或供需双方无具体规定时,优先采用直径为 10 mm、标距为 50 mm,平行长度为 70 mm 的试样。

#### 6.6.2 试验设备、试验要求及试验方法

应根据相关产品标准或客户要求选择扭转计类型,按 GB/T 10128 的规定进行试验。

#### 6.6.3 试验结果评定

应按相关产品标准或合同约定的指标评定扭转试验结果。

### 6.7 蠕变试验

#### 6.7.1 试样制备

6.7.1.1 试样制备通用要求见第 5 章。

6.7.1.2 试样类型和尺寸应符合 GB/T 2039 中的规定。若产品标准或供需双方无具体规定时,优先采用光滑圆形比例试样。

#### 6.7.2 试验设备、试验要求及试验方法

根据相关产品标准或客户要求选择试验机类型、温度加热装置、温度测量设备及引伸计类型,按 GB/T 2039 的规定进行试验。

#### 6.7.3 试验结果评定

应按相关产品标准或合同约定的指标评定蠕变试验结果。

### 6.8 疲劳试验

#### 6.8.1 试样的制备

6.8.1.1 试样制备通用要求见第 5 章。

6.8.1.2 轴向力控制试验,试样类型和尺寸应符合 GB/T 3075 中的规定,若产品标准或供需双方无具体规定时,优先采用圆形截面试样。

6.8.1.3 轴向应变试验,试样类型和尺寸应符合 GB/T 26077 中的规定,若产品标准或供需双方无具体规定时,优先采用圆柱形试样。

6.8.1.4 旋转弯曲试验,试样类型和尺寸应符合 GB/T 4337 中的规定,若产品标准或供需双方无具体规定时,优先采用圆柱形试样。

#### 6.8.2 试验设备、试验要求及试验方法

##### 6.8.2.1 轴向力控制试验

根据相关产品标准或客户要求选择试验机和试验监测仪器,按 GB/T 3075 的规定进行试验。

##### 6.8.2.2 轴向应变试验



根据相关产品标准或客户要求选择试验机和试验监测仪器,按 GB/T 26077 的规定进行试验。

##### 6.8.2.3 旋转弯曲试验

根据相关产品标准或客户要求选择试验机和试验监测仪器,按 GB/T 4337 的规定进行试验。

### 6.8.3 试验结果评定

应按相关产品标准或合同约定的指标评定疲劳试验结果。

## 6.9 断裂韧性试验

### 6.9.1 试样的制备

6.9.1.1 试样制备通用要求见第 5 章。

6.9.1.2 平面应变断裂韧性试验,试样类型和尺寸应符合 GB/T 4161 中的规定,若产品标准或供需双方无具体规定时,优先采用三点弯曲试样或紧凑拉伸试样。

6.9.1.3 准静态断裂韧性试验,试样类型和尺寸应符合 GB/T 21143 中的规定,若产品标准或供需双方无具体规定时,优先采用三点弯曲试样或紧凑拉伸试样。

### 6.9.2 试验设备、试验要求及试验方法

根据相关产品标准或客户要求选择试验机、引伸计和试验夹具。平面应变断裂韧性试验应按 GB/T 4161 的规定进行,准静态断裂韧性试验应按 GB/T 21143 的规定进行。

### 6.9.3 试验结果评定

应按照相关产品标准或合同约定的指标评定断裂韧性试验结果。

## 6.10 疲劳裂纹扩展试验

### 6.10.1 试样的制备

6.10.1.1 试样制备通用要求见第 5 章。

6.10.1.2 试样类型和尺寸应符合 GB/T 6398 中的规定。若产品标准或供需双方无具体规定时,优先采用紧凑拉伸试样。

### 6.10.2 试验设备、试验要求及试验方法

根据紧凑拉伸试样尺寸,选择合适的夹具;依据被测材料强度,选择合适刚度的销轴。疲劳裂纹扩展试验按 GB/T 6398 的规定进行。

### 6.10.3 试验结果的评定

应按相关产品标准或合同约定的指标评定疲劳裂纹扩展试验结果。

## 6.11 弹性模量和泊松比试验

### 6.11.1 试样制备

#### 6.11.1.1 静态法

拉伸试验方法测量时,按 6.1.1 的要求制备试样。

压缩试验方法测量时,按 6.5.1 的要求制备试样。

#### 6.11.1.2 动态法

试样制备通用要求见第 5 章。

样品的类型和尺寸应符合 GB/T 22315—2008 中的规定。如无特殊要求,样品最小质量宜不少于

5 g。

### 6.11.2 试验设备、试验要求及试验方法

根据相关产品标准或客户要求选择试验机和引伸计,静态法测试按 GB/T 22315—2008 中第 5 章的规定进行,试验结果按 GB/T 22315—2008 中 5.5 规定的图解法或拟合法进行处理。

根据相关产品标准或客户要求选择量具、共振测量装置和变温装置,动态法测试按 GB/T 22315—2008 中第 6 章的规定进行,推荐采用悬丝耦合共振测定方法,试验结果按 GB/T 22315—2008 中 6.5 规定的方法进行处理。

### 6.11.3 试样结果评定

应按相关产品标准或合同约定的指标评定弹性模量和泊松比。

## 7 试验报告

试验报告应包含如下内容:

- a) 本标准编号;
- b) 原材料、成形设备的相关信息;
- c) 供需双方约定的成形工艺信息;
- d) 试样制备信息(必要时,附图说明):
  - 1) 试样来源(随炉样品/本体样品);
  - 2) 试样的取样方向和位置;
  - 3) 试样形状和尺寸;
  - 4) 试样后处理状态;
  - 5) 试样标记。
- e) 试验结果;
- f) 可能影响试验的异常情况;
- g) 相关试验方法规定的必要内容。

参 考 文 献

- [1] ISO/ASTM 52921 Standard terminology for additive manufacturing—Coordinate systems and test methodologies
- [2] ASTM F3122-14 Standard Guide for Evaluating Mechanical Properties of Metal Materials Made via Additive Manufacturing Processes
-