



团 体 标 准

T/CEATEC XXXX—XXXX

连续送丝搅拌摩擦增材制造工艺与性能 评价规范

Wire-based friction stir additive manufacturing process and performance evaluation
specifications
(征求意见稿)

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 技术要求 3

 4.1 设备 3

 4.2 材料准备 3

 4.3 工艺参数 4

 4.4 过程监控 4

 4.5 后处理 5

5 性能评价 5

 5.1 总体要求 5

 5.2 外观检查 5

 5.3 缺陷检测 6

 5.4 力学性能评价 6

 5.5 残余应力评价 7

 5.6 腐蚀性能评价 7

6 质量检验 7

 6.1 质量管理要求 7

 6.2 入厂检验 7

 6.3 过程质量控制 7

7 检验规则 8

 7.1 外观质量 8

 7.2 几何特性 8

 7.3 力学性能 8

 7.4 不合格品控制 9

 7.5 质量证明文件 9

 7.6 检验分类 9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

连续送丝搅拌摩擦增材制造工艺与性能评价规范

1 范围

本文件规定了连续送丝搅拌摩擦增材制造的技术要求、性能评价、质量检验和检验规则。
本文件适用于金属构件的连续送丝搅拌摩擦增材制造与检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
GB/T 1173 铸造铝合金
GB/T 2651 金属材料焊缝破坏性试验 横向拉伸试验
GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法
GB/T 2654 焊接接头硬度试验方法
GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划
GB/T 3075 金属材料 疲劳试验 轴向力控制方法
GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分
GB/T 3323.1 焊缝无损检测 射线检测 第1部分：X和伽玛射线的胶片技术
GB/T 7314 金属材料 室温压缩试验方法
GB/T 7704 无损检测 X射线应力测定方法
GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
GB/T 13298 金属显微组织检验方法
GB/T 24179 金属材料 残余应力测定 压痕应变法
GB/T 39247 增材制造 金属制件热处理工艺规范
GB/T 43615 增材制造 定向能量沉积金属成形件超声检测方法
ISO 9001 质量管理体系 要求 (Quality management systems – Requirements)

