



航空航天 材料规范

AMS2750™

REV. F

发行 1980-04
修订 2020-06

取代 AMS2750E

(R) 高温测量

说明

AMS2750F是对规范进行五年期评审和更新的结果。已进行了技术更改，以解决以前版本中发现的问题。已更新了记录仪的分辨率要求，以证明当使用百分比而不是数字公差时，设备满足表7的精度公差。

AMS2750F是完全改编的版本。因此，没有指出对上一版本具体更改的更改条。

华氏温度相对摄氏温度以及英制相对SI测量单位的使用已从“°F (°C)”改为“°F或°C”；和从“英制单位 (SI单位)”改为“英制单位或SI单位”，以表明华氏/英制单位工作用户的要求和摄氏/SI单位工作用户的要求。

注：有些要求是精确换算，有些则是近似换算（见8.2）。

1. 范围

1.1 本规范涵盖了金属材料热处理使用设备的高温测量要求。具体包括温度传感器、仪表、热处理设备、修正系数和仪表补偿、系统精度校验和温度均匀性测量。这些是确保零件或原材料根据适用规范进行热处理的必需要求。

1.2 规定时，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中规定的实验室热处理炉。

2. 参考资料

2.1 适用文件

在本规范规定的范围内，在采购订单日期生效的下列文件的版本构成本规范的一部分。除非指定了具体文件版本，否则供应商可按文件后续修订版进行工作。当参考文件已被取消且未指定替代文件时，应以该文件的最后发布版本为准。

SAE技术标准委员会规则规定：“本报告由SAE发布，旨在促进技术和工程科学的发展。本报告使用完全自愿，其对任何特定用途的相关性和适用性，包括由此产生的任何专利侵权，由用户全权负责。”

SAE至少每五年对每一份技术报告进行一次评审，届时可能会对其进行修订、重新确认、保持或取消。SAE邀请您提出书面意见和建议。

版权所有©2020 SAE International

版权所有。未经SAE事先书面许可，不得复制、在检索系统中存储，或以任何形式或通过电子、机械、影印、记录或其他方式传输本出版物的任何部分。

提交文件订单：电话：877-606-7323（美国和加拿大境内）

电话：+1 724-776-4970（美国以外）

传真：724-776-0790

电子邮件：CustomerService@sae.org

SAE网址：<http://www.sae.org>

有关此标准的更多信息，请访问

<https://www.sae.org/standards/content/AMS2750F/>

2.1.1 SAE出版物

可从SAE International获得, 地址: 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001, 电话: 877-606-7323 (美国和加拿大境内) 或+1 724-776-4970 (美国境外), www.sae.org.

ARP1917 航空航天金属规范中使用术语的说明

2.1.2 ASTM出版物

可从ASTM International获得, 地址: 100 Barr Harbor Drive, P.O.Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, 电话: 610-832-9585, www.astm.org.

ASTM E29 使用试验数据的有效数字确定是否符合规范

ASTM E207 通过与具有相同电动势温度性能的参考热电偶比较的单个热电偶材料热电动势检测的标准试验方法

ASTM E220 用比较技术校准热电偶

ASTM E230 标准热电偶的温度-电动势(EMF)图表

ASTM E608 矿物绝缘、金属铠装廉金属热电偶

ASTM E1137 工业铂阻尼式温度计

ASTM MNL7 数据显示与控制图表分析

ASTM MNL12 热电偶在温度测量中的应用

2.1.3 IEC出版物

可从IEC中央办公室获得, 地址: 3, rue de Varembe, P.O. Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland, 电话: +41 22 919 02 11, www.iec.ch.

IEC 60751 工业铂阻尼式温度计和铂温度传感器

ISO/IEC 17025 检测和校准实验室能力的通用要求

2.2 定义

AMS2750中使用的术语在ARP1917中说明如下:

2.2.1 精度 ACCURACY

进行测试的仪表或传感器与溯源标准值的最大偏差。

2.2.2 调整 ADJUSTMENT

对仪表参数的任何更改。

2.2.3 加压炉 AUTOCLAVE

通常在材料处理中使用, 能够在高于大气压 (公称760 mm Hg) 的压力下工作的热处理炉。可以用蒸汽、压缩空气或惰性气体加压。

2.2.4 廉金属传感器 BASE METAL SENSOR

热电偶主要由廉金属及其合金组成的传感器。廉金属传感器的例子包括E、J、K、N和T型。

2.2.5 间歇式炉 BATCH FURNACE

浸没期间产品不移动的热处理炉。

2.2.6 调偏或输入偏移 BIAS OR INPUT SHIFT

调整仪表以增加、删除或更改补偿的行为。

2.2.7 每2月 BIMONTHLY

见“频率”。

2.2.8 每2周 BIWEEKLY

见“频率”。

2.2.9 校准 CALIBRATION

对可溯源现场测试或标准仪表精度的判定，并且为了确保符合要求，可能调整仪表和/或编制传感器或仪表的偏差表。

2.2.10 连续式炉 CONTINUOUS FURNACE

产品从上料区连续或半连续地输送到出料区的热处理炉。例如：冲击式炉、振底式炉、传送带式炉、辊底式炉、转底式炉等。

2.2.11 控制仪表 CONTROL INSTRUMENT

与控制传感器连接的仪表，用于控制热处理设备（包括淬火槽、冷却设备、工作处理液等）的温度。仪表也可能记录或不记录温度数据。

2.2.12 控制传感器 CONTROL SENSOR

与热处理设备控制仪表连接的传感器，可以记录也可以不记录。

2.2.13 控制区 CONTROL ZONE

热处理设备工作区的一部分，有控制其温度的单独传感器、仪表和加热或冷却系统。热处理设备的这部分被独立控制。

2.2.14 控温液浴炉 CONTROLLED TEMPERATURE LIQUID BATH

一种容纳加热到需要的热处理温度的液体的热处理炉。产品通常浸没在液体中。

2.2.15 控制器 CONTROLLER

控制热处理设备温度的模拟、数字或机械装置（例如，热处理炉控制仪表、淬火机械式温控器、冷冻室压力控制器等）。

2.2.16 修正系数 CORRECTION FACTOR

为了获得真实温度，必须从传感器、仪表或其组合（系统）的温度读数加上或减去的从最近校准测定的度数。传感器和仪表的修正系数通常分开保存，并在组合使用时代数相加。修正系数是偏差（误差）的反向代数。

2.2.17 数据采集系统 DATA ACQUISITION SYSTEM

用于自动采集和存储过程数据作为电子记录的仪表系统。 例如：可编程逻辑控制器（PLC）。

2.2.18 偏差/误差 DEVIATION/ERROR

在本文件中，未修正的显示温度和真实温度之间的差额（显示温度-真实温度=偏差/误差）。

2.2.19 数字仪表 DIGITAL INSTRUMENT

用数字显示格式记录过程测量值的仪表，或同时打印刻度（图形）和趋势线的仪表。预先打印的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 ELECTRONIC RECORD

由计算机系统创建、修改、维护、存档、检索或分发的以数字形式表示的文本、图形、数据、音频、图片或其他信息的任何组合。

2.2.21 易耗型传感器 EXPENDABLE SENSORS

热敏元件的任何部分暴露到热处理设备环境的传感器。

2.2.22 补偿导线 EXTENSION WIRE

用于将未修改的信号从传感器传送到仪表系统的导线。除某些允许补偿型补偿导线的传感器类型外，导线通常与传感器类型相同。

2.2.23 现场检测仪表 FIELD TEST INSTRUMENT

符合表7要求的仪表，其校准可溯源到Ⅱ级标准仪表或更高标准，并且用于进行热处理设备的现场检测。 这些仪表通常为便携式。

2.2.24 流态粒子炉 FLUIDIZED BED FURNACE

由于大气气体或燃烧产物向上通过介质而使介质悬浮或流态化的热处理炉。产品通常浸没在流态化的介质中。

2.2.25 频率（间隔） FREQUENCY (INTERVAL)

两次连续校准、测试或传感器更换之间的日历日。在本规范中，应适用以下内容：

频率	每一次等于	
每周	1周	每周的同一天
每2周	2周	每2周的同一天
每月	1月	每月的同一天 ⁽¹⁾
每2月	2月	每2个月的天一天 ⁽¹⁾
每季	3 月	每3个月的天一天 ⁽¹⁾
每半年	6 月	每6个月的天一天 ⁽¹⁾
每年	1年	每年的同一天

注：

⁽¹⁾ 如果下一次校准或测试应在该月未包含的日历日期进行，则该日历月的最后一天应用于下一次校准（例如，1月31日进行的每月校准或测试应在2月的最后一天进行）。

2.2.26 热处理炉 FURNACE

用于材料和零件热处理的设备。术语“热处理炉（furnace）”和“热处理炉（oven）”可以互换使用。

2.2.27 试块 HEAT SINK

具有一个或多个嵌入传感器的一大块材料，这些传感器将该块的温度数据提供给记录仪表。

2.2.28 间隔 INTERVAL

见“频率”。

2.2.29 实验室热处理设备 LABORATORY THERMAL PROCESSING EQUIPMENT

专用于材料和工艺规范要求的样品、试样或试件热处理的设备。

2.2.30 载荷传感器 LOAD SENSOR

固定到生产材料（生产材料的代表）上，或与生产材料接触，或埋在生产材料（如紧固件）的装载中，并向记录仪表提供生产材料温度数据的传感器。它可以用来控制生产过程的顺序。

2.2.31 最大允许误差 MAXIMUM PERMITTED ERROR

热电响应公差带，用度数或百分比表示。最大允许误差提供了各种类型传感器必须符合标准传感器参考表或同等标准的公差。

2.2.32 材料生产商（金属） MATERIAL PRODUCER (METALLIC)

根据材料规范生产产品的制造商，该材料规范通过参考可能需要符合热处理规范。例如，铸造、挤压和锻造制造商及其批准的供应商都被认为是材料生产商。

2.2.33 测量端 MEASURING JUNCTION

传感器的一个位置，其中导线元件连接在一起构成一个测量电路，用于测量未知温度。也称为端接头。

2.2.34 多工区炉 MULTIPLE ZONED FURNACES

具有多个独立温度控制区的热处理炉。

2.2.35 贵金属传感器 NOBLE METAL SENSOR

热电偶主要由贵金属（如铂/铂铑）及其合金组成的传感器。贵金属传感器的例子包括R、S和B型。

2.2.36 耐久型传感器 NON-EXPENDABLE SENSORS

没有热元件的部分暴露在热处理设备环境中的传感器。

2.2.37 非金属材料 NON-METALLIC MATERIALS

在本规范中，该术语是指通常在加压炉、空气炉或热压机中加工固化的复合材料或粘合部件。

2.2.38 补偿 OFFSET

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。制造商特定术语还可能包括调偏、输入偏移等。

2.2.38.1 修正补偿 CORRECTION OFFSET

对仪器进行手动或电子调整，以补偿测量系统（仪表、延长导线/接头、传感器）的已知误差，从而使系统更精确。

2.2.38.2 修改补偿 MODIFICATION OFFSET

对仪表进行手动或电子调整，以补偿已知条件，例如但不限于，不准确的TUS或放在炉罐或马弗中的控制热电偶。

2.2.39 热处理炉 OVEN

用于材料和零件热处理的设备。术语“热处理炉（oven）”和“热处理炉（furnace）”可以互换使用。

2.2.40 超温仪表 OVER-TEMPERATURE INSTRUMENTATION

安装在热处理设备中的独立传感器和仪表组合，用于检测任何超温现象并发出警报和/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 PARTS

零件通常由零件号标识，根据工程图纸的要求用原材料生产，通常仅通过无损检测技术检测。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对其进行热处理。

注：认可的工程组织有权指定术语“零件”或“原材料”

2.2.42 预防性维护计划或PM计划 PREVENTIVE MAINTENANCE PROGRAM OR PM PROGRAM

评估、按要求采取纠正措施以及记录可能对热处理设备符合本规范任何要求产生不利影响的项目状况的程序。根据经验确定PM检查的频率，以确保定期PM之间不会出现重大问题。

2.2.43 I 级标准传感器 PRIMARY STANDARD SENSOR

根据参考标准直接校准并满足表1要求的传感器。

2.2.44 I 级标准仪表 PRIMARY STANDARD INSTRUMENT

根据参考标准仪表直接校准并满足表7要求的仪表。

2.2.45 进程图表记录仪 PROCESS CHART RECORDER

见“记录仪表”。

2.2.46 可编程逻辑控制器 (PLC) PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)

一种数字计算机控制系统，连续地监测输入设备的状态，并根据编程的输入（方法）进行判断，以控制输出设备的状态。

2.2.47 合格工作温度范围 QUALIFIED OPERATING TEMPERATURE RANGE

热处理设备的公称设定温度范围，其中温度均匀性已在合格的工作区内进行了测试，并符合要求的公差。合格工作温度范围表示包括±最小/最大均匀性公差的温度范围，在该范围内可以处理零件或原材料。

