

# 钛合金组织定量分析方法

## (行业标准编制说明)

### 预审稿

《钛合金组织定量分析方法》编制组  
主编单位：国标（北京）检验认证有限公司

2023年12月12日

# 《钛合金组织定量分析方法》行业标准编制说明

## 一、工作简况

### (一) 任务来源

2022年4月，工业和信息化部办公厅以工信厅科函[2022]94号文下达了《钛合金组织定量分析方法》行业标准的起草任务，其计划项目代号为：2022-0058-T-YS，计划完成年限为2024年。主要起草单位为：国标（北京）检验认证有限公司、宝鸡钛业股份有限公司、有研工程技术研究院有限公司、西部超导材料科技股份有限公司、宁夏中色金航钛业有限公司、中国科学院金属研究所、北京航空航天大学、国合通用（青岛）测试评价有限公司、宁波材料所、国合通用测试评价认证股份公司。项目归口单位为全国有色金属标准化技术委员会。

### (二) 项目背景

“高强损伤容限性钛合金”等高端钛合金材料被列入工业和信息化部重点新材料首批次应用示范指导目录（2021版）先进基础材料中，而高质量的钛合金就属于重点领域中的重点材料。增材制造产业作为《中国制造2025》的发展重点，并于2017年启动了国家重点研发计划“增材制造与激光制造”重点专项，而增材制造钛合金材料就属于重点材料。

钛合金因具有良好的综合性能与性能相对稳定的优点，成了航空航天、海洋化工等领域部件制造的首选材料；增材制造钛合金材料也是增材制造领域的研究焦点。钛合金通常为多组元成分体系，在热机械加工过程中存在固态相变，会产生类型丰富的显微组织形态，因此可进行合金性能调控以满足不同应用需求。根据不同产品类型、规格及用途，钛合金组织类型主要有：等轴组织、双态组织、网篮组织、魏氏组织等，组织差异主要体现在 $\alpha$ 、 $\beta$ 两相尺寸、分布、数量。其中 $\alpha$ 、 $\beta$ 两相含量、尺寸分布对合金的强度、延伸率、疲劳性能、冲击韧性、断裂韧性及高温蠕变等综合力学性能，以及损伤容限性能有极大的影响。在国军标中，航空发动机叶片用钛合金棒材对初生 $\alpha$ 相的含量有明确的要求。因此钛合金的微观组织检验分析，能为建立组织与性能之间的定量关系提供精确的依据，对揭示、优化和控制钛合金的性能有着重要的意义。

由于金相显微镜分辨率有限，放大倍数小，可以获得的信息比较单一，仅采用金相显微镜，已无法满足航天工业领域对钛合金微观组织的生产研发的高分析要求。另一方面，由于增材制造钛合金构件属于快速凝固的制备技术，形成的 $\alpha$ 、 $\beta$ 两相尺寸细小，采用金相显微镜无法进行清楚的组织观察，需在扫描电镜下放大进行组织检验，金相组织检验方法无法满足增材制造钛合金构件的常规组织检验需求。扫描电镜分辨率高，多种信号源综合判定，能谱手段辅助分析，细节观察清楚，在钛合金的微观组织检验及增材制造钛合金的常规组织检验中具有极大的优势。目前国内外均未见公开发表针对钛合金的扫描电镜组织检验方法及标准，缺乏统一的规范进行指导。因此有必要建立钛合金的扫描电镜组织检验方法标准，为钛合金的组织检验提供更加科学的检测规范。通过该标准的研制，将有利于推动钛合金研发技术的提升，促进企业产品质量的提高，有利于高端钛合金的应用和市场的发展，具有非常重要的意义。

### (三) 主要参加单位和工作成员及其所作的工作

#### 1、本标准起草单位及其分工

国标（北京）检验认证有限公司为本标准的主编单位，收集国内外的钛合金组织检验标准资料以及检验需求，通过与行业内生产企业、科研院所等骨干单位探讨，确定标准研制方案，并完成了标准方法

的前期试验工作，编制了标准草案。在标准研制过程中，积极咨询上下游各单位意见，收集并分发测试样品，组织实验验证，收集整理试验资料数据，编写了标准文稿、编制说明和试验报告。

