



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 39152—2020

---

## 铜及铜合金弯曲应力松弛试验方法

Test method of the bending stress relaxation for  
copper and copper alloy

2020-10-11 发布

2021-09-01 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。

本标准由中国有色金属工业协会提出。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会(SAC/TC 243)归口。

本标准起草单位:宁波兴业盛泰集团有限公司、有色金属技术经济研究院、宁波兴业鑫泰新型电子材料有限公司、安徽鑫科铜业有限公司、凯美龙精密铜板带(河南)有限公司、山西春雷铜材有限责任公司、江西金品铜业科技有限公司、中色(宁夏)东方集团有限公司、国家铜铝冶炼及加工产品质量监督检验中心(山东)、有研工程技术研究院有限公司。

本标准主要起草人:苑和锋、陈建华、郑芸、杨春泰、赵红生、李云翔、何伟、韩俊刚、唐伟、黄国杰、熊玮轩、陈文松、茆耀东、鲁长建、张淑琴、黄志勇、焦晓亮、申振广、刘爱奎、彭丽军。

# 铜及铜合金弯曲应力松弛试验方法

## 1 范围

本标准规定了铜及铜合金材料弯曲应力松弛试验方法的方法原理、仪器设备、试样、试验条件、试验前各参数的确定、试验步骤、试验数据处理、试验报告。

本标准适用于厚度为 0.1 mm~1.0 mm 的铜及铜合金板带材在恒定应变条件下弯曲应力松弛性能的测定。

## 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 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 10623—2008 金属材料 力学性能试验术语
- GB/T 22315 金属材料 弹性模量和泊松比试验方法
- GB/T 26303.3 铜及铜合金加工材外形尺寸检测方法 第 3 部分:板带材
- GB/T 34505 铜及铜合金材料 室温拉伸试验方法

## 3 术语和定义

GB/T 10623—2008 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**弯曲应力 bending stress**

试样在单端弯曲状态下所产生的正应力。

### 3.2

**初始应力 initial stress**

应力松弛试验开始时,达到规定的弯曲变形瞬间,试样产生的最大弯曲应力。

注:改写 GB/T 10623—2008,定义 3.27。

### 3.3

**初始弯曲变形 initial deformation**

在室温下人为设定使试样产生的弹性弯曲变形。

### 3.4

**初始高度 initial reference height**

在室温下给予初始弯曲变形,卸载后,试样的负载点到基准面的高度。

### 3.5

**松弛应力 relaxed stress**

应力松弛试验中任一时间试样上所减小的弯曲应力。

注:改写 GB/T 10623—2008,定义 3.29。

GB/T 39152—2020

3.6

永久弯曲变形    permanent deformation  
应力松弛下造成的塑性弯曲变形。

3.7

应力松弛率    stress relaxation ratio  
松弛应力和初始应力的百分比,以永久弯曲变形和初始弯曲变形的比率来表示。

4 方法原理

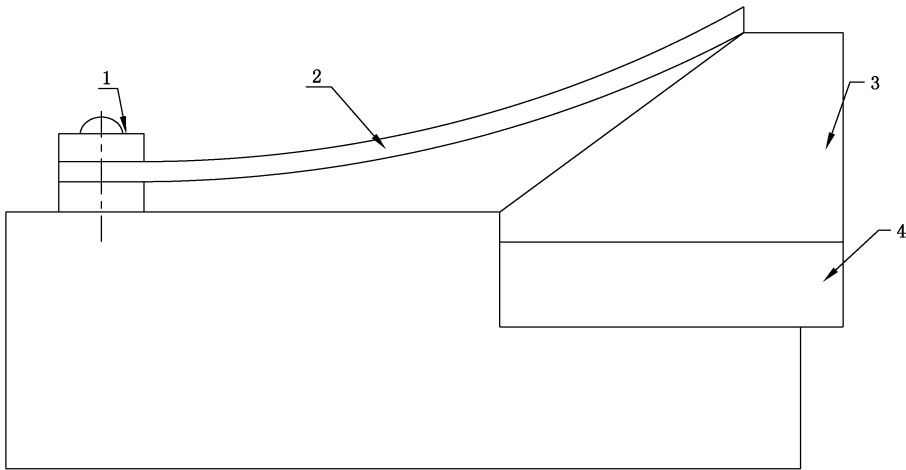
铜及铜合金在长期应力及一定温度的作用下,保持一定的弯曲变形,随着时间的延长,其内部弹性应变会逐渐转变为塑性应变,从而引起应力松弛现象,是金属构件失效的一种重要形式。将试样加热至规定的温度,在此温度下保持恒定的弯曲变形,达到规定时间后除去试样负载,测定试样永久弯曲变形量。