2.2.48 合格工作区 QUALIFIED WORK ZONE

热处理设备容量的一部分，其中温度变化，在按最新温度均匀性测量期间传感器的放置确定的合格工作温度范围内，符合要求的均匀性公差。

2.2.49 质量组织批准 QUALITY ORGANIZATION APPROVAL

按用户质量体系中的书面过程确定的评审的客观证据和校准或测试的认可或否决，该过程还明确了该批准的任何授权。

2.2.50 淬火系统 QUENCH SYSTEM

提供快速冷却的系统，通常使用油、水、水/聚合物混合物或气体介质来实现。

2.2.51 辐射测量 RADIATION SURVEY

当热源（例如，电气元件或燃气管）暴露在合格工作区或仅用金属挡板隔开时，在800°F或427°C以上使用的铝合金热处理设备的初步测量。

2.2.52 辐射测量传感器 RADIATION SURVEY SENSOR

TUS传感器，通常是与试板一起使用的廉金属（E，J，K，N和T型）传感器，用来确定用于固溶热处理铝合金的热处理炉的加热性能。

2.2.53 原材料 RAW MATERIAL

通常包括但不限于薄板、板材、线材、杆料、棒材、锻件、铸件和挤压件等。原材料通常通过炉号或批号识别，通常进行破坏性试验验收。原材料由材料生产商或为材料生产商，按照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 原材料热处理炉 RAW MATERIAL FURNACES

按照工艺或材料规范处理原材料使用的设备。

2.2.55 记录仪表 RECORDING INSTRUMENT

连接到控制、载荷和/或记录传感器的仪表，记录处理设备温度数据并生成永久处理记录。例如图表记录仪、电子数据记录仪或数据采集系统。

2.2.56 记录传感器 RECORDING SENSOR

连接到记录仪表的传感器。

2.2.57 循环温度模式 RECURRENT TEMPERATURE PATTERN

应对温度控制仪表运行的炉温循环。

2.2.58 参考标准传感器（贵金属） REFERENCE STANDARD SENSOR (NOBLE METAL)

已由NIST或其他国际公认标准组织校准，符合表1要求的贵金属标准传感器。

2.2.59 参考标准仪表 REFERENCE STANDARD INSTRUMENT

已由NIST或其他国际公认标准组织校准，符合表7要求的标准测试仪表。

2.2.60 制冷设备 REFRIGERATION EQUIPMENT

可以保持低于室温和超过32°F或0°C（冰箱）、或低于32°F或0°C（冷冻柜）（取决于使用规范温度范围）的分隔间、箱柜或房间。该设备可用于延缓或促进冶金转变，用于存储非金属材料。

2.2.61 固定SAT传感器 RESIDENT SAT SENSOR

在系统精度校验之间保留在测试位置中的测试传感器。

2.2.62 炉罐式炉 RETORT FURNACE

装有将热处理产品与加热元件隔离开的炉罐或马弗的热处理炉。热处理炉通常包围着炉罐。

2.2.63 电阻测温装置（RTD） RESISTANCE TEMPERATURE DEVICE (RTD)

根据元件（通常在端部）的温度在元件两端产生电阻变化的装置（例如PT100温度计）。

2.2.64 盐浴炉 SALT BATH

装有加热到所需热处理温度熔盐的热处理炉。产品通常浸没在熔盐中。

2.2.65 II级标准测试仪表 SECONDARY STANDARD TEST INSTRUMENT

根据 I 级标准或参考标准直接校准，满足表7要求，并在受控测试环境中运行的仪表。

2.2.66 II 级标准测试传感器 SECONDARY STANDARD TEST SENSOR

根据 I 级标准测试传感器直接校准并满足表1要求的传感器。

2.2.67 半连续式炉 SEMI-CONTINUOUS FURNACE

见“连续式炉”。

2.2.68 灵敏度 SENSITIVITY

在被测仪表上引起变化（不管是放大还是缩小）所需的来自测试仪表输入中的温度变化。

2.2.69 传感器或温度传感器 SENSOR OR TEMPERATURE SENSOR

在本文件中，设计用于检测或测量温度的装置（如热电偶、RTD等）。

2.2.70 特殊限值误差传感器导线 SPECIAL LIMITS OF ERROR SENSOR WIRE

初始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补偿导线。

2.2.71 稳定（也称为均衡、平衡、稳态或浸没状态） STABILIZATION (ALSO REFERRED TO AS EQUALIZATION, EQUILIBRIUM, STEADY STATE, OR SOAKED CONDITION)

当所有控制和记录传感器都在允许的TUS公差范围内，并且控制器在每个区域都循环和/或保持所需温度时出现设备稳定。当所有TUS传感器都达到所需的均匀性范围，并且在测量稳定期间和之后没有显示出偏离设定点的频繁上升或下降趋势时，出现TUS稳定。

2.2.72 系统精度校验（SAT） SYSTEM ACCURACY TEST (SAT)

对传感器、补偿导线（和连接器）和仪表的组合误差或修正总和的评价，以确保符合表14或15的要求。也称为“探头检查”。

2.2.72.1 比较SAT COMPARISON SAT

测试传感器和现场测试仪表应用修正系数后，被测热处理设备传感器系统（传感器、补偿导线和仪表）读数与测试传感器系统（测试传感器、补偿导线和现场测试仪表）修正读数之间差异的现场比较（见3.4.7）。

2.2.72.2 替代SAT ALTERNATE SAT

热处理炉传感器误差或修正系数与连接器、补偿导线和仪表通道校准误差之和的数学计算（见3.4.8）。

2.2.72.3 SAT豁免 SAT WAIVER

未进行比较或替代SAT方法时的附加要求和要进行的比较（见3.4.9）。

2.2.73 系统精度校验（SAT）传感器 SYSTEM ACCURACY TEST (SAT) SENSOR

用于系统精度校验符合表1要求的已校准和可溯源的传感器。

2.2.74 温度超限 TEMPERATURE OVERSHOOT

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上限温度公差的角度数。

2.2.75 温度传感器接通 TEMPERATURE SENSOR PASS-THROUGH

将热处理设备内的传感器（通常是热电偶）安装接线连接到外部仪表，通常在每端都有插座、插孔或端子。

2.2.76 温度均匀性 TEMPERATURE UNIFORMITY

合格工作区内相对于设定点温度的温度变化（通常表示为±度）。对于使用炉罐中的传感器控制温度的炉罐式炉，温度变化是相对于炉罐中的传感器，而不是相对于热处理炉设定点温度。要求根据表11通过所需的热处理设备级别确定。

2.2.77 温度均匀性记录仪 TEMPERATURE UNIFORMITY RECORDER

满足表7现场测试仪表要求的独立数字记录仪表，并用于进行温度均匀性测量。

2.2.78 温度均匀性传感器 TEMPERATURE UNIFORMITY SENSOR

符合表1要求的已校准和可溯源的传感器。

2.2.79 温度均匀性测量（TUS） TEMPERATURE UNIFORMITY SURVEY (TUS)

在稳定之前和之后，使用满足表7要求的现场测试仪表（TUS记录仪）和满足表1、20和21（适用时）要求的传感器，对热处理设备合格工作区内的温度变化进行评价。

2.2.80 热处理 THERMAL PROCESSING

将材料暴露在受控加热、浸没或冷却中，以达到材料或零件的规定性能或条件的任何处理，没有按照1.3的例外。

2.2.81 热处理设备 THERMAL PROCESSING EQUIPMENT

指用于在受控温度处理材料的任何容器（如加压炉、热处理炉（furnace）、热处理炉（oven）、制冷设备、液浴炉、热压机等）。

2.2.82 热电偶 THERMOCOUPLE

由在测量端连接的两根热电特性不同的导线构成的温度传感器，在两端之间产生与温度梯度成比例的电动势（EMF）。

2.2.83 可溯源或溯源性 TRACEABLE OR TRACEABILITY

将测量结果通过一个完整的链通过国际公认标准组织（包括但不限于以下组织）关联溯源到国际单位制（SI）的能力：

国家标准与技术机构(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(AIST)

国家计量、标准化和工业质量研究所(INMETRO)

国际度量衡局(BIPM)

2.2.84 使用（传感器） USE (OF A SENSOR)

传感器投入使用后的一次加热或冷却循环（示例见3.1.4.2、3.1.7.2、3.1.7.5和3.1.11.1）。

2.2.85 真空炉 VACUUM FURNACE

在低于大气压（名义值为760 mm Hg）的任何压力下处理产品的热处理炉。

2.2.86 无线发射器 WIRELESS TRANSMITTER

发送电磁波的装置。广播设备的一部分，它产生和调制射频电流并将其传送给接收机。

2.2.87 齐纳击穿电压 ZENER VOLTAGE REFERENCE

允许电流以与理想二极管相同的方式正向流动，但当电压高于称为齐纳电压的某个值时，也允许电流反向流动的二极管。

3. 技术要求**3.1 温度传感器****3.1.1 通用传感器要求**

3.1.1.1 除非特别注明，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。可以使用具有相同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 电阻测温装置（RTD）应为贵金属，应符合表1的要求，并应视为耐久型。

3.1.1.4 如表2和表3所示，传感器可由裸导线或涂层导线或矿物绝缘/金属铠装（MIMS）电缆制成。

3.1.1.5 如果不添加填充金属，测量端应通过扭曲和/或焊接热元件的任何结合组装。

表1 — 传感器和传感器校准⁽¹²⁾

传感器	使用	类型 ⁽¹⁾ ⁽¹⁰⁾	校准		校准精度 ⁽²⁾ ⁽⁹⁾
			间隔	标准	
参考标准	I 级标准校准 ⁽⁵⁾	B、 R、 S	首次使用前； 5年	NIST ⁽⁴⁾ 参考标准	参考NIST或同等校准报告
I 级标准	II 级标准校准 ⁽⁶⁾	B、 R、 S	首次使用前； 3年	参考标准 ⁽⁵⁾	R、 S型：±1.0°F 或 ±0.6℃或±0.1% B型：±1°F或±0.6℃ 或±0.25%
II 级标准 ⁽⁷⁾	传感器校准	B、 R、 S、 RTD ⁽¹⁰⁾	首次使用前； 2年	I 级标准 ⁽⁶⁾	R、 S型：±1.0°F 或 ±0.6℃或±0.1% ⁽¹³⁾ B型：±1°F或±0.6℃ 或±0.25% ⁽¹³⁾ 廉金属：±2°F 或 ±1.1℃或±0.4% ⁽¹¹⁾ RTD ⁽¹⁰⁾
系统精度校验 ⁽³⁾		B、 R、 S、 RTD和 廉金属	首次使用前；B、R、 S和RTD每半年一次；廉金属每季度 一次；E和K不允许	I 级或II 级标准 ⁽⁸⁾	
温度均匀性测量 ⁽³⁾					
控制和记录 ⁽³⁾	安装在热处理设备中	B、 R、 S、 RTD和 廉金属	首次使用前	I 级或II 级标准 ⁽⁸⁾	
载荷 ⁽³⁾	传感零件或原材料温度		首次使用前；B、R、 S和RTD每半年一次；廉金属不允许		

注:

- ⁽¹⁾ 可接受同等或更高校准精度的传感器。
- ⁽²⁾ 读数百分比或以 $^{\circ}\text{F}$ 或 $^{\circ}\text{C}$ 为单位的修正系数以较大者为准。
- ⁽³⁾ 表5中提供了传感器重新校准和重复使用的要求。
- ⁽⁴⁾ NIST或其他国际认可的标准组织。
- ⁽⁵⁾ 应使用参考标准传感器和 I 级标准仪表一起校准 I 级标准传感器。
- ⁽⁶⁾ 应使用 I 级标准传感器和 I 级标准仪表一起校准 II 级标准传感器。
- ⁽⁷⁾ 使用仅限于控制、记录和载荷传感器, 以及系统精度校验和温度均匀性测量传感器的校准。
- ⁽⁸⁾ 应使用 I 级或 II 级标准传感器以及 I 级或 II 级标准仪表一起校准这些传感器。
- ⁽⁹⁾ 对于未列出并在 2400°F 或 1316°C 以上使用的传感器类型, 校准精度应为 $\pm 1\%$ 。如果超过校准精度, 则应在所有应用中使用传感器修正系数。
- ⁽¹⁰⁾ 使用时, RTD应为铂型, 并符合ASTM E1137或IEC 60751中给出的A级公差。
- ⁽¹¹⁾ 仅对于E型和T型温度 $< 32^{\circ}\text{F}$ 或 $< 0^{\circ}\text{C}$, 校准精度应满足以下条件:
E型: -328 至 32°F , $\pm 3.0^{\circ}\text{F}$ 或 -200 至 0°C , $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$, 或 $\pm 1.0\%$ (以较大者为准)。
T型: -328 至 32°F , $\pm 1.8^{\circ}\text{F}$ 或 -200 至 0°C , $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$, 或 $\pm 1.5\%$ (以较大者为准)。
- ⁽¹²⁾ 对于在 32°F 或 0°C 以上的温度, 通常供应的热电偶和热电偶材料满足表中规定的公差。但是, 对于在 32°F 或 0°C 以下的温度, 相同的材料可能不在公差范围内。
- ⁽¹³⁾ 使用修正系数时, B 型载荷传感器应满足 $\pm 2.7^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$, 或 $\pm 0.5\%$ 的校准精度; 而 R 型和 S 型载荷传感器应满足 $\pm 2.7^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$, 或 $\pm 0.25\%$ 的校准精度。