3 术语和定义

GB/T 39247、GB/T 43615界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

连续送丝搅拌摩擦增材制造 wire-based friction stir additive manufacturing

以金属丝材为原料，通过增材工具产生的摩擦热和塑性变形，使材料逐层沉积成形的固相增材制造工艺。

3.2

增材工具 depositing tool

连续送丝搅拌摩擦增材制造过程中用于增材沉积的组合工具总成，通常由套筒和螺杆组成。

3.3

螺杆 screw

螺杆侧面设计螺旋状的螺棱，底面边缘位置设置搅拌针，在工作状态能够实现原料的剪料、输送、塑化与沉积。

3.4

螺棱 screw flight

螺杆侧面的螺旋状矩形截面结构，在高速旋转下能够实现剪料和输料功能。

3.5

搅拌针 stirring pin

螺杆底面的凸起针状结构，通常设置为偏心结构，以增加其旋转过程中的搅动体积，长度通常超过增材层厚度，在增材过程中能够扎入基板或上一增材层，有助于加强层间结合。

3.6

套筒 sleeve

套筒为空心柱状结构，其内壁与螺杆围成螺旋形空腔，侧壁开设送料孔，底部设有轴肩。

3.7

轴肩 shoulder

增材工具底部与沉积材料接触的环形端面，用于约束材料塑性流动，并对沉积材料施加挤压和顶锻作用。

3.8

送丝系统 wire feeding system

送丝系统能够实现丝材原料的持续输送，集成在增材设备上，与增材工具同步运动。

3.9

层间停留时间/策略 inter-layer dwell time/strategy

完成一层沉积后，开始沉积下一层之前的时间间隔或特定动作（如工具提升、原位搅拌等），单位为秒(s)。

3.10

层间温度 inter-layer temperature

在开始沉积新一层时，已沉积部分上表面的温度，单位为摄氏度(℃)。

3.11

主轴扭矩 spindle torque

驱动旋转工具所需的扭矩，单位为牛米(N·m)。

3.12

三向力 three-dimensional forces

除轴向力外，在行进方向(F_x)和横向(F_y)上的力分量，单位为牛顿(N)。

3.13

沉积路径 deposition path

工具中心点运动的轨迹，如直线、光栅、轮廓偏置等。

3.14

相邻沉积道重叠量 overlap width between adjacent deposition tracks

同一沉积层内，相邻沉积道在垂直于沉积方向上的重叠宽度，单位为毫米(mm)。

3.15

层间路径偏移 inter-layer path offset

相邻沉积层对应沉积路径中心线之间的横向偏移距离，单位为毫米(mm)。

3.16

Z轴抬升量 z-axis Increment

每完成一层后，沉积头在Z轴方向上升的高度，应与单层沉积的厚度相匹配，单位为毫米(mm)。

3.17

位移控制模式 displacement control mode

增材过程中，增材设备通过控制增材工具在垂直于工件表面方向（通常是 Z 轴方向）的绝对位置或相对位置来实施增材沉积的一种控制模式。

3.18

轴向力控制模式 axial force control mode

增材过程中，以增材工具沿工件表面法向施加的轴向力为控制量，通过调节增材工具的位置或压入量，使轴向力维持在设定范围内的控制模式。

3.19

S线缺陷 S-line defect

原材料或沉积层表面的氧化膜经增材工具破碎、卷入和重新分布后，在沉积层内部或层间形成的连续或不连续S形、波纹状线性缺陷，可能伴随弱结合。

3.20

夹杂 inclusion

原材料表面的氧化物、油污残留、金属屑、磨粒、工具磨损产物或其他异物进入沉积层内部或层间形成的非基体物质。

3.21

隧道 tunnel

因热输入不足、材料塑性流动不充分、送丝不稳定或轴向力不适当等原因，在沉积层内部或层间形成的沿沉积方向连续或近连续延伸的空隙缺陷。

4 技术要求

4.1 设备

4.1.1 连续送丝搅拌摩擦增材制造设备应具有足够的刚度、承载能力和运动精度，能够精确控制和连续数据记录增材工具的位置、旋转速率、行进速度、轴向力、X、Y、Z 轴及主轴实时力与扭矩。

4.1.2 设备应具备可靠的参数控制系统，能在增材过程中稳定维持设定的工艺参数。

4.1.3 设备应具备安全防护装置，确保操作人员安全。

4.1.4 增材工具周围应具备良好的冷却系统，通过给增材工具降温，避免可能产生的堵料、材料难以连续送进。

4.1.5 设备宜配备主轴及增材工具实时温度检测系统。

4.1.6 设备宜配备带有冷却功能的工作台。

4.1.7 设备宜使用具备实时监控和数据采集功能的设备。

4.1.8 数据记录系统应能够追溯工艺参数随时间或沉积路径位置的变化。数据保存期限应符合适用的法律法规、合同和产品追溯要求；无明确要求时，应自构件验收之日起保存不少于 5 年。

4.2 材料准备

4.2.1 一般要求

4.2.1.1 用于连续送丝搅拌摩擦增材制造的金属原材料应具有明确的化学成分和力学性能指标，待增材用的原料应符合 GB/T 3190 或 GB/T 1173 的规定，并具有质量证明文件。

4.2.1.2 丝材表面应清洁，不应有油污、氧化皮、腐蚀、裂纹、起皮及其他影响连续送进和沉积质量的缺陷。丝材直径宜为 1.2 mm~6 mm，具体规格应根据增材工具结构、送料能力和工艺要求确定。

4.2.2 基底材料

4.2.2.1 基底材料与增材材料应具有属于同类型材料或相近牌号，其表面状态应满足表面清洁、无油污、氧化皮及其他杂质的要求，必要时需进行预处理，如打磨、清洗等。

4.2.2.2 用于增材的铝合金中厚板应符合 GB/T 3190 和 GB/T 1173 的规定或技术协议的规定，并具有质量证明文件。

4.2.2.3 板材表面应平整，无裂纹、严重划伤、腐蚀等缺陷。

4.2.2.4 对于有特殊要求的（如包铝层去除、阳极氧化膜去除等），应通过化学洗或机械减材等方面去除表面包铝层或阳极氧化膜等，以增强基底材料与沉积层之间的冶金结合。

