

# 《形状记忆合金产品缺陷识别与分类》

## （征求意见稿）

### 编制说明

#### 一、工作简况

##### （一）任务来源

本文件由中国技术市场协会提出并归口，经中国技术市场协会标准化工作委员会批准，正式列入 2026 年团体标准制修订计划，标准名称为《形状记忆合金产品缺陷识别与分类》。

##### （二）项目背景

形状记忆合金（SMA）作为一种具有独特形状记忆效应和超弹性功能的智能材料，近年来在航空航天、医疗器械、精密仪器等高端制造领域应用日益广泛。随着应用领域的不断拓展，市场对形状记忆合金产品的质量稳定性与一致性提出了更高要求。产品内部的微观组织缺陷、表面裂纹及内部夹杂等质量问题，直接决定了材料的疲劳寿命和功能可靠性，是制约其工程化应用的关键因素。

然而，目前行业内缺乏针对形状记忆合金产品缺陷统一的识别与分类标准。不同生产企业和用户在缺陷判定上存在较大差异，往往依赖经验丰富的技术人员进行主观判断，缺乏统一的量化指标和规范化的检测流程。这不仅导致了产品验收过程中争议频发，增加了交易成本，也阻碍了形状记忆合金产业链上下游的技术交流与协同发展。随着镍钛基等形状记忆合金产业化规模的扩大，亟须制定一套科学、系统的缺陷识别与分类标准，以规范行业行为，提升产品质量控制水平，推动产业高质量发展。

### （三）目的意义

#### 1. 目的

##### （1）建立统一评价体系

为形状记忆合金产品制定系统性的缺陷识别与分类标准，明确表面缺陷、内部缺陷及微观组织缺陷的定义、代码及检测方法，确保行业内评价尺度一致，提升不同批次产品缺陷数据的可比性，引导企业完善质量控制体系。

##### （2）提升市场信息透明度

通过标准化的缺陷标识和分类规则，帮助用户直观了解产品的质量状态，降低选型过程中的信息不对称，减少决策成本。同时，以标准为依据促进市场优胜劣汰，倒逼企业提升生产工艺和检测技术水平。

##### （3）驱动技术创新发展

以标准中的缺陷判定规则为导向，激励企业加大在熔炼净化、热机械加工及无损检测技术方面的投入，突破现有技术瓶颈。通过统一的识别方法，为技术创新提供公平的评价平台，加速先进制造技术从实验室走向产业化应用。

#### 2. 意义

##### （1）推动行业技术进步

形状记忆合金产品缺陷识别与分类标准的建立，将统一行业内质量评价体系，促进不同研发团队、生产企业间的数据共享，避免重复研究和资源浪费。标准化的检测流程有助于加速产品质量提升技术的研发迭代，推动高稳定性、高可靠性形状记忆合金产品的技术突破。

## （2）提高评估精度与效率

标准化的缺陷识别流程和技术要求，可显著提高检测结果的准确性和重复性。通过规范检测环境、人员资质及仪器校准要求，减少人为操作和系统误差，使检测结果更真实反映材料的本征质量特性。同时，标准化操作可提高检测效率，缩短产品研发和项目验收周期，为企业节省时间成本。

## （3）降低产业发展成本

统一的评估标准可避免因判定方法不一致导致的质量误判，减少研发过程中的试错成本。对于生产企业，标准化的质控流程可提高产品合格率，降低因缺陷漏检造成的报废损失；对于应用方，可靠的检测数据可减少工程应用中的风险，整体提升产业链的经济效益。

## （四）起草单位及起草人名单

本文件起草单位：西安群德材料科技有限公司、华南理工大学、北京中研博采技术服务有限公司、北京六只猫创意科技有限公司、北京彬诚科技有限公司。

本文件主要起草人：张焕、杨超、乐志斌、夏卫彬、杨笛。

## （五）主要起草过程

### 1. 文本调研

2025年12月启动了文本的调研工作，并于2026年1月完成了相关资料的收集和分析工作。

### 2. 标准立项

2026年3月向中国技术市场协会标准化工作委员会提出申请，于2026年3月6日获得中国技术市场协会标准化工作委员

会批准立项。

### 3. 形成标准草案

2026年3月，起草组对资料收集情况进行汇总处理，确定了标准框架和主要内容。2026年3月23日，《形状记忆合金疲劳寿命评估》形成标准初稿。

### 4. 形成征求意见稿

2026年3月24日至2026年5月7日，起草组根据反馈的意见和建议，对草案内容进行了修改和调整，形成标准征求意见稿。

## 二、确定标准主要内容的论据

### （一）编制原则

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》以及《中国技术市场协会团体标准工作程序》的规定起草。

### （二）标准主要内容及适用范围

本文件规定了形状记忆合金（SMA）丝材、板材、管材及简单成形件（如弹簧、接头等）的常见缺陷类型、识别方法、分类体系及评定规则。

本文件适用于以镍钛基（Ni-Ti）为主的形状记忆合金产品在制造过程（熔炼、锻造、轧制、拉拔、热处理、成形等）中产生的宏观及微观缺陷的检验与分类。其他体系的形状记忆合金产品可参照执行。

本文件不适用于产品功能性性能（如相变温度、回复应变、疲劳寿命等）的判定。

### （三）确定标准主要内容的论据

#### 1. 缺陷分类体系

基于缺陷位置与性质，划分为表面缺陷 S、内部缺陷 I、微观组织缺陷 M 三大类，下设几何形状、表面状态、冶金缺陷、加工缺陷、相与组织等亚类，覆盖尺寸超差、裂纹、夹杂物、 $\alpha$  相超标、晶粒粗大等行业高频缺陷，逻辑清晰、覆盖全面。

