

航空材料规范	AMS2750™	版本： F
	发布：	1980-04
	修订：	2020-06
	代替 AMS2750E	
高温测量		

翻译： \_\_\_\_\_

日期： \_\_\_\_\_

校对： \_\_\_\_\_

日期： \_\_\_\_\_

审批： \_\_\_\_\_

日期： \_\_\_\_\_

## 基本原理

AMS2750F 是本规范进行了五年审查和更新的结果。实施了技术变更以解决上一版本中发现的问题。更新了记录仪器的分辨率要求,以便在使用百分比代替数字公差时,能够证明设备满足表 7 的精度公差。

AMS2750F 是完全重写的。因此,没有更改栏来说明上次修订的具体更改。

华氏温度与摄氏温度以及英制与国际制测量单位的使用已从°F(°C)更改为°F或°C,英制单位(国际制单位)更改为英制单位或国际单位制,以反映使用华氏/英制单位的用户要求和使用摄氏/国际单位制的用户要求。

注:某些要求属于精确转换,而另一些要求属于近似转换(见 8.2)。

### 1 适用范围

1.1 本规范包括了用于金属材料热处理设备的高温测量要求。具体来说,它包括温度传感器、仪器仪表、热处理设备、校正系数和仪器偏移、系统精度测试和温度均匀性测试。这些要求是确保零件或原材料按照适用规范进行热处理所必需的。

1.2 如有规定,本规范可用于其他非热处理应用。

1.3 除非另有规定,否则本规范不适用于加热或中间热处理。

1.4 本规范适用于 3.6 中规定的实验室熔炉。

### 2 参考文献

#### 2.1 引用文件

在本规范中规定的范围内,下列在采购订单之日有效的文件构成了本规范的一部分。除非指定了特定的文件发行版,否则供应商可对文件进行后续修订。当引用文件被取消且未指定替代文件时,应以该文件的最新发布版本为准。

##### 2.1.1 SAE 出版物

可从美国汽车工程师学会(SAE International),地址:400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001,电话:877-606-7323(美国和加拿大境内)或+1724-776-4970(美国境外),网址:www.sae.org。

ARP1917 航空航天金属规范中所用术语的澄清

##### 2.1.2 ASTM 出版物

可从 ASTM 国际标准组织获得。100 Barr Harbor Drive. P.O. Box C700. West Conshohocken PA 19428-2959。电话:610-832-9585,网址:www.astm.org。

ASTM E29 使用试验数据中的有效数字来确定是否符合规范的规程。

ASTM E207 利用与相似电动势-温度特性的参考热电偶对比的结果,对单个热电偶材料进行热电动势的测试。

ASTM E220 利用比较技术校准热电偶。

ASTM E230 标准化热电偶的温度-电动势 (EMF) 表。

ASTM E608 矿物、金属皮绝缘

ASTM E1137 工业铂电阻温度计。

ASTM MNL7 数据的表示和解析质量评估图。

ASTM MNL12 热电偶在温度测量中的使用。

### 2.1.3 IEC 出版物

可从欧共体中央办公室获得，地址：3, rue de Varembe, P.O. Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland, 电话:+41229190211, 网址: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)。

IEC60751 工业铂电阻温度计和铂温度传感器。

ISO/IEC 17025 测试和校准实验室能力的一般要求。

## 2.2 定义

在 ARP1917 中明确了 AMS2750 中使用的术语，如下所示：

### 2.2.1 精确度

被测仪器或传感器与追溯标准数值的最大偏差。

### 2.2.2 调整

仪器参数的任何更改。

### 2.2.3 高压釜

一种能在高于大气压（标称为 760mm 汞柱）的压力下工作的烘炉，通常用于材料加工。它可以用蒸汽、压缩空气或惰性气体对其进行加压。

### 2.2.4 廉金属传感器

传感器是由廉金属及其合金组成的热元件。廉金属传感器包括 E, J, K, N, 和 T。

### 2.2.5 批次炉

保温过程中产品保持固定不动的炉子。

### 2.2.6 偏差或输入偏移

对仪器进行调整以增加、删除或改变偏移量的行为。

### 2.2.7 每两月

参见频率。

### 2.2.8 每两周

参见频率。

### 2.2.9 校准

对可追溯的现场试验或标准仪器的精度进行评估，并可能的调整仪器和/或编制传感器或仪器偏差图，以确保符合要求。

### 2.2.10 连续炉

将产品从装料区连续或半连续地输送到卸料区的炉子。例如：鼓风炉、振动炉、带式炉、辊式炉、转底炉。

#### 2.2.11 控制仪表

一种连接到控制传感器的仪器，用于控制热处理设备（包括淬火槽、制冷设备、工作过程中的流体等）的温度。该仪器可以记录温度数据，也可以不记录温度数据。

#### 2.12 控制传感器

与热处理设备上的控制仪表相连的传感器，传感器可记录也可不记录。

#### 2.2.13 控制区

热处理设备中工作区的一部分，具有独立的传感器、仪器和加热或冷却系统来控制其温度。这部分热处理设备是独立控制的。

#### 2.14 控温液浴

含有加热到所需热处理温度的液体的炉子。产品通常浸泡在液体中。

#### 2.15 控制器

一种模拟、数字或机械设备，用来控制热处理设备温度（如炉膛控制仪、淬火机械恒温器、冷柜压力控制器等）。

#### 2.2.16 修正系数

为了获得真实温度，通过最新的校准确定并必须在传感器、仪器或其组合（系统）的温度读数基础上增加或减少的度数。当组合使用时，传感器和仪器的校正系数通常分开保存的，然后代数相加。校正系数是偏差（误差）的相反代数。

#### 2.2.17 数据采集系统

自动收集过程数据并将其存储为电子记录的仪器系统。例如可编程逻辑控制器（PLC）。

#### 2.2.18 偏差/误差

在本文件环境中，未修正的指示温度与真实温度之间的差值（指示温度-真实温度=偏差/误差）。

#### 2.2.19 数字仪器

以数字（数值）显示格式记录过程测量值的仪器，或同时打印标度现（图形）和趋势线的仪器。预打印纸质图表上的记录仪趋势线是模拟记录（见表 10）。

#### 2.2.20 电子记录

由计算机系统创建、修改、维护、存档、检索或分发的任何文本、图形、数据、音频、图片或其他数字形式的信息表示的组合。

#### 2.2.21 易耗型传感器

热元件的任何部分暴露在热处理设备环境中的传感器。

#### 2.2.22 延长线

用于将未经修改的信号从传感器传输到仪表系统的导线。导线和传感器的类型通常是一样的，但一些允许采用补偿延长线的传感器类型除外。

#### 2.2.23 现场试验仪器

符合表 7 要求的仪器，其校准可追溯到二级标准仪器或更好的仪器，用于对热处理设备进行现场测试。这些仪器通常是便携式的。

2. 2. 24 流化床炉

一种含有介质的炉子，且因大气、气体或燃烧产物向上通过介质而使介质悬浮或流化。产品通常浸泡在流化介质中。

2. 2. 25 频率（间隔）

两次连续校准、测试或传感器更换之间的天数。以下内容适用于本规范环境：

频率	间隔	
每周	1 周	每周的同一天
两周	2 周	每两周的同一天
每月	月	每月的同一天 <sup>(1)</sup>
两月	2 个月	每两月的同一天 <sup>(1)</sup>
每季度	3 个月	每季度的同一天 <sup>(1)</sup>
每半年	6 个月	每半年的同一天 <sup>(1)</sup>
每年	年	每年的同一天

注：

(1) 如果下一次校准或测试的日历日未包含在该月中，则该日历月的最后一天应用于下一次校准（例如，在 1 月 31 日执行的月度校准或测试应在 2 月的最后一天执行。

2. 2. 26 熔炉

用于材料和零件热处理的设备。熔炉和烘炉这两个术语可以互换使用。

2. 2. 27 加热器

一种配有一个或多个传感器的材料，它将该材料的温度数据提供给记录仪器。

2. 2. 28 间隔

参见频率

2. 2. 29 实验室热处理设备

根据材料和工艺规范的要求，专门用于试块、试样或测试部件热处理的设备。

2. 2. 30 负载传感器

附着或连接在产品或能代表产品的材料上，或嵌入生产材料中（如紧固件），将生产材料的温度数据提供给记录仪器的传感器，它可以用来控制生产过程的顺序。

2. 2. 31 最大允许偏差

热电响应的公差带，以度或百分比表示。 最大允许误差提供了一个公差，在该公差范围内，各种类型的传感器必须符合标准传感器参考表或同等标准。

2. 2. 32 材料生产商（金属）

根据材料规范生产产品的制造商，且该材料规范可能要求参考热处理规范。例如，

铸造、挤压和锻造制造商及其认可的供应商被视为材料生产商。

#### 2.2.33 测量接头合点

一种传感器的位置，在该位置和导线元件连接在一起，以组成测量电路，用来测量未知的温度。也叫热接点。

#### 2.2.34 多分区炉

具有多个独立温度控制区的熔炉。

#### 2.2.35 贵金属传感器

热元件主要由贵金属（如铂/铂铑）及其合金组成的传感器。贵金属传感器包括类型 R、S 和 B。

#### 2.2.36 非易耗型传感器

没有热元件暴露在热处理设备环境中的传感器。

#### 2.2.37 非金属材料

在本规范环境中，该术语指的是通常在高压釜、空气烘炉或热压机中加工的复合材料或粘接组件的固化。

#### 2.2.38 偏移

对仪表进行的任何手动或电子调整，以改变所需的设定值或仪表计算温度的显示值。制造商专用术语还可能包括偏差、输入偏移等。

##### 2.2.38.1 校正偏移量

对仪器进行手动或电子调整，以补偿测量系统（仪器延长线/连接器、传感器）的已知误差，使系统更精确。

##### 2.2.38.2 修正补偿

手动或电动调整仪器以补偿已知条件，例如但不限于 TUS 的倾斜或控制热电偶在干馏釜或马沸炉中的放置。

#### 2.2.39 烘炉

用于材料和零件热处理的设备。烘炉和炉子这两个术语可以互换使用。

#### 2.2.40 超温仪表

安装在热处理设备中的独立传感器和仪表组合，用于检测任何超温情况，并产生警报和/或减少或关闭热输入。此控制的目的是防止产品和/或热处理设备过热。

#### 2.2.41 零件

通常由零件号标识，根据工程图纸的要求由原材料制成，通常仅通过非破坏性检测技术进行测试。根据图纸、采购订单、制造订单或热处理规范，由制造商或为制造商进行热处理。

注：认可的工程组织有权指定术语“产品”或“原材料”。

#### 2.2.42 预防性维护计划或 PM 计划

用于评估可能对热处理设备对本规范中任何要求的符合产生不利影响的项目的状

况，并按要求采取纠正措施和进行记录的程序。根据经验确定 PM 的频率，确保日常维护期间不发生重大问题。

#### 2.2.43 一级标准传感器

传感器直接根据参考标准校准，并满足表中的要求。

#### 2.2.44 一级标准仪器

直接对照参考标准仪器校准并满足表 7 要求的仪器。

#### 2.2.45 过程图记录仪

参见记录仪。

#### 2.2.46 可编程逻辑控制器 (PLC)

一种数字计算机控制系统，它持续监视输入设备的状态，并根据程序化输入（配方）作出决定，以控制输出设备的状态。

#### 2.2.47 合格工作温度范围

在热处理设备的标称设定点温度范围内，温度均匀性已在合格的工作区域内进行了测试，并符合要求的公差。合格的工作温度范围表示包括±最小/最大均匀度公差的温度范围，在该范围内可以加工零件或原材料。

#### 2.2.48 有效工作区

热处理设备体积的一部分，在最近一次温度均匀性测试中，温度变化符合规定的均匀性容差的要求。

#### 2.2.49 质量组织批准

用户质量体系的文件化过程中定义的校准或测试，其审核和接收/拒收的客观证据，其中文件化过程也定义了该审核与批准的授权。

#### 2.2.50 淬火系统

通常使用油、水、水/聚合物混合物或气体介质来实现的一种提供快速冷却的系统。

#### 2.2.51 辐射测量

对 800°F 或 427°C 以上使用的铝合金热处理设备的初始调查，其中热源(如电气元件或燃气管)暴露在合格的工作区或仅由金属挡板隔开。

#### 2.2.52 辐射测量传感器

一种 TUS 传感器，通常为廉金属（E、J、K、N 和 T 型）传感器，与测试板配合使用，以确定对铝合金固溶热处理熔炉的加热特性。

#### 2.2.53 原材料

通常包括但不限于片材、板材、线材、棒材、锻件、铸件和挤压件。原材料通常用炉号或批号来标识，并且通常进行破坏性试验以确认是否合格，原材料由材料生产商根据工艺或材料规范进行热处理。

注：认可的工程组织有权指定术语“零件”或“原材料”。

#### 2.2.54 原料炉

根据工艺或材料规范用于加工原材料的设备。

#### 2.2.55 记录仪器

一种连接到控制、负载和/或记录传感器的仪器，记录工艺设备温度数据并生成永久性过程记录。例如图表记录器、电子数据记录器或数据采集系统。

#### 2.2.56 记录传感器

与记录仪器相连的传感器。

#### 2.2.57 周期型温度模式

温度控制仪表运行引起的炉温循环。

#### 2.2.58 参考标准传感器（贵金属）

一种贵金属标准传感器，已由 NIST 或其他国际公认标准组织校准，满足表 1 要求。

#### 2.2.59 参考标准仪器

由 NIST 或其他国际公认标准组织校准的符合表 7 要求的标准测试仪器。

#### 2.2.60 制冷设备

根据使用规范的温度范围，可以保持在低于室温和高于 32°F 或 0°C（冰箱）或低于 32°F 或 0°C（冷柜）的隔间、橱柜或房间。该设备可用于延迟或加速非金属材料存储时的冶金转化。

#### 2.2.61 驻留式 SAT 传感器

在系统校验时，留存在固定测试位置的测试传感器

#### 2.2.62 马沸炉

一种配置干馏釜或马弗的炉子，能够将被热处理的产品和加热元件隔离开。炉子通常包围着马沸炉。

#### 2.2.63 电阻温度装置（RTD）

一种装置（例如，PT100 温度计），它根据元件（通常在尖端）的温度产生响应并在元件上产生电阻变化。

#### 2.2.64 盐浴

加热到所需热处理温度的含有熔盐的炉子，产品通常浸没在熔盐中

#### 2.2.65 二级标准试验仪器

按照满足表 7 要求的主要标准或参考标准进行校准的仪器，并在受控测试环境中运行的仪器。

#### 2.2.66 二次标准测试传感器

直接根据一级标准测试传感器校准的传感器，满足表 1 的要求

#### 2.2.67 半连续炉

参照连续炉

#### 2.2.68 灵敏度

激活被测仪器上升或下降的变化，所必需的测试仪器输入的温度变化



#### 2.2.69 传感器或温度传感器

在本文件环境中，设计用于检测或测量温度的装置（如热电偶、RTD 电阻式温度检测器等）

#### 2.2.70 误差传感器导线的特殊限值

初次校准精度满足或超过 ASTM E230，表 1 和表 2 特殊公差要求的传感器和延长线

#### 2.2.71 稳定（也称为均衡、平衡、稳态或保温状态）

所有控制和记录热电偶都处于 TUS 允许的公差范围内，且控制器子每个区域循环和/或保持所需的温度时，设备实现稳定。当所有 TUS 传感器都已达到所需的均匀性范围，并且在调查的稳定期间和之后没有出现偏离于设定点的持续上升或下降趋势时，就会实现 TUS 稳定。