表 2 — 传感器和补偿导线/连接器

类别	传感器				补偿导线		
	类型	正极元件成分 公称重量%	负极元件成分 公称重量%	元件色标	导线代码 正极/负极	绝缘套色标 ⁽¹⁾	连接器色标 ⁽¹⁾
廉金属	J	Fe	55Cu/45Ni	白色/红色	JPX/JNX	黑色	黑色
	E	90Ni/10Cr	55Cu/45Ni	紫色/红色	EPX/ENX	紫色	紫色
	K	90Ni/10Cr	95Ni/5, Al + Si	黄色/红色	KPX/KNX	黄色	黄色
	N	84.5Ni/14Cr/1.5Si	95.4Ni/4.5Si/0.1Mg	橙色/红色	NPX/NNX	橙色	橙色
	M ⁽³⁾	82Ni/18Mo	Ni	黄色/红色	KPX/KNX	黄色	黄色
	T	Cu	55Cu/45Ni	蓝色/红色	TPX/TNX	蓝色	蓝色
贵金属 ⁽²⁾	R	87Pt/13Rh	PT	黑色/红色	RPX/RNX 或 SPX/SNX	绿色	绿色
	B	70Pt/30Rh	94Pt/6Rh	灰色/红色	BPX/BNX	灰色	灰色
	S	90Pt/10Rh	PT	黑色/红色	PRX/RNX 或 SPX/SNX	绿色	绿色
耐火材料 ⁽²⁾	C	95W/5Re	74W/26Re	绿色/红色	CPX/CNX	红色	红色

注:

⁽¹⁾ 所有规定的色标均符合ASTM E230。 可以接受其他国际认可标准组织的色标。

⁽²⁾ 大多数廉金属补偿导线的公称成分与准备与其一起使用的传感器导线的公称成分相同，而用于贵金属（S, R和B型）或耐高温金属传感器（C型）的补偿导线通常具有不同、更经济的成分，尽管如此，其成对的相对热电性能仍然非常接近将在有限的温度范围内与其一起使用的贵金属或难熔金属传感器的相对热电性能。

⁽³⁾ M 型补偿导线的用途与 K 型相同。

表 3 — 传感器类别

传感护套	传感器类别 ⁽¹⁾
玻璃纤维、塑料或牌号	易耗型
多种硬质陶瓷珠	易耗型
金属编织层	易耗型
通过金属/陶瓷保护管与处理气氛隔离	耐久型
矿物绝缘，金属护套（MIMS）	耐久型

注：
⁽¹⁾ 见易耗型/耐久型传感器的定义。

3.1.2 传感器

可以在ASTM MNL12、ASTM E230、ASTM E608、ASTM E1137、EN 60751或其他国际公认标准中以及传感器供应商找到传感器温度范围使用指南。

3.1.3 补偿导线和连接器

- 3.1.3.1 补偿导线应具有与使用传感器和仪表相同的公称成分，除非允许使用兼容的补偿补偿导线（如贵金属）。补偿导线应符合表2的要求。
- 3.1.3.2 除使用兼容连接器外，不得拼接补偿导线。
- 3.1.3.3 如果连接器、插头、插孔和端子排是兼容类型，则允许使用；即它们具有符合相应传感器类型特征的热电特性。
- 3.1.3.4 无线发射器可作为补偿导线的替代品使用。

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 无论是根据时间、使用次数还是温度的传感器校准间隔都是允许的最大值。
- 3.1.4.4 用户应有控制热处理设备传感器更换的程序，包括根据支持数据（例如但不限于SAT、TUS和重新校准数据）和/或趋势分析的最大使用寿命和/或使用次数限制。
- 3.1.4.5 传感器应在最低使用温度或低于最低使用温度和最高使用温度或高于最高使用温度时进行校准或重新校准。在单一温度使用的传感器可在单一使用温度进行校准。
- 3.1.4.6 所有传感器，校准或重新校准温度之间的间隔不得超过250°F或140℃。
- 3.1.4.7 除NIST或其他国际认可的标准组织外，任何校准来源均禁止外推超过最高校准温度和低于最低校准温度的校准修正系数。
- 3.1.4.8 允许使用线性方法在两个已知校准点之间插值校正系数。
- 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，都应统一说明和应用。
- 3.1.4.11** 表5中允许传感器重新校准时，可以使用重新校准日期或重新校准后的首次使用日期作为校准期的开始。程序应确定如何应用和记录实际行动，以确保合规性。

3.1.5 导线/电缆卷

- 3.1.5.1** 可使用由导线/电缆卷制成的已校准易耗型或耐久型传感器代替单独校准的传感器。
- 3.1.5.2** 校准时一卷导线/电缆的最大长度应符合表4的规定。

表4 — 一卷导线/电缆的最大允许长度

传感器	一卷导线/电缆的最大允许长度
I 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610米

- 3.1.5.3** 导线/电缆卷应在两端取样和校准。各端的单独修正系数应在表1的要求范围内，应在各校准温度下从卷的两端计算平均修正系数，并用于卷的整个长度。
- 3.1.5.4** 如果在任何单独校准温度下，样品传感器两端的校正系数之间的差值超过以下值，则应不使用导线/电缆卷：
- a. I 级和 II 级标准传感器为1.0°F或0.6℃。
 - b. 控制、记录和载荷传感器、SAT和TUS传感器为2.0°F或1.1℃。
- 3.1.5.5** 以下情况适用于不符合3.1.5.4要求的导线/电缆卷：
- a. 如果较短长度满足3.1.5.4的要求，则允许将卷分为较短的长度。
 - b. 只要已按照表1的要求进行了校准，允许使用卷上的单个传感器。

3.1.6 通用传感器重复使用要求

不允许重复使用任何传感器，除非绝缘层完好无损，导线/电缆（包括端接头）没有损坏（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 ⁽³⁾	重复使用 ^{(1) (2)}
测试传感器 TUS	廉金属	易耗型	不允许易耗型廉金属传感器重新校准	- 每季度, 在不超过500.0°F 或 260.0°C使用时 M、T、K、E型: 受使用次数、使用温度和首次使用后的日历天数限制 (见3.1.7.3) J、N型: 受使用次数、使用温度和首次使用后的日历天数限制 (见3.1.7.3)
		耐久型	J和N型: 每季度 (见表1) E和K型: 每季度; 在不超过500.0°F 或260.0°C使用时允许, 在超过500.0°F 或260.0°C使用时不允许	无其他限制
	贵金属 ⁽⁴⁾	易耗型	每半年 (见表1)	无其他限制
		耐久型		
测试传感器 非固定SAT	廉金属	易耗型	不允许易耗型廉金属传感器重新校准	- 每季度, 在不超过500.0°F 或 260.0°C使用时 M、T、K、E型: 受使用次数、使用温度和首次使用后的日历天数限制 (见3.1.7.3) J、N型: 受使用次数、使用温度和首次使用后的日历天数限制 (见3.1.7.3)
		耐久型	J和N型: 每季度 (见表1) E和K型: 每季度; 在不超过500.0°F 或260.0°C使用时允许, 在超过500.0°F 或260.0°C使用时不允许	无其他限制
	贵金属 ⁽⁴⁾	易耗型	每半年 (见表1)	无其他限制
		耐久型		
测试传感器 固定SAT	廉金属	易耗型	不允许易耗型廉金属传感器重新校准	E、J、K、N、T型: 仅应在不超过500.0°F 或260.0°C使用
		耐久型	J和N型: 每季度 E和K型: 每季度; 在不超过500.0°F 或260.0°C使用时允许 (见表1)	E、J、K、T型: 仅应在不超过500.0°F 或260.0°C使用 N型: 无其他限制
	贵金属 ⁽⁴⁾	易耗型	每半年 (见表1)	仅应在不超过1000.0°F 或538.0°C使用
		耐久型		无其他限制

传感器用途	传感器类型	形式	重新校准 ⁽³⁾	重复使用 ^{(1) (2)}
控制和记录传感器	全部	全部	首次使用前	根据2.2.42、3.1.4.4、3.4.8和3.4.9更换
载荷传感器	廉金属	易耗型	不允许重新校准	受使用次数、使用温度和首次使用后的日历天数限制（见3.1.10.1、3.4.8和3.4.9）
		耐久型	J和N型：每季度 E和K型：每季度；在不超过500.0°F或260.0°C使用时允许；在超过500.0°F或260.0°C使用时不允许	受使用次数、使用温度和首次使用后的日历天数限制（见3.1.10.2、3.4.8和3.4.9）
	贵金属 ⁽⁴⁾	易耗型	每半年，3.4.8和3.4.9的规定除外（见表1）	无其他限制，3.4.8和3.4.9的规定除外
		耐久型		

注：

⁽¹⁾ 在500.0°F或260.0°C以上使用的任何E或K型传感器重复使用时，插入深度应大于等于任何先前使用的深度（见3.1.7.1）。

⁽²⁾ 通用重复使用限制见3.1.6和3.1.7。

⁽³⁾ 禁止在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传感器重复使用

3.1.7.1 在500.0°F或260.0°C以上使用时，耐久型E或K型热电偶重复使用期间，插入深度应大于等于任何先前使用的深度。

3.1.7.2 可重复使用易耗型廉金属和贵金属SAT和TUS传感器：

- a. 当仅在不超过500.0°F或260.0°C使用时，廉金属传感器从首次使用起最多可使用3个月，不限使用次数。
- b. 贵金属传感器从首次使用起最多可使用6个月，不限使用次数或使用温度。

3.1.7.3 易耗型廉金属SAT和TUS传感器

- a. M、T、K和E型，在500.0°F和1200.0°F之间或在260.0°C和650.0°C之间应限于使用3个月或5次（先到为准），并且在1200.0°F或650.0°C以上限于单次使用。
- b. J型和N型，在500.0°F和1200.0°F之间或在260.0°C和650.0°C之间应限于使用3个月或10次（先到为准），并且在1200.0°F或650.0°C以上限于单次使用。

3.1.7.4 应保存累积的传感器重复使用记录，包括传感器批号、温度和使用次数。

3.1.7.5 （1）专用于≤1200° F或≤650° C，（2）被确认，并且（3）在测试之间保存/保护免受损坏（即卷曲、过潮、腐蚀等），或保持安装在测试之间被保护的支架上的任何廉金属TUS热电偶，应限制在不超过3.1.7.3中规定的使用次数或6个月（先到为准），并且只能在3.1.6和3.1.8的限制下重复使用。

3.1.8 传感器修复

3.1.8.1 如果拆除了有问题部分（包括之前暴露在炉内的任何部分）并重新制作端接头，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 应在热处理设备中安装控制传感器，以确保在合格工作区内控制和保持设备的均匀性。应按照适用仪表类型安装记录传感器（见表12）。

3.1.10 载荷传感器

当使用替代SAT时，以下内容也适用于记录传感器。

3.1.10.1 可以使用易耗型廉金属载荷传感器：

- a. 在不超过500.0°F或260.0°C使用时，首次使用后3个月内不限制使用次数。
- b. M、T、K和E型，在500.0°F和1200.0°F之间或在260.0°C和650.0°C之间应限于使用3个月或5次（先到为准），并且在1200.0°F或650.0°C以上限于单次使用。
- c. J型和N型，在500.0°F和1200.0°F之间或在260.0°C和650.0°C之间应限于使用3个月或10次（先到为准），并且在1200.0°F或650.0°C以上限于单次使用。

3.1.10.2 耐久型廉金属载荷传感器的寿命应通过最高合格工作温度和首次使用后的日历天数限制。

3.1.10.3 应保存积累的载荷传感器使用记录，包括传感器批号、载荷周期、温度和使用次数。使用次数应包括SAT和TUS期间的使用。

3.1.10.4 最大更换间隔或使用次数（以首次使用耐久型廉金属载荷传感器后先到为准）应符合表6的规定。

表6 — 耐久型廉金属载荷传感器使用温度、间隔或使用次数

设定温度		最大更换间隔或使用次数
不低于2300.0°F	不低于1260.0°C	1次使用
2200.0到2299.9°F	1204.5到1259.9°C	每季度或10次使用
1800.0到2199.9°F	982.8 到 1204.4°C	每季度或 90 次使用
1200.0到1799.9°F	648.9 到 982.7°C	每季度或 180 次使用
500.1到1199.9°F	260.1 到 648.8°C	每季度或 270 次使用
不超过500.0°F	低于260.0°C	每季度无限量使用次数

3.1.10.5 当在多个合格温度范围内使用载荷传感器时，应采用最短间隔或使用次数。

例1：在2250.0°F或1232.0°C使用9次的传感器，在2200.0到2299.9°F或1204.5°C到1259.9°C范围内或任何较低工作范围内只允许再使用一次。在不低于2300.0°F或1260.0°C没有剩余的使用次数。

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

传感器已经超过了2199.9°F或1204.4°C以上所有范围的使用限制。

由于传感器已在更高的温度范围内使用，因此现在受到90次使用限制。

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

传感器已经超过了2199.9°F或1204.4°C以上所有范围的使用限制。

由于传感器已在1200.0°F到1799.9°F或648.9°C到982.2°C的温度范围内使用，因此现在受到180次使用限制。

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. 传感器标识、传感器或导线/电缆卷的批次。
- b. 传感器类型；即K型、N型、E型、RTD等。
- c. 校准或重新校准日期。
- d. 校准报告中代表导线/电缆卷的数量或长度。
- e. 确定校准是初始校准还是重新校准。
- f. 所需的校准精度。
- g. 所用测试传感器和测试仪表的标识。
- h. 公称校准温度。
- i. 被测传感器的实际温度读数。
- j. 参考ASTM E220或其他国际公认标准的校准技术。
- k. 每个校准温度的修正系数或偏差/误差，包括代表导线/电缆卷两端的平均修正系数。
- l. 文件应明确说明偏差（误差）或修正系数。
- m. 溯源到NIST或其他国际公认标准组织的声明。
- n. 校准机构。
- o. 进行校准的技术人员。
- p. 校准机构授权代理人的批准。
- q. 用户质量组织批准。