国合通用测试评价认证股份公司积极参加编制组工作会议，进行了扫描电镜试验，并提供了分析数据。

有研工程技术研究院有限公司（以下简称工研院）积极参加标准文稿的讨论，对标准文本提出大量有益的意见和建议，并提供了多种钛合金的组织数据资料合。

中国科学院金属研究所提供了 Ti6242、IMI834 钛合金样品，对标准方法进行了试验验证，提供了 Ti6242、IMI834 试验数据，对标准文本提出大量有益的意见和建议。

北京航空航天大学对标准方法进行了试验验证，提供了增材制造钛合金 TA15 沉积态、TC17 热处理试样的试验数据，并对对标准文本提出大量有益的意见和建议。

北航宁波院对标准方法进行了试验验证，提供了大量的 Ti6242、IMI834 试验数据。

东北轻合金有限责任公司（以下简称东轻）积极参加编制组各次工作会议，提供编制组需要的合金试样，在本单位内部组织对标准《征求意见稿》进行认真的讨论和审议，提出意见和建议。

## 2、本标准起草人员及其工作职责

### (四) 主要工作过程

#### 1、预研阶段

2020年初，国标（北京）检验认证有限公司作为主编单位对国内外钛合金组织检验方法现状、客户需求等情况进行了详细的调研，针对钛合金初生 $\alpha$ 相含量、 $\beta$ 相含量以及 $\alpha$ 相片层厚度等组织定量分析需求开展试验研究工作，并与上下游单位深入探讨了方法的具体要求，根据前期调研情况及试验研究成果，编制了标准项目建议书、标准草案及标准立项报告等材料。

#### 2、立项阶段

2020年10月，国标（北京）检验认证有限公司向全体委员提交了《钛合金组织定量分析方法》标准项目建议书、标准草案及标准立项报告，全体委员会议论证结论为同意行业标准立项。

2022年4月，工业和信息化部办公厅以工信厅科函[2022]94号文下达了《钛合金组织定量分析方法》行业标准的起草任务，其计划项目代号为：2022-0058-T-YS，计划完成年限为2024年，项目归口单位为全国有色金属标准化技术委员会。国标（北京）检验认证有限公司接到标准制定任务后，成立了标准标准编制组，并召开了标准项目编制启动会议，对标准编写工作进行了部署和分工。

#### 3、起草阶段

##### 3.1 任务落实

2022年8月，在宜昌有色金属标准工作会议上组织召开了标准落实会，确定了由有研工程技术研究院有限公司提供钛合金样品，北京航空航天大学提供增材制造钛合金样品，由中国科学院金属研究所、北航宁波院、广东省工业分析检测中心等单位作为标准试验验证单位。

##### 3.2 样品收集及试验研究

2022年8月-2022年12月，主编单位联合有研工程技术研究院有限公司、北京航空航天大学、中国科学院金属研究所根据市场上钛合金产品的生产应用情况，开展试验样品的选材及制备，并向各参编单位征集试验样品。最终选择 TC4、TC16 等试样，相关信息见表 1.

表 1 供样情况

| 供样单位          | 合金     |
|---------------|--------|
| 有研工程技术研究院有限公司 | TC16棒材 |

|            |                               |
|------------|-------------------------------|
| 中国科学院金属研究所 | Ti6242固溶时效态、IMI834固溶时效态、TC4棒材 |
| 宝鸡钛业股份有限公司 | TC4固溶态                        |

2023年1月-2023年12月，主编单位联合各参编单位开展了大量的系统性试验研究。其中，中国科学院金属研究所承担了样品加工、试样制备工作，并同条件制备了3组Ti6242及IMI834合金试样，分发给各单位；国合通用测试评价认证股份公司、中国科学院金属研究所、北航宁波院、有研工程技术研究院有限公司对试样开展了试验工作，分别对Ti6242及IMI834合金进行了扫描电镜试验，以及初生α相含量、β相含量以及α相片层厚度测量工作，总计拍摄图片280张以上，并整理形成试验报告。