#### 2.2.72 系统精度测试（SAT）

为确保符合表 14 或表 15 的要求，对传感器、延长线（和连接器）和仪器的综合误差或矫正总和进行评估。也称为“探测检查”

##### 2.2.72.1 比较 SAT

应用测试传感器和现场测试仪器校正系数后，采用热处理设备传感器系统（传感器、延长线和仪器）的读数与测试传感器系统（测试传感器、延长线、现场测试仪器）的读数之间的差值进行的现场对比（见 3.4.7）

##### 2.2.72.2 替代 SAT

熔炉传感器的误差或校正系数与连接器、延长线和仪器通道的校准误差之和的数学计算（见 3.4.8）

#### 2.2.72 SAT 豁免

当不进行比较或替代 SAT 方法时，需要执行的附加要求和对比（见 3.4.9）

#### 2.2.73 系统精度测试（SAT）传感器

符合表 1 要求的校准和可追踪传感器，用于系统精度测试

#### 2.2.74 温度超调

任何传感器在任何时候超过表 11 中规定的适用热处理设备等级的温度公差上限的度数

#### 2.2.75 温度传感器通道

将热处理设备内部的传感器（通常是热电偶）连接到外部仪表的安装布线，通常两端都有插座、插孔或端子

#### 2.2.76 温度均匀性

合格工作区内相对于设定点温度的温度变化（通常以±度表示）。对于使用干馏釜中的传感器来控制温度的马沸炉，温度变化与干馏釜中的传感器有关，而不是与炉子设定点温度有关。该要求由表 11 规定的热处理设备等级确定

#### 2.2.77 温度均匀性记录仪

独立的数字记录仪器，满足表 7 对现场测试仪器的要求，用于进行温度均匀性测量

#### 2.2.78 温度均匀性传感器

符合表 1 要求的校准和可追踪传感器

#### 2.2.79 温度均匀性测量（TUS）

使用符合表 7 要求的现场测试仪器（TUS 记录仪）和符合表 1、20 和 21 要求的传感器（如适用），评估热处理设备稳定前后合格工作区内的温度变化。

#### 2.2.80 热处理

将材料暴露在受控加热、保温或冷却条件下，以达到材料或零件的规定性能或条件的任何过程，参照 1.3 没有例外

#### 2.2.81 热处理设备

指在受控温度下加工材料的任何容器（如高压灭菌器、熔炉、烤箱、制冷设备、液槽、加热压机等）

#### 2.2.82 热电偶

一种温度传感器，由连接在一个测量接头的两根不同热电特性的导线组成。两个结间能够产生与温度梯度成比例的电动势

#### 2.2.83 可追溯或可追溯性

通过国际公认的标准组织以及可追溯到国际单位制（SI）的不间断链条，将测量接头关联起来的能力，这些标准组织包括但不限于：

国家标准与技术研究所（NIST）

国家物理实验室（NPL）

德国联邦物理技术研究院（PTB）

瑞典国家测试、检验和计量局

中国国家校准技术规范（CNAS）

国家先进工业科学技术研究所

国家标准化工业公司（INMETRO）

国际计量局（BIPM）

#### 2.2.84 使用（传感器）

传感器投入使用后的一个加热或冷却循环（见 3.1.4.2、3.1.7.2、3.1.7.5 和 3.1.11.1 示例）

#### 2.2.85 真空炉

在低于大气压力（名义上 760mm 汞柱）的任何压力下加工产品的熔炉

#### 2.2.86 无线发射器

发射电磁波的装置；广播设备中产生和调制射频电流并将其传送给接收器的部分。

#### 2.2.87 齐纳基准电压源

一种二极管，它能够使电流正向流动且符合理想二极管的特征，但当电压高于成为

齐纳电压的特定值时，也能够使电流反向流动

### 3 技术要求

#### 3.1 温度传感器

##### 3.1.1 一般传感器要求

3.1.1.1 除非特别说明，本规范中规定的要求应适用于所有传感器

3.1.1.2 所有传感器应符合表 1 的要求。可使用具有同等或更好校准精度的其他传感器。热电偶成分应符合 ASTM E230 和表 2 的要求

3.1.1.3 电阻温度探测器（RTD）应为贵金属，应符合表 1 的要求，并应视为非易耗型器材

3.1.1.4 如表 2 和表 3 所述，传感器可由裸电线或涂层电线或矿物绝缘/金属护套（MIMS）电缆制成

3.1.1.5 应通过扭转和/或焊接热元件的任何组合测量接头，前提是没有添加填充金属

表 1-传感器和传感器校准

传感器	用途	类型 <sup>(1)</sup> <sup>(10)</sup>	校准		校准精度 <sup>(2)</sup> <sup>(9)</sup>
			间隔	标准	
参考标准	一级标准校准 <sup>(5)</sup>	B、R、S	初次使用前； 5年	NIST/参考标准 <sup>(4)</sup>	请参阅NIST或同等的校准报告
一级标准	二级标准校准 <sup>(6)</sup>	B、R、S	初次使用前； 3年	参考标准 <sup>(5)</sup>	R、S: $\pm 1.0^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 0.1\%$ B: $\pm 1.0^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 0.25\%$
二级标准 <sup>(7)</sup>	传感器校准	B、R、S、RTD <sup>(10)</sup>	初次使用前： 2年	一级标准 <sup>(6)</sup>	R、S: $\pm 1.0^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 0.1\%$ <sup>(13)</sup>
系统精确度测试 <sup>(3)</sup>		B、R、S、RTD 和廉金属	初次使用前； 重新校准	一级或二级标准 <sup>(8)</sup>	B: $\pm 1.0^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 0.25\%$ <sup>(13)</sup>  廉金属: $\pm 2.0^{\circ}\text{F}$ ( $\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ ) 或 $\pm 0.4\%$ <sup>(11)</sup>
温度均匀性测量 <sup>(3)</sup>			6个月-B、R、S、RTD 3个月-廉金属； 不适用于E、K		
控制、记录 <sup>(3)</sup>	安装在热处理设备上的	B、R、S、RTD 和廉金属	初次使用前	一级二级标准 <sup>(8)</sup>	RTD <sup>(10)</sup>
负载 <sup>(3)</sup>	检测出零件或原材料温度		初次使用前； 重新校准： 6个月-B、R、S、RTD 其它廉金属不允许		

注：

(1) 可接受具有相同校准精度的传感器

(2)  $^{\circ}\text{F}$  或 $^{\circ}\text{C}$  中的读数或校正系数的百分比，以较大者为准。

(3) 传感器重新校准和再利用要求见表 5

(4) NIST 或其他国际公认的标准组织

(5) 应使用参考标准传感器和一级标准仪器校准一级标准传感器

(6) 应使用一级标准传感器和一级标准仪器校准二级标准传感器

(7) 使用应仅限于控制、记录和负载传感器的校准、系统精度测试和温度均匀性测量传感器

(8) 应使用一级或二级标准传感器和一级或二级标准仪器来校准这些传感器

(9) 对于未列出并在 2400°F 或 1316°F 以上使用的传感器类型，校准精度应为+1%，如果超过校准精度，所有应用都应使用传感器校正系数

(10) 使用时，RTD 应为铂型，并符合 ASTM E1137 或 EC 6075 中给出的 A 级公差

(11) 仅对于温度<32°F或<0°C的 E 型和 T 型，校准精度应满足以下要求

E 型:-328 至 32°F，±3.0°F代表-200 至 0°C，或±1.7°C，或±1.0%，以较大者为准。

T 型:-328 至 32°F，±18°F或-200 至 0°C，±1.0°C，或±1.5%，以较大者为准

(12) 热电偶和热电偶材料的供应通常满足表中针对高于 32°F或 0°C的温度规定的公差。然而在温度低于 32°F或 0°C时，相同的材料可能并不处在公差范围内

(13) 当使用校正系数时，B 型负载传感器应满足±2.7°F或±1.5°C或±0.5%的校准精度，R 型和 S 型负载传感器应满足±2.7°F或±1.5°C或±0.25%的校准精度

表 2-热电偶及延长线/连接器

分类	类型	热电偶			延长线		
		正极成分 (权重%)	负极成分 (权重%)	颜色代码	导线代码	插头颜色代码(1)	连接器颜色代码(1)
廉金属	J	Fe	55Cu/45Ni	白/红	JPX/JNX	黑	黑
	E	90Ni/10Cr	55Cu/45Ni	紫/红	EPX/ENX	紫	紫
	K	90Ni/10Cr	95Ni/5, Al+Si	黄/红	KPX/KNX	黄	黄
	N	84.5Ni/14Cr/1.5Si	95.4Ni/4.5Si/0.1Mg	橙/红	NPX/NNX	橙	橙
	M(3)	82Ni/18Mo	Ni	黄/红	KPX/KNX	黄	黄
	T	Cu	55Cu/45Ni	蓝/红	TPX/TNX	蓝	蓝
贵金属 (2)	R	87Pt/13Rh	Pt	黑/红	RPX/RNX or SPX/SNX	绿	绿
	B	70Pt/30Rh	94Pt/6Rh	灰/红	BPX/BNX	灰	灰
	S	90Pt/10Rh	Pt	黑/红	PRX/RNX 或 SPX/SNX	绿	绿
耐火材料 (2)	C	95W/5Re	74W/26Re	绿/红	CPX/CNX	红	红

注：(1) 规定的所有颜色代码均符合 ASTM E230。可以接受符合其他国际公认标准组织的颜色代码。

(2) 大多数廉金属延长线与其预期使用的传感器具有相同的标称成分，而贵金属

(S、R 和 B 型) 或难熔金属型传感器 (C 型) 的补偿延长线通常具有更经济性的不同成分, 其成对的相对热电性能与在有限温度范围内使用的贵金属或难熔金属型传感器的相对热电性能非常接近。

(3) M 型与 K 型采用相同的延长线。

表 3-传感器分类

传感器盖	传感器分类 (1)
玻璃纤维、塑料或商标名	易耗型
多重硬烧陶瓷珠	易耗型
金属多层编织	易耗型
用金属/陶瓷保护管屏蔽加工气压	非易耗型
矿物质绝缘金属铠装电缆 (MIMS)	非易耗型

注: (1) 参见易耗型/非易耗型传感器定义

### 3.1.2 传感器

传感器温度范围使用指南可参考 ASTM MNL12、ASTM E230、ASTM E608、ASTM E1137EN 60751 或其他国际公认标准和传感器供应商规范

### 3.1.3 延长线和连接器

3.1.3.1 延长线应与使用的传感器和仪器具有相同的标称成分, 除非允许使用兼容性补偿延长线 (例如贵金属)。 延长线应符合表 2 的要求

3.1.3.2 除非使用兼容的连接器, 否则不得拼接延长线。

3.1.3.3 如果为兼容类型, 则允许使用连接器、插头、插孔和端子排; 即它们具有符合相应传感器类型特点的热电特性

3.1.3.4 无线发射器可作为延长线的替代品

### 3.1.4 传感器校准

3.1.4.1 传感器校准技术应符合 ASTM E207 或 ASTM E220 或其他国际公认标准

3.1.4.2 传感器首次使用前应进行校准

3.1.4.3 传感器校准间隔, 无论是基于时间、使用次数还是温度, 均为允许的最大间隔

3.1.4.4 用户应具有更换热处理设备传感器的控制程序, 包括基于支持数据, 包括但不限于 SAT、TUS、重新校准数据, 和/或趋势分析的最大寿命和/或使用次数限制

3.1.4.5 传感器应在低于使用的最低使用温度, 或高于最高使用温度下进行校准或重新校准。在单一温度下使用的传感器可在单一使用温度下进行校准

3.1.4.6 所有传感器的校准或重新校准温度间隔不得超过 250°F 或 140°C

3.1.4.7 除 NIST 或其他国际认可的标准组织外, 任何校准源均禁止外推高于最高校准温度和低于最低校准温度的校准校正系数

3.1.4.8 允许使用线性方法在两个已知的校准点之间插入校正系数

3.1.4.9 或者，应使用最近校准点的校正系数

3.1.4.10 无论使用哪种方法，都需要一致的界定和应用

3.1.4.11 对于表 5 中允许的传感器重新校准，可以使用重新校准日期或重新校准后首次使用的日期作为校准周期的起始日期。程序应确定如何应用和记录实践，以确保合规性

### 3.1.5 线/线圈

3.1.5.1 由线圈制成的已校准消耗型或非易耗型传感器可代替单独校准的传感器

3.1.5.2 校准时线/线圈的最大长度应符合表 4 的规定

**表 4-卷中电线/电缆的最大允许长度**

传感器	线/线卷的最大允许长度
一级标准	200 英尺或 60 米
所有其他贵金属	2000 英尺或 610 米
所有其他廉金属	5000 英尺或 1525 米
耐火材料	2000 英尺或米