3.2 仪表

3.2.1 通用仪表要求

3.2.1.1 从毫伏到度或从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 传感器的输出应通过本文规定的仪表或同等或更高精度的仪表转换为温度读数。

3.2.1.3 仪表应按照表7进行校准，并可溯源到NIST或其他国际公认标准组织。

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 过程记录仪表打印和图表速度应符合表9的要求。

表7 — 仪表和仪表校准

仪表	仪表类型	最大校准周期 ⁽⁹⁾	标准	校准精度 ⁽¹⁾	用途
参考标准	齐纳击穿电压	3年	NIST ⁽⁶⁾	NIST ⁽⁶⁾	限于 I 级标准校准 ⁽⁸⁾
I 级标准仪表	电位计、数字电压表 ⁽¹⁾	3年	参考标准	±0.1°F 或 ±0.05°C 或温度读数的 ±0.015%，以较大者为准	限于 II 级标准仪表、现场测试仪表、I 级和 II 级标准传感器的实验室校准 ⁽⁸⁾
II 级标准仪表	电位计、数字电压表 ⁽¹⁾	每年	I 级标准仪表	±0.3°F 或 ±0.2°C 或温度读数的 ±0.05%，以较大者为准	限于现场测试仪表、系统精度校验传感器、温度均匀性测量传感器、载荷传感器、控制和记录传感器的实验室校准 ⁽⁸⁾
现场测试仪表 ⁽⁷⁾	SAT/TUS 便携式电位计或数字仪表、电子数据记录器或数据采集系统	每季度	I 级或 II 级标准仪表	±1.0°F 或 ±0.6°C 或温度读数的 ±0.1%，以较大者为准	仅限于控制或记录仪表、进行 SAT 和 TUS 的仪表的校准 ⁽⁵⁾ ⁽⁸⁾
控制、记录、数据采集仪表 ⁽⁷⁾	数字仪表	注 ⁽³⁾	现场测试仪表	±2.0°F 或 ±1.1°C 或温度读数的 ±0.2%，以较大者为准	限于控制、记录热处理设备的温度
	模拟仪表 ⁽²⁾	注 ⁽³⁾	现场测试仪表	±2.0°F 或 ±1.1°C 或温度读数的 ±0.3%，以较大者为准	
	机械式或热元件	注 ⁽³⁾	替代校准的 SAT	±5.0°F 或 ±3.0°C	限于制冷和淬火设备的温度测量 ⁽⁴⁾

注：

- (1) 可接受同等或更高精度的仪表。
- (2) 模拟仪表的最小灵敏度应为：

热处理炉等级	温度	
	°F	°C
1 - 2	1.0	0.6
3 - 6	3.0	1.7

- (3) 控制和记录仪表校准间隔应为：

热处理炉等级	数字	模拟
1	每月	每月
2	每季度	每月
3	每季度	每月
4	每季度	每季度
5	每半年	每季度
6	每半年	每季度
制冷和淬火设备 ⁽⁴⁾	每半年	每半年

- (4) 当制冷和/或淬火介质传感器连接到热处理炉记录仪表的通道时，记录仪表中该通道的校准间隔应与仪表中其他通道的校准间隔相同。
- (5) 满足 II 级标准精度要求的现场测试仪表可用于现场校准SAT和TUS仪表。这些仪表必须使用 I 级标准每季度校准一次。
- (6) NIST或其他国际公认的标准组织。
- (7) 包括无线传输系统。
- (8) 仪表必须在仪表制造商规定的环境中储存和使用。
- (9) 仪表的校准周期应从校准日期开始。
- (10) 仅读取整数的数字控制仪表的最大校准精度应为±2°F或±1°C或温度读数的±0.2%向内修约到较小整数。

表8 — 记录仪表分辨率要求 ^{(1) (2) (3)}

热处理炉等级	图表纸最大度数		最大图表记录增量	
	°F/in	°C/cm	°F/格	°C/格
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⁾ 数字仪表的分辨率应为0.1°F或0.1°C。

⁽³⁾ 符合表9要求，对每个使用通道的时间和温度打印数字值的记录仪表被视为数字记录仪表，表8的要求不适用。

表9 — 记录仪表打印间隔和图表速度要求 ⁽¹⁾

记录仪表类型	打印/数据采集间隔 ⁽²⁾	图表速度	
圆图型（纸质）	每次温度热循环期间，打印间隔至少应为六次。打印间隔不得超过10分钟。	温度热循环 ⁽³⁾ 小于1小时时， = 每整圈8小时最大	温度热循环 ⁽³⁾ 大于1小时时， = 每整圈24小时最大
纸带型（纸质）		热循环 ⁽³⁾ 小于1小时时， = 2 in/h或50 mm/h最小	热循环 ⁽³⁾ 大于1小时时， = 1 in/h或25 mm/h最小
数字型		不适用	

注：

⁽¹⁾ 记录仪表应在零件或原材料在炉内的整个时间工作。在载荷传感器为了装卸料必须断开的情况下，用户应具有其他过程符合性的客观证据。

⁽²⁾ 为了证明符合冷却速率最小值，打印间隔最小值可能需要更改。

⁽³⁾ 热循环是指在温度的时间。

3.2.2 I 级标准、II 级标准和现场测试仪表

- 3.2.2.1 I 级和二次标准仪表应为数字仪表，并满足表7中的校准精度要求（可转换到证明等效精度的温度度或毫伏）。
- 3.2.2.2 现场测试仪表应为数字仪表，并且对于任何使用的输入和输出，最低分辨率为0.1°F或0.1°C。
- 3.2.2.3 至少应在六个模拟的传感器输入和/或输出信号上进行测试仪表校准。应包括用于测试或校准工作范围的最小值和最大值，以及代表正常工作区域之间的至少四个点，或在仪表用于测试或校准的整个范围内以近似相等的间隔隔开的四个点。

3.2.2.3.1 仅在单一温度下使用的测试仪表，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 应对使用的每个类型的输入和输出进行校准，即使用的每个传感器类型和mV、mA等（仪表使用这些单位时）。

3.2.2.5 应对使用中的每个可单独修改或调整的通道，或可作为一组修改或调整的每组通道进行校准。必须封堵或标记未使用的通道，以防止无意中使用时。

3.2.2.6 符合 II 级标准精度的测试仪表可在生产环境中作为现场测试仪表使用。校准频率应与现场测试仪表相同，仪表应在仪表制造商规定的环境条件下工作。

3.2.3 控制、记录和超温仪表

3.2.3.1 本规范发布2年后，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2年后，数字记录仪表的最低分辨率应为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应具有1°F或1°C的最低分辨率。图表分辨率见表8，模拟记录仪表有效期见3.2.3.1。

3.2.3.4 仪表应接收来自传感器未修改的信号，模拟到数字和数字到模拟转换、或直接测量值的数字处理、误差检查等效表示除外。

3.2.3.5 应在原始状态下进行校准，包括在整个合格工作温度范围的最小值、最大值和在中间三分之一处至少一点的至少三个模拟传感器输入的任何应用和记录的补偿，以记录原始状态。

3.2.3.6 对于没有规定合格工作温度范围的设备（如淬火槽和制冷设备），应至少在三个模拟传感器输入（在使用工作范围的最小、最大和中间三分之一处至少一个点）处进行校准。

3.2.3.7 仪表误差是被校准仪表和现场测试仪表读数之间的差值。当在生产中使用任何记录的修改补偿时，必须用代数方法将该值修正为被校准仪表的读数。

3.2.3.8 进行任何校准调整后，均应按照3.2.3.5验证仪表，以记录保留状态。

3.2.3.9 应对使用中可以单独修改或调整的每个通道、或可以作为一组修改或调整的每组通道进行校准。

3.2.3.10 应校准多通道数字记录仪表的所有起作用的通道。应确认未使用的通道，以防无意中使用时。

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

表10 — 模拟和数字记录仪表分类

记录仪表特征	纸质	模拟	数字
带打印趋势线的预印刷刻度，带或不带数字显示	×	×	
带打印表格数据的预印刷刻度，符合表9打印间隔，带或不带数字显示	×		×
创建刻度和趋势线或表格数据；显示指示温度	纸质或电子版		×

- 3.2.3.12** 当集成控制和记录系统，使得数字显示的控制值和数字记录值由同一测量电路生成，且不能不同时，只需要记录一个显示/记录值，用于控制读数。
- 3.2.3.13** 对于炉罐式炉，应控制炉温，以便在炉罐内保持规定的温度。至少，应在炉罐内的整个使用温度范围校准控制仪表。
- 3.2.3.14** 必须校准指示温度的制冷和淬火系统控制仪表。所有记录仪表必须校准（见表7）。
- 3.2.3.15** 必须按照3.2.3.5，在规定的使用温度范围，进行控制和记录系统的校准。
- 3.2.3.16** 对于仅在单一温度下使用的控制和记录仪表，可在单一使用温度下或根据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. 每次定期校准期间。
 - b. 用于多通道记录仪表的所有起作用的通道。
- 3.2.3.18** 对于使用预印刷纸（圆形和条状）的记录仪表，应每年验证图表速度，并应精确到±3 min/h之内。
- 3.2.3.19** 所有数字记录仪表和数据采集系统的计时功能都应每年校准，并应精确到±1 min/h。或者，定期（至少每月）通过卫星、互联网或电话系统对NIST（或国际等效组织）的计时系统进行数字同步记录，以支持可接受的±1 min / h的精度。
- 3.2.3.20** 外部计时装置，如计时器、时钟、秒表等，应至少每2年校准一次，并应精确到±1 s/min。
- 3.2.3.21** 允许使用在热处理炉上进行模拟到数字转换并将数字信号传输至记录仪表的无线设备。但是，需要对整个无线系统（无线发射器、无线接收器和相关的控制和记录仪表）进行校准。
- 3.2.4 电子记录**
- 3.2.4.1** 电子记录是由计算机系统创建、修改、维护、存档、检索或分发的文本、图形、数据、音频、图片或以数字形式表示的其他信息的任何组合。

3.2.4.2 使用创建电子记录的系统（控制、记录或数据采集）时，系统应：

- a. 创建未经检测无法更改的记录。
- b. 提供软件和回放实用程序，作为检查和/或编译数据的一种方式，但不应允许用户使用任何手段来更改源数据。
- c. 以适于检查、审核和复制的可读和电子形式，提供生成准确完整记录副本的能力
- d. 能够通过记录电子审核，或打印物理标记验证审核记录的方法，提供记录已审核的证据。
- e. 在整个记录保存期内，支持对准确记录的保护、保存和检索。
- f. 确保硬件和/或软件应在3.7规定的整个保存期内工作。
- g. 提供保护方法，如密码，限制系统只能由授权记录在案的个人访问。

3.2.4.3 应提供软件修改已验证的证据，确保持续符合材料或工艺规范要求，并且一旦安装就没有改变程序、配方或其他用于控制热处理参数的手段。

3.2.5 仪表校准结果和记录

3.2.5.1 贴在仪表上或紧邻仪表的标签应表明最近的成功校准。标签至少应包括：

- a. 仪表编号或热处理炉编号。
- b. 进行校准的日期。
- c. 下次校准的截止日期。
- d. 进行校准的技术人员身份
- e. 标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约束，可接受紧邻仪表的第二个标签，或如“见报告”等标记。

3.2.5.2 应记录仪表校准结果。记录至少应包括：

- a. 仪表的唯一标识。
- b. 校准仪表的品牌和型号。
- c. 校准期间使用的测试仪表的唯一标识。
- d. 使用中的每种传感器类型（如K型、N型等）和单位（如V、mA等）（仪表使用这些单位时）的标识。
- 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. 要求的校准精度。

- g. 每个校准点的原始数据和保留数据（如果进行了任何调整），包括：
 - 1. 公称测试温度。
 - 2. 测试仪表误差（可选或客户指定时）。
 - 3. 被测仪表的误差（规定时，对测试仪表误差修正或未修正）。
- h. 根据3.2.6的原始和保留修正和修改补偿。
- i. 灵敏度，合格/不合格（仅适用于模拟仪表）。
- j. 仪表校准合格或不合格声明。
- k. 校准的任何限制或约束。
- l. 进行校准的日期。
- m. 下次校准的截止日期。
- n. 溯源到NIST或其他国际公认标准组织的声明。
- o. 进行校准的技术人员身份
- p. 未在内部进行校准时校准机构的识别。
- q. 由第三方进行时，校准机构授权代理人的批准。
- r. 用户质量组织批准。

3.2.6 热处理设备仪表修正和修改补偿（见2.2.38.1和2.2.38.2）

3.2.6.1 通用仪表修正和修改补偿要求

3.2.6.1.1 如果使用仪表修正和/或修改补偿，则应存在一个书面程序，说明何时以及如何进行仪表修正和/或修改补偿。

3.2.6.1.2 最大累积修正补偿不应超过热处理设备的均匀性公差或用于制冷和淬火仪表的 $\pm 5^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 2.8^{\circ}\text{C}$ 。（如：2级热处理炉仪表限制到 $\pm 10.0^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 6.0^{\circ}\text{C}$ 的最大修正补偿）。