表2 数据资料提供情况

| 提供单位           | 资料                              | 有效文件数量 |
|----------------|---------------------------------|--------|
| 有研工程技术研究院有限公司  | TC4等合金相、EBSD、扫描电镜照片及测试数据资料      | 3套     |
| 北京航空航天大学       | 增材制造钛合金TA15、TC17试验数据            | 2套     |
| 北航宁波院          | TC11等数据分析资料，Ti6242及IMI834试验验证报告 | 3套     |
| 中国科学院金属研究所     | Ti6242及IMI834试验验证报告             | 2套     |
| 国合通用测试评价认证股份公司 | Ti6242及IMI834试验报告               | 2套     |
| 西部超导           | TA15、TA19、TC4、TC18、TB6试验报告      | 4套     |

### 3.3 标准讨论会

2023年3月，全国有色金属标准化技术委员会稀有金属分标委在海南海口组织召开了标准讨论会。来自有色金属经济技术研究院有限责任公司、国标（北京）检验认证有限公司、宝鸡钛业股份有限公司、有研工程技术研究院有限公司、宁夏中色金航钛业有限公司、西部超导材料科技股份有限公司、中国科学院金属研究所、北京航空航天大学、国合通用（青岛）测试评价有限公司、宁波材料所、国合通用测试评价认证股份公司等30家单位的50余名代表参会。会上主编单位对标准项目背景、研究进展、试验过程及结果等编制说明内容进行了阐述，余会专家对标准文本进行了细致认证地审阅与讨论。

### 3.4 试验验证

2023年3月-2023年8月，主编单位将标准文本和研究报告随同试验样品发送给编制组内地一验单位，组织开展方法地验证工作；主编单位根据一验单位反馈地意见和建议，优化方法步骤，发给编制组内2家二验证单位，进一步开展方法试验验证工作。主编单位收集各家验证单位返回地验证报告，汇总全部地精密度试验数据进行统计和分析，采纳各家验证报告中提出地合理性意见和建议，优化试验步骤，修改完善标准文本和编制说明，形成征求意见稿。

## 4、征求意见阶段

2023年8月-2023年11月，编制组采用挂网、会议及电话等方式进行意见征集，供发送单位20个，发送单位有20个，其中生产企业3个，占比15%，科研院所和检测机构11个，占比55%，用户单位6个，占比30%。回函的单位有20个，回函并有建议或意见的单位有5个。征求意见阶段共收到意见10条，其中10条采纳。根据反馈的意见情况，经编制组讨论研究，提出了具体的修改意见和采纳情况，编写了《意见汇总处理表》，并编制送审稿及其编制说明。

## 二、标准编制原则

- 1、在满足各检测机构条件的同时，力求做到标准的指导（或推荐）性和操作性相结合的原则；
- 2、本标准与《GB/T 5168 钛及钛合金高低倍组织检验方法》的结构组成、要素要求及表达方式保持一致，对《GB/T 5168 钛及钛合金高低倍组织检验方法》起到有效的补充，针对钛合金组织中初生 $\alpha$ 相含量、 $\beta$ 相含量以及 $\alpha$ 相片层厚度的定量分析需求，提供清晰可操作的分析方法；
- 3、本方法涉及的部分内容引用了《GB/T 5168 钛及钛合金高低倍组织检验方法》《GB/T 23414 微束分析 扫描电子显微术 术语》《GB/T 23414 微束分析 扫描电子显微术 术语》《JJF 1916 扫描电子显微镜校准规范》标准及规范，做到能引用尽量引用。不能引用的根据行业特色增补或细化。
- 4、与国内外有关的组织定量分析的标准、资料比对，确定试验方法的内容；
- 5、按 GB/T 1.1-2020 和国家标准编写示例要求的格式和结构进行编写。

### 三、标准主要内容的确定依据主要试验情况分析

#### 1 范围

本标准的范围是采用扫描电镜对钛合金进行组织检验的仪器设备、试样、分析步骤要求，以及采用图像分析软件对拍摄照片进行数据分析，适用于钛合金的初生 $\alpha$ 相含量、 $\beta$ 相含量以及 $\alpha$ 相片层厚度的测量分析，由于扫描电镜照片分辨率较高，本方法也适用于组织细小的增材制造钛合金的初生 $\alpha$ 相含量、 $\beta$ 相含量以及 $\beta$ 相片层厚度的测量分析。