3.1.5.3 应在线圈两端取样校准。各端的单个校正系数应符合表 1 的要求，平均校正系数应在每个校准温度下从线圈两端计算，并用于整个线圈长度

3.1.5.4 如果样本传感器每端在任何单个校准温度下的校准系数之差超过以下数值，则不得使用该线圈：

- a. 一次和二次标准传感器为 1.0°F 或 0.6°C
- b. 控制、记录和负载传感器、SAT 和 TUS 传感器为 2.0°F 或 1.1°C，

3.1.5.5 以下规定适用于不满足 3.1.5.4 要求的线圈：

- a、 如果较短的长度满足 3.1.5.4 的要求，则允许将线圈分为较短的长度
- b、 允许使用线圈上的单个传感器，前提是它们按照表 1 的要求进行校准

### 3.1.6 一般传感器重复使用要求

除非绝缘完好无损且线/线圈（包括热接点）未受损，否则不允许重复使用任何传感器（见表 5）

表 5-传感器重复使用和重新校准

传感器用途	传感器类型	形式	重新校准 <sup>(3)</sup>	重新使用 <sup>(1)(2)</sup>
测试传感器TUS	廉金属	易耗型	不允许重新校准易耗型廉金属热电偶。	在500.0°F或260.0°C或更低温度使用时校准间隔：3个月 M、T、K、E：受自首次使用以来的使用次数、使用温度和日历天数的限制（见3.1.7.3） J、N：受自首次使用次数、使用温度和日历天数的限制（见3.1.7.3）
		非易耗型	J & N型：3个月-见表1。 E&K型：3个月-若在500.0°F 或260.0°C或以下温度使用允许重新校准，高于500.0°F (260.0°C)以上不允许重新校准。	无其他限制
	贵金属	易耗型	每6个月-见表1。	没有其它限制。
		非易耗型		
测试传感器非驻留SAT	廉金属	易耗型	不允许重新校准易耗型廉金属热电偶。	在500.0°F或260.0°C或更低温度使用时校准间隔：3个月 M、T、K、E：受自首次使用以来的使用次数、使用温度和日历天数的限制（见3.1.7.3） J、N：受自首次使用次数、使用温度和日历天数的限制（见3.1.7.3）
		非易耗型	J & N型：3个月-见表1。 E & K型：3个月-若在500.0°F (260.0°C)或以下温度使用允许重新校准，500.0°F (260.0°C)以上不允许重新校准。	没有其它限制。
	贵金属	易耗型	每6个月-见表1。	没有其它限制。
		非易耗型		
测试传感器驻留SAT	廉金属	易耗型	不允许重新校准易耗型廉金属热电偶。	E、J、K、T：只应在500.0°F (260.0°C)或以下温度使用
		非易耗型	J & N型：3个月-见表1。 E & K型：3个月-若在500.0°F (260.0°C)或以下温度使用允许重新校准，500.0°F (260.0°C)以上不允许重新校准。	E、J、K、T：只应在500.0°F (260.0°C)或以下温度使用 N：没有其它限制
	贵金属	易耗型	每6个月-见表1。	只应在1000.0°F 或538.0°C以下温度使用
		非易耗型		没有其它限制。
控制和记录传感器	全部	全部	初次使用前	按照 2.2.42,3.1.4.4,3.4.8 及 3.4.9 内容进行替换
负载传感器	廉金属	易耗型	不允许重新校准	受首次使用以来的使用次数、使用温度和日历日限制（见3.1.10.1,3.4.8及3.4.9）
		非易耗型	J、N：3个月 E、K：3个月-若在500.0°F (260.0°C)或以下温度使用允许重新校准，500.0°F (260.0°C)以上不允许重新校准。	受首次使用以来的使用次数、使用温度和日历日限制（见3.1.10.2,3.4.8及3.4.9）
	贵金属(4)	易耗型	除3.4.8和3.4.9中规定外，6个月一次（见表1）	除3.4.8和3.4.9中所述外，无其他限制
		非易耗型		

注：（1）对于在 500.0°F 或 260.0°C 以上使用的任何 E 或 K 型传感器的重复使用，插入深度应大于任何先前使用的深度（见 3.1.7.1）

（2）关于一般重新使用限制，请参见 3.1.6 和 3.1.7。

(3) 禁止对 500.0°F 或 260.0°C 以上使用的任何 E 或 K 型传感器重新校准

(4) 包括 RTD

### 3.1.7 SAT 和 TUS 传感器的重复使用

3.1.7.1 当在 500°F 或 260°C 以上温度重复使用非易耗型 E 或 K 型热电偶时，插入深度应等于或大于任何以前的插入深度

3.1.7.2 易耗型廉金属和贵金属 SAT 和 TUS 传感器的重复使用：

a、当在 500.0°F 或 260.0°C 或更低温度下使用时，廉金属传感器从首次使用起最多可使用 3 个月，且不受使用次数限制

b、贵金属传感器从首次使用起最多可使用 6 个月，不受使用次数或使用温度的限制

3.1.7.3 易耗型廉金属 SAT 和 TUS 传感器

a、M、T、K 和 E 在 500.0°F 和 1200.0°F 之间或 260.0°C 至 650.0°C 之间使用，使用期限为在 3 个月或 5 次，以先到者为准。且使用温度高于 1200.0°F 或 650.0°C 以上，只能使用一次

b、J 和 N 在 500.0°F 和 1200.0°F 之间或 260.0°C 和 650.0°C 之间使用，使用期限为 3 个月或 10 次，以先到者为准，且使用温度高于 1200.0°F 或 650.0°C 以上，只能使用一次

3.1.7.4 应保存累积传感器重复使用的记录，包括传感器批次号，温度和使用次数

3.1.7.5 任何廉金属 TUS 热电偶 (1) 专门用于 ≤1200°F 或 ≤650°C，(2) 已识别，以及 (3) 在各测试之间具备防止损坏（即卷曲、过度潮湿接触、腐蚀等）保存条件或在各测试之间仍安装于受防护机架上，应限制不超过 3.1.7.3 中规定的使用期限或 6 个月的使用期，以先到者为准，可重复使用，但仅限于 3.1.6 和 3.1.8 的限制

### 3.1.8 传感器修复

3.1.8.1 如果不一致部分（包括先前暴露在炉内的任何部分）被移除并重新制作热接点，则允许修复损坏的易耗型传感器

3.1.8.2 应使用修复传感器的原始校准数据

### 3.1.9 控制和记录传感器

3.1.9.1 控制传感器应安装在热处理设备中，以确保在合格的工作区域内控制和保持设备的一致性。应根据适用的仪表类型放置记录传感器

### 3.1.10 负载传感器

当使用替代 SAT 时，以下也适用于记录传感器

3.1.10.1 可使用易耗型廉金属负载传感器：

a. 在 500.0°F 或 260.0°C 或以下使用时，首次使用后最长不超过 3 个月，不限制使用次数



b. M、T、K 和 E 使用温度在 500.0°F 至 1200.0°F 或 260.0°C 至 650.0°C 之间，使用期限为 3 个月或 5 次（以先发生者为准），且使用温度高于 1200.0°F 或 650.0°C 以上，只能使用一次

c. J 和 N 在 500.0°F 和 1200.0°F 之间或 260.0°C 和 650.0°C 之间使用，使用期限应为 3 个月或 10 次，以先到者为准，且使用温度高于 1200.0°F 或 650.0°C 以上，只能使用一次

3.1.10.2 非易耗型廉金属负载传感器的寿命应受到最高合格工作温度和首次使用后的日历天数的限制

3.1.10.3 应保存累积负载传感器使用的数据，包括传感器批次号、负载循环、温度和使用次数。使用次数应包括 SAT 和 TUS 期间的使用次数

3.10.4 最大更换间隔或使用次数（以首次使用非易耗型廉金属负载传感器后发生的为准）应符合表 6 的规定

表 6-非易耗型廉金属负载传感器使用温度、间隔或用途

设定温度		最大更换间隔或使用次数
2300.0°F 及以上	1260.0°C 及以上	一次使用
2200.0~2299.9°F	1204.5~1259.9°C	每季度或 10 次使用
1800.0~2199.9°F	982.8~1204.4°C	每季度或 90 次使用
1200.0~1799.9°F	648.9~982.7°C	每季度或 180 次使用
500.1~1199.9°F	260.1~648.8°C	每季度或 270 次使用
≤500.0°F	<260.0°C	季度无限使用

3.1.10.5 当负载传感器用于多个合格的温度范围时，应采用最短的间隔或使用次数

例 1: 在 2250.0°F 或 1232.0°C 下使用九次的传感器，在 2200.0 至 2299.9°F (1204.5 至 1259°C) 范围内或任何更低的工作范围内只能再使用一次。不得在 2300.0°F 或 1260.0°C 或更高的温度下使用

例 2: 在 1400.0°F 和 1600.0°F 或 760.0°C 和 871.0°C 之间使用 50 次的传感器，然后在 1820.0°F 和 993.0°F 之间使用

该传感器使用次数已经超过 2199.9°F 或 1204.4°C 以上任何范围的使用极限。

由于传感器已在更高的温度范围内使用，因此该传感器最多只能使用 90 次

例 3: 在 1400.0°F 和 1600.0°F 或 760.0°C 和 871.0°C 之间使用 50 次的传感器，然后在 1015.0°F 或 546.0°C 下使用

该传感器使用次数已经超过 2199.9°F 或 1204.4°C 以上任何范围的使用极限。

由于传感器在 1200.0 至 1799.9°F 或 648.9 至 982.2°C 的温度范围内使用，因此该

传感器最多只能使用 180 次

### 3.1.11 传感器校准结果和记录

3.1.11.1 应记录传感器校准或重新校准的结果。文件应包括：

- a、传感器的标识，批次号或线/线圈的批次号
- b、传感器类型；例如 K、N、E、RTD 等
- c、校准或重新校准日期
- d、校准报告中显示的线/线圈的数量或长度
- e、必须标记校准是初始校准还是重新校准
- f、所需校准精度
- g、所用的测试传感器和测试仪器的标识
- h、标称校准温度
- i、被测温度传感器的实际读数
- j、ASTM E220 或其他国际公认标准中的校准方法
- k、每个校准温度的校正系数或偏差/误差，包括线/线圈两端的平均校正系数
- i、文件应清楚说明偏差（误差）或校正系数
- m、NIST 或其他国际公认标准组织的可追溯性声明。
- n、校准机构的名称
- o、执行校准的技术人员的标识
- p、批准校准机构的授权代理人
- q、用户质量组织审核

### 3.2 仪表

#### 3.2.1 仪表通用要求

3.2.1.1 毫伏到度或度到毫伏的转换应符合 ASTM E230 或其他国际公认标准

3.2.1.2 传感器的输出结果应使用本文中规定的仪器或同等或更高精度的仪器转换为温度读数

3.2.1.3 仪器应按照表 7 进行校准，并应可追溯至 NIST 或其他国际认可的标准组织

3.2.1.4 模拟记录仪表的分辨率要求应符合表 8 的规定

3.2.1.4.1 过程记录仪表的打印和图表速度应符合表 9 的规定

表 7-仪表与仪表的校准

仪表	仪表类型	最大校准周期 <sup>(9)</sup>	标准	校准精度 <sup>(1)</sup>	用途
参考标准	齐纳基准电压源	3年	NIST <sup>(6)</sup>	NIST <sup>(6)</sup>	限于一级标准校准 <sup>(8)</sup>
一级标准仪表	电位计、数字电压表 <sup>(1)</sup>	3年	参考标准	$\pm 0.1^{\circ}\text{F}$ 、或 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ ，或温度读数的 $\pm 0.015\%$ ，取其大者	限于实验室校准二级标准仪表、及现场测试仪表，一级和二级标准传感器的 <sup>(8)</sup>
二级标准仪表	电位计、数字电压表 <sup>(1)</sup>	每年	一级标准仪表	$\pm 0.3^{\circ}\text{F}$ 、或 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 或温度读数的 $\pm 0.05\%$ ，取其大者	限于实验室校准现场测试仪表、系统精确度测试传感器、温度均匀性测量传感器、负载传感器和控制、监视或记录传感器 <sup>(8)</sup>
现场测试仪表 <sup>(7)</sup>	SAT/TUS便携式电位计或数字式仪表，或电子数据记录仪，或数据采集系统	3个月	一级或二级标准仪表	$\pm 1.0^{\circ}\text{F}$ 、或 $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 、或温度读数的 $\pm 0.1\%$ ，取其大者	限于校准控制仪或记录仪，进行SAT和TUS <sup>(5) (8)</sup>
控制、记录仪、数据采集器 <sup>(7)</sup>	数字式仪表	见注 <sup>(3)</sup>	现场测试仪器	$\pm 2.0^{\circ}\text{F}$ 、或 $\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ 、或温度读数的 $0.2\%$ ，取其大者 <sup>(10)</sup>	限于控制、记录热处理设备的温度
	模拟仪表 <sup>(2)</sup>	见注 <sup>(3)</sup>	现场测试仪器	$\pm 2.0^{\circ}\text{F}$ 、或 $\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ 、或设备最大TUS温度的 $0.3\%$ ，取其大者	
	机械部件或热元件	见注 <sup>(3)</sup>	SAT代替校准	$\pm 5.0^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 3.0^{\circ}\text{C}$	限于测量制冷设备和淬火设备的温度 <sup>(4)</sup>

注：（1）可以是同等或更高精度的仪器

（2）模拟仪器的最低灵敏度必须为：

炉子种类	温度	
	$^{\circ}\text{F}$	$^{\circ}\text{C}$
1-2	1.0	0.6
3-6	3.0	1.7

（3）控制仪和记录仪的校准间隔必须为：

炉子种类	数字	模拟
1	1 个月	1 个月
2	3 个月	1 个月
3	3 个月	1 个月
4	3 个月	3 个月
5	6 个月	3 个月
6	6 个月	3 个月
制冷和淬火设备 <sup>(4)</sup>	6 个月	6 个月

(4) 当制冷和/或淬火介质传感器连接到炉子记录仪的一个通道时，记录仪中该通道的校准间隔必须与该仪器其它通道的校准间隔一样。

(5) 达到二级标准精度仪器的现场测试仪器，可用于实地校准 SAT 和 TUS 仪器。此类仪器必须按照一级标准每季度校准一次。

(6) NIST 或其它国际公认的标准机构

(7) 包括无线传输系统

(8) 必须按照仪器制造商指定的环境条件使用和存放仪器。

(9) 仪器的校准周期必须从校准日期开始计算。

(10) 读数为整数的数字控制仪，其最大校准精度必须为 $\pm 2^{\circ}\text{F}$ 、 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 或温度读数取整（最接近较小的整数）后的 $\pm 0.2\%$ 。

表 8 记录仪器分辨率要求<sup>(1) (2) (3)</sup>

熔炉等级	记录纸的最大度数		最大图表记录增量	
	$^{\circ}\text{F}/\text{英寸}$	$^{\circ}\text{C}/\text{cm}$	$^{\circ}\text{F}/\text{行}$	$^{\circ}\text{C}/\text{行}$
1	50	11	2	1
2	150	33	5	3
3	150	33	5	3
4	250	55	10	5
5	250	55	10	5
6	350	77	25	15
制冷和 淬火设备	150	33	5	3

注：（1） 见 3.2.4

（2） 数字仪表的可读性应为  $0.1^{\circ}\text{F}$  或  $0.1^{\circ}\text{C}$

（3）符合表 9 要求用于打印各通道的时间和温度数值的记录仪器视为数字记录仪，而表 8 的要求不适用

表格 9-记录仪打印间隔和记录速度要求<sup>(1)</sup>

记录仪器类型	打印/数据收集间隔 <sup>(2)</sup>	记录速度	
圆图（纸质媒体）	在每个热循环的打印间隔，至少应为 6 次。 打印间隔不得超过 10 分钟	如热循环 <sup>(3)</sup> 小于 1 小时，每转一圈的最大值=8h	如热循环 <sup>(3)</sup> 大于 1 小时，每次完成循环最多 24h
条带（纸质媒体）		如热循环 <sup>(3)</sup> 小于 1 小时，至少 2 in/h 或 50mm/h	如热循环 <sup>(3)</sup> 大于 1 小时，最小值为 1in/h 或 25 mm/h
数据		不适用	

