

团 体 标 准

T

T/TMAC ×××—202X

形状记忆合金产品缺陷识别与分类

Specification for defect identification and classification of shape memory alloy products

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本作品著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲 23 号城乡华懋大厦 12 层 1217。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：136162004@qq.com

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 缺陷分类体系	3
5 缺陷识别方法与要求	4
5.1 通用要求	4
5.2 表面缺陷识别	4
5.3 内部缺陷识别	4
5.4 微观组织缺陷识别	4
6 缺陷评定与分类规则	4
6.1 缺陷等级划分	5
6.2 具体缺陷的评定与分类规则	5
7 质量文件与报告	5
附 录 A（规范性） 缺陷识别与分类流程示意图	6

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。

本文件由中国技术市场协会提出并归口。

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。

形状记忆合金产品缺陷识别与分类

1 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。

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 6394 金属平均晶粒度测定方法

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测

GB/T 15822.1 无损检测 磁粉检测 第1部分：总则

YY/T 0691 传染性病原体防护装备 医用面罩抗合成血穿透性 试验方法(固定体积、水平喷射)

YS/T 970 镍钛形状记忆合金相变温度测定方法

3 术语和定义

GB/T 12604.1、YY/T 0691、YS/T 970 界定的术语和定义适用于本文件。

4 缺陷分类体系

形状记忆合金产品缺陷按其在产品中的位置和性质分为三大类：表面缺陷、内部缺陷和微观组织缺陷，分类流程按照附录A执行。详细分类见表1。

表1 形状记忆合金产品缺陷分类总表

大类	亚类	缺陷代码	缺陷名称	简要描述
S表面缺陷	S1 几何形状类	S1.01	尺寸超差	直径、厚度、长度等超出允许公差范围。
		S1.02	椭圆度/不圆度	圆截面产品的最大与最小直径之差超标。
		S1.03	弯曲/翘曲	产品轴线或表面偏离直线的现象。
	S2 表面状态类	S2.01	划伤/刮痕	线性、机械性的表面损伤。
		S2.02	凹坑/压痕	局部受压形成的凹陷。
		S2.03	裂纹（表面）	表面开口的线性裂口。
		S2.04	褶皱	表面因不均匀变形形成的皱褶。
		S2.05	氧化皮/色斑	热处理或热加工后产生的表面氧化物或颜色不均。
		S2.06	残留润滑剂/污染	表面附着加工油、灰尘等外来物。
I内部缺陷	I1 冶金	I1.01	夹杂物	非金属或金属异物嵌入基体。

	缺陷类	I1.02	缩孔/气孔	内部因凝固收缩或气体滞留形成的孔洞。
		I1.03	裂纹（内部）	存在于材料内部的裂口。
		I1.04	成分偏析	合金元素在局部区域分布不均。
	I2 加工缺陷类	I2.01	芯部缺陷	拉拔或轧制导致的中心线附近材料不连续。
M微观组织缺陷	M1 相与组织类	M1.01	氧化/ α 相（钛富集相）超标	表层或晶界过度氧化形成脆性富钛相。
		M1.02	碳化物/其他析出相超标	不当热处理导致有害第二相过量析出。
		M1.03	晶粒粗大/不均匀	晶粒尺寸超过规定级别或分布不均。
		M1.04	马氏体变体取向异常	热机械训练后马氏体变体择优取向不符合要求。

5 缺陷识别方法与要求

5.1 通用要求

- 5.1.1 缺陷识别工作应由符合GB/T 9445要求或具备相应资质的检验人员进行。
- 5.1.2 检测环境的光照、清洁度应满足相应检测方法的要求。
- 5.1.3 检测前，产品表面应进行适当的清洁，去除油污、灰尘等干扰物，但不得掩盖或改变缺陷特征。