3.2.6.1.3 仪表修正和/或修改补偿可以是内部（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 TUS的控制仪表修改补偿不应超过表18或表19中的公差。不允许SAT修改补偿。

3.2.6.1.5 SAT的控制和记录仪表修正补偿不应超过表18或表19中的公差。除记录控制传感器温度的通道外，记录仪通道上不允许TUS修改补偿。

3.2.6.1.6 对于生产中使用的载荷传感器系统，允许修正补偿，但不允许修改补偿。

3.3 热处理设备：

3.3.1 表11中定义了热处理炉等级，并基于指定的热处理炉等级。未规定时，热处理炉等级应符合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级别定义。控制和记录仪表校准、系统精度校验、温度均匀性测量的间隔时间，以表7、14、15、18或19中说明的热处理炉等级和仪表类型组合为基础。

表11 — 热处理炉等级均匀性公差

热处理炉等级	温度均匀性公差，°F	温度均匀性公差，℃ ⁽¹⁾
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⁾ 一些设计机构对2级和3级分别要求±5℃和±7℃的温度均匀性公差。

3.3.2 热处理炉仪表类型分类要求如表12所示。

表12 — 仪器类型要求

仪表类型要求的传感器	仪表类型 ⁽¹⁾					
	A	B	C	D	D+	E
每个区域一个控制传感器，用于控制和显示温度。	×	×	×	×	×	×
应通过记录仪表记录由每个控制区中控制传感器显示的温度。或者，记录仪表可以连接到在与控制传感器相同的护套或支架中，并与控制传感器距离不超过0.38英寸或10 mm的第二个传感器。	×	×	×	×	×	
每个控制区中至少应安装两个附加记录传感器，以便根据最近温度均匀性测量结果，最好地代表每个控制区在任何使用温度下的实际最冷和最热温度。公认某些热处理炉设计/载荷结构会阻碍这些传感器定位在准确的最冷和最热位置，但这些传感器应尽可能靠近实际位置（见3.3.5和3.3.6）。这些记录位置可能会随着时间的推移而改变。转移要求见3.5.16。 ⁽¹⁾	×		×			
每个控制区至少有一个记录载荷传感器。在多工区炉生产过程中，空载区（即没有材料放入或侵入该区）不需要载荷传感器。但是，必须在热处理炉载荷记录中注明该区完全空载。	×	×				
每个控制区至少一个附加记录传感器，距离控制传感器位置至少3英寸或76 mm，且传感器类型不同。 ⁽²⁾				×		
每个控制区都应具有超温保护（见2.2.40）。	×	×	×	×	×	

注：
⁽¹⁾ 仪表类型按质量从高到低的降序排列，即A比B好等。
⁽²⁾ 对于A型或C型仪表，超温保护传感器也可用作代表最热位置的记录传感器，如果在适当位置，D+型也可作为附加记录传感器。

3.3.3 制冷设备和淬火系统的仪表要求

- 3.3.3.1 所有制冷设备应配有温度控制器。此温度控制器要求不适用于液氮、干冰或干冰/液冷容器。
- 3.3.3.2 所有制冷设备应配备需要温度-时间（最小，最大或两者）的温度记录仪表。
- 3.3.3.3 除非另有规定，在低于环境温度输送材料期间，3.3.3.1和3.3.3.2的要求不适用。
- 3.3.3.4 淬火系统（浸没或喷涂）应配备一个通过记录仪表记录的传感器。

3.3.4 附加传感器

在任何控制区内，附加记录或载荷传感器的数量没有限制，但其使用必须在受控操作说明或程序中定义。

3.3.5 如表13所述，当需要A和C型仪表时，可将冷热传感器插入试块（见2.2.27）中，当在TUS期间使用类似配置的试块时，根据最近的TUS定位在控制区的最热和最冷温度位置。

表13 — 每个控制区所需最少传感器

仪表类型	所需传感器的最少数量				
	最热温度传感器	最冷温度传感器	载荷传感器	超温传感器	附加传感器
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 所需最少传感器如表13所示。

3.3.7 对于总合格工作区容量小于等于225 ft³或6.4 m³的多工区炉，当宽度、长度、直径或高度的最长尺寸不超过任何其他尺寸的三倍时，可将热处理炉合格工作区容量视为单个控制区，用于定位冷热温度记录传感器（A型或C型仪表），并确定所需载荷传感器的数量，而不考虑控制传感器的数量（A型或B型仪表）。

3.3.8 对于总合格工作区容量大于等于225 ft³或6.4 m³的多工区炉，可将其划分为不超过225 ft³或6.4 m³的控制区。每个控制区都应包含表13中规定的单个控制区所需的所有传感器。对于单个控制区容量大于225 ft³或6.4 m³的热处理炉，每个控制区都应包含表13中规定的所有所需传感器。

3.4 系统精度校验（SAT）

3.4.1 通用SAT要求

3.4.1.1 SAT是对传感器、补偿导线（和连接器）和仪表的组合误差或修正总和的评价，以确保符合表14或表15的要求。

表14 — 零件热处理炉等级、仪表类型和SAT间隔

热处理炉等级	温度均匀性公差		最低仪表类型	正常SAT间隔	延长SAT间隔	最大允许SAT差异，以较大者为准		
	℉	℃				℉	℃	读数%
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	每月			
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	±4.0	±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			
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	不适用
制冷和淬火设备				每半年	每半年	±5.0	±2.8	不适用

表15 — 原材料热处理炉等级、仪表类型和SAT间隔

热处理炉等级	温度均匀性公差		最低仪表类型	正常SAT间隔	延长SAT间隔	最大允许SAT差异，以较大者为准		
	°F	°C				°F	°C	读数%
1	±5.0	±3.0	D, D+	每周	每周	±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	不适用
制冷和淬火设备				每半年	每半年	±5.0	±2.8	不适用

- 3.4.1.2 应对用于生产的热处理设备每部分的每个控制区的所有控制和记录系统进行SAT。
- 3.4.1.3 当控制和记录系统集成在一起，数字显示的控制值和数字记录值由同一测量电路产生且不可能不同时，仅需记录SAT的单个显示/记录值。
- 3.4.1.4 应对用于证明SAT间隔延长的附加系统进行SAT（见3.4.3.2）。
- 3.4.1.5 仅超温保护功能的系统不需要SAT。
- 3.4.1.6 应使用符合表1要求的已校准独立SAT传感器和符合表7要求的已校准独立现场测试仪表进行SAT。
- 3.4.1.7 热处理设备使用的记录仪表不应作为现场测试仪表使用，除非能证明集成系统的测试记录通道与热处理炉记录系统是分开的，并满足现场测试仪表的要求。
- 3.4.2 进行SAT
- 3.4.2.1 应按照表14或表15的间隔要求进行初始和之后的定期SAT。记录在案“停用”期的设备，应在恢复使用前对所有适用系统进行SAT。

3.4.2.2 在可能会影响SAT精度的任何活动之后均应进行SAT。例子包括但不限于：

- 更换被测系统传感器。
- 更换控制或记录仪表。
- 进行任何调整时，校准控制或记录仪表。
- 引入、删除内部修正补偿或更改现有内部修正补偿时。
- 由于SAT不合格而实施纠正措施后。

3.4.2.3 无论设备维护是否需要SAT，都应向质量保证部门咨询书面处置证据。

3.4.3 SAT间隔

3.4.3.1 SAT间隔应以热处理炉等级和仪表类型为基础。

3.4.3.1.1 具有多个合格工作温度范围的热处理炉，应按使用热处理炉等级的最严间隔进行SAT。

3.4.3.2 如果预防性维护计划如2.2.42所述有效，并且满足以下条件之一，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 每个控制区中至少有两个传感器为耐久型B、N、R或S型。

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

3.4.3.2.2.1 如果每周关系超过2.0°F或1.1°C，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建立新的关系。

3.4.4 SAT差异

3.4.4.1 应根据表14或表15所示的热处理炉等级确定最大允许SAT差异。

3.4.4.2 被测传感器系统（仪表/补偿导线/传感器）读数，与SAT传感器和SAT仪表的修正读数（在代数应用设定温度的SAT传感器和SAT仪表的修正系数后）之间的差值，应记录为SAT差异。

3.4.4.3 与SAT传感器和现场测试仪表进行比较的过程仪表和传感器的温度读数应为生产热处理期间读取或记录的温度读数。如果在生产热处理过程中按照3.4.4.4持续应用某些补偿，并有书面程序支持，则必须代数应用于被测系统。

3.4.4.4 允许的仪表修正或修改补偿包括：

3.4.4.4.1 仅用于修正不准确的TUS分布，用于控制和控制记录通道仪表的内部修改补偿。

示例：控制仪表读数为1000.0°F，并有一个-3.0°F修改补偿电子应用到控制仪表。那么，在计算3.4.4.2中的差值之前，必须对1000.0°F的读数加上+3.0°F。

3.4.4.4.2 用于修正SAT差异，以前记录和规定的控制或记录仪表的修正补偿。

示例：控制仪表的读数为1352.0°F，并有一个+2.0°F对SAT手动应用的修正补偿。那么，在计算3.4.4.2中的差值之前，必须对1352.0°F的控制读数加上-2.0°F。

3.4.5 禁止的仪表补偿包括：

3.4.5.1 已指定用于生产，仅用于修正不准确的TUS分布，应用于控制仪表的外部（手动）修改补偿。这些手动修改补偿对SAT的性能或SAT差异的计算没有影响。

示例：控制仪表的读数为1905.0°F，并且有一个+5.0°F对TUS手动应用的修改补偿。那么，在计算3.4.4.2中的差值时，使用1905.0°F的控制读数。

3.4.6 SAT方法

3.4.6.1 可使用以下三种方法之一满足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，生产中使用的被测传感器的显示温度指示和记录，以及适当补偿或修正系数，应与测试仪表上测试传感器的修正温度指示进行比较。

3.4.7.1.1 具有多个合格工作温度范围的热处理炉，应至少每年在每个范围内进行一次定期SAT。

3.4.7.2 SAT传感器的端部（测量端）必须尽可能靠近控制或记录传感器的端部（测量端），但传感器端部到端部的距离不得超过3英寸或76 mm。

3.4.7.3 所有后续SAT应使用与初始SAT放置在相同位置和插入深度的SAT传感器。

3.4.7.4 可临时插入SAT传感器进行比较SAT，也可以是受3.4.7.4.1至3.4.7.4.3限制的固定SAT传感器。

3.4.7.4.1 固定SAT传感器应限于在温度大于500°F或260°C的B、R、S或N型传感器，并应在温度大于1000°F或538°C时为耐久型（见表5）。

3.4.7.4.2 固定SAT传感器类型应不同于表16中规定的被测传感器类型。

表16 — 温度大于500°F或260°C时，固定SAT传感器和被测传感器的允许组合

固定SAT传感器类型	被测控制和记录传感器				
	B	R	S	N	所有其他传感器类型
B	不允许	允许	允许	允许	允许
R	允许	不允许	不允许	允许	允许
S	允许	不允许	不允许	允许	允许
N	允许	允许	允许	不允许	允许

3.4.7.4.3 固定SAT传感器应固定在部件上，防止与被测传感器相关位置的移动。安装和更换时应确认位置。或者，固定SAT传感器可独立于被测传感器进行定位，并且应在每次测试前验证其位置，以确保其在传感器安装活动间没有移动。

3.4.7.4.4 允许将超温传感器作为固定传感器使用，前提是其仅用于超温安全，并满足3.4.7和表16的所有SAT传感器要求。

3.4.8 替代SAT

3.4.8.1 替代SAT适用于仅一次使用（一次性使用）的载荷传感器，或以相同或小于SAT间隔更换的其他控制和记录传感器。当使用替代SAT时，第3.1.10部分也应适用于记录传感器。

3.4.8.2 根据3.2.3.5和满足表7要求的控制和/或记录仪表的定期校准，应从传感器连接点（包括仪表/补偿导线/连接器）开始进行，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表校准误差或传感器校准修正系数加上仪表校准修正系数之和应满足表14或15的最大SAT差异要求（适当时）。

3.4.8.2.2 根据表1和表7的校准限值，使用手动或通过编程应用的适当传感器和仪表修正系数，使控制和记录仪表组合使用的的数据满足表14或表15的最大SAT差异要求（适当时）。

3.4.8.2.3 限制仪表校准误差或修正系数和/或传感器误差或修正系数，使误差或修正系数之和不能超过表14或表15相应规定的最大SAT差异。应记录替代SAT期间设备中使用的传感器批次标识。

例1: 5级热处理炉的最大SAT差异为 $\pm 5.0^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 3.0^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 0.5\%$ 中的较大者（见表14）。将仪表校准限制到 $\pm 1.0^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 0.1\%$ ，并将传感器校准限制到 $(\pm 2.0^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 0.4\%)$ 将始终满足最大SAT差异。

例2: 2级热处理炉的最大SAT差异为 $\pm 3.0^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 0.3\%$ 中的较大者（见表14）。将仪表校准限制到 $\pm 1.0^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 0.1\%$ ，并将传感器校准限制到 $(\pm 2.0^{\circ}\text{F}$ 或 $\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 0.2\%)$ 将始终满足最大SAT差异。

3.4.8.3 记录替代SAT结果的频率应为以下两者中的较小者：

- 控制或记录传感器的更换频率。
- 控制或记录仪表的校准频率。

3.4.8.4 替代SAT计算应在最新仪表校准报告的每个温度进行，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。传感器温度应适用3.1.4.8到3.1.4.10部分。