#### 2 实验步骤和结果分析

##### 2.1 观察模式的选择

由于扫描电镜二次电子像主要反映试样表面的高低起伏，适合观察腐蚀过的试样，而背散射电子像反映不同区域的成分衬度，适合观察较平整未腐蚀的试样。因此腐蚀试样宜选择二次电子图像模式进行观察拍照，未腐蚀的样品选择背散射电子图像模式进行观察拍照。二次电子像观察信号深度较浅，背散射电子像信号深度更深，为了准确计算面积百分数，推荐采用二次电子图像模式拍照统计 $\alpha$ 、 $\beta$ 两相含量。

##### 2.2 放大倍数及选择

三家单位对Ti6242、IMI834合金试样进行了试验及验证。针对初生 $\alpha$ 相含量测定，在100、200、500、2000倍进行了拍照及测量，视场数量为5-10；针对 $\beta$ 相含量测定，在200、500、1000、2000倍进行了拍照及测量，视场数量为5-10；针对 $\alpha$ 相片层厚度测量，在2000、5000、10000倍进行了试验及测量。

由于不同单位扫描电镜型号不同，同一放大倍数所对应的测试面积差异较大，因此不宜规定具体的放大倍数，而应以视场内包含的晶粒数量来确定拍照的放大倍数。

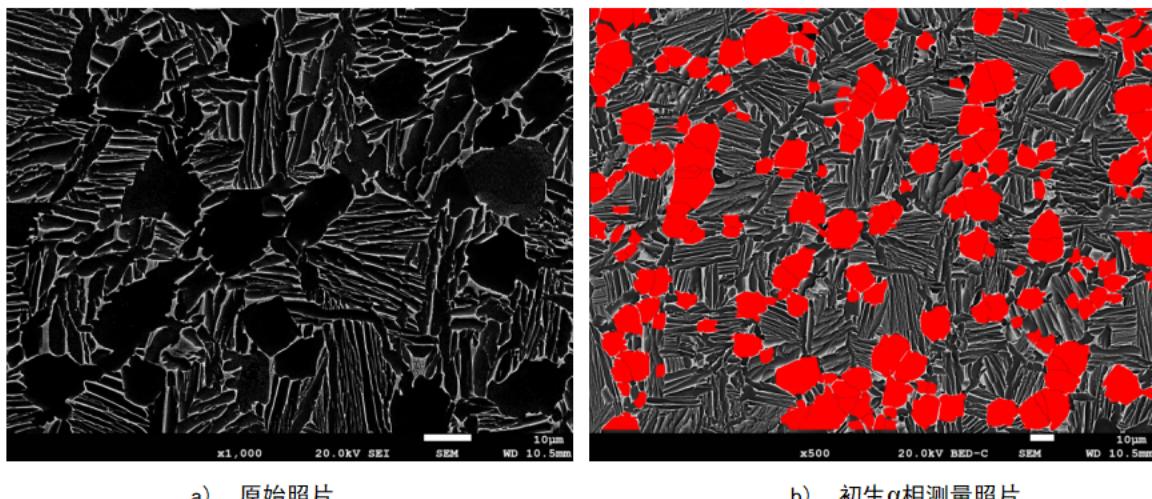
##### 2.3 照片要求

通过试验发现，照片质量对图像识别结果具有直接影响，因此在拍摄扫描电镜照片时，宜选择慢扫模式，获得低噪音、背底干净的图片，同时拍摄的照片 $\alpha$ 、 $\beta$ 两相应具有明显衬度，如图1-3所示。

##### 2.4 结果分析

$\beta$ 相含量的测定结果数据差异较大，主要是由于当 $\alpha$ 片层较细时， $\alpha$ 、 $\beta$ 相在图像软件中不易被区分识别，部分单位的结果中将 $\alpha$ 片层+ $\beta$ 相识别为 $\beta$ 相，导致结果变大。因此当片层过细，无法清晰区别 $\alpha$ 与 $\beta$ 相的边界时，本方法不适用。