4.2.3 前期清理

4.2.3.1 板材边缘、上下表面一定宽度的待增材区域应进行良好清理，去除氧化膜、油污、水分及其他污染物。

4.2.3.2 清理方法可采用机械方法（如刮削、打磨）或化学方法（如碱洗、酸洗），或两者结合，清理后待增材区域表面应具有金属光泽，且无残留冷却液或打磨砂砾。机械清理时应避免过度打磨或引入新的污染。

4.2.3.3 清理后应尽快进行增材制造。无工艺规程规定时，清理至开始增材的间隔时间不宜超过 24 h；对于易氧化材料或高湿度、腐蚀性环境，应通过工艺评定适当缩短间隔时间。

4.2.3.4 因不可抗力或待增材件有特殊要求，无法在规定时间内完成增材的，应在下次增材开始前重新清理。

4.3 工艺参数

4.3.1 旋转速度

增材工具的旋转速度应在 200 r/min~2000 r/min。

4.3.2 增材层厚度

增材层厚度宜为 0.3 mm~4 mm，并应根据材料特性、构件结构、送丝速度、行进速度和轴向力等工艺条件确定。

4.3.3 行进速度

根据材料的特性和增材层厚度进行合理选择，一般在 50 mm/min~1000 mm/min。

4.3.4 送丝速度

根据材料的特性、行进速度和增材层厚度进行合理选择，一般在 100 mm/min~20000 mm/min。

4.3.5 轴向压力

轴向力应根据材料特性、增材工具结构、增材层厚度和行进速度等工艺条件确定。铝合金增材制造的轴向力宜为 5 kN~20 kN；其他材料的轴向力应通过工艺评定确定。

4.3.6 主轴扭矩

主轴扭矩应根据材料特性、增材工具结构、增材层厚度和行进速度等工艺条件确定。铝合金增材制造的主轴扭矩宜为 40 N·m~200 N·m；其他材料的主轴扭矩应通过工艺评定确定。

4.3.7 层间温度

层间温度应根据材料牌号、固相线温度、沉积层厚度、热输入及组织性能要求，通过工艺评定确定。采用固相线温度比例确定时，层间温度宜为材料固相线热力学温度的 60%~80%。

4.4 过程监控

4.4.1 实时数据

4.4.1.1 旋转速度、行进速度、轴向压力、主轴扭矩和层间温度等工艺参数应实时监测。可采用视觉监测等手段，观察材料的沉积状态和表面质量，及时发现并处理异常情况，采样频率不应小于 10 Hz，且存储周期应大于等于产品生命周期。

4.4.1.2 在稳定沉积阶段，工艺参数的波动不应超出工艺规程规定的允差范围。参数的异常波动应触发报警，并由经过专业培训的操作人员介入处理。

4.4.2 在线监测

在线监测可包括以下内容：

- a) 热成像监测：监控沉积区域的热分布，确保热循环一致性；
- b) 力/扭矩监测：实时监测三向力和主轴扭矩，异常波动可预示缺陷的产生；

- c) 机器视觉监测：监控沉积道形貌，识别表面异常。

4.4.3 工艺参数监控与记录

应对每一构建任务的核心工艺参数进行实时监控和连续记录，应包括下列内容：

- a) 旋转速度；
- b) 行进速度；
- c) 轴向压力；
- d) 主轴扭矩；
- e) 层间温度；
- f) 增材工具的几何形状和磨损状态（需定期检查并记录更换情况）；
- g) 基板的预热或冷却温度（如适用）。

4.4.4 异常预警

连续送丝搅拌摩擦增材制造过程中，当出现材料送进不畅、连续工作温度累积、增材工具内部堵料、螺杆断裂等问题，且层间温度、轴向压力等关键工艺参数持续偏离工艺规程设定值超过规定阈值（ $\pm 20\%$ ）时，系统应报警或自动停机。

4.5 后处理

4.5.1 热处理

4.5.1.1 增材制造构件需要进行热处理时，应根据材料种类、牌号、供货状态、构件尺寸、组织状态和性能要求制定热处理工艺，并应符合 GB/T 39247、相关材料标准或技术协议的规定。

4.5.1.2 需要进行去应力处理时，处理温度、保温时间和冷却方式应根据材料的回复与再结晶特性、构件尺寸、残余应力水平及尺寸稳定性要求，通过工艺评定确定。去应力处理不应影响构件的组织、力学性能、耐腐蚀性能和尺寸精度产生不利影响。