注：（1） 零件或原材料在炉内的整个时间内，记录仪表都应进行工作。如果须断开

负载传感器以转移负载的情况下，用户必须由其它证明过程符合规范的客观证据。

(2) 可能需要调整最小打印间隔，以便与最小冷却速率相符。

(3) 热循环指的是保温时间。

### 3.2.2 一级标准、二级标准和现场测试仪器

3.2.2.1 一级和二级标准仪器应为数字仪表，并满足表 7 中的校准精度要求，单位为温度或毫伏，转换后可达到同等精度。

3.2.2.2 现场测试仪器应为数字仪表，对于任何输入和输出，其最小可读性为 0.1 °F 或 °C。

3.2.2.3 测试仪器校准时，应至少使用 6 个模拟传感器输入和/或输出信号下进行测试。这些模拟信号应涵盖用于测试或校准的最小值和最大值工作范围，正常工作区域之间至少有 4 个测试点，或测试或校准的仪器工作范围中大约相同间隔的 4 个点。

3.2.2.3.1 对于仅在单一温度下使用的试验仪器，可在单一使用温度下进行校准，或按照 3.2.2.3 进行校准。

3.2.2.4 任何类型的输入和输出都应校准；例如，使用的每种传感器类型，如果仪器用于 mV、mA 等的测量。

3.2.2.5 校准应在可单独更改或调整的每个正在使用的通道上进行，或在可作为一组更改或调整的每个通道组上进行。未使用的通道必须被封锁或贴上标签，以防无意中使用时。

3.2.2.6 满足二级标准精度的测试仪器可在生产环境中用作现场测试仪器。校准频率应与现场测试仪器相同，且仪器应在仪器制造商规定的环境条件下运行。

### 3.2.3 控制、记录和超温仪器

3.2.3.1 本规范发布后 2 年内，所有控制、记录和超温仪表应为数字仪表

3.2.3.2 在 AMS2750F 发布后的 2 年内，数字记录仪器的最小可读性应为 0.1 °F 或 0.1 °C，见表 10。

3.2.3.3 模拟记录仪表的数字显示至少应具有 1 °F 或 1 °C 的可读性，图表分辨率见表 8，模拟记录仪表的有效期见 3.2.3.1。

3.2.3.4 仪表应接收传感器未经修改的信号，但不包括模拟-数字，数字-模拟转换的情况，或直接测量经过数字处理、误差检查的等值表达式

3.2.3.5 校准应在实际状态下进行，包括在整个合格工作温度范围的最小、最大和中间三分之一中至少 1 个点的 3 个模拟传感器输入信号使用和记录的偏差，以便记录实际条件。

3.2.3.6 对于无明确限定合格工作温度范围的设备（如淬火槽和冷却设备），应在设备使用的工作范围的最小值、最大值和中间三分之一处的至少 3 个模拟传感器输入信号进行校准。

3.2.3.7 仪器误差是被校准仪器读数和现场测试仪器之间的差。如果生产中使用

了任何记录了的修改偏移量时，该数值必须用代数方法校正为被校准仪器的读数。

3.2.3.8 在经过任何校准调整后，仪器应根据 3.2.3.5 进行验证，以记录校准调整后的数据。

3.2.3.9 校准应在每个可单独更改或调整的通道上进行，或在每组可作为一组更改或调整的通道上进行。

3.2.3.10 多通道数字记录仪的所有使用通道均应进行校准。未使用通道应当标识，以防止意外使用。

3.2.3.11 记录仪器可以是模拟型或数字型，但所有纸质记录仪器应满足表 8 的分辨率要求。记录仪器应按表 10 分类。

表 10-模拟和数字记录仪的分类

记录仪功能	纸质介质	模拟	数字
预打印标度有印刷好的趋势线，有或无数字显示屏	x	x	
预打印标度打印出的数据表格符合表 9 的打印间隔要求，有或无数字显示屏	x		x
创建标度和趋势线或表格数据；显示指示温度	纸质或电子式		x

3.2.3.12 当控制和记录系统集成在一起时，数字显示控制值和数字记录值由同一测量电路产生，且难以区分，则只需记录一个单独的显示/记录值用于控制读数。

3.2.3.13 对于马沸炉，炉内的温度应控制为干馏釜内可保持指定的温度。校准控制仪时，应在干馏釜内的整个温度范围内对控制仪进行校准。

3.2.3.14 指示温度的制冷和淬火系统控制仪表必须校准。所有记录仪器必须校准（见表 7）。

3.2.3.15 必须按照 3.2.3.5 的规定，在规定的使用温度范围内对控制和记录系统进行校准。

3.2.3.16 对于仅在单一温度下使用的控制和记录仪器，可在单一使用温度下进行校准，或按照 3.2.3.5 进行校准。

3.2.3.17 应验证模拟仪表的灵敏度（见表 7，注 2）。

- a、 每个定期校准期间；
- b、多通道记录仪器所有使用的有效通道。

3.2.3.18 对于使用预打印纸介质（盘状和条形）的记录仪器，走纸速率应每年验证一次，精度必须在±3 min/h。接收或拒绝走纸速率的验证必须留有记录。

3.2.3.19 所有数字记录仪表和数据采集系统的计时功能应每年校准一次，精度必须达到±1 min/h。或者通过卫星、互联网或电话系统定期（至少每月一次）与 NIST（或国际同等机构）进行数字同步，以支持计时系统的±1 min/h 精度。

3.2.3.20 外部计时装置，如定时器、时钟、秒表等，应至少每2年校准一次，且应精确到+1 s/min。

3.2.3.21 允许在熔炉上使用模拟-数字转换，并将数字信号传输至记录仪器的无线设备。但是需要校准整个无线系统（无线发射器、无线接收器和配备的控制和记录仪器）。

#### 3.2.4 电子记录

3.2.4.1 电子记录是指由计算机系统创建、修改、维护、存档、检索或分发的文本、图形、数据、音频、图像或其他以数字形式表示的信息的组合。

3.2.4.2 当使用的是能生成电子记录的系统（控制、记录或数据采集）时，系统应：

- a、创建未经检测则无法更改的记录；
- b、提供检查和/或编辑数据的软件和回放工具，但用户不能使用任何工具篡改源数据；
- c、可生成准确、完整的记录副本，必须是可供人员阅读的电子表格，以供检查、复制之用；
- d、能提供证据证明已经通过电子审查进行了记录检查，或提供打印记录的方法以便人工进行标记，证明进行了记录检查；
- e、支持在整个记录保留期内对数据进行精确的保护、保留和检索；
- f、确保硬件和/或软件在3.7规定的保留期内正确工作；
- g、提供保护方法，如密码来限制只有经过授权的人员可访问系统。

3.2.4.3 应提供证据证明软件版本经过验证，确保始终符合材料或工艺规范的要求，证明在安装后未修改程序、方法或其它用于控制热处理参数的工具。

#### 3.2.5 仪器校准结果和记录

3.2.5.1 贴在仪器上或靠近仪器的标签应表明最近成功的校准。作为最低要求。标签应包括：

- a、仪表编号或炉子编号；
- b、执行校准的日期；
- c、下次校准到期日；
- d、执行校准技术员的标识。；
- e、说明校准的任何限制或约束。如果标签上的空间不允许列出限制或限制，则可以在靠近仪器的位置贴上第二个标签，也可以使用诸如“查看报告”之类的符号。

3.2.5.2 仪器校准结果应形成文件。作为最低要求。文件应包括：

- a、仪器的唯一标识；
- b、校准仪器的品牌和型号；
- c、校准期间使用的测试仪器的唯一标识；

d、如果仪器用于这些测量，则标识所使用的每种传感器类型（例如，K，N 等）和形式（例如，V，MA 等）；

e、信号输入位置的标识（仅适用于采用替代 SAT 的测量系统）；

f、所需校准精度。

g、每个校准点的实际数据和调整后的数据，包括：

1、标称试验温度；

2、测试仪器误差（可选误差或客户指定的误差）；

3、被测仪器的误差（指定时已校正或未校正的测试仪器误差）。

h、根据第 3.2.6 条的规定，实际和校准调整后的校正和修改偏移量；

i、灵敏度，通过/失败（仅适用于模拟仪表）；

j、仪器校准通过或失败声明；

k、校准的任何限制或限制；

i、执行校准的日期；

m、下次校准到期日；

n、NIST 或其他国际公认标准组织的可追溯性声明；

o、执行校准的技术员的标识；

p、如果不是内部进行校准，则说明校准机构名称；

q、如果由第三方执行，须注明校准机构授权代理人的批准；

r、用户质量组织批准。

3.2.6 热处理设备仪表校正和修正补偿（见 2.2.38.1 和 2.2.38.2）

3.2.6 一般仪器校正和修正补偿要求

3.2.6.1.1 使用仪表校正和/或修正补偿，应制定一个书面程序，说明何时以及如何进行仪表校正和/或修正补偿。

3.2.6.1.2 热处理设备最大累积校正偏移量不得超过该设备的均匀性公差，制冷和淬火仪器的最大累积校正偏移量不得超过 $\pm 5.0^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 2.8^{\circ}\text{C}$ （例如，2 级熔炉仪表的最大校正偏移量不得超过 $\pm 10.0^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 6.0^{\circ}\text{C}$ ）。

3.2.6.1.3 仪器校正和或偏移量的修改可以是内部（电子）或外部（手动），并应包含在校准、SAT 和 TUS 文件中。

3.2.6.1.4 控制仪表的 TUS 修改偏移量不得超过表 18 或表 19 中的公差，不允许对 SAT 进行偏移量修改。

3.2.6.1.5 控制和记录仪器的 SAT 校正偏移量不得超过表 18 或 19 中的公差。记录仪通道上不允许使用 TUS 修改偏移量，但用于记录控制传感器温度的通道可以使用。

3.2.1.6 对于生产中使用的负载传感器系统，允许使用校正偏移量，但不允许修改偏移量。

3.3 热处理设备



3.3.1 熔炉等级见表 11，并基于规定的熔炉等级。如果没有规定，熔炉等级应满足所加工材料管理规范中规定的温度均匀性要求。仪表类型由用于控制、记录或指示所需温度的仪表等级决定。控制和记录仪表校准、系统精度试验、温度均匀性测量的间隔时间基于表 7、14、15、18 或 19 中规定的熔炉等级和仪表类型。

表 11-不同熔炉类别的均匀性容差

炉子级别	温度均匀性范围 °F	温度均匀性范围 °C <sup>(1)</sup>
1	±5.0	±3.0
2	±10.0	±6.0
3	±15.0	±8.0
4	±20.0	±10.0
5	±25.0	±14.0
6	±50.0	±28.0

注：(1) 有些设计机构要求 2 类和 3 类的温度均匀性容差分别为±5.0℃和±7.0℃

3.3.2 熔炉仪表类型分类要求见表 12。

仪表类型要求的传感器	仪表类型 <sup>(1)</sup>					
	A	B	C	D+	D	E
每区一个控制和显示温度的控制传感器	√	√	√	√	√	√
每个控制区控制传感器显示的温度应由记录仪表进行记录。或者记录仪可以和第二个传感器相连，该传感器和控制传感器放在同一个保护壳或固定器中，并与控制传感器隔离不超过0.38 inch (10 mm)。	√	√	√	√	√	
为了更好地代表最冷和最热的温度（基于最近的温度均匀性测量），应在每个控制区中放置至少两个附加记录传感器。认识到特定的炉子设计/装在构型会妨碍在精确的最冷和最热位置处放置这些传感器，但这些传感器应尽可能近地进行放置（见3.3.5）。这些记录位置可随时间而发生变化。重新放置要求见3.5.18.	√		√			
每个区域内至少有1个记录负载传感器 多区炉子生产过程中，空区（例如区中没有放置或进入材料）不要求负载传感器。然而，炉子装载记录必须注明该区完全是空的。	√	√				
每个控制区域内距传感器的位置至少3英寸或76mm处有一个额外的记录传感器，且应为不同类型的传感器。 <sup>(2)</sup>				√		
每个控制区应具有超温保护（2.2.35），代表温度最高的位置的记录传感器也可用作超温保护传感器。	√	√	√	√	√	

注：(1) 仪器类型按质量从左到右排列（降序）；例如：A 比 B 的质量好等等。

(2) 超温保护传感器也可以作为记录传感器，代表 A 或 C 型仪表的最热位置，如果位置合适，也可用作 D+型辅助记录传感器。

3.3.3 制冷设备和淬火系统的仪表要求

3.3.3.1 所有制冷设备应配备一个温度控制器。此温度控制器要求不适用于液氮、干冰或干冰/液体冷却容器。

3.3.3.2 所有制冷设备在要求有保温时间（最小，最大或两者兼有）的地方，均应配备一个温度记录仪

3.3.3.3 除非另有规定，否则 3.3.3.1 和 3.3.3.2 的要求不适用于在低温环境下材料流转。

3.3.3.4 淬火系统（浸入式或喷雾式）应配备一个记录仪器记录的传感器。

#### 3.3.4 附加传感器

在任何控制区域内，附加记录或负载传感器的数量没有限制，但它们的使用必须在操作说明或程序中定义。

3.3.5 如表 13 所示，如 A 型和 C 型仪表需要热和冷温度传感器时，该传感器可嵌入散热器内（见 2.2.27），放置在控制区域的最热和最冷位置（根据最新的 TUS 结果确定前提是散热器的构造与 TUS 中使用的类似配置的散热器）。

表 13-每个控制区域需要的最少传感器数量

仪表类型	所需最少传感器数量				
	最高温度传感器	最低温度传感器	负载传感器	超温传感器	负载传感器
A	1	1	1	1	不适用
B	不适用	不适用	1	1	不适用
C	1	1	不适用	1	不适用
D+	不适用	不适用	不适用	1	1
D	不适用	不适用	不适用	1	不适用

3.3.6 所需的最少传感器如表 13。

3.3.7 对于总合格工作区总容积为 225 ft<sup>3</sup> 或 6.4 m<sup>3</sup> 或更小的多控制区熔炉，在放置冷热温度记录传感器（A 型或 C 型仪器），确定所需负载传感器数量时，可以把整个炉的工作区域的容积视为一个单独的控制区，当宽度、长度、直径或高度的最大尺寸不超过其他尺寸的三倍时，不用考虑控制传感器（A 型或 B 型仪表）的数量。

3.3.8 对于总合格工作区总容积为 225 ft<sup>3</sup> 或 6.4 m<sup>3</sup> 或更大的多控制区熔炉，可分为不超过 225 ft<sup>3</sup> 或 6.4 m<sup>3</sup> 的控制区。每个控制区应包含所有要求的传感器。对于单个控制区 > 225 ft<sup>3</sup> 或 6.4 m<sup>3</sup> 的熔炉，每个控制区应包含表 13 中规定的所有所需传感器。