5.2 表面缺陷识别

5.2.1 目视检测（VT）

在自然光或照度不低于500 lx的白色光源下，用肉眼观察。必要时使用不大于10倍的放大镜辅助检查。适用于所有表面缺陷的初步筛查。

5.2.2 渗透检测（PT）

对于微细表面裂纹（S2.03），应采用着色渗透或荧光渗透检测。检测灵敏度应符合相关行业产品标准要求。参考GB/T 15822.1的原则执行。

5.2.3 尺寸测量

使用千分尺、卡尺、投影仪、三坐标测量机等工具，依据产品图纸要求，对几何形状类缺陷（S1）进行定量检测。

5.3 内部缺陷识别

5.3.1 超声检测（UT）

采用水浸法或接触法纵波检测，中心频率推荐为10 MHz ~ 25 MHz。用于探测内部夹杂（I1.01）、气孔（I1.02）、内部裂纹（I1.03）及芯部缺陷（I2.01）。验收阈值应根据产品规格和用途在工艺文件中规定。

5.3.2 金相法（破坏性）

截取样品，经镶嵌、研磨、抛光、腐蚀（推荐使用 HNO_3 : HF : H_2O = 1:2:7的腐蚀液）后，在光学显微镜下观察截面的内部缺陷。是验证无损检测结果和判定微观组织缺陷的最终方法。

5.4 微观组织缺陷识别

5.4.1 金相显微镜法

依据YY/T 0691的要求制备金相样品。在100x ~ 1000x倍数下观察晶粒度（M1.03）、氧化层及 α 相（M1.01）的厚度和分布。晶粒度评定参照GB/T 6394。

5.4.2 扫描电子显微镜及能谱分析（SEM/EDS）

用于对夹杂物（I1.01）、析出相（M1.02）进行形貌观察和成分定性分析。

6 缺陷评定与分类规则

6.1 缺陷等级划分

依据缺陷的严重程度和对产品性能潜在影响的大小，将每项缺陷分为三个等级，见表2。

表2 缺陷等级划分与定义

缺陷等级	代码	定义
致命缺陷	CR	可能直接导致产品功能丧失、引发安全事故或严重违反强制性法规的缺陷。
严重缺陷	MA	显著影响产品形状记忆性能、超弹性或关键力学性能，可能导致产品早期失效。
轻微缺陷	MI	对产品关键性能影响微小，仅涉及外观或非关键尺寸的偏差。

6.2 具体缺陷的评定与分类规则

部分关键缺陷的分类规则示例如表3。

表3 关键缺陷评定与分类规则示例

缺陷代码	缺陷名称	检测方法	判定依据（示例值，具体以产品规范为准）	缺陷等级
S2.03	表面裂纹	PT/VT	任何可见的、可被渗透剂显示的裂纹。	CR
I1.03	内部裂纹	UT	UT检测显示长度 ≥ 0.5 mm 的连续缺陷信号。	CR
I1.01	夹杂物	UT/金相	单个夹杂物尺寸 ≥ 50 μm ，或单位面积内密集分布。	MA
S1.01	尺寸超差	测量	直径/厚度偏差超过公称尺寸的 $\pm 1.0\%$ 。	MA
M1.01	α 相超标	金相	表面 α 相连续层厚度 > 5 μm 。	MA
M1.03	晶粒粗大	金相	晶粒度级别号低于6级（平均晶粒直径 > 0.045 mm）。	MA
S2.01	划伤	VT	深度 \leq 直径/厚度的 0.5%，且为单个、非密集。	MI
S2.05	氧化色斑	VT	颜色不均，但经确认表层 α 相厚度 ≤ 2 μm 。	MI

7 质量文件与报告

质量文件与报告应包括下列内容。

- 缺陷识别与分类的结果应形成书面或电子记录报告。
- 报告至少应包括以下信息：产品标识（批号、规格）、检测标准、检测方法、检测设备、检测人员、检测日期、缺陷位置（示意图或坐标）、缺陷代码与等级、综合判定结论（合格/不合格）。
- 所有检测记录，特别是涉及CR和MA级缺陷的记录，应按规定保存至少一个产品生命周期或合同规定的年限。

附录 A
(规范性)
缺陷识别与分类流程示意图