4.5.2 机械处理

4.5.2.1 因轴肩顶锻和挤压作用产生的飞边，或超出设计尺寸的局部区域，应采用机械减材去除多余材料。

4.5.2.2 对于几何结构复杂的构件，应采用增材与减材工序交替的复合制造策略。

5 性能评价

5.1 总体要求

连续送丝搅拌摩擦增材制造构件应进行外观检查、缺陷检测和力学性能评价；残余应力和腐蚀性能可根据构件使用要求、材料特性及产品技术协议进行选择评价。

5.2 外观检查

5.2.1 目视检查

5.2.1.1 增材件宜进行 100%外观检查。

5.2.1.2 表面质量可采用目视方法检查，应无明显的裂纹、孔洞、隧道等缺陷。表面应平整、光滑，过渡均匀。

5.2.1.3 连续送丝搅拌摩擦增材制造构件的外观验收要求应按设计图纸或技术协议确定。构件表面允许存在一定程度的飞边、起皮等工艺特征，但不影响后续加工和使用性能；其允许限度应在相关技术文件中规定。

5.2.2 尺寸测量

使用量具对机械加工后的构件尺寸进行测量，其结果应符合设计图纸的要求。尺寸偏差应控制在规定的公差范围内。

5.3 缺陷检测

5.3.1 无损检测

5.3.1.1 超声检测

根据构件几何复杂度，选用双晶探头、聚焦探头或相控阵超声探头进行检测：

- a) 频率范围宜为 5 MHz~15 MHz；
- b) 被检构件温度应符合所采用超声检测标准及检测设备的适用温度要求；
- c) 采用自动扫查系统（精度 ± 0.1 mm），若采用手动扫查，应保证探头移动速度 ≤ 50 mm/s 且重叠率 $\geq 15\%$ ；
- d) 缺陷定量评定应符合 GB/T 43615 的规定，应记录缺陷当量尺寸、位置及方向性特征。

5.3.1.2 射线检测

5.3.1.2.1 射线检测可适用于检测体积型缺陷（如气孔、夹杂），但对平行于检测方向的层间弱连接、根部未融合等面状缺陷灵敏度不足。

5.3.1.2.2 X 射线能量应根据材料种类、检测厚度和检测灵敏度确定，宜在 80 kV~300 kV 范围内选择；胶片系统类别不应低于 C4，并应符合 GB/T 3323.1 的规定。

5.3.2 破坏性分析

试样制备应满足以下条件：

- a) 应覆盖沉积层横截面（含层间结合区、热影响区及基材界面）；
- b) 每批次至少抽取 3 个试样，且取自不同沉积道次；
- c) 按 GB/T 13298 的规定进行检验。

5.4 力学性能评价

5.4.1 总体要求

连续送丝搅拌摩擦增材制造构件的性能评价应包括拉伸性能和硬度测试；弯曲性能、疲劳性能、压缩性能、冲击性能等项目可根据构件使用要求、材料特性及产品技术协议进行选择评价。

5.4.2 拉伸性能

连续送丝搅拌摩擦增材制造构件的室温拉伸试验应按 GB/T 228.1 的规定进行。需要评价沉积层与基底界面横向拉伸性能时，可按 GB/T 2651 的规定进行。型式检验时，各规定方向的拉伸试样应不少于 3 个；出厂检验时，试样数量和取样方向应按产品技术协议确定。

5.4.3 硬度测试

测量连续送丝搅拌摩擦增材制造构件横截面和纵截面上的硬度分布（通常包括增材基板、第一沉积层至第 N 沉积层的有效界面结合区域），应按 GB/T 2654 的规定进行，评估三个方向上增材工艺对显微硬度的变化规律。相关标准或产品制造规范无另外注明时，硬度试样应不少于 3 个。

5.4.4 弯曲性能

连续送丝搅拌摩擦增材制造构件的弯曲性能试验应按 GB/T 2653 的规定进行。试验应明确试样数量、弯曲角度和弯芯直径。相关标准或产品制造规范未另有规定时，各规定方向的试样数量应不少于 3 个。