5 仪器设备

5.1 试样夹持装置

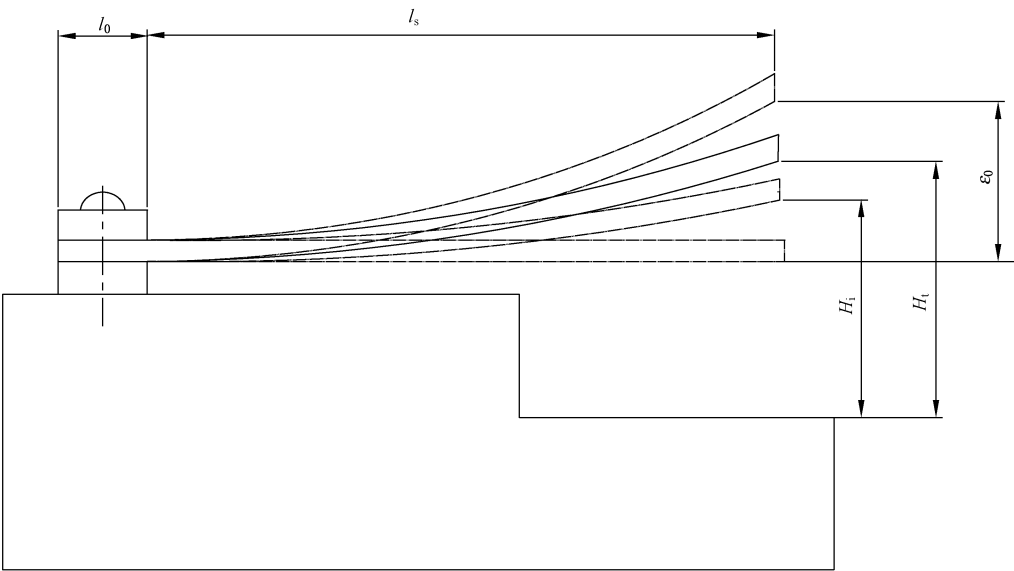


试样夹持装置按照图 1、图 2 所示进行设计。



- 说明：
- 1——试样固定部分；
  - 2——试样；
  - 3——楔形块；
  - 4——高度调整块。

图 1 单端固定块式夹具加载示意图



说明：  
 $l_0$  —— 试样固定端长度；  
 $l_s$  —— 试样弯曲段长度；  
 $\epsilon_0$  —— 初始弯曲变形；  
 $H_i$  —— 初始高度；  
 $H_t$  —— 应力松弛后高度。

图 2 单端固定块式夹具卸载示意图

5.2 加热设备

恒温区温度波动小于 5 °C ,温度精度优于±0.5 °C 。

5.3 变形测定装置

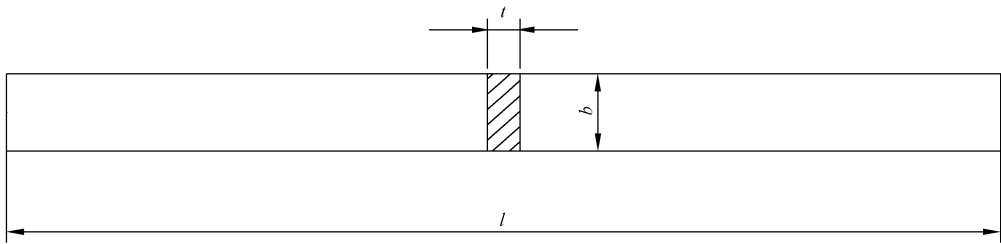
试样加热前后,在自由端负载位置测定初始高度和应力松弛后高度,测量仪器的分辨率不低于 10 μm,使用金相显微镜或工具显微镜测定。

