ICS 77.040.10

H 21

****

中华人民共和国国家标准

GB/T XXXX—202X

铝合金力学熔点测试方法

Measuring method for mechanical melting temperature of aluminum alloy

（送审稿）

**在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。**

**××××-××-××发布**

**××××-××-××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。

本文件由中国有色金属工业协会提出。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC243）归口。

本文件起草单位：中车青岛四方机车车辆股份有限公司……

本文件主要起草人：

铝合金力学熔点测试方法

# 1 范围

本文件描述了铝合金力学熔点测试方法。

本文件适用于铝合金焊接、热处理等热加工过程力学熔点测试。

# 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 2614 镍铬-镍硅热电偶丝

GB/T 3880.3 一般工业用铝及铝合金板、带材 第3部分：尺寸偏差

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 16825.1 静力单轴试验机的检验 第一部分：拉力和（或）压力机测力系统的检验与校准

GB/T 16865 变形铝、镁合金及其加工制品拉伸试验用试样及方法

JJF 1637 廉金属热电偶校准规范

# 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

力学熔点 mechanical melting temperature

 $T\_{mm}$

金属材料加热过程达到并超过某一温度时，产生的压应力迅速减小并接近于零的温度区间即为力学熔点；冷却后残余应力达到最大时的峰值温度为力学熔点开始温度，残余应力下降到某一峰值温度时开始上升，该峰值温度为力学熔点结束温度，单位：$℃$。

3.2

热循环曲线 thermal cycle curve

加热、冷却过程中温度随时间变化的曲线。

3.3

均温区 uniform temperature zone

$$L\_{UT}$$

热模拟试验中，试样中心线的最高温度为$T\_{max}$，两侧最高温度变化范围在$T\_{max}$-5$℃$～$T\_{max}$之间的距离，单位：mm。

# 4 试验原理

铝合金材料热加工过程中由于局部加热冷却产生残余应力，采用试验机模拟加热冷却过程，绘制残余应力-峰值温度曲线，计算铝合金力学熔点。

# 5 仪器与设备

# 5.1 试验机

5.1.1 试验机的测力系统应按照GB/T 16825.1进行校准，并且其准确度应为1级或优于1级。

5.1.2 试验机加热速率能达到300℃/s。

5.1.3 用镍铬-镍硅热电偶测温，热电偶丝直径0.15～0.30mm，热电偶丝材料应符合GB/T 2614要求，热电偶应符合JJF 1637要求的K型热电偶，热电偶偏差应为1级。

# 5.2夹具

5.2.1 夹具材料宜采用奥氏体不锈钢或高温合金。

5.2.2 力学熔点测试试样两端应刚性固定，装夹典型示意图见图1。



说明：

1——上夹具；

2——下夹具；

3——固定销；

4——试样。

图1 装夹典型示意图

# 5.3 量具

5.3.1 游标卡尺分辨力不低于0.02mm。

5.3.2 塞尺分辨力不低于0.02mm。

# 6 试样

# 6.1 形状与尺寸

试样形状见图1，按照GB/T 3880.3规定的方法测定，要求挠曲变形量不应大于0.10mm，推荐试样尺寸见表2。



说明：

*a*——宽度，mm；

*b*——厚度，mm；

$l\_{0}$——平行段长度，mm；

$l\_{1}$——圆孔间距，mm；

*l*——试样总长度，mm；

*H*——夹持端宽度，mm；

*r*——过渡圆弧半径，mm。

图2 矩形试样

表2 推荐试样尺寸

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 厚度*a*/mm | 宽度*b*/mm | 平行段$l\_{0}$/mm | 圆孔间距$l\_{1}$/mm | 试样总长度*l*/mm | 夹持端宽度*H*/mm | 过渡圆弧半径*r*/mm |
| 2 | 4.0 | 20 | 79 | 114 | 9～28 | 12 |
| 2.5 | 5.0 | 25 | 84 | 119 | 10～29 | 12 |
| 3.0 | 6.0 | 30 | 89 | 124 | 11～30 | 12 |
| 3.5 | 7.0 | 35 | 93 | 128 | 12～31 | 12 |
| 4.0 | 8.0 | 40 | 98 | 133 | 13～32 | 12 |

# 6.2 试样加工

6.2.1在板材或型材任意位置取不小于500mm$×$300mm的毛坯，毛胚厚度在表2推荐厚度范围内，直接取样，毛胚厚度大于推荐厚度的，可保留一个原始面加工成推荐尺寸，试样加工数量不少于40个。