#### 3.4 系统精度测试（SAT）

##### 3.4.1 SAT 一般要求

3.4.1.1 SAT 是对传感器、延长线（和连接器）和仪器的综合误差或校正总和进行评估，以确保符合表 14 或 15 的要求。

表 14-零件炉级别、仪表类型及系统精确度测试间隔

炉子 级别	温度均匀性容差		最低仪表类型	标准SAT间隔	SAT延长间隔	最大SAT差值，以较大者为准		
	°F	°C				°F	°C	读数的%
1	±5.0	±3.0	D, D+	每周	每周	±2.0	±1.1	±0.2
			B, C	每周	每两周			
			A	每两周	每周			
2	±10.0	±6.0	D, D+	每周	每周	±3.0	±1.7	±0.3
			B, C	每两周	每月			
			A	每月	每季度			
3	±15.0	±8.0	D	每两周	每月	±4.0	±2.2	±0.4
			D+	每两周	每两月			
			B, C	每月	每季度			
			A	每季度	每半年			
4	±20.0	±10.0	D	每两周	每月	±4	±2.2	±0.4
			D+	每两周	每两月			
			B, C	每月	每季度			
			A	每季度	每半年			
5	±25.0	±14.0	D	每两周	每月	±5.0	±2.8	±0.5
			D+	每两周	每两月			
			B, C	每月	每季度			
			A	每季度	每半年			
6	±50.0	±28.0	E	每半年	每半年	±10.0	±5.6	N/A
冷却和淬火				每半年	每半年	±5.0	±2.8	N/A

表 15-原材料炉的分类、仪器类型和 SAT 间隔

炉子 级别	温度均匀性		最低仪表类型	正常SAT间隔	最大允许SAT间隔	最大SAT差值		
	°F	°C				°F	°C	读数的%
1	±5.0	±3.0	D, D+	每周	每月	±2.0	±1.1	±0.2
			B, C	每月	每季度			
			A	每月	每季度			
2	±10.0	±6.0	D, D+	每周	每月	±3.0	±1.7	±0.3
			B, C	每月	每季度			
			A	每月	每季度			
3	±15.0	±8.0	D	每两周	每月	±4.0	±2.2	±0.4
			D+	每两周	每两月			
			B, C	每月	每季度			
			A	每季度	每半年			
4	±20.0	±10.0	D	每月	每季度	±4.0	±2.2	±0.4
			D+	每月	四个月			
			B, C	每季度	每半年			
			A	每季度	每半年			
5	±25.0	±14.0	D	每月	每季度	±5.0	±2.8	±0.5
			D+	每月	四个月			
			B, C	每季度	每半年			
			A	每季度	每半年			
6	±50.0	±28.0	E	每半年	每半年	±10.0	±5.6	N/A
冷却和淬火				每半年	每半年	±5.0	±2.8	N/A

3.4.1.2 生产中使用的每个热处理设备的每个控制区的所有控制和记录系统，都必须进行 SAT。

3.4.1.3 如果控制和记录系统集成在一起时，同一测量电路生成数字显示的控制值和记录值，且难以区分；则只需记录单个的 SAT 显示/记录的值即可。

3.4.1.4 其它系统也需要进行 SAT,以便证明延长 SAT 间隔的合理性(见 3.4.3.2)。

3.4.1.5 功能仅限于超热保护的系统，不需要进行 SAT。

3.4.1.6 进行 SAT 时，必须使用经过校准、符合表 1 要求的单独的 SAT 传感器，和经过校准、符合表 7 要求的单独的现场试验仪器进行 SAT。

3.4.1.7 用于热处理设备的记录仪器不得用作现场测试仪器，除非能证明集成系统的测试记录通道与熔炉的记录系统分离，并满足现场测试仪器的要求。

### 3.4.2 SAT 的实施

3.4.2.1 应按照表 14 或 15 中的间隔定期执行 SAT。对于标记“停用/服务”期的设备，在恢复启用前，所有的适用系统都须进行 SAT。

3.4.2.2 出现任何可能影响 SAT 精度的情况，都必须进行一次 SAT。示例包括但不

限于：

- 被测系统传感器的更换；
- 控制或记录仪器的更换；
- 控制或记录仪器在校准过程中进行了任何的调整；
- 引用、废除内部校正偏移量，或更改了现有的内部校正偏移量；
- 由于 SAT 失败而采取纠正措施后。

3.4.2.3 质量保证部应参考书面处理证据，以确定设备维护是否符合 SAT。

#### 3.4.3 SAT 间隔

3.4.3.1 SAT 间隔应基于熔炉等级和仪表类型。

3.4.3.1.1 对于具有多个合格工作温度范围的熔炉，应按照所用熔炉等级的最严格间隔进行 SAT。

3.4.3.2 如果 2.2.42 中所述的预防性维护计划有效，并且满足以下条件之一，则 SAT 间隔可延长至表 14 或表 15 中允许的最大 SAT 间隔。

3.4.3.2.1 每个控制区至少有两个传感器为非易耗型 B、N、R 或 S 型

3.4.3.2.2 记录并满足 3.4.9.6 条、3.4.9.8 条和表 17 的关系要求

3.4.3.2.2 如果关联的每周一次超过 2.0°F 或 1.1°C 时，应在恢复生产前进行比较 SAT，间隔应恢复到正常间隔，直到进行下一次 TUS 以建立新的关联。

#### 3.4.4 SAT 差值

3.4.4.1 最大允许 SAT 差值应根据熔炉等级确定，见表 14 或表 15。

3.4.4.2 被测传感器系统（仪器/延长线/传感器）读数，与 SAT 传感器和 SAT 仪器校正读数之间计算出的差值（在用代数方法将 SAT 传感器和 SAT 仪器的校正系数用于设定温度后），即 SAT 差值。

3.4.4.3 过程仪表和传感器与 SAT 传感器和现场测试仪器进行比较所得的温度读数，即为与生产热处理过程中应读取或记录的温度读数。如果在热处理生产中按照 3.4.4.4 的要求持续使用了某些偏移量，并且有文件化的程序支持，必须采用代数方式应用于被测系统。

3.4.4.4 允许的仪表校正偏移量或修改偏移量包括：

3.4.4.4.1 适用于内部控制仪器和控制记录通道仪器的内部修改偏移，仅用来纠正有偏差的 TUS 分布。

示例：控制仪表的读数为 1000.0°F，它有一个 -3.0°F 的修正偏移量（电子方式施加这一偏移量）。随后在计算差值 3.4.4.2 之前，必须将 +3.0°F 加到 1000.0°F 读数上。

3.4.4.4.2 先前记录和指定的控制或记录仪器的校正偏移量，用于校正 SAT 差值。

示例：控制仪表的读数为 1352.0°F，手动给 SAT 添加 +2.0°F 的校正偏移量。随后在计算 3.4.4.2 中的差值前，必须将 -2.0°F 加到 1352.0°F 上。

#### 3.4.5 禁用的仪器偏移量包括

3.4.5.1 应用于控制仪器的外部（手动）修改偏移量是专门为生产而指定的，以校正偏差的 TUS 分布。这些手动修改偏移量不会影响 SAT 的性能或 SAT 差值的计算。

示例：控制仪表读数为 1905.0°F，手动 TUS 有+5.0°F 修正偏移量。然后，在计算 3.4.4.2 中的差值时，使用 1905.0°F 控制读数。

#### 3.4.6 SAT 方法

3.4.6 可使用三种方法中的任何一种来满足 SAT 要求

3.4.6.1.1 比较 SAT（见 3.4.7）

3.4.6.1.2 替代 SAT（见 3.4.8）

3.4.6.1.3 SAT 豁免（见 3.4.9）

#### 3.4.7 比较 SAT

3.4.7.1 在合格工作温度范围内的任何温度下，生产中使用的传感器显示的温度指示和记录，以及适当的偏移量或校正系数，应与测试仪器上测试传感器校正后的温度指示进行比较。

3.4.7.1.1 对于具有多个合格工作温度范围的熔炉，应至少每年在每个区域定期进行一次 SAT。

3.4.7.2 SAT 传感器的尖端（测量接头）必须尽可能靠近控制器或记录传感器的尖端（测量接头），但传感器端到端的距离不得超过 3 英寸或 76 毫米。

3.4.7.3 随后所有的 SAT 传感器必须放置在与初始 SAT 相同位置和插入深度。

3.4.7.4 可临时插入 SAT 传感器，以进行 SAT 比较，也可以是 3.4.7.4.1 至 3.4.7.4.3 限制的驻留式 SAT 传感器。

3.4.7.4.1 温度高于 500°F 或 260°C 时驻留式 SAT 传感器应限于 B、R、S 或 N 型，温度高于 1000°F 或 538°C 时，必须为非易耗型传感器（见表 5）。

3.4.7.4.2 驻留式 SAT 传感器类型应与表 16 中规定的被测传感器类型不同。

**表 16-允许的驻留式 SAT 传感器与被测传感器组合（温度超过 500°F 或 260°C）**

驻留SAT传感器类型	炉子中的控制、监视或记录传感器				
	B	R	S	N	所有其它传感器类型
B	否	是	是	是	是
R	是	否	否	是	是
S	是	否	否	是	是
N	是	是	是	否	是

3.4.7.4.3 驻留式 SAT 传感器应固定在组件上，以防止在测试时与关联的被测传感器产生移动。安装和更换时应确认位置。或者驻留式 SAT 传感器可独立于被测传感器进行定位，以确保传感器前后两次安装的位置没有改变。

3.4.7.4.4 允许使用超温传感器作为驻留式传感器，前提是它仅用于超温保护，并满足 SAT 传感器要求、符合 3.4.7 和表 16 的所有要求。

#### 3.4.8 替代 SAT

3.4.8.1 替代 SAT 适用于仅使用一次（一次性使用）的负载传感器，或用于与 SAT 间隔相同或小于 SAT 间隔的其他控制和记录传感器。当使用替代 SAT 时，第 3.1.10 节也应适用于记录传感器。

3.4.8.2 根据 3.2.3.5 并满足表 7 要求的控制和/或记录仪器的定期校准应从传感器的连接点（包括仪器/延长线/连接器）开始，并满足以下三个选项之一：

3.4.8.2.1 传感器校准误差加上仪器校准误差，或传感器校准校正系数加上仪器校准校正系数之和应满足表 14 或表 15 中的最大 SAT 差值要求（视情况而定）。

3.4.8.2.2 根据表 1 和表 7 的校准范围，通过手动或编程方法使用适当的传感器和仪器校正系数，以便使用的来自控制和记录仪表的数据满足表 14 或 15 中的最大 SAT 差要求（视情况而定）。

3.4.8.2.3 限制仪器校准误差或校正系数、和/或传感器误差或校正系数，以便误差之和或校正系数之和不超过表 14 或 15 中相应的最大 SAT 差值。替代 SAT 期间应记录设备中使用的传感器批次标识。

示例 1：5 级熔炉的最大 SAT 差值为  $\pm 5.0^{\circ}\text{F}$  或  $\pm 3.0^{\circ}\text{C}$  或  $\pm 0.5\%$ （见表 14）。将仪器校准限制在  $\pm 1.0^{\circ}\text{F}$  或  $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$  或  $\pm 0.1\%$ ，并将传感器校准限制在（ $\pm 2.0^{\circ}\text{F}$  或  $\pm 1.1^{\circ}\text{C}$  或  $\pm 0.4\%$ ），将始终满足最大 SAT 差值。

示例 2：2 级熔炉的最大 SAT 差值为  $\pm 3.0^{\circ}\text{F}$  或  $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$  或  $\pm 0.3\%$ （见表 14）中的较大者。将仪器校准限制在  $\pm 1.0^{\circ}\text{F}$  或  $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$  或  $\pm 0.1\%$ ，并将传感器校准限制在  $\pm 2.0^{\circ}\text{F}$  或  $\pm 1.1^{\circ}\text{C}$  或  $\pm 0.2\%$  时，始终满足最大 SAT 差值。

3.4.8.3 替代 SAT 的记录频率应为以下任一项中的较小值：

- 控制或记录传感器的更换频率；
- 控制或记录仪器的校准频率。

3.4.8.4 替代 SAT 计算应在最新仪器校准报告中的每个温度下进行，并使用适用于所用传感器的传感器校准报告中的传感器数据。第 3.1.4.8 节至第 3.1.4.10 节适用于传感器温度。

### 3.4.9 SAT 豁免

SAT 豁免要求如下：

3.4.9.2 每个控制区应至少有两个记录负载传感器。

3.4.9.2 贵金属负载传感器应每季度更换或重新校准。

3.4.9.3 廉金属负载传感器的控制如：。

3.4.9.3.1 易耗型廉金属负载传感器只能使用一次。

3.4.9.3.2 非易耗型廉金属载荷传感器应满足表 6 的更换要求，并且至少每周观察和记录其观测结果时，应重新校准或更换，以免其读数与 3.4.9.6 中两个记录的读数之间出现无法解释的差异。

3.4.9.4 贵金属控制和记录传感器应至少每 2 年更换一次。

3.4.9.5 廉金属控制和记录传感器应至少每季度更换一次。

3.4.9.6 每周应在一个生产设定的温度点，保温结束的 5 分钟内测量其读数。控制传感器和每个控制区域中的附加传感器之间的关系应保持在最近 TUS 确定的 2.0°F 或 1.0°C 范围内（在最近一次 TUS 期间测试的最接近温度下）。附加传感器可以是超温传感器。每周应从两个连续 TUS 中的同一个传感器对中获取读数。

3.4.9.7 选用的两只传感器应为不同类型，并符合表 16 中的驻留式 SAT 传感器的相同限制条件，当温度高于 500°F 或 260°C 时，且应限于 B、R、S 或 N 型，高于 1000°F 或 538°C 的温度时，应为非易耗型（见表 5）。

3.4.9.8 在每个周期性 TUS，及每个 TUS 温度下选用的两只传感器关系确定：应在 TUS 保温阶段最后 5 分钟内，使用控制传感器的温度减去附加传感器的温度来得出相应数值（见表 17）。

3.4.9.9 如果每周关系超过 2.0°F 或 1.1°C，则应采用 4.4。

3.4.10 SAT 差值通过/不通过的要求。

3.4.10.1 不允许使用修改偏移量来获得可接受的 SAT。

3.4.10.2 如果计算出的 SAT 差值超过表 14 或 15 中容差范围，则此次不通过结果应被记录在案，并确定偏差原因，同时在实施后续热处理工序前采取纠正措施。应用第 4 节的要求。

3.4.10.3 相对于被测传感器记录在文件中的原始位置和插入深度，如果不合格原因全部或部分是由于该传感器发生移动导致的，则应将复原至原始位置和插入深度，并重新进行 SAT。