3.4.9 SAT豁免

SAT豁免要求如下：

3.4.9.1 每个控制区应至少有两个记录载荷传感器。

3.4.9.2 贵金属载荷传感器应每季度更换或重新校准一次。

3.4.9.3 廉金属载荷传感器应按以下方式控制:

3.4.9.3.1 易耗型廉金属载荷传感器只能一次性使用。

3.4.9.3.2 耐久型廉金属载荷传感器应符合表6中的更换要求, 并且应在至少每周一次的观察和记录, 显示其读数与3.4.9.6中两个记录传感器的读数之间, 存在任何无法解释的差异时, 随时重新校准或更换。

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 应比较在生产浸没期结束5分钟内测量的一个生产设定点的每周读数。控制传感器和每个控制区域中的附加传感器之间的关系, 应保持在最近一次TUS时确定的其关系的2.0°F或1.0°C以内(在最近一次TUS期间测试的最近温度)。附加传感器可能是超温传感器。应从两次连续TUS之间的同一传感器对中获取每周读数。

3.4.9.7 选择的两个传感器应为不同类型, 服从表16中固定SAT传感器的相同限制条件, 并应在温度大于500°F或260°C时, 限制为B、R、S或N型, 以及在温度大于1000°F或538°C时应为耐久型(见表5)。

3.4.9.8 在每次定期TUS中, 这两个系统之间的关系, 应通过计算控制传感器的温度减去TUS浸没期最后5分钟内附加传感器的温度来确定, 确定每个TUS温度的关系(见表17)。

3.4.9.9 如果每周关系超过2.0°F或1.1°C, 则应适用4.4。

3.4.10 SAT差异合格/不合格要求

3.4.10.1 不允许应用修改补偿达到可接受的SAT。

3.4.10.2 如果计算的SAT差值超过表14或表15的允许差异, 应记录不合格, 确定差异原因, 并在开始额外热处理前采取纠正措施。应应用4部分的要求。

3.4.10.3 如果原因全部或部分, 是由于被测传感器从其记录位置和插入深度的移动造成, 应将其放回到原始记录位置和插入深度, 并重新SAT。

3.4.10.4 在表18或表19的最大限制范围内, 允许仪表重新校准, 包括控制或记录仪表校准的任何修正补偿。应评估该调整对整个工作温度范围的影响。应应用3.4.2.2和4部分。

3.4.10.5 应记录所有纠正措施。在实施纠正措施后, 进行任何额外热处理之前, 应重新SAT并产生可接受的SAT差异。应记录不合格和可接受SAT的结果。

3.4.11 SAT结果和记录

3.4.11.1 比较SAT (见3.4.7)

应记录比较SAT的结果。测试的每个传感器系统的文档至少应包括:

- a. 进行测试的传感器系统的识别。
- b. 使用K型或E型时, SAT传感器的识别和插入深度。

- c. SAT仪表的识别。
- d. SAT的日期和时间。
- e. SAT期间的热处理炉设定点。
- f. 观测到的控制或记录仪表读数和记录。
- g. 观测到的SAT仪表读数。
- h. 在适用设定温度的SAT传感器修正系数。
- i. 在适用设定温度的SAT仪表的校正系数。
- j. 修正的SAT仪表读数。
- k. 计算的SAT差异（控制和记录仪表读数减去修正的SAT仪表读数）。
- l. 如在生产过程中使用，原始和保留修正和/或修改补偿。
- m. SAT差异合格或不合格声明。
- n. 进行SAT技术人员的身份。
- o. 未在内部进行SAT时的机构识别。
- p. 由第三方进行时，校准机构授权代表的批准。
- q. 用户质量组织批准。

3.4.11.2 替代SAT（见3.4.8）

应记录替代SAT的结果。测试的每个传感器系统的文档至少应包括：

- a. 进行测试的传感器系统的识别。
- b. 传感器或线卷的标识。
- c. 替代SAT的日期和时间。
- d. 使用的方法：
 - 1. 校准误差或修正系数之和（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. 使SAT始终满足的限制仪表/热电偶校准误差或修正系数（见3.4.8.2.3）。
- e. 要求时，与支持文件/测试报告一起使用的方法计算的最终SAT结果。
- f. 适用时，进行替代SAT的技术人员身份。
- g. 未在内部进行替代SAT时的机构识别。
- h. 由第三方进行时，进行替代SAT机构授权代表的批准。
- i. 用户质量组织批准。

3.4.11.3 SAT豁免（见3.4.9）

应记录SAT豁免的结果。热处理设备每部分的文档至少应包括：

- a. 使用SAT豁免的热处理设备的识别。
- b. 用于关系测试的控制和附加传感器系统的识别。
- c. 用于关系测试的控制和附加传感器的安装日期。
- d. 最近TUS的日期和温度。
- e. 在每个TUS温度的关系的证明文件（见表17）。
- f. 每周读数和关系的证明文件（见表17）。

表17 — SAT豁免关系

	计算	示例		
TUS期间建立的参考关系（Rref）	控制传感器平均值 = $\bar{C} = \frac{T_{ctrl\ 1}^{\circ} + T_{ctrl\ 2}^{\circ} + \cdots + T_{ctrl\ n}^{\circ}}{n}$	1000.4°F 538.0°C		
	附加传感器平均值 = $\bar{A} = \frac{T_{add\ 1}^{\circ} + T_{add\ 2}^{\circ} + \cdots + T_{add\ n}^{\circ}}{n}$	1001.2°F 538.4°C		
	关系（Rref） = $R = \bar{C} - \bar{A}$	-0.8°F -0.4°C		
每周读数示例				
每周阅读期间建立的关系（Rw）		周 _n	周 _{n+1}	周 _{n+2}
	控制传感器读数 T°_{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°_{add}	1001.3°F 538.5°C	999.6°F 537.6°C	998.3°F 536.8°C
	每周关系（Rw）= $T^{\circ}_{ctrl} - T^{\circ}_{add}$	-1.3°F -0.7°C	+0.8°F +0.4°C	+2.1°F +1.2°C
	每周比较（Rw）-（Rref）	-0.5°F -0.3°C	+1.6°F -0.8°C	+2.9°F -1.6°C
	结果合格/不合格	合格	合格	不合格

3.5 温度均匀性测量（TUS）

3.5.1 通用TUS要求

3.5.1.1 应使用符合表1要求的已校准和独立TUS传感器，以及符合表7要求的已校准和独立TUS仪表进行TUS。

3.5.1.2 热处理设备上使用的记录仪表不应用于记录TUS传感器温度，除非能够证明集成系统的TUS传感器记录通道与热处理炉记录系统被分开，并且还满足现场测试仪表的要求。

3.5.1.3 应进行初始TUS，确定温度均匀性，并确定合格工作区和合格工作温度范围。

表18 — 零件热处理炉等级、仪表类型和TUS间隔

热处理炉等级	温度均匀性公差		最低仪表类型	正常定期TUS间隔	要求连续成功定期TUS次数	延长的定期TUS间隔	最大允许的补偿 ⁽¹⁾ ⁽²⁾		最高合格工作温度的百分比
	°F	°C					°F	°C	
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	无	每年	不适用	不适用	0.75
除非另有规定，否则不要求制冷和淬火设备的TUS									

注：

⁽¹⁾ 手动和电子方法的最大允许补偿应相同。

⁽²⁾ °F或°C或读数的%，以较大者为准则。

表19 — 原材料热处理炉等级、仪表类型和TUS间隔

热处理炉 等级	温度均匀性公差		最低仪表类型	正常定期TUS 间隔	要求连续成功 定期TUS次数	延长的定期TUS 间隔	最大允许的补偿 ⁽¹⁾ ⁽²⁾		最高合格工作 温度的百分比
	°F	°C					°F	°C	
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	无	每年	不适用	不适用	0.75
			除非另有规定，否则不要求制冷和淬火设备的TUS				±10.0	±6.0	不适用

注：

⁽¹⁾ 手动和电子方法的最大允许补偿应相同。

⁽²⁾ °F或读数的%，以较大者为准。

3.5.2 初始TUS温度

3.5.2.1 初始TUS应在每个合格工作温度范围的最低和最高温度进行。

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

示例：从800°F到1800°F或425°C到980°C使用热处理炉时，应在800°F或425°C、1800°F或980°C和一个中间温度测量热处理炉，以满足600°F或335°C的最大允许温度范围要求。在从1200°F到1400°F或645至760°C的任何温度下进行TUS都能满足600°F或335°C的范围要求。

3.5.2.3 在初始TUS期间，对于A型和C型仪表设备，不需要提供最热和最冷记录传感器。初始TUS明确了这些传感器的位置。

3.5.3 定期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进行定期TUS。

3.5.3.2 应至少每年在每个合格温度范围的最低温度和每个合格工作温度范围的最高温度进行定期TUS。

3.5.3.3 单一合格工作温度范围设备的TUS温度

3.5.3.3.1 单一工作温度范围大于600°F或335°C，在每个定期TUS期间，温度的选择应使一个温度在合格工作温度范围的最高温度的300°F或170°C范围内，另一个温度在合格工作温度范围的最低温度的300°F或170°C范围内，并且相邻TUS温度之间的增量不超过600°F或335°C。

示例：如果合格工作温度范围为200到1200°F ± 10°F或90到650°C ± 6°C，应在200°F和500°F或90°C和260°C，以及900°F和1200°F或480°C和650°C之间选择TUS温度。两个相邻TUS温度不应超过600°F或335°C的间隔。

可以接受在350°F或177°C和在950°F或510°C的TUS。但是，不能接受在250°F或121°C和在1000°F或538°C的TUS，因为这些温度超过了600°F或335°C的间隔增量。

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单独的工作温度范围，3.5.3.3的要求适用于每个子范围。

例1：热处理炉可以在600°F到1000°F ± 10.0°F或315°C到540°C ± 6.0°C，以及1000°F到1800°F ± 25.0°F或540°C到980°C ± 14.0°C范围内合格工作。热处理炉包含两个单独的合格工作温度范围。

热处理炉满足在1000°F时 ± 10.0°F或540°C时 ± 6.0°C，自动满足在1000°F时 ± 25.0°F或540°C时 ± 14.0°C，因此，不需要在1000°F或540°C重复的TUS。

例2：合格工作温度范围为800°F到1025°F ± 10.0°F或425°C到550°C ± 6.0°C、1025°F到1400°F ± 15.0°F或550°C到760°C ± 8.0°C和1400°F到1600°F ± 25.0°F或780°C到870°C ± 14.0°C时。

每年，进行TUS的温度应在：800°F和1025°F或425°C和550°C，并满足 ± 10.0°F或 ± 6.0°C；1400°F或760°C，并满足 ± 15.0°F或 ± 8.0°C；1600°F或780°C，并满足 ± 25.0°F或 ± 14.0°C。

3.5.4 设备改造和维修

对热处理设备进行维护时，维护任务应形成文件，用户质量保证机构应在设备恢复使用前确定是否需要进行任何测试，并形成文件。该测定可能需要一个新的初始TUS，进行额外的TUS，或根本不进行测试。

3.5.4.1 重大改造和修理

3.5.4.1.1 在下列任何可能改变设备热特性的设备改造或调整后，应进行新的初始TUS和SAT。需要初始TUS和SAT的示例包括但不限于：

- a. 热处理炉搬迁。热处理炉设计为便携式时，可以放弃初始TUS，即热处理炉有固定的轮子或其他便携设备，但在某些情况下，可能需要一个新的定期TUS。
- b. 升高最高合格工作温度或降低最低合格工作温度。
- c. 燃烧装置尺寸、数量、类型或位置的改变。
- d. 加热元件数量、类型或位置改变。
- e. 气流模式/速度的改变，如挡板位置、风扇速度、风扇数量等。
- f. 耐火材料厚度的改变。
- g. 具有不同热性能的新型耐火材料。
- h. 真空炉热区设计或材料变更。
- i. 控制传感器的改变（例如，类型、传感器组件的厚度、传感器元件的规格或端接头结构）。
- j. 控制传感器位置的改变。
- k. 燃烧压力设置与其原始设置的改变。
- l. 热处理炉工作气氛挡板系统初始设置的改变。
- m. 控制仪表或程序变更：
 - 1. 相对高-低/关-开比例。
 - 2. 控制仪表型号或类型的改变。
 - 3. PLC逻辑程序转换为热处理炉热控制方案。
 - 4. 控制仪器的调谐常数、参数或变阻器的调整。
- n. 合格工作区容量增加，包括之前未调查的容量。
- o. 合格工作区位置变更，包括之前未调查的容量。

3.5.5 TUS间隔

3.5.5.1 延长的TUS间隔应根据仪表类型和表18和表19所示的连续成功定期TUS所需次数的历史。此外，根据第2.2.42条的规定，书面的设备预防性维护计划应有效。

3.5.5.2 如果按照3.5.4所述对设备进行了改造，需要初始TUS，TUS间隔应恢复为正常的定期TUS间隔，直到完成所需的连续成功TUS次数。

3.5.6 TUS期间的设备参数

3.5.6.1 在每次TUS期间，除3.5.8和3.5.9所述外，所有参数应反映生产期间设备正常工作。设备正常工作的示例包括但不限于：

- a. 连续炉的炉门在生产过程中为常开时，则在TUS过程中也应常开。
- b. 在生产过程中没有使用缓慢升温速率和稳定温度时，在TUS过程中也不应使用。
- c. 在进行TUS时，生产过程中使用任何记录的升温速率都应可以接受。
- d. 如果在生产过程中使用过量燃烧空气，也应在TUS过程中使用。
- e. 如果循环风机在生产过程中运行，也应在TUS期间运行。