6.2.2 切取试样和机械加工试样时，均应预防冷加工或受热而影响材料的力学性能，通常在切削机床上进行为宜。

6.2.3 制备试样的缩减部分（包括过渡处）不应使用冲压加工。

6.2.4 加工完后的试样毛刺应去除。

# 7 试验准备

# 7.1 试验环境

7.1.1 试验环境温度应为室温。

7.1.2 相对湿度应不大于60%。

# 7.2 热循环曲线特征参数

7.2.1 采集焊接、热处理过程中温度变化数据，绘制如图3所示热循环曲线图。

7.2.2 根据绘制的热循环曲线图预设峰值温度、加热速率和冷却速率，其中加热阶段分为两阶段，热循环曲线特征参数包括第一阶段峰值温度$T\_{pk1}$、第二阶段峰值温度$T\_{pk2}$、第一阶段加热速率$v\_{h1}$、第二阶段加热速率$v\_{h2}$、第一阶段加热时间$t\_{h1}$和第二阶段加热时间$t\_{h2}$。

7.2.3 加热过程预设的第二阶段峰值温度$T\_{pk2}$与第一阶段峰值温度$T\_{pk1}$之差不应超过50℃。

7.2.4 加热过程第一阶段和第二阶段的加热速率通过线性拟合获得。

7.2.5 第二阶段的加热时间$t\_{h2}$不应小于1s。

7.2.6 冷却速率$v\_{c}$选择空冷或者实际给定的冷却速率。

7.2.7 记录热循环曲线特征参数。



说明：

$v\_{h1}$——加热过程第一阶段加热速率；

$t\_{h1}$——加热过程第一阶段加热时间；

$T\_{pk1}$——加热过程预设的第一阶段峰值温度；

$v\_{h2}$——加热过程第二阶段加热速率；

$t\_{h2}$——加热过程第二阶段加热时间；

$T\_{pk2}$——加热过程预设的第二阶段峰值温度；

$v\_{c}$——冷却速率。

图3 热循环曲线特征参数

# 7.3 试样装夹

7.3.1 热电偶应点焊在试样中心线上，热电偶两焊点间距不应超过2mm，如图4所示。



图4 热电偶点焊示意图

7.3.2 将热电偶连接到试验机的温度测量通道上，进行温度采集及控制。

# 8 力学熔点测试

# 8.1 测试步骤

8.1.1 在200℃～550℃温度区间内均匀选取不少于8个预设峰值温度，每个峰值温度点保证5个有效数据。

8.1.2 使用游标卡尺按GB/T 16865规定测量试样厚度*a*和宽度*b*，原始横截面积*S*按$S =ab$计算。

8.1.3 按预设峰值温度对试样进行编号。

8.1.4 按7.3.1要求点焊热电偶。

8.1.5 将试样按图1装夹到试验机中，应保证试样两端刚性固定。

8.1.6 依据7.2设定峰值温度，加热速率、冷却速率等参数，加热前应将力卸载，采用位移控制模式，加热冷却过程中试样不发生任何位移。

8.1.7 运行试验，采集和保存时间*s*、温度*T*、力*F*等试验数据。

8.1.8 按从低到高的峰值温度进行试验，每次试验需更换试样，重复上述步骤（8.1.2～8.1.7），完成不同预设峰值温度下的热模拟试验。

# 8.2 数据处理及测试结果

8.2.1 根据试验采集的温度和力的数据，建立力与温度的曲线图，并对数据进行拟合。

8.2.2 热循环过程应力值$σ$,根据$σ=\frac{F}{ab}$计算，制作应力-温度曲线图，如图5所示。

8.2.3 根据图5获得不同预设峰值温度试验下的屈服温度、屈服应力以及残余应力。

8.2.4 对每个峰值温度下有效试验数据的残余应力取平均值，绘制残余应力与峰值温度曲线图，见图6，采用一元四次方程拟合获得数学模型，求解数学模型一阶导数为零的温度结果，中间值为力学熔点起始温度，最大值为力学熔点结束温度。力学熔点值按GB/T 8170规定修约，修约至1℃。

8.2.5 记录力学熔点数据。



图5 应力与温度曲线图



图6 残余应力与峰值温度曲线图

# 8.3 测试数据有效性判定

8.3.1 测试完成后，统计屈服温度、屈服应力以及残余应力，以95％的置信度区间确定有效数据。95％置信度区间按式（1）、（2）计算。

$ \left(\overbar{x}-k\_{(p,1-α,v)}S, \overbar{x}+k\_{(p,1-α,v)}S\right)$.………………………………（1）

$S^{2}=\frac{1}{n-1}(\sum\_{i=1}^{n}x\_{i}^{2}-n\overbar{x}^{2})$..…………………………………（2）

式中：

$\overbar{x}$——样本平均值；

$k\_{(p,1-α,v)}$——正态分布的单边误差限系数，可查表获得，1-$ α$=95%为置信度，$α$为0.05；

*n*——样本数；

*S*——样本标准差。

8.3.2 如果试验数据不在95%的置信度区间，应双倍取样进行补测，确保5个试样数据在95%的置信度区间。

8.3.3 记录试验数据。

# 9 试验报告

试验报告应至少包括下列内容，除非另有约定时。

1. 本标准编号；
2. 试样标识；
3. 铝合金合金牌号、状态；
4. 试样类型；
5. 热循环特征参数；
6. 试验结果。