#### 2. 缺陷识别方法

匹配缺陷类型选用成熟可靠技术，表面缺陷以目视 VT、渗透 PT、尺寸测量为主；内部缺陷以超声 UT、金相法为主；微观组织缺陷以金相显微镜、SEM/EDS 为主，方法选择兼顾检出能力、成本与可操作性，符合 GB/T 9445、GB/T 15822.1、GB/T 6394 等相关标准要求。

#### 3. 缺陷等级划分

按对功能、安全、性能影响程度分为致命 CR、严重 MA、轻微 MI 三级，与高端装备质量管控逻辑一致，便于企业实施分级判定与处置。

#### 4. 评定规则示例

给出表面裂纹、内部裂纹、夹杂物、尺寸超差等关键缺陷的检测方法与判定阈值示例，兼顾通用性与指导性，具体阈值可由产品规范进一步细化。

#### 5. 质量文件与报告

统一报告要素与记录保存要求，满足质量追溯、审核与争议处理需求。

### 三、主要试验[或验证]情况分析、技术经济论证、预期经济

## 效果

### （一）主要试验[或验证]情况分析

在形状记忆合金产品缺陷识别与分类方法的研发与验证过程中，试验和验证是确保标准科学性和适用性的关键环节。通过系统的试验设计，验证了表面缺陷识别、内部缺陷识别、微观组织缺陷识别及缺陷等级评定方法的可行性和可靠性。

#### 1. 表面缺陷识别测试

针对尺寸超差、划伤、凹坑、表面裂纹等项目，开展了目视检测、渗透检测、尺寸测量等不同检测方式下的对比试验，验证了评估方法的精度和重复性。通过多组不同规格丝材、板材、管材样品的对照检测，评估了不同光照条件、放大倍数、渗透剂类型对缺陷检出效果的影响，确定了最佳检测条件与判定规则。

#### 2. 内部缺陷识别测试

通过构建标准检测体系，验证了超声检测与金相法对内部夹杂物、缩孔/气孔、内部裂纹、芯部缺陷识别结果的可靠性。通过对比不同超声频率、检测方式与金相解剖结果，优化了缺陷信号判定与缺陷尺寸测量标准，确保检测数据能够准确反映产品内部缺陷真实状态。同时，通过验证不同材质、规格产品的检测效果，确认了评估方法在多场景下的稳定性。

#### 3. 微观组织缺陷识别测试

针对 $\alpha$ 相超标、析出相超标、晶粒粗大/不均匀、马氏体变体取向异常等微观组织缺陷，开展了金相显微镜、扫描电子显微镜及能谱分析对比试验，验证了制样流程、腐蚀参数、显微镜观测倍数与组织评定方法的一致性。通过多批次样品重复测试，确认

晶粒度评定、相层厚度测量、析出相与夹杂物成分分析结果稳定可靠，符合缺陷分类与等级判定要求。

#### 4. 缺陷等级评定验证

按照致命缺陷 CR、严重缺陷 MA、轻微缺陷 MI 三级划分规则，对典型缺陷样品进行分级评定，验证评定阈值与缺陷危害程度匹配性，确保等级判定结果可有效指导产品合格性判定与质量管控。

### （二）技术经济论证

#### 1. 研发与实施成本

本标准的制定主要依托现有成熟的无损检测和金相分析技术，无需开发全新的昂贵检测手段。企业为实施本标准所需投入的成本，主要用于人员培训（按 GB/T 9445 要求）和现有检测规程的细化升级，属于合理的质量体系改进投入。长期来看，其带来的质量效益将远高于初始投入。

#### 2. 市场需求与应用前景

随着我国高端制造和生物医疗产业的升级，对高性能、高可靠性 SMA 产品的需求持续增长，相应的质量检测需求旺盛。本标准为第三方检测机构提供了权威的检验依据，有望催生专业的 SMA 质量评价服务市场。同时，所有 SMA 生产企业和主要用户都是本标准的潜在应用方，市场前景广阔。

#### 3. 维护与运营成本

标准实施后，通过统一检测方法和判定尺度，可以减少因质量争议引发的重复检验、退货、仲裁等间接成本。规范化的质量控制也有助于企业稳定生产工艺，降低废品率，从而在整体上降低产业链的运营成本。

### （三）预期经济效果

#### 1. 降低质量风险与交易成本

统一的缺陷标准如同一份“技术合同”，能极大减少供需双方在产品质量认定上的纠纷，缩短交货验收周期，降低合同履约风险与交易成本，营造诚信、高效的市场环境。

#### 2. 提升产品质量与合格率

企业依据本标准建立内部质量控制规范，可以实现对生产过程的精细化管控，及时识别并消除缺陷产生的原因，从而系统性提升产品的一致性和合格率，减少质量损失，增强品牌信誉。

#### 3. 加速技术创新与产业升级

明确的缺陷分类和评定规则，为新材料、新工艺的研发提供了清晰的性能对标和改进方向。标准的引领作用将激励企业加大在纯净熔炼、精密成形、可控热处理等关键技术上的研发投入，推动我国 SMA 产业从“能做”向“做精”“做强”升级，提升在全球产业链中的价值地位。

### 四、采用国际标准和国内外先进标准的程度

本文件不涉及国际国外标准的采标情况。

### 五、重大分歧意见处理经过及依据

本文件在制定过程中未出现重大分歧意见。

### 六、与现行相关法律、法规及相关标准的协调性

与现行相关法律、法规及相关标准相协调。

### 七、知识产权情况说明

本文件不涉及必要专利等知识产权情况。

## 八、其他应予说明的事项

无。

《形状记忆合金产品缺陷识别与分类》

团体标准工作组

2026年5月7日