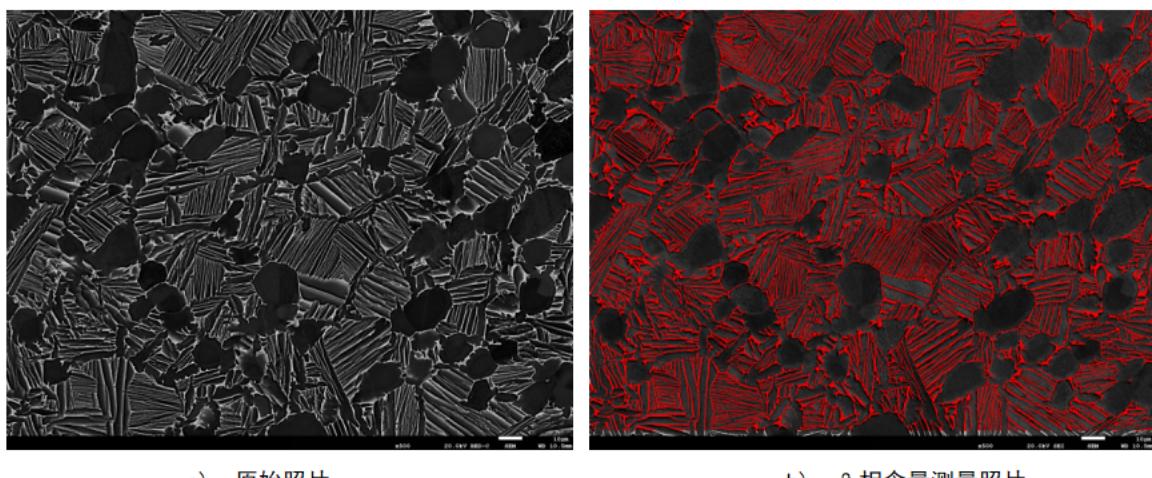
| 试样     | 测试项目   | 图像处理软件         | 金属所   |                        |      |            | 北航宁波院 |                        |      |            | 国合通测  |                        |      |            |  |
|--------|--------|----------------|-------|------------------------|------|------------|-------|------------------------|------|------------|-------|------------------------|------|------------|--|
|        |        |                | 放大倍数  | 视场大小(μm <sup>2</sup> ) | 视场个数 | 测量结果(%/μm) | 放大倍数  | 视场大小(μm <sup>2</sup> ) | 视场个数 | 测量结果(%/μm) | 放大倍数  | 视场大小(μm <sup>2</sup> ) | 视场个数 | 测量结果(%/μm) |  |
| Ti6242 | 初生α相含量 | Image Pro Plus | 200   | 1480*1280              | 5    | 29.14      | 100   | 1410*960               | 10   | 26.11      | 100   | 1200*900               | 5    | 29.58      |  |
|        |        |                | 500   | 592*512                | 5    | 33.98      | 200   | 705*480                | 10   | 29.76      | 200   | 600*450                | 5    | 27.34      |  |
|        |        |                | 2000  | 148*128                | 5    | 45.16      | 500   | 282*192                | 10   | 26.76      | 500   | 240*180                | 5    | 27.60      |  |
|        | β相含量   |                | 500   | 592*512                | 5    | 44.55      | 200   | 705*480                | 10   | 23.62      | 200   | 600*450                | 5    | 13.64      |  |
|        |        |                | 2000  | 148*128                | 5    | 11.64      | 500   | 282*192                | 10   | 24.37      | 500   | 240*180                | 5    | 14.36      |  |
|        |        |                | 5000  | 59.2*51.2              | 5    | 11.78      | 1000  | 141*96                 | 10   | 10.96      | 1000  | 120*90                 | 5    | 13.15      |  |
|        | 片层厚度   | 扫描电镜测量         | 2000  | 148*128                | 10   | 0.78-1.93  | 2000  | 70.5*48                | 10   | 0.93-2.15  | 2000  | 60.45                  | 10   | 1.1-2.2    |  |
|        |        |                | 5000  | 59.2*51.2              | 10   | 0.69-1.72  | 5000  | 28.2*19.2              | 10   | 0.9-1.93   | 5000  | 24*18                  | 10   | 0.9-1.4    |  |
|        |        |                | 10000 | 29.6*25.6              | 10   | 0.57-2.66  | 10000 | 14.1*9.6               | 10   | 0.64-1.6   | 10000 | 12*9                   | 10   | 0.9-1.0    |  |
| IMI834 | 初生α相含量 | Image pro plus | 200   | 1480*1280              | 5    | 25.61      | 100   | 1410*960               | 10   | 26.29      | 100   | 1200*900               | 5    | 26.23      |  |
|        |        |                | 500   | 592*512                | 5    | 27.06      | 200   | 705*480                | 10   | 28.27      | 200   | 600*450                | 5    | 24.90      |  |
|        |        |                | 2000  | 148*128                | 5    | 30.57      | 500   | 282*192                | 10   | 26.68      | 500   | 240*180                | 5    | 25.93      |  |
|        | β相含量   |                | 2000  | 148*128                | 5    | 7.74       | 200   | 705*480                | 10   | 55.23      | 200   | 600*450                | 10   | 57.61      |  |
|        |        |                | 5000  | 59.2*51.2              | 5    | 3.61       | 500   | 282*192                | 10   | 55.08      | 500   | 240*180                | 10   | 53.76      |  |
|        |        |                | 10000 | 29.6*25.6              | 5    | 4.66       | 1000  | 141*96                 | 10   | 16.65      | 1000  | 120*90                 | 10   | 54.96      |  |
|        | 片层厚度   | 扫描电镜测量         | 2000  | 148*128                | 10   | 0.93-1.39  | 2000  | 70.5*48                | 10   | 0.76-1.8   | 2000  | 60.45                  | 10   | 0.54-1.4   |  |
|        |        |                | 5000  | 59.2*51.2              | 10   | 0.4-1.31   | 5000  | 28.2*19.2              | 10   | 0.63-0.89  | 5000  | 24*18                  | 10   | 0.49-1.8   |  |
|        |        |                | 10000 | 29.6*25.6              | 10   | 0.43-1.28  | 10000 | 14.1*9.6               | 10   | 0.38-0.95  | 10000 | 12*9                   | 10   | 0.36-0.86  |  |