5.4.5 疲劳性能

连续送丝搅拌摩擦增材制造构件的疲劳性能应按 GB/T 3075 规定的方法进行试验。相关标准或产品制造规范未作规定时，各规定方向每个应力水平的试样数量应不少于 3 个。疲劳试验应规定应力比、加载频率、应力水平、循环次数和失效判据，验收指标应按设计要求或技术协议确定。

5.4.6 压缩性能

评估连续送丝搅拌摩擦增材制造构件的压缩性能应按照GB/T 7314规定的方法进行。相关标准或产品制造规范无另外注明时，各规定方向的试样数量应不少于3个。

5.4.7 冲击性能

评估连续送丝搅拌摩擦增材制造构件的冲击性能应按照GB/T 229规定的方法进行。相关标准或产品制造规范无另外注明时，各规定方向的试样数量应不少于3个。

5.5 残余应力评价

评估连续送丝搅拌摩擦增材制造构件的内部残余应力，具体要求应按照GB/T 7704和GB/T 24179规定的方法进行。相关标准或产品制造规范无另外注明时，测试点数量不应少于10个。

5.6 腐蚀性能评价

评估连续送丝搅拌摩擦增材制造构件的耐腐蚀性能应按照GB/T 10125规定的方法进行。相关标准或产品制造规范无另外注明时，耐腐蚀试样应不少于3个。

6 质量检验

6.1 质量管理要求

6.1.1 制造商应建立并保持一个覆盖原材料、增材制造过程、后处理及最终产品的全过程质量管理体系，宜通过（ISO 9001）质量管理体系认证。

6.1.2 应制定质量检验计划，明确检验点、检验项目、检验方法、频次、接受准则及责任部门。

6.1.3 所有检验和试验设备应按规定周期进行校准或检定，并确保其测量不确定度已知且满足要求。

6.1.4 检验条件与结果应建立完整的质量记录系统，确保所有质量相关活动（如原材料报告、工艺参数记录、检验报告、不合格品处理等）具有可追溯性。记录保存期限应满足产品寿命周期要求。

6.2 入厂检验

6.2.1 文件审核

每批原材料应附有供应商提供的质量证明书，包括材料牌号、炉批号、规格、化学成分报告、力学性能报告等。

6.2.2 成分验证

采用光谱分析等方法对原材料成分进行抽检，其结果应与质量证明书相符。

6.2.3 尺寸与外观检验

检查原材料直径、圆度、直线度等尺寸公差，以及表面是否存在裂纹、起皮、严重划痕、油污和腐蚀等缺陷。

6.2.4 贮存与保管

原材料应分区存放，标识清晰，做好防锈、防潮、防损伤措施，并遵循“先进先出”原则。

6.3 过程质量控制

6.3.1 设备校准与确认

6.3.1.1 增材制造设备（连续送丝搅拌摩擦增材制造主机）、辅助设备应在使用前或定期进行校准和维护，确保其功能正常，运动精度、压力、转速等关键参数准确可靠。

6.3.1.2 新设备、大修后的设备或生产新规格产品前，应进行工艺验证。

6.3.2 处理方式

6.3.2.1 热处理

热处理应包括下列内容：

- a) 热处理工艺规程（温度、时间、冷却速率等）；
- b) 炉温均匀性；
- c) 记录实际的热处理曲线。

6.3.2.2 机械加工

若产品需进行减材加工，应满足下列要求：

- a) 加工基准统一；
- b) 加工工艺不会引入有害的应力或损伤；
- c) 加工后尺寸符合图纸要求。

6.3.2.3 化学铣

化学铣应满足下列要求：

- a) 加工的材料表面应干净整洁；
- b) 加工工艺不会高温导致的热损伤；
- c) 加工工艺不会构件的整体或局部的过腐蚀；
- d) 避免保护层边缘损伤或剥离不净引起漏蚀或边缘锯齿。