3.4.10.4 允许在表 18 或表 19 的最大限制范围内进行仪器重新校准，包括对控制仪或记录仪偏移量的校准。应评估该调整对整个工作温度范围的影响。适用第 3.4.2.2 和 4 节。

3.4.10.5 所有纠正措施应记录在案。纠正措施实施后，实施后续热处理工序前，应重复进行 SAT，并得到可接受的 SAT 差值结果。SAT 的不合格和可接受结果应记录在案。

3.4.11 SAT 结果和记录

3.4.11.1 比较 SAT（见 3.4.7）

应记录 SAT 比较结果。被测试的每个传感器系统的记录中至少应包括：

- a、被测传感器系统的标识；
- b、SAT 传感器的标识和使用 K 或 E 型时插入深度；
- c、SAT 仪器的标识；
- d、SAT 的日期和时间；
- e、SAT 期间熔炉的设定值；
- f、观测到的控制或记录仪器读数和记录；
- g、观测到的 SAT 仪器读数；
- h、适用的设定温度下的 SAT 传感器校正系数；



- i、 适用的设定温度下的 SAT 仪器的校正系数；
- j、 校正的 SAT 仪器读数；
- k、 计算出的 SAT 差值（控制和记录仪器读数减去校正的 SAT 仪器读数）；
- l、 生产过程中使用的调整前和调整后的校正和/或修正偏移量；
- m、 SAT 差值通过或不通过的结果；
- n、 执行 SAT 技术员的标识；
- o、 如果 SAT 不是内部执行，则提供授权机构标识；
- p、 如果由第三方执行，须注明校准机构授权代理人的批准；
- q、 用户质量组织审批。

#### 3.4.11.2 替代 SAT（见 3.4.8）

应记录替代 SAT 的结果。每个传感器的测试文件至少应包括：

- a、 被测传感器系统的标识；
- b、 传感器或线圈的标识；
- c、 替代 SAT 的日期和时间；
- d、 使用的方法：
  - 1 校准误差或校正系数之和（见 3.4.8.2.1）
  - 2 手动或通过编程应用的修正系数（见 3.4.8.2.2）
  - 3. 限定仪器/热电偶校准误差或校正系数，以确保始终满足 SAT（见 3.4.8.2.3）
- e、 使用相应方法计算出的最终 SAT 结果，以及所要求的支持性文件存档/测试报告；
- f、 执行替代 SAT 的技术人员的身份标识（如适用）；
- g、 如果未在内部实施替代 SAT，则提供代理机构标识；
- h、 如果是由第三方执行的，提供授权代理人批准文件；
- i、 用户质量组织批准；

#### 3.4.11.3 SAT 豁免（见 3.4.9）

应记录 SAT 豁免结果。每个热处理设备的测试文件至少应包括：

- a、 使用 SAT 豁免的热处理设备标识；
- b、 用于关系测试的控制和附加传感器系统的标识；
- c、 用于关系测试的控制器和附加传感器的安装日期；
- d、 最近一次 TUS 的日期和温度；
- e、 每个 TUS 温度的关联文档（请参见表 17）；
- f、 每周读数和关联的文档（请参见表 17）；

表 17-SAT 豁免关系

	计算	示例		
在 TUS 中建立的关联参考（Rref）	控制传感器平均值 $\overline{C} = \frac{T^{\circ}\text{ctrl1} + T^{\circ}\text{ctrl2} + \cdots + T^{\circ}\text{ctrln}}{n}$	1000.4°F 538.0°C		
	附加传感器平均值 $\overline{A} = \frac{T^{\circ}\text{add1} + T^{\circ}\text{add2} + \cdots + T^{\circ}\text{addn}}{n}$	1001.2°F 538.4°C		
	关系（Rref） = $R = \overline{C} - \overline{A}$	-0.8°F -0.4°F		
周读数示例				
在周读数中所建立的关联参考（Rw）		第 n 周	第 n+1 周	第 n+2 周
	控制传感器读数 $T^{\circ}\text{Ctrl}$	1000.0°F 537.8°C	1000.4°F 538.0°C	1000.4°F 538.0°C
	附加传感器读数 $T^{\circ}\text{add}$	1001.3°F 538.5°C	999.6°F 537.6°C	998.3°F 536.8°C
	周次关联 $Rw = T^{\circ}\text{Ctrl} - T^{\circ}\text{add}$	-1.3°F -0.7°C	+0.8°F +0.4°C	+2.1°F +1.2°C
	每周对比 $Rw - Rref$	-0.5°F -0.3°C	+1.6°F -0.8°C	+2.9°F -1.6°C
	结果（通过/未通过）	通过	通过	不及格

### 3.5 温度均匀性测试 (TUS)

#### 3.5.1 TUS 一般要求

3.5.1.1 进行 TUS 时, 必须使用经过校准、符合表 1 要求的独立的 TUS 传感器, 以及经过校准、符合表 7 要求的独立的 TUS 仪器。

3.5.1.2 热处理设备上使用的记录仪不得用来记录 TUS 传感器温度, 除非能够证明 TUS 传感器集成系统的记录通道是与熔炉记录系统分开的, 并且该记录仪能够满足现场测试仪器的要求。

3.5.1.3 执行初始 TUS, 以确定温度均匀性, 并确定可接受的合格工作区域和合格的工作温度范围。

表 18-零件炉的分类、仪表类型和 TUS 间隔

炉子 级别	温度均匀性		最低仪表 类型	初始TUS间隔	连续成功 TUS的数量	延长的定期 TUS间隔	最大允许偏差（1）（2）		
	°F	°C					°F	°C	最大合格百分比工 作温度
1	±5.0	±3.0	D, D+	每月	8	每两月	±2.5	±1.5	不适用
			B, C	每月	4	每季度			
			A	每月	2	每半年			
2	±10.0	±6.0	D, D+	每月	8	每两月	±5.0	±3.0	不适用
			B, C	每月	4	每季度			
			A	每月	2	每半年			
3	±15.0	±8.0	D, D+	每季度	4	每半年	±8.0	±5.0	0.38
			B, C	每季度	3	每半年			
			A	每季度	2	每年			
4	±20.0	±10.0	D, D+	每季度	4	每半年	±10.0	±6.0	0.38
			B, C	每季度	3	每半年			
			A	每季度	2	每年			
5	±25.0	±14.0	D, D+	每季度	4	每半年	±13.0	±7.0	0.38
			B, C	每季度	3	每半年			
			A	每季度	2	每年			
6	±50.0	±28.0	E	每年	不适用	每年	不适用	不适用	0.75
除非另有要求，不要求对冷冻设备和淬火槽进行TUS。							±10.0	±6.0	不适用

注：（1）手动与电动测量方法的最大允许偏差量应当相同。  
（2）华氏度（°F）、摄氏度（°C）或读数百分比以较大者为准。

表 19-原材料炉的分类、仪表类型和 TUS 间隔

炉子 级别	温度均匀性		最低仪表 类型	初始TUS间隔	连续成功 TUS的数量	延长的定期 TUS间隔	最大允许偏差（1）（2）		
	°F	°C					°F	°C	最大合格百分比工 作温度
1	±5.0	±3.0	D, D+	每月	8	每半年	±2.5	±1.5	不适用
			B, C	每季度	4	每半年			
			A	每季度	2	每半年			
2	±10.0	±6.0	D, D+	每月	8	每半年	±5.0	±3.0	不适用
			B, C	每季度	4	每半年			
			A	每季度	2	每半年			
3	±15.0	±8.0	D, D+	每季度	4	每半年	±8.0	±5.0	0.38
			B, C	每半年	3	每年			
			A	每半年	2	每年			
4	±20.0	±10.0	D, D+	每季度	4	每半年	±10.0	±6.0	0.38
			B, C	每半年	3	每年			
			A	每半年	2	每年			

5	±25.0	±14.0	D, D+	每季度	4	每半年	±13.0	±7.0	0.38
			B, C	每半年	3	每年			
			A	每半年	2	每年			
6	±50.0	±28.0	E	每年	不适用	每年	不适用	不适用	0.75
除非另有要求，不要求对冷冻设备和淬火槽进行TUS。							±10.0	±6.0	不适用

注：（1）手动与电动测量方法的最大允许偏差量应当相同。

（2）华氏度（°F）、摄氏度（°C）或读数百分比以较大者为准。

### 3.5.2 初始 TUS 温度

3.5.2.1 初始 TUS 应在每个合格操作温度范围内的最低和最高温度下进行。

3.5.2.2 应增加额外的 TUS 温度，以确保相邻 TUS 温度之间的增量不超过 600°F 或 335°C。

示例：如果在 800 到 1800°F 或 425 到 980°C 的温度下使用熔炉，则应在最低温度 800°F 或 425°C，最高温度 1800°F 或 980°C 的下对熔炉进行测量；还应在一个中间温度点进行测试，该温度点满足 600°F 或 335°C 的最大允许范围要求。在 1200 到 1400°F 或 645 到 760°C 的任何温度下进行 TUS 都可以满足 600°F 或 335°C 的范围要求。

3.5.2.3 初始 TUS 不需要为 A 和 C 型仪器配备最热和最冷的记录传感器。初始 TUS 将确定这些传感器的位置

### 3.5.3 周期性 TUS 温度

3.5.3.1 应在每个合格工作温度范围内的任何温度下进行定期 TUS。

3.5.3.2 至少每年应对每个合格温度范围的最低温度和最高温度进行一次 TUS。

3.5.3.3 具有单一合格工作温度范围的设备的 TUS 温度

3.5.3.3.1 对于大于 600°F 或 335°C 的单个工作温度范围，在每个周期性 TUS 期间，选择的一个测试温度点应确保其在最高温度的 300°F 或 170°C 范围内，另一个温度点在最低温度的 300°F 或 170°C 范围内，相邻 TUS 温度之间的差值不超过 600°F 或 335°C。

示例：如果合格的工作温度范围为 200 至 1200°F ±10°F 或 90 至 65°C ±6°C，则应在 200°F 至 500°F 或 90°C 至 260°C 之间，以及 900°F 至 1200°F 或 480°C 至 650°C 之间选择一个测试温度。相邻的两个温度之间不得相差超过 600°F 或 335°C。

350°F 或 177°C 和 950°F 或 510°C 下的 TUS 是可以接受的。但是，温度为 250°F 或 121°C、1000°C、538°C 的 TUS 是不可接受的，因为这两个相邻温度的差值超过了 600°F 或 335°C。

3.5.3.4 具有多个合格工作温度范围设备的 TUS 温度

3.5.3.4.1 对于具有多个工作温度范围的设备，每个子范围必须视为一个工作温度范围，并且 3.5.3.3 的要求适用于每个子范围。

熔炉可在 600 至 1000°F ±10.0°F 或 315 至 540°C ±6.0°C 和 1000 至 1800°F ±25.0°F 或 540 至 980°C ±14.0°C 范围内运行。该炉包含两个独立的合格工作温度范围。

在 1000°F 时满足 ±10.0°F 或 540°C 时达到 ±6.0°C 的熔炉在 1000°F 时自动达到 ±

25.0°F，在 540°C 时自动达到  $\pm 14.0^\circ\text{C}$ ，因此，不需要在 1000°F 或 540°C 下进行重复的 TUS。

例 2：如果合格的工作温度范围为 800 至 1025°F  $\pm 10.0^\circ\text{F}$  或 425 至 550°C  $\pm 6.0^\circ\text{C}$ ，1025 至 1400°F  $\pm 15.0^\circ\text{F}$  或 550 至 760°C  $\pm 8.0^\circ\text{C}$  和 1400 至 1600°F  $\pm 25.0^\circ\text{F}$  或 760 至 870°C  $\pm 14.0^\circ\text{C}$ 。

每年在 800°F 和 1025°F 或 425°C 和 550°C 下进行 TUS，并满足  $\pm 10.0^\circ\text{F}$  或  $\pm 6.0^\circ\text{C}$ 、1400°F 或 760°C，满足  $\pm 15.0^\circ\text{F}$  或  $\pm 8.0^\circ\text{C}$  和 1600°F 或 870°C，并满足  $\pm 25.0^\circ\text{F}$  或  $\pm 14.0^\circ\text{C}$ 。

### 3.5.4 设备改造和维修

对热处理设备进行维护时，维护活动应记录在案，并由用户质量保证机构在设备恢复使用前决定是否需要进行任何测试并记录在案。该测试可能需要新的初始 TUS，附加 TUS 或者根本不需要测试。

#### 3.5.4.1 主要改造和维修

3.5.4.1.1 下列任何可能改变设备热性能的设备修改或调整后，应执行新的初始 TUS 和 SAT。需要初始 TUS 和 SAT 的示例包括但不限于以下内容：

a、重新安置熔炉/烤箱。如果熔炉/烤箱设计为便携式的，即炉子具有永久轮子或其他可移动方式，则可以免除初始 TUS，但在某些情况下，可能需要新的周期性 TUS；

b、提高最高合格工作温度或降低最低合格工作温度；

c、炉膛尺寸、数量、类型或位置的改变；

d、加热元件数量、类型或位置的改变；

e、气流模式/速度的变化，如挡板位置、风扇速度、风扇数量等；

f、耐火材料厚度改变；

g、不同热性能的新型耐火材料；

h、真空炉热区设计或材料改变；

i、控制传感器的改变（例如传感器组件的类型、厚度、传感器元件的规格或热连接结构）；

j、控制传感器位置的改变；

k、燃烧压力设定值与原始设定值的改变；

l、改变熔炉工作气氛风门系统的初始设置；

m、控制仪表或程序变更：

1. 比例与高低/关-开；

2. 控制仪表型号或类型的变更；

3. 炉热控制方案 PLC 逻辑程序变更；

4. 调节控制仪表调整常量、参数或变阻器。

n、合格工作区体积增加，包括之前未调查的体积；

o、合格工作区位置变更，包括之前未调查的体积。

### 3.5.5 TUS 间隔

3.5.5.1 延长 TUS 间隔应基于仪器类型和表 18 和表 19 所示周期性 TUS 连续成功的历史记录。此外，应按照 2.2.4.2 的要求，制定一份文件化的设备预防性维护计划。

3.5.5.2 如果按照第 3.5.4 条的规定对设备进行了修改，则应进行初始 TUS，并且 TUS 间隔应恢复到正常的周期性 TUS 间隔，直到完成所需 TUS 连续成功的次数。

### 3.5.6 TUS 期间的设备参数

3.5.6.1 每次 TUS 期间，除 3.5.8 和 3.5.9 中所述外，所有参数均应反映生产过程中设备的正常运行。正常设备操作的示例包括但不限于以下内容：

- a、如果连续炉的炉门在生产过程中是开着的，TUS 期间也应打开；
- b、如果生产过程中未使用缓慢升温速率和稳定温度，TUS 期间不得使用；
- c、进行 TUS 时，生产过程中用到的具有记录的升温速率是可接受的；
- d、如果生产过程中使用过量的燃烧空气，TUS 期间也应使用；
- e、如果生产过程中运行循环风机，TUS 期间也应运行循环风机。