a) 原始照片

b) 初生 $\alpha$ 相测量照片

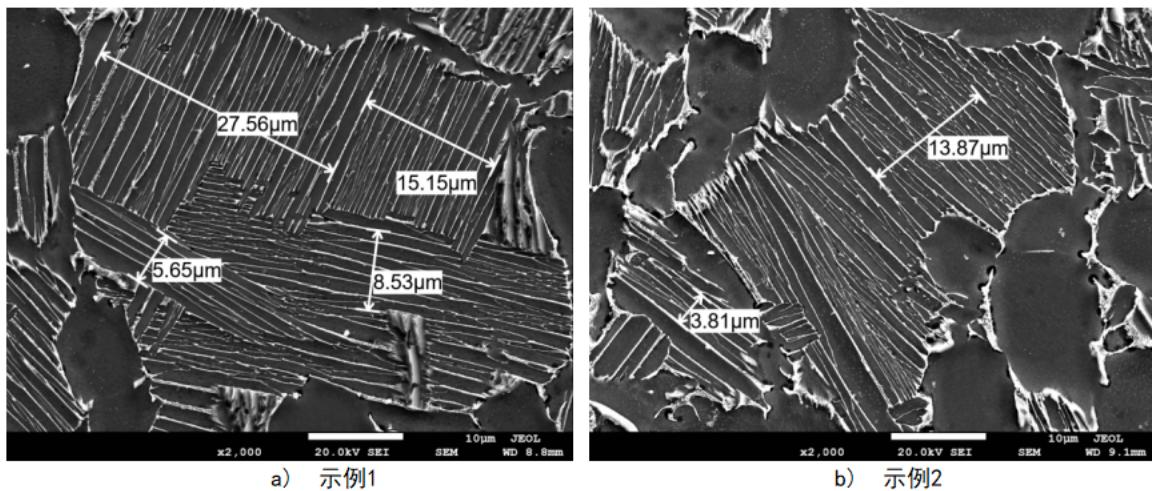
图1 T6242棒材



a) 原始照片

b)  $\beta$  相含量测量照片

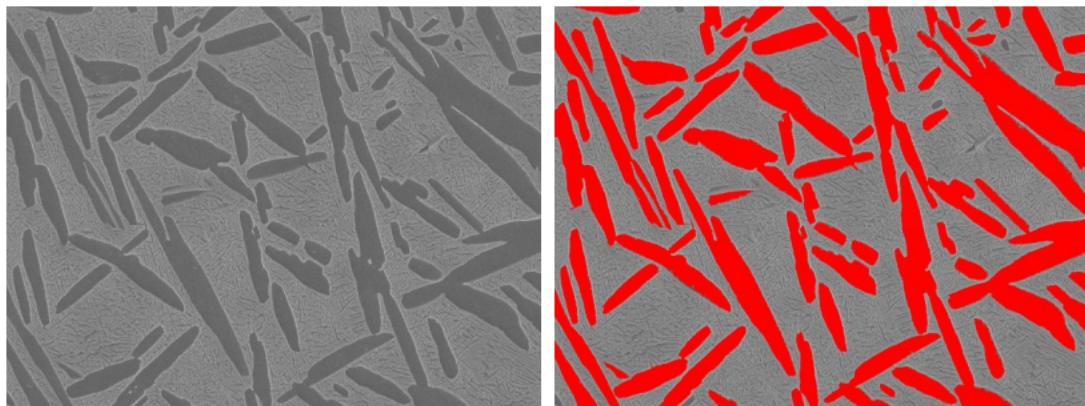
图2 T6242棒材



a) 示例1

b) 示例2

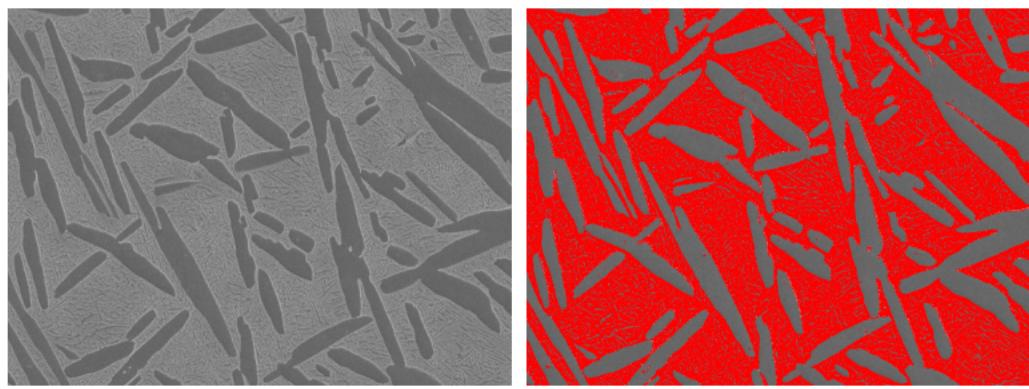