7 检验规则

7.1 外观质量

7.1.1 目视或借助无损检测设备检查产品表面及可达内部区域，应无裂纹、孔洞、弱连接、飞边等目视可见的缺陷。

7.1.2 表面粗糙度可按图纸或技术协议要求进行检验。

7.2 几何特性

7.2.1 尺寸检验

应使用卡尺、千分尺、三坐标测量机等工具，检测关键尺寸和形位公差，结果应符合产品图纸要求。

7.2.2 宏观金相

从见证试样或产品余料上截取样本，制备金相试样。在显微镜下观察下列内容：

- a) 界面结合情况：应无孔洞、弱连接缺陷；
- b) 晶粒形态：沉积区应为均匀的再结晶细晶组织；
- c) 内部缺陷：无氧化物夹杂、异常粗大晶粒等。

7.3 力学性能

7.3.1 取样

试样应从见证试样或产品指定部位切取，取样方向（纵向、横向、短横向）应符合相关技术协议要求。

7.3.2 检验项目

7.3.2.1 室温拉伸性能

测定抗拉强度、规定非比例延伸强度（ $R_{p0.2}$ ）、断后伸长率等。性能指标应满足技术协议要求。

7.3.2.2 显微硬度

在剖面金相试样上进行硬度测绘，评估整个沉积区域性能的均匀性，应无显著软化和硬化区。

7.3.2.3 无损检测

根据产品应用的重要性和技术协议要求，宜选择下列方法：

- a) 超声波检测：宜用于检测内部体积型缺陷；

- b) 渗透检测：宜用于检测表面开口缺陷；
- c) 射线检测：宜用于检测内部缺陷。

7.4 不合格品控制

7.4.1 应建立程序对不合格品进行标识、隔离、记录和评价。不合格品的处置方式包括返修（需经批准的工艺）、让步接收（需客户同意）、降级使用或报废。

7.4.2 应分析不合格产生的原因，并采取纠正措施，防止其再次发生。返修后的产品应按返修方案规定的项目重新检验，合格后方可转序或交付。

7.5 质量证明文件

每批产品或每个构件任务完成后，制造商应向客户提供下列质量证明文件：

- a) 产品合格证；
- b) 原材料质量证明文件及入厂复验报告（如适用）；
- c) 增材制造过程主要工艺参数记录；
- d) 全部检验和试验报告（包括力学性能、金相、无损检测等）。

7.6 检验分类

7.6.1 型式检验

在下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品首次投产或产品转厂生产的试制完成时；
- b) 正式生产后，如材料、工艺、设备有重大改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品停产一年及以上，恢复生产时；
- d) 正常生产时，定期（如每三年）或累积一定产量后周期性进行一次；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有重大差异时；
- f) 国家质量监督机构或客户提出进行型式检验的要求时；
- g) 型式检验应对本文件第 5 章中规定的所有项目进行全项目检验。

7.6.2 抽样与合格判定

抽样与合格判定应满足下列要求：

- a) 型式检验的样本通常从一个生产批次中抽取；
- b) 所有检验项目应全部合格。有一项不合格，判定型式检验不合格；
- c) 对于不合格项，应查明原因并采取有效纠正措施后，重新进行型式检验。

7.6.3 出厂检验

出厂检验应包括下列内容：

- a) 外观质量；
- b) 几何尺寸；
- c) 标识与包装；
- d) 无损检测；
- e) 见证试样的力学性能试验。

7.6.4 抽样与合格判定

7.6.4.1 外观、标识和包装应进行全数检验，不合格件需剔除。

7.6.4.2 尺寸检验按 GB/T 2828.1 的规定或协议规定的抽样方案进行抽样检查，可接受质量限（AQL）由供需双方协商确定。

7.6.4.3 每批产品应随批制备“见证试样”，该试样应与产品同材料、同设备、同参数、同批次增材并经历相同的后处理过程。从见证试样上取样进行力学性能测试。性能结果代表该批产品的性能。

7.6.4.4 该批产品的出厂检验各项结果均符合标准要求，判定该批产品出厂检验合格。任一项目不合格，允许对该不合格项目进行加倍抽样复检（若可复检），复检合格则判合格；复检仍不合格，判该批产品出厂检验不合格。对于力学性能不合格，通常不予复检，直接判该批产品不合格。

7.6.5 检验结果的处置

7.6.5.1 型式检验和出厂检验均应由制造商质量检验部门或独立第三方检测机构完成，并出具正式报告。

7.6.5.2 型式检验报告应保存三年及以上，作为产品定型的依据。

7.6.5.3 出厂检验合格的产品方可出厂，并应附有合格证和出厂检验报告。