### 3.5.7 TUS 传感器插入时的设备温度

3.5.7.1 如果正常的生产过程中，向已加热的炉内装填零件和原材料，那么在冷炉状态下插入 TUS 传感器，或在炉温稳定，或低于测试温度时插入 TUS 传感器都是可以接受的。

3.5.7.2 如果生产过程中，向冷炉中装填零件或原材料，在最冷测试温度进行 TUS 之前，不允许对炉子进行预热，将最冷测试温度爬升至高一些的测试温度是允许的。

### 3.5.8 TUS 期间的负载条件和气氛

3.5.8.1 TUS 可在生产负载、模拟生产负载、料架或空载下进行。初始 TUS 期间一旦确定了测试的方法，随后的定期 TUS 应使用相同的方法。如果对确定的方法进行了更改，则应进行初始 TUS 来验证修改后的方法。

3.5.8.2 如果在空的或有料架的炉内进行 TUS，并且 TUS 传感器被固定或插入散热片内，散热片的面对面的厚度或直径不得超过 0.5 英寸或 13 毫米，也不能超过炉子中最薄材料的厚度。散热片材料的最高室温导热率应和炉中的主要材料一致。

3.5.8.3 当 TUS 在负载条件下进行，并将 TUS 传感器置于模拟零件或原材料上时，炉料应能代表日常生产中材料的厚度。

3.5.8.4 TUS 时炉内气氛应是日常生产时使用的气氛，如果所选工艺需要使用可能污染 TUS 传感器的气氛（即渗碳、渗氮、吸热和放热反应）或具有安全隐患的环境（即含氢或氨化合物气体），可在空气或惰性气体中进行测量。

3.5.8.5 TUS 使用的熔炉真空度应为生产过程中使用的最低真空度，但不得小于 1 um ( $1 \times 10^{-3}$  托尔或  $1.3 \times 10^{-3}$  毫巴)。

3.5.8.6 日常生产中，真空炉是在真空条件（无气体）和部分压力（气体回填）下运行，那么该设备每年须在日常生产中应用的单个工作温度、部分压力条件下，实施至少一次周期性 TUS，所用气体应为生产过程中使用的气体中的一种。

3.5.9 批次炉、盐浴炉、控温液浴炉和沸腾炉（不适用于控温淬火槽）的 TUS 要求。

3.5.9.1 TUS 过程中所需的 TUS 传感器数量应符合图 1、表 20 和表 21 的要求。在 A 或 C 型仪表的多个控制区熔炉中，必须使用足够多的附加 TUS 传感器进行初始 TUS，以充分评估各控制区的温度极限，以确定冷热记录位置。

表 20-TUS 传感器的最小数量与位置要求

有效工作区域容积 (x)		TUS 传感器 最小数量	有效工作区域形状	TUS 传感器要求位置
ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>			
<3	<0.085	5	正方体或长方体	位于四角，另一只接近中心（详见图表 1）
			圆柱体	4 只位于每端，相隔 180°，端与端之间间隔 90° 的周缘，另一只位于近似中心（参见图 1）
3≤X≤225	0.085≤X≤6.4	9	正方体或长方体	位于立方体的八个角落，另一只接近中心
			圆柱体	三只位于两端外围，相隔 120°。一只接近中心。另外两只位于能够代表合格工作区域的最佳位置
≥225	≥6.4	见表 21	正方体或长方体	位于立方体的八个角落，另一只接近中心，其他传感器均匀分布在代表合格工作区域的最佳位置。
			圆柱体	三只位于两端外圆，相隔 120°。一只接近中心。其他传感器位于能够代表合格工作区域的最佳位置

表 21-体积法测试批次炉、盐浴炉、控温液浴炉、沸腾炉及连续炉  
所需 TUS 传感器数量

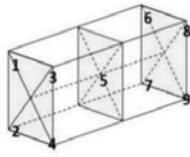
炉子类别	有效工作区域容积 小于	3ft <sup>3</sup>	225 ft <sup>3</sup>	300 ft <sup>3</sup>	400 ft <sup>3</sup>	600 ft <sup>3</sup>	800 ft <sup>3</sup>	1000 ft <sup>3</sup>	2000 ft <sup>3</sup>	3000 ft <sup>3</sup>	4000 ft <sup>3</sup>
		0.085 m <sup>3</sup>	6.4 m <sup>3</sup>	8.5 m <sup>3</sup>	11 m <sup>3</sup>	17 m <sup>3</sup>	23 m <sup>3</sup>	28 m <sup>3</sup>	57 m <sup>3</sup>	85 m <sup>3</sup>	113 m <sup>3</sup>
1 类及 2 类	传感器数量	5	9	14	16	19	21	23	30	35	40
3~6 类		5	9	12	13	14	15	16	20	23	25
1 类及 2 类	每传感器/立方英尺	< 1	25	21	25	32	38	43	67	86	100
3~6 类		< 1	25	25	31	43	53	63	100	130	160
1 类及 2 类	每传感器/立方英尺	< 0.03	0.7	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.9	2.4	2.8
3~6 类		< 0.03	0.7	0.7	0.9	1.2	1.5	1.8	2.8	3.7	4.5

注：(1) 针对有效工作区域大于 4000 ft<sup>3</sup> (113 m<sup>3</sup>) 的情况，应当使用下表中列出的所适用的熔炉的公式来确定 TUS 传感器数量。

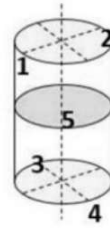
(2) 对于体积小于4000ft<sup>3</sup> (113m<sup>3</sup>) 的情况，允许使用下表中列出的公式或插值来计算TUS传感器的数量。

炉子类别	分式
1类及2类	$9 + \frac{1}{2}\sqrt{(V - 225)}, \text{单位 ft}^3 \quad \text{或} \quad 9 + \frac{1}{2}\sqrt{35.3 \times (V - 6.4)}, \text{单位 m}^3$ <p>v为炉子体积</p>
3~6类	$9 + \frac{1}{4}\sqrt{(V - 225)}, \text{单位 ft}^3 \quad \text{或} \quad 9 + \frac{1}{4}\sqrt{35.3 \times (V - 6.4)}, \text{单位 m}^3$ <p>v 为炉子体积</p>

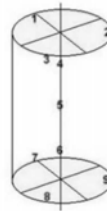
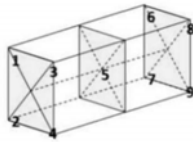




对于 $\leq 3 \text{ ft}^3$ 或  $0.085 \text{ m}^3$ 的正方体/长方体，用户应选择位置 1、4、5、7 和 8 或位置 2、3、5、6 和 9，其中 5 应位于中心。



对于圆柱形容积 $\leq 3 \text{ ft}^3$ 或  $0.085 \text{ m}^3$ ，位于 1 和 2 以及 3 和 4 区域，每对传感器位于一端，相隔  $180^\circ$ ，位置 5 作为中心。1/2 区域与 3/4 区域应当互有  $90^\circ$  夹角



对于正方体/长方体以及圆柱体的体积大于  $3 \text{ ft}^3$  或  $6.4 \text{ m}^3$  但小于  $225 \text{ ft}^3$  或  $6.4 \text{ m}^3$ ，应使用如图所示的所有 9 个位置。位置 5 位于圆柱体在中心。4 和 6 仅为示例。

一旦在初始 TUS 确定了传感器位置，在周期性 TUS 中也必须使用相同的位置 (参见 3.5.9.2)

图表中传感器位置的数字编号仅为示例。

图 1-正方体/长方体和圆柱体空间中， TUS 传感器位置

3.5.9.2 合格工作区大于  $225 \text{ ft}^3$  或  $6.4 \text{ m}^3$  的情况，表 21 要求的附加 TUS 传感器应均匀分布在代表合格工作区内的位置。一个 TUS 传感器应接近合格工作区容积的中心。当合格工作区域的外围热辐射被用来加热零件或原材料时，附加的 TUS 传感器应均匀分布在合格工作区域的外围区域。一旦在初始 TUS 确定了传感器位置，后续周期性 TUS 中也应使用相同的位置。

3.5.9.3 使用干馏釜时，应适用以下规定：

3.5.9.3.1 应控制插入干馏釜的熔炉温度，使干馏釜内保持规定的温度。TUS 传感器应位于干馏釜内。

3.5.9.3.2 至少一个 TUS 传感器的探头（测量接头）应尽可能靠近用于生产过程中干馏釜内记录传感器的探头（测量接头），但传感器探头间的距离不得超过 2 英寸或 50 毫米。

### 3.5.10 TUS 数据采集

3.5.10.1 当 TUS 和熔炉传感器温度低于每个测试温度，且与每个测试温度的差值不低于 100 °F 或 55°C 时，就应开始采集数据，从而能检测出不能达到 TUS 容差下限和上限的 TUS 或熔炉传感器。

对于 200°F 或 93°C 及以下的试验温度，在开始加热（或制冷设备冷却）之前，应在熔炉或制冷设备的环境温度下开始数据收集。

如果熔炉或制冷设备提前进入稳定状态，则应在插入 TUS 传感器之前采集数据。

3.5.10.2 一旦开始采集数据，TUS 期间应至少每 2 分钟记录一组所有 TUS 传感器的温度读数。

3.5.10.3 在 TUS 期间，过程记录仪还应记录来自控制和记录传感器的温度数据，这些数据应符合适用仪表类型，表 12 的要求。除了生产过程中确定的仪表类型外，在 TUS 期间不需要记录所使用的负载传感器（例如，如果 D 型仪表熔炉偶尔使用负载传感器，则在 TUS 期间不需要负载传感器），但这些记录系统应要求仪器校准和 SAT。

3.5.10.4 不管控制温度数据采集频率和生产中使用的记录传感器如何，在 TUS 过程中，应当通过生产过程中的通用个记录温度数据。

3.5.10.5 如果生产过程中使用的控制和记录传感器温度数据采集频率大于 5 分钟，TUS 期间这些传感器的记录频率不得超过 5 分钟。

3.5.10.6 任何时候，TUS 传感器、控制或记录传感器都不得超过 TUS 公差上限。设备应保持 TUS 温度，直到所有 TUS 传感器稳定（见 2.2.7.1）。稳定后，应继续采集至少 30 分钟的数据。

#### 3.5.10.6.1 未装载/空载设备

如果任何 TUS 传感器的温度读数呈上升或下降趋势，且没有向设定值收敛，则应根据需要延长试验周期，直到趋势不再明显。

#### 3.5.10.6.2 关于有装载设备的测试

如果在 TUS 期间使用装载测量，一些测量传感器可能会持续升高温度并缓慢接近设定温度。这种温度的升高是符合稳定的要求。

### 3.5.11 连续和半连续炉的 TUS 要求

3.5.11.1 连续和半连续的熔炉可使用 TUS 传感器进行测量，TUS 传感器按体积或平面测试。

3.5.11.2 体积法和平面法均应测量整个合格工作区的体积。两种方法的区别在于 TUS 传感器的布置和数量。

3.5.11.3 无论采用哪种方法。应测量整个合格工作区的体积。为了完成整个合格工作区体积

的测量，可能需要多次测量。对于配有多个通道（例如陶瓷管）的管式炉，应检查所使用的每个通道/管道。

3.5.11.4 TUS 过程中使用的所有参数应反映生产过程中所用设备的正常运行情况。

3.5.11.5 初始 TUS 应在合格操作温度范围的最低和最高温度下，以生产过程中使用的最高和最低移动速度进行。周期性 TUS 可在生产过程中使用的任何移动速度下进行。应至少每年以生产期间使用的最高和最低移动速度进行 TUS。

3.5.11.6 容积法

3.5.11.6.1 TUS 传感器应安放在三个维度空间内来代表一部分区域；例如篮、托盘或整个合格工作区域容积内。

3.5.11.6.2 TUS 传感器的数量和位置应基于使用的 TUS 篮或者托盘情况，符合图 1 以及表 20 和表 21 的要求。

3.5.11.6.3 当逐步测量合格工作区的某一部分时，应在 TUS 传感器穿过熔炉时，测量该部分的整个体积。

表 22-使用平面测试方法时，连续炉和半连续炉内的 TUS 传感器数量和位置

有效工作区域高度	合格工作区横截面	TUS 传感器最小数量	TUS 传感器位置
小于 1 英尺或 300mm	圆形截面：半径小于 3 英寸或 76mm 矩形截面：宽度或高度小于 6 英寸或 152mm	1	TUS 传感器位于中心
	其他工作区域高度小于 1 英尺或 300mm 的炉子	3 个，宽度若超过 8 英尺偶 2.5m，则每 2 英尺或 610mm，另设置一个附加传感器	应在合格工作区的两个角落各放置一个 TUS 传感器。 TUS 附加传感器应在垂直于输送方向的平面内平均分布
大于 1 英尺或 300mm	小于 8 平方英尺或 0.75m <sup>2</sup>	5	应在合格工作区的四个角落各放置一个 TUS 传感器。应在中心位置一个 TUS 传感器。其它 TUS 传感器应围绕垂直与输送方向的平面中心，对称分布。
	介于 8 平方英尺或 0.75m <sup>2</sup> 和 16 平方英尺或 1.5m <sup>2</sup> 之间	7	
	大于 16 平方英尺或 1.5m <sup>2</sup>	9	

3.5.11.7 平面法

3.5.11.7.1 TUS 传感器应放置在一个垂直于熔炉输送方向的平面上，使该平面内的传感器通过熔炉时，能测量所有目标区域内的整个合格工作区体积。

3.5.11.7.2 TUS 传感器的数量和位置应依据合格工作区的高度和横截面，符合表 22 的规定。

3.5.11.7.3 各个位置上的 TUS 传感器应固定在料架或负载中，并穿过合格工作区。

3.5.11.7.4 不需要同时穿越全部要求位置；可能需要多次测量，以便完成整个合格工作区体积的测量。

#### 3.5.11.8 TUS 数据收集

3.5.11.8.1 至少每 2 分钟记录一次所有 TUS 传感器的温度读数，每个合格工作区应记录至少 10 组读数。可重复穿过，确保找出各个合格工作区内所有位置上的周期性温度规律。如果在生产中所使用的控制和记录传感器温度数据的采集频率大于 5 分钟，则在 TUS 期间，这些传感器的记录频率不得超过 5 分钟。

3.5.11.8.2 炉温高于 TUS 温度的情况下，不得进行 TUS，除非：

仅在多区域炉的初始区或预热区中进行 TUS 测量。

或者

适用材料或工艺规范允许进行 TUS 测量。

3.5.11.9 在各移动速度下，合格工作区的长度是唯一的，应在 TUS 测试之后计算。各合格工作区的长度等于在所使用的移动速度下，TUS 传感器在所要求的 TUS 容差范围内运行的时间之和。