6 试样

- 6.1 试样标准尺寸:宽度 10 mm±0.05 mm,长度  $l=l_s+l_0+5.0$  mm,试样长度方向平行于轧制方向。
- 6.2 试样的截取和制样:取样过程应尽量避免试样过热和加工硬化对试验结果产生影响,必要时可以去除加工部位的毛刺。
- 6.3 试样应从平整度不大于 3 mm/m 的板带材上截取,平整度的检测按 GB/T 26303.3 的规定进行。



GB/T 39152—2020



说明：  
 $t$  —— 试样厚度；  
 $b$  —— 试样宽度；  
 $l$  —— 试样长度。

图 3 试样示意图

7 试验条件

试验测试环境温度应维持在  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  范围内,且测量永久弯曲变形时试样及夹具的温度应与室温达到一致。

8 试验前各参数的确定

8.1 弯曲段长度

试样的弯曲段长度( $l_s$ )按式(1)计算：

$$l_s = \sqrt{\frac{1.5\epsilon_0 Et}{\sigma}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：  
 $l_s$  —— 弯曲段长度,单位为毫米(mm)；  
 $\epsilon_0$  —— 初始弯曲变形,单位为毫米(mm)；  
 $E$  —— 弹性模量,单位为兆帕(MPa)；  
 $t$  —— 试样厚度,单位为毫米(mm)；  
 $\sigma$  —— 初始应力,单位为兆帕(MPa)。  
弯曲段长度按 GB/T 8170 的规定修约至 0.1 mm。

8.2 初始应力

试样的初始应力( $\sigma$ )设定为试样规定塑性延伸强度  $R_{p0.2}$  的 80%,规定塑性延伸强度  $R_{p0.2}$  的测试按 GB/T 34505 的规定进行。

8.3 弹性模量

弹性模量( $E$ )的测定按照 GB/T 22315 的规定进行。

8.4 初始弯曲变形

初始弯曲变形( $\epsilon_0$ )应不大于弯曲段长度( $l_s$ )的 1/2。推荐初始弯曲变形为 4 mm,也可采用经协商的其他值。只有初始弯曲变形相同时,应力松弛率才能相互比较。

## 8.5 初始高度的测量

将试样夹持在夹具上,在试样自由端规定位置给予初始弯曲变形,在室温下静置 30 s~35 s 后卸载,测定试样自由端负载点到基准面的高度,即为初始高度( $H_i$ )。

## 9 试验步骤

9.1 试验温度为 125 °C 或 150 °C,时间为 24 h、48 h、96 h、192 h,经协商,温度和时间也可以使用其他值。时间的精度应在 3% 以内。

9.2 使用夹具将试样固定,并放入加热设备中。当温度到达规定温度的 95% 后开始计时。

9.3 到达规定试验时间后,将夹具从加热设备中取出,放到室温环境下。当试样冷却至室温后,卸除试样载荷,测量试样负载点到基准面的距离,即为应力松弛后高度( $H_t$ )。

## 10 试验数据处理

### 10.1 永久弯曲变形

在不同的试验条件(温度和时间)下测试过后的试样,取下装置后,发生的永久弯曲变形( $\epsilon_t$ )按式(2)计算:

$$\epsilon_t = H_t - H_i \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\epsilon_t$  ——永久弯曲变形,单位为毫米(mm);

$H_t$  ——应力松弛后高度,单位为毫米(mm);

$H_i$  ——初始高度,单位为毫米(mm)。

### 10.2 应力松弛率

在不同试验条件(温度和时间)下的应力松弛率( $P$ )按式(3)计算:

$$P = \frac{\epsilon_t}{\epsilon_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$P$  ——应力松弛率,%;

$\epsilon_t$  ——永久弯曲变形,单位为毫米(mm);

$\epsilon_0$  ——初始弯曲变形,单位为毫米(mm)。

应力松弛率数值按 GB/T 8170 的规定修约至 0.1%。

## 11 试验报告

试验报告应包含以下内容:

- 材料名称、厚度及性能(包括:抗拉强度、规定塑性延伸强度、弹性模量);
- 试验时间和温度;
- 试验出现的异常现象;
- 试验结果:应力松弛率;
- 试验日期;
- 本标准编号。