3.5.7 插入TUS传感器时的设备温度

3.5.7.1 如果在生产过程中使用设备的正常操作是将零件或原材料装入热炉，允许在冷炉或热处理炉稳定在或低于TUS温度的情况下，将TUS传感器插入炉中。

3.5.7.2 如果在生产过程中使用设备的正常操作是将零件或原材料装入冷炉中，不允许在最冷测试温度之前预热热处理炉进行TUS。允许从最冷试验温度升温到更高试验温度。

3.5.8 TUS期间载荷状态和气氛

3.5.8.1 可以用生产载荷、模拟生产载荷、支架或空载进行TUS。一旦在初始TUS期间建立了测量设备的方法，随后的定期TUS应使用相同的方法进行。如果对已建立的方法进行了更改，则应进行初始TUS，验证修改后的方法。

3.5.8.2 如果空载或用支架进行TUS，以及TUS传感器连接或插入试块时，试块边到边的厚度或直径不应超过0.5英寸或13 mm，且不应超过在该设备内处理材料的最薄厚度。试块材料应为与在设备中处理的主要零件或原材料最高室温导热系数一致的材料。

3.5.8.3 当有载荷进行TUS，且TUS传感器连接到模拟零件或原材料上时，载荷应相当于生产过程中常用材料的厚度。

3.5.8.4 TUS期间使用的的气氛应为生产期间使用的正常气氛。可能污染TUS传感器的所需气氛（即渗碳、渗氮、吸热和放热气体）或可能造成安全危害的气氛（即含氢或含氨气体）的工艺用设备，可在空气或惰性气体中进行测量。

3.5.8.5 TUS期间使用的热处理炉真空度应为生产期间使用的最低真空度，但不应低于1 μm (1×10^{-3} 托或 1.3×10^{-3} 毫巴)。

3.5.8.6 对于生产期间在真空（无气体）和分压（含回填气体）下运行的真空炉，应至少每年在一个单一工作温度和在生产中使用的分压范围内进行一次定期TUS。使用的气体应为生产过程中使用的气体之一。

3.5.9 对间歇式炉、盐浴炉、控温液浴炉和流态粒子炉（不包括控温淬火槽）的TUS要求

3.5.9.1 TUS期间所需的TUS传感器数量应符合图1和表20和21的要求。在带有A型或C型仪表的多工区炉中进行初始TUS时，必须使用足够的附加TUS传感器，充分评估每个控制区的温度极限，确定冷热记录位置。

表20 — TUS传感器的最少数量和要求的位置

合格工作区容量		TUS传感器的 最少数量	合格工作区形状	TUS传感器要求的位置
ft ³	m ³			
<3	<0.085	5	正方形或矩形 立方体	位于4个角，一个位于近似中心（见图1）。
			圆柱形	4个位于外围，每端相隔180度，端到端相隔90度，1个位于近似中心（见图1）。
≥3和<225	≥0.085和<6.4	9	正方形或矩形 立方体	位于立方体的8个角，1个位于近似中心。
			圆柱形	每端3个位于外围，相隔120度。1个位于近似中心，另2个位于最能代表合格工作区的位置。
≥225	≥6.4	见表21	正方形或矩形 立方体	位于立方体的8个角，1个位于近似中心。其他均匀分布在最能代表合格工作区的位置。
			圆柱形	每端3个位于外围，相隔120度。1个位于近似中心，其他位于最能代表合格工作区的位置。

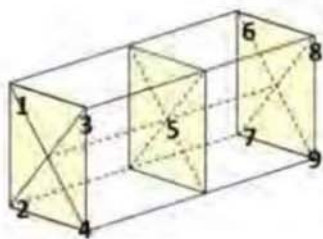
表21 — 采用容量法测量间歇式炉、盐浴炉、控温液浴炉、流体粒子炉或连续式炉需要的TUS传感器数量

热处理炉等级	合格工区容量小于	3 ft³	225 ft³	300 ft³	400 ft³	600 ft³	800 ft³	1000 ft³	2000 ft³	3000 ft³	4000 ft³
		0.085 m³	6.4 m³	8.5 m³	11 m³	17 m³	23 m³	28 m³	57 m³	85 m³	113 m³
1和2	传感器数量	5	9	14	16	19	21	23	30	35	40
3到6		5	9	12	13	14	15	16	20	23	25
1和2	ft³/传感器	<1	25	21	25	32	38	43	67	86	100
3到6		<1	25	25	31	43	53	63	100	130	160
1和2	m³/传感器	<0.03	0.7	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.9	2.4	2.8
3到6		<0.03	0.7	0.7	0.9	1.2	1.5	1.8	2.8	3.7	4.5

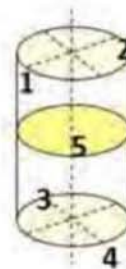
注:

- (1) 对于容量大于4000 ft³或113 m³的合格工作区，下表所示的适用热处理炉等级公式应用于确定TUS传感器的数量。
- (2) 对于容量小于4000 ft³或113 m³的合格工作区，可以使用下表所示的适用热处理炉等级公式或插值法确定TUS传感器的数量。

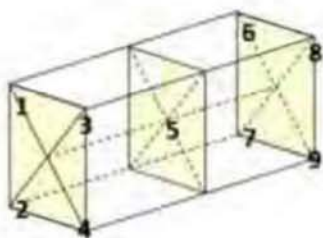
热处理炉等级	公式
1和2	$9 + 1/2 \times \sqrt{(\text{工作区容量ft}^3 - 225 \text{ ft}^3)} \text{ 或}$ $9 + 1/2 \times \sqrt{35.3 \times (\text{工作区容量m}^3 - 6.4 \text{ m}^3)}$
3到6	$9 + 1/4 \times \sqrt{(\text{工作区容量ft}^3 - 225 \text{ ft}^3)} \text{ 或}$ $9 + 1/4 \times \sqrt{35.3 \times (\text{工作区容量m}^3 - 6.4 \text{ m}^3)}$



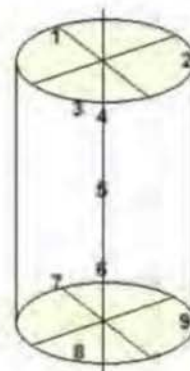
≤3 ft³或0.085 m³的正方形或矩形立方体, 用户应选择位置1、4、5、7和8, 或位置2、3、5、6和9, 其中5位于中心



容量≤3 ft³或0.085 m³的圆柱形, 应使用在两端成对相隔180度的位置1和2以及3和4和在中心的位置5。位置1/2和3/4应相互旋转90度。



容量大于3 ft³或0.085 m³, 小于225 ft³或6.4 m³的正方形/矩形立方体, 应使用所示的全部9个位置。圆柱形位置5位于中心。4和6仅为示例。



一旦在初始TUS期间确定了位置, 则必须在定期TUS期间使用相同的位置 (见3.5.9.2)。
图中传感器位置编号仅作为示例。

图1 — 正方形/矩形立方体和圆柱形容量的TUS传感器位置

3.5.9.2 容量大于225 ft³或6.4 m³的合格工作区, 表21要求的附加TUS传感器应均匀分布, 以最好地代表合格工作区。一个TUS传感器应位于合格工作区体积的近似中心。当合格工作区周围的辐射热用于加热零件或原材料时, 附加TUS传感器应均匀分布在合格工作区的周围。一旦在初始TUS期间确定了位置, 则在定期TUS期间必须使用相同的位置。

3.5.9.3 使用炉罐时, 应适用以下规定:

3.5.9.3.1 应控制嵌入炉罐的热处理炉的温度, 使炉罐内保持规定的温度。TUS传感器应位于炉罐内。

3.5.9.3.2 至少一个TUS传感器的端部 (测量端) 应尽可能靠近生产过程中用于记录炉罐内温度的传感器端部 (测量端), 但传感器端部到端部的距离不应超过2英寸或50 mm。

3.5.10 TUS数据采集

3.5.10.1 当所有TUS和热处理炉传感器的温度不低于每个测量温度100°F或55°C时，应开始数据采集，以便可以发现任何未达到TUS下限公差或超过TUS上限公差的TUS或热处理炉传感器。测试温度小于等于200°F或93°C时，数据采集应在加热（或制冷设备制冷）开始前，在热处理炉或制冷设备的环境温度下开始。如果热处理炉或制冷设备已预稳定，则应在插入TUS传感器之前开始数据采集。

3.5.10.2 一旦开始数据采集，应在TUS期间，以至少每2分钟一组读数的频率记录所有TUS传感器的温度数据。

3.5.10.3 TUS期间，过程记录仪还应记录适用仪表类型（表12）要求的控制和记录传感器的温度数据。在TUS过程中，不需要记录生产过程中除确定仪表类型外使用的载荷传感器（例如，D型仪表热处理炉偶尔使用负荷传感器时，在TUS过程中不需要载荷传感器），但这些记录系统需要仪表校准和SAT。

3.5.10.4 无论生产过程中使用的控制和记录传感器的温度数据采集频率如何，温度数据应以整个TUS生产过程中使用的正常格式记录。

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的正常频率大于5分钟，则这些传感器的记录频率在TUS过程中不得超过5分钟。

3.5.10.6 任何时候，任何TUS、控制或记录传感器都不得超过TUS公差上限。设备应保持在TUS温度，直到所有TUS传感器稳定（见2.2.71）。稳定后，数据收集应至少再持续30分钟。

3.5.10.6.1 未加载/空载设备

如果任何TUS传感器的温度读数显示出向上或向下的趋势，并且没有向设定点收敛，则应根据需要延长试验时间，直到趋势不再明显为止。

3.5.10.6.2 有载荷的测试设备

如果在TUS期间使用测量载荷，一些测量传感器可能会继续升温，并缓慢接近设定温度。测量传感器向设定温度的温度升高满足稳定要求。

3.5.11 连续和半连续式炉的TUS要求

3.5.11.1 连续和半连续式炉可采用按容量或平面布置的TUS传感器进行测量。

3.5.11.2 容量法和平面法应测量整个合格工作区的容量。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，都应测量整个合格工作区容量。可能需要多次测量以完成整个合格工作区容量的测量。对于配有多个通道（如陶瓷管）的管式炉，应测量每个单独通道/管。

3.5.11.4 TUS期间使用的所有参数应反映生产期间使用的设备正常工作。

3.5.11.5 应在合格工作温度范围内的最低和最高温度和生产过程中使用的最高和最低移动速度进行初始TUS。定期TUS可在生产过程中使用的任何移动速度下进行。应至少每年在生产期间使用的最高和最低移动速度进行TUS。

3.5.11.6 容量法

- 3.5.11.6.1 TUS传感器应位于代表一部分的三维空间，例如，筐、托盘或整个合格工作区容量。
- 3.5.11.6.2 TUS传感器的数量和位置应符合图1以及表20和21的要求，具体取决于使用的TUS筐或托盘容量。
- 3.5.11.6.3 当逐步测量合格工作区的一部分时，应在TUS传感器穿过热处理炉时测量该部分的整个容量。

表22 — 使用平面法时连续和半连续式炉的TUS传感器数量和位置

合格工作区高度	合格工区横截面	TUS传感器的最少数量	TUS传感器的位置
小于1英尺或300 mm	圆形截面： 半径小于3英寸或76 mm 矩形截面： 宽度和高度小于6英寸或 152 mm	1	TUS传感器应位于中心。
	合格工作区高度小于1英尺或300 mm的其他热处理炉	三个，其中有1个附加传感器，宽度超过8英尺或2.4 m，每2英尺或610 mm，增加1个附加传感器	两个TUS传感器位置应位于合格工作区对面的角上。附加TUS传感器应均匀分布在垂直于输送方向的整个平面上。
大于1英尺或300 mm	小于8 ft ² 或0.75 m ²	5	4个TUS传感器位置应位于合格工作区各角上。1个TUS传感器应位于中心。其余TUS传感器应在垂直于输送方向的平面中心对称分布。
	在8 ft ² 或0.75 m ² 和16 ft ² 或1.5 m ² 之间	7	
	大于16 ft ² 或1.5 m ²	9	

3.5.11.7 平面法

- 3.5.11.7.1 TUS传感器应位于垂直于热处理炉输送方向的一个平面上，以便平面通过热处理炉测量所有需要测量区域的整个合格工作区容量。
- 3.5.11.7.2 TUS传感器的数量和位置应根据合格工作区的高度和横截面符合表22的要求。
- 3.5.11.7.3 每个位置的TUS传感器应固定在支架上或载荷中，并穿过合格工作区。
- 3.5.11.7.4 不需要同时穿过所有要求的位置，可能需要多次测量以完成整个合格工作区容量的测量。

3.5.11.8 TUS数据采集

3.5.11.8.1 所有TUS传感器的温度读数应至少每2分钟记录一次，每个合格工作区至少记录10组读数。必要时，可重复多次测量，以确保在每个合格工作区的所有位置都能识别出任何反复出现的温度模式。如果生产过程中使用的控制和记录传感器温度数据采集的正常频率大于5分钟，在TUS期间，这些相同传感器的记录频率不得超过5分钟。