3.5.11.10 应有客观证据证明，保温时间和温度符合所述的移动速度下的工艺或材料规范要求。合格工作区长度是 TUS 传感器穿过的距离，在该距离内，所有传感器的读数均应在所要求的 TUS 容差范围内。

#### 3.5.12 连续炉、半连续炉或带干馏釜或隔焰窑的熔炉的 TUS 替代方法

3.5.12.1 若 TUS 传感器无法穿过连续炉、半连续炉、或无法将 TUS 传感器装入炉子的干馏釜、分层或隔焰窑中，则可以使用探针法或属性测量法

##### 3.5.12.2 探针法

3.5.12.2.1 代替图 1 和表 22 定位 TUS 传感器，可根据图 1 和表 20 和表 21 中确定的位置，将 TUS 传感器插入侧壁、炉膛或屋、炉顶，插入深度不超过的 3 英寸或 76 毫米。如果使用这种方法，TUS 传感器的数量应依据所测量的合格工作区的体积，符合图 1 和表 20 和表 21 的要求。

3.5.12.2.2 当所有 TUS 传感器温度稳定后，应至少每 2 分钟采集一次所有 TUS 传感器的温度读数，至少持续 30 分钟。如果生产过程中使用的控制和记录传感器温度数据采集频率大于 5 分钟，则在 TUS 期间，这些传感器的记录频率不得超过 5 分钟。

3.5.12.2.3 若要探测连续或半连续的熔炉，TUS 期间不要求负载穿过熔炉。

##### 3.5.12.3 属性测量

###### 3.5.12.3.1 属性测量要求：

应在开始时进行一次材料测试，此后每年测试一次。和每月分析一次属性测量趋势。所选材料应为已知性能，对热处理保温时间和温度变化敏感，并且在可能的情况下，能频繁地进行处理。

3.5.12.3.2 材料厚度应不超过生产过程中使用的正常尺寸范围。如果需要两步处理（例如硬化和回火），则允许对试样和该批次的剩余试样分开，单独的进行第二步处理；；例如，在实验室炉

中。

3.5.12.3.3 应在生产过程中使用的最高和最低工作温度下进行初始和年度性能测试。应增加中间温度，以确保相邻的两个温度不超过 300°F 或 165℃。连续和半连续炉移动速度是生产过程中的常用速度。在每个操作温度下，至少应处理十批试样。

3.5.12.3.4 试样应选取位于装载极限和中心的零件或原材料，试样应取自线圈两端。应在各样品的两个边缘和中心进行测试。

3.5.12.4 每月分析一次属性测量趋势

3.5.12.4.1 热处理试样的性能应采用 ASTM MNL7 中所述的统计技术或其他公认的统计过程控制参考工作，分析热处理试样的属性。

3.5.12.4.2 如果性能趋势出现超出已知控制上限或下限的变化，则在确定并纠正偏移原因之前，不得进行进一步的处理。应用第 4 节的要求。

3.5.13 TUS 传感器故障要求

3.5.13.1 合格工作区的角落不允许出现 TUS 传感器故障或记录仪表故障。短路或接触不良等暂时性状况，不应将其视为 TUS 传感器故障。

3.5.13.2 角落位置的一个或多个 TUS 传感器、任何两个相邻的 TUS 传感器发生故障，或 TUS 传感器故障数量超过表 23 或 24 的要求，应采取纠正措施并重新 TUS。

表 23-低于 2000°F 或 1093℃进行 TUS 测试时，允许的 TUS 传感器故障数量

TUS 传感器总数	允许的 TUS 传感器故障数量
3~9 个	无
10~16 个	1
17~23 个	2
24~39 个	3
大于 40 个	不超过 10%

表 24-在高于 2000°F 或 1093℃进行 TUS 测试时，允许的 TUS 传感器故障数量

TUS 传感器总数	允许的 TUS 传感器故障数量
3~5 个	无
6~9 个	1
10~16 个	2
17~23 个	3
24~39 个	4
大于 40 个	不超过 10%

3.5.14 TUS 通过/不通过要求

3.5.14.1 如果满足上述及下列描述的要求，则认为 TUS 是可接受的：

3.5.14.1.1 在编制和分析 TUS 温度数据时，应用代数方法对 TUS 传感器和 TUS 仪器的已知校正系数进行补偿；

3.5.14.1.2 任何时候控制和记录传感器读数以及校正的 TUS 传感器读数都不得超过 TUS 上限

公差。

3.5.14.1.3 TUS 传感器达到温度恢复、再稳定或重现周期性温度规律所需的时间不得超过适用材料或工艺规范中的时间限制。

3.5.14.1.4 TUS 保温时间不得低于最低要求时间。

3.5.14.1.5 除 3.5.13 允许外，在 TUS 最短恒温期内，所有 TUS 传感器、控制或记录传感器的读数应符合表 18 或 19 中所示的温度容差要求。

3.5.14.1.6 若在测试中或最短恒温期内，出现了任何温度超调，导致超出 TUS 容差上限，则应在 TUS 报告中注明，并将 TUS 结果应记录为失败。

3.5.14.1.7 若 TUS 超出了表 18 或 19 的容差范围。应确定和记录偏差原因。应用第 4 节的要求。

3.5.14.1.8 被测设备的 TUS 周期性间隔变长造成 TUS 失败的，应将间隔恢复到表 18 或 19 中规定的正常周期性间隔；

3.5.14.1.9 在 TUS 成功次数达到所要求的次数前，不得延长 TUS 间隔。

3.5.15 A 型和 C 型仪表的热或冷记录传感器的重新定位

3.5.15.1 根据最新 TUS 的读数，当炉内的热和冷温度位置发生变化时，可能需要重新定位热和冷记录传感器，以反映每个合格工作区内新的热和冷位置。

3.5.15.2 如果满足以下任一条件，则热和冷记录传感器不需要重新定位：

3.5.15.2.1 在所有测量温度下，温度均匀性结果不超过适用熔炉等级最大温度均匀性公差的一半。该要求的目的是，TUS 结果不超过设定点温度任意方向均匀度公差的 1/2；

3.5.15.2.2 当前热和冷记录传感器位置的测量温度与实际各自最热和最冷测量位置之间的差值小于适用熔炉等级的最大 SAT 差（见表 14 和表 15）。本要求的目的是将 30 分钟 TUS 保温期间的最高和最低 TUS 传感器读数（由 TUS 记录仪记录和修正）与同期熔炉的热和冷记录传感器的记录进行比较，且不得超过适用的 SAT 公差。

3.5.15.3 如果合格的工作温度范围超过 300°F 或 165°C，并且热和/或冷记录传感器永久定位/固定并需要重新定位，则应执行额外的 TUS 温度，以验证新位置在熔炉的合格工作温度范围内是正确的。

3.5.15.4 如果热记录和/或冷记录传感器不是永久定位/固定的，如果有热和冷记录传感器在每个工艺温度下的所需位置示意图，则无需进行上述测试即可重新定位。

3.5.16 TUS 结果和记录

3.5.16.1 应记录 TUS 的结果。TUS 文件应至少包括：

- a、熔炉标识名称或编号
- b、TUS 初始或周期性标识
- c、TUS 仪器唯一标识编号
- d、TUS 传感器批次或批号

- e、TUS 设定点温度
- f、控制仪表调整常数
- g、TUS 传感器校准报告
- h、TUS 仪器校准报告
- i、适用仪器类型所需的 TUS、控制和记录传感器位置标识，包括使用的任何负载、料架或夹具的详细图表、说明或照片
- j、使用的气氛
- k、针对所测量的合格工作区，仪表类型要求的所有记录传感器的时间和温度数据
- l、每个 TUS 温度下 TUS 传感器和 TUS 仪器的校正系数。即使校正系数已通过电子方式应用于 TUS 仪器以校正 TUS 仪器温度读数，也应说明 TUS 仪器的校正系数
- m、若在生产过程中使用 l，调整前和调整后的 TUS 偏移量
- n、每个 TUS 温度下所有 TUS 传感器的校正或未校正（如有记录）读数。TUS 读数应确定为已纠正或未修正
- o、负载条件；即空载、料架或负载
- p、TUS 开始日期和时间（温度数据采集开始时）
- q、TUS 结束日期和时间（温度数据采集结束时）
- r、A 型和 C 型仪表最热和最冷 TUS 和熔炉记录传感器重新定位分析的结果（如适用）
- s、在连续和半连续炉上进行 TUS 的移动速度或振动频率（如适用）
- t、TUS 通过或失败声明
- u、适用时，任何控制、记录或 TUS 传感器故障记录
- v、最短保温期内每个试验温度下校正的正、负 TUS 读数汇总
- w、执行 TUS 技术人员的标识
- x、若 TUS 未在内部执行，则应注明代理机构标识
- y、若由第三方执行，校准机构的授权代理机构批准
- z、用户质量组织批准

### 3.5.17 辐射测量

3.5.17.1 对在 800°F 或 427°C 以上使用的所有铝合金热处理设备，若热源（例如，电气元件或气管）位于炉墙、天花板或地板上，则应在生产过程中使用的最高工作温度下进行辐射测量。设备应进行初始辐射测量，任何可能影响热源辐射特性的设备修理或修改（包括炉的重新安置），也须进行辐射测试。

3.5.17.2 除所需数量的 TUS 传感器外，还应配备辐射测量传感器。辐射测量和初始或周期性 TUS 可同时进行

3.5.17.3 辐射测量传感器应锤入或焊接在 6061 铝合金面板的中心。该面板的尺寸约为 12 x 12 英寸或 30 x 30mm，厚度不超过 0.125 英寸或 3.1mm。首次辐射测试前，面板应在空气中加热至

970 至 1010°F ±10.0°F 或 520 至 545°C ±6.0°C，并风冷。保温时间应符合材料或工艺规范规定的厚度要求。

3.5.17.4 面板应在合格工作区的外边界对称分布，每 10 平方英尺或 0.93 平方米的炉侧墙、天花板和地板面积各使用一块面板，板面平行于炉墙、天花板和地板。面板的任何一侧都可能朝向热源。

3.5.17.5 所有辐射测量传感器读数应满足 3.5.10.2 的数据收集要求、3.5.13 的传感器故障要求和 3.5.14 的 TUS 要求。

### 3.6 实验室熔炉

#### 3.6.1 实验室炉通用要求

3.6.1.1 实验室炉应用于制备实验室试验样品，例如但不限于根据材料或工艺规范对热处理测试做出的应对措施。

3.6.1.2 除非实验室炉满足本规范的所有适用要求，否则实验室炉不得用于任何零件或原材料的热处理。

#### 3.6.2 使用负载传感器的实验室熔炉要求：

- a、负载传感器应符合 3.1.10 的要求。
- b、控制和记录仪表的校准应按季度进行，校准应符合表 7 的要求。
- c、SAT 应每季度进行一次。差值应满足表 14 或表 15 中规定的材料或工艺规范要求的炉子最低等级要求。
- d、完成一次成功的初始 TUS 加上连续两次成功的季度定期 TUS 后，TUS 间隔可延长至半年。TUS 结果应符合表 18 或 19 的要求。

#### 3.6.3 未使用负载传感器的实验室熔炉要求：

- a、控制和记录仪表校准、SAT 和 TUS 应按照适用于生产设备的仪表类型和熔炉等级进行。

### 3.7 记录

3.7.1 除任何校准、SAT 和 TUS 故障外，传感器校准、仪器校准、SAT 和 TUS 的所有记录均应可供检查，保存期限至少 5 年。

### 3.8 取整

3.8.1 所有四舍五入必须按照文件化的程序进行，并采用统一的方法。

3.8.2 根据 ASTM E29，使用绝对法或其他等效国际标准，允许四舍五入到要求中规定的有效位数。

3.8.3 商业电子表格程序中内置的舍入法也是可以接受的。

3.8.4 本规范中规定的所有限制都为绝对值，超出容差的测试数据不能四舍五入到容差内。

3.8.5 四舍五入仅适用于最终校准或试验结果。

## 4 质量保证条款

4.1 用户应负责执行所有要求的校准和测试，并遵守本文指定的所有适用要求。买方有权见



证本文指定的校准或试验，以确保其工艺符合适用要求，但此类见证不得妨碍设施内的任何过程。

4.2 从本规范发布后 2 年开始，第三方高温测量服务提供商公司应通过 ILAC（国际实验室认证合作组织）所认可的区域合作机构授予的 ISO/IEC 17025 质量体系认证。认证范围应包括实验室标准和/或现场服务（如适用）。

4.3 因校准或测试不符合适用要求而受影响的设备，或超过允许间隔（包括表 25 中规定的任何延长期）的设备应停止使用。

表 25-校准/测试间隔的延期准许

校准/测试间隔	允许的超过到日期延长（日历日） <sup>(1)</sup>
每周	1
每两周	2
每月	3
每两个月	3
每季度	4
4个月	4
每半年	6
每年	12
超过一年的间隔	12

注：（1）任何延期均应记录在案，具有书面依据并得到用户质量组织的批准。

4.4 若出现任何校准或试验失败，应评估自上次成功校准或试验之后生产的产品，以发现失效对这些产品可能产生的影响。

4.5 适当的纠正措施应符合既定的材料审查程序，包括将校准或试验恢复到要求的合规水平所采取的措施，以及为防止故障再次发生而采取的措施。纠正措施应形成文件并存档。

4.6 在设备重新投入使用前，应进行相应的校准或测试，并记录在案。

4.7 当零件或原材料加工条件偏离材料或工艺规范要求时，应通知受影响的买方。

4.8 当用户利用第三方高温测量服务提供商进行现场校准或测试时，应有客观证据证明第三方拥有和引用的适用于用户的程序已经过用户审核。或者，也可以通过用户下给该第三方高温测量服务提供商的订单，证明该提供商的程序经过了用户的审查。

4.8.1 通过 ISO 17025（见 4.2）认证的高温测量服务提供商无需对现场服务进行程序监督。

4.9 当第三方高温测量服务提供商在其自己的设施内按照其自己的程序执行工作时，用户无需审查高温测量服务提供商程序。

示例：用户拥有的现场测试仪器被运送到高温测量服务提供商设施进行校准。用户无需审查高温测量服务提供商的仪器校准程序。

## 5 交货准备

不适用

## 6 确认

不适用

## 7 拒绝

不适用

## 8 注意事项

### 8.1 修订指标

左侧空白处的变更条（1）是为了方便用户查找对本文件之前规范进行技术性修改而非编辑性修改的区域。规范标题左侧的（R）符号表示完整的编辑和技术修订。更改栏和（R）不用于原始出版物，也不用于仅包含编辑性更改的规范。

8.2 英制单位和国际单位制均为主要单位。主要是华氏温度和摄氏温度。可以使用英制/华氏度制，也可以使用国际单位制/摄氏制度制。

由 AMS 委员会 “B” 和 “AMEC” 编制