3.5.11.8.2 不允许在热处理炉温度高于TUS温度的情况下开始TUS，除非：

仅在多工区炉的初始区或预热区进行。

或

适用材料或工艺规范明确允许。

3.5.11.9 合格工作区长度是每次穿过速度的唯一值，应在TUS后计算。每个合格工作区长度是使用穿过速度的TUS传感器在要求的TUS公差范围内使用时间的总和。

3.5.11.10 应提供客观证据，证明浸没时间和温度符合使用规定穿过速度的工艺或材料规范要求。合格工作区长度是所有TUS传感器读数满足要求的TUS公差的穿过距离。

3.5.12 连续式炉、半连续式炉或带炉罐或马弗热处理炉的TUS替代方法

3.5.12.1 如果无法将TUS传感器穿过通过连续或半连续式炉，或无法将TUS传感器安装到热处理炉的炉罐、批料或马弗中，可以采用探头法或性能测量。

3.5.12.2 探头法

3.5.12.2.1 可以在图1和表20和表21中确定位置的3英寸或76 mm范围内，通过炉墙、炉底或炉顶插入TUS传感器，代替根据图1和表22定位TUS传感器。如果使用此方法，TUS传感器的数量应根据合格工作区的容量，符合图1以及表20和21的要求。

3.5.12.2.2 一旦所有传感器温度稳定，应至少每2分钟读取一次所有TUS传感器的温度读数，持续至少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的正常频率大于5分钟，则这些传感器的记录频率在TUS过程中不得超过5分钟。

3.5.12.2.3 如果对连续或半连续式炉进行探测，则不要求在TUS期间载荷穿过热处理炉。

3.5.12.3 性能测量

3.5.12.3.1 性能测量应要求：

初始测试材料，之后每年一次。

和

每月性能测量趋势分析。选择的材料应为已知性能对热处理浸没时间和温度变化敏感的材料，并应尽可能为经常处理的材料。

3.5.12.3.2 材料厚度应在生产过程中使用的正常尺寸范围内。如果需要两步处理（如淬火和回火），允许对与批次剩余部分分开的试样进行第二步，如在实验室热处理炉中。

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每年性能测量。应增加额外的温度，以确保相邻两个温度相隔不超过300°F或165℃。连续和半连续式炉的穿过速度应为生产过程中通常使用的速度。在每个工作温度下，应至少处理10批试样。

3.5.12.3.4 试样应从位于载荷极端和中心的零件或原材料中提取，但盘料除外，应在盘料两端提取试样。应在每个试样的两端和中心试验试样。

3.5.12.4 每月性能测量趋势分析

3.5.12.4.1 热处理试样的性能应通过ASTM MNL7或其他公认的统计过程控制参考内容中说明的统计技术进行分析。

3.5.12.4.2 如果性能趋势显示超出已知控制上限或下限的变动，在确定并纠正变动原因之前，不应进行进一步处理。应应用4部分的要求。

3.5.13 TUS传感器故障要求

3.5.13.1 不允许TUS传感器在合格工作区角上位置出现故障或记录仪表故障。修复正常温度指示的短路或连接松动等临时情况不应视为TUS传感器故障。

3.5.13.2 角上位置的一个或多个TUS传感器、任何两个相邻的TUS传感器或超过表23或24要求的数量出现故障时，应采取纠正措施并重新TUS。

表23 — 在<2000°F或<1093℃进行TUS时，传感器故障的允许数量

TUS传感器的总数	TUS传感器故障的允许数量
3到9	无
10到16	1
17到23	2
24到39	3
大于40	不超过10%

表24 — 在≥2000°F或≥1093℃进行TUS时，传感器故障的允许数量

TUS传感器的总数	TUS传感器故障的允许数量
3到5	无
6到9	1
10到16	2
17到23	3
24到39	4
大于40	不超过10%

3.5.14 TUS合格/不合格要求

3.5.14.1 如果满足上述所有要求（包括以下要求），则TUS应视为可接受：

3.5.14.1.1 在汇集和分析TUS温度数据时，应代数应用对TUS传感器和TUS仪表的已知修正系数的补偿。

3.5.14.1.2 控制和记录传感器读数以及修正的TUS传感器读数在任何时候都不应超过TUS公差上限。

3.5.14.1.3 达到TUS传感器温度恢复、稳定或重现温度模式所需的时间不应超过适用材料或工艺规范中规定的时间限制。

3.5.14.1.4 TUS浸没时间不得小于最小要求时间。

3.5.14.1.5 除3.5.13允许的情况外，在最小TUS浸没期内，所有TUS传感器、控制或记录传感器的读数应在表18或19所示的温度公差要求范围内。

3.5.14.1.6 如果在建议期或最小TUS浸没期内，发生超过TUS公差上限的任何温度超限，应在TUS报告中注明温度超限，TUS应记录为不合格TUS。

3.5.14.1.7 如果TUS不在表18或19允许的公差范围内，应确定和记录偏差原因。适用第4部分的要求。

3.5.14.1.8 在已延长的定期TUS间隔测量的设备，TUS故障应导致间隔恢复到表18或19中规定的正常定期TUS间隔。

3.5.14.1.9 在连续成功完成TUS的要求次数之前，不应延长TUS间隔。

3.5.15 A型和C型仪表冷热记录传感器的重新定位

3.5.15.1 根据最新TUS读数，当炉内的冷热温度位置发生变化时，冷热记录传感器可能需要重新定位，以反映每个合格工作区内新的冷热位置。

3.5.15.2 如果满足以下任一条件，冷热记录传感器不需要重新定位：

3.5.15.2.1 在所有测量温度，温度均匀性结果不超过适用热处理炉等级的最大温度均匀性公差的一半。本要求的意图是，TUS结果不超过设定温度任意方向均匀性公差的1/2。

3.5.15.2.2 当前冷热记录传感器位置的测量温度，与实际相应最热和最冷测量位置之间的差异，小于适用热处理炉等级的最大SAT差异（见表14和表15）。本要求的意图是，在30分钟TUS浸没期间，由TUS记录仪记录和校正的TUS传感器的最大和最小读数，与当前冷热记录传感器的热处理炉记录进行比较，且不得超过适用SAT公差。

3.5.15.3 如果合格工作温度范围超过300°F或165°C，且热和/或冷记录传感器一直定位/固定，并需要重新定位，应进行附加TUS温度测试，以验证在热处理炉整个合格工作温度范围内新位置是否正确。

3.5.15.4 如果热和/或冷记录传感器没有一直定位/固定，有在每个处理温度安放冷热记录传感器要求位置的示意图时，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文档至少应包括：

- a. 热处理炉标识名称或编号。
- b. 初始或定期TUS的识别。
- c. TUS仪表唯一识别编号。
- d. TUS传感器批次或批号。
- e. TUS设定点温度。
- f. 控制仪表调谐常数。
- g. TUS传感器校准报告。
- h. TUS仪表校准报告。
- i. 适用仪表类型要求的TUS、控制和记录传感器位置识别，包括使用的任何载荷、支架或固定装置的详细示意图、说明或照片。
- j. 使用的气氛。
- k. 测量的所有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. 在每个TUS温度的TUS传感器和TUS仪表的修正系数。即使已将修正系数用电子方式应用到TUS仪表修正TUS仪表温度读数，也应说明TUS仪表修正系数。
- m. 如在生产过程中使用，原始和保留TUS补偿。
- n. 在每个TUS温度，所有TUS传感器的修正或未修正（记录时）读数。TUS读数应标识为已修正或未修正。
- o. 载荷状态，即空载、用支架、或有载荷。
- 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结果和热处理炉记录传感器重新定位分析（适用时）。
- s. 在连续和半连续式炉上进行TUS的穿过速度或振底频率（适用时）。
- t. TUS合格或不合格声明。
- u. 适用时，任何控制、记录或TUS传感器故障的记录。
- v. 最小浸没期内每个试验温度下修正的加減TUS读数汇总。
- w. 进行TUS技术人员的身份。

- x. 不是内部进行TUS时，代理机构的识别。
- y. 由第三方进行时，校准机构授权代表的批准。
- z. 用户质量组织批准。

3.5.17 辐射测量

3.5.17.1 在800°F或427°C以上使用的所有铝合金热处理设备，如果热源（如电气元件或燃气管）位于炉墙、炉顶或炉底，应在生产过程中使用的最高工作温度进行辐射测量。辐射测量应在初始和在任何可能影响热源辐射特性的设备维修或改造（包括热处理炉搬迁）之后进行。

3.5.17.2 辐射测量传感器应为所需数量的TUS传感器之外的附加传感器。辐射测量和初始或定期TUS可同时进行。

3.5.17.3 辐射测量传感器应锤进或焊接到6061铝合金镶板的中心。镶板的尺寸约为12 x 12英寸或30 x 30 cm，公称厚度不超过0.125英寸或3.1 mm。镶板应在空气中加热至970到1010°F ± 10.0°F或520到545°C ± 6.0°C范围的温度，并在第一次辐射测量之前空冷。浸没时间应符合材料或工艺规范规定的厚度要求。

3.5.17.4 炉墙、炉顶或炉底区域每10 ft²或0.93 m²一块的镶板，应对称分布，表面平行于炉墙、炉顶或炉底，位于合格工作区的外部界限。镶板的任何一侧都可能面对热源。

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

3.6 实验室热处理炉

3.6.1 实验室热处理炉通用要求

3.6.1.1 实验室热处理炉应用于，例如但不限于根据材料或工艺规范对热处理试验响应的实验室试样的制备。

3.6.1.2 实验室热处理炉不应用于任何零件或原材料的热处理，除非热处理炉满足本规范的所有适用要求。

3.6.2 使用载荷传感器时的实验室热处理炉要求：

- a. 载荷传感器应符合3.1.10的要求。
- b. 控制和记录仪表的校准应每季度进行一次。校准应符合表7的要求。
- c. SAT应每季度进行一次。对于规定的材料或工艺规范要求的最低热处理炉等级，SAT差异应符合表14或表15的要求。
- d. 完成一次成功的初始TUS，加上两次连续成功的定期每季度TUS后，TUS间隔可延长至每半年。TUS结果应符合表18或表19的要求。

3.6.3 不使用载荷传感器时的实验室热处理炉要求：

- a. 控制和记录仪表校准、SAT和TUS应根据适用于生产设备的仪表类型和热处理炉等级进行。

3.7 记录

3.7.1 除任何校准、SAT和TUS不合格外，传感器校准和仪表校准、SAT和TUS的所有记录均应可供检查，并应至少保存5年。

3.8 修约

- 3.8.1 所有修约必须按照书面程序进行，并以一致的方式使用。
- 3.8.2 根据ASTM E29使用绝对法或其他等效国际标准，允许修约到要求的有效位数。
- 3.8.3 也可以接受商业电子表格程序中内置的修约方法。
- 3.8.4 本规范中所有规定的极限值均为绝对极限值，超差的试验数据不能修约进公差中。
- 3.8.5 修约只能应用于最终校准或测试结果。

4. 质量保证规定

- 4.1 用户应负责进行所有要求的校准和测试，并符合本文规定的所有适用要求。买方有权见证本文规定的校准或试验，以确保加工符合适用要求，但此类见证不得妨碍工厂内的任何过程。
- 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，应具有经ILAC（国际实验室认可合作组织）认可的区域合作机构认可的ISO/IEC 17025质量体系。认可范围应包括实验室标准和/或现场服务（适用时）。
- 4.3 设备受任何校准或测试影响无法满足适用要求，或超过允许间隔（包括表25中定义的任何延长期），应将其从服务中去除。

表25 — 允许的校准/测试间隔延长

间隔	超出日期的允许延长日历天数 ⁽¹⁾
每周	1
每两周	2
每月	3
每两月	3
每季度	4
4个月	4
每半年	6
每年	12
大于每年的任何间隔	12

注：

⁽¹⁾ 所有延长都必须有书面证明，并由用户质量组织批准。

4.4 当有任何校准或测试不合格的结果时，应评估自上次成功进行相应校准或测试以来不合格对加工产品的可能影响。

4.5 适当的纠正措施应符合已确定的材料评审程序，包括将校准或测试恢复到要求的符合水平所采取的措施，以及防止不合格再次发生所采取的措施。纠正措施应形成文件并存档。

4.6 在设备重新投入使用之前，应要求相应校准或测试符合要求，并记录在案。

4.7 当零件或原材料的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，应有客观证据表明，第三方拥有并引用的适用于用户的程序已经过用户评审。或者，可以证明第三方高温测量服务提供商的程序，已经由用户通过下发给第三方高温测量服务提供商的采购订单进行了评审。

4.8.1 经ISO 17025认可的高温测量服务提供商（见4.2）不要求对现场执行的服务进行程序监督。

4.9 当第三方高温测量服务提供商在其场所内按其自己的程序进行工作时，用户无需评审高温测量服务提供商的程序。

示例：用户拥有的现场测试仪表送到高温测量服务提供商的场所进行校准。不要求用户评审高温测量服务提供商的仪表校准程序。

5. 交付准备

不适用。

6. 确认

不适用。

7. 拒收

不适用。

8. 注意事项

8.1 修订标志

位于左边空白处的更改条（|）是为了方便用户查找对上一版本规范进行了技术修订（而不是编辑性更改）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。更改条和（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SI单位都是主要单位。华氏温度和摄氏温度都是主要温度。可以使用英制/华氏度系统，也可以使用SI/摄氏度系统。