图3 TC4棒材



a) 原始照片

b) 初生 $\alpha$ 相测量照片

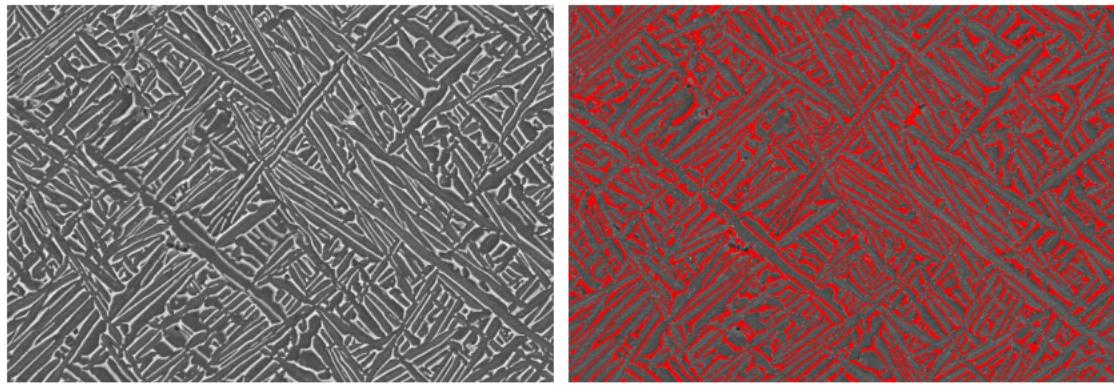
图4 增材制造后热处理TC17试样初生 $\alpha$ 相含量 36.74%



a) 原始照片

b)  $\beta$ 相含量测量照片

图5 增材制造后热处理TC17试样 $\beta$ 相含量 54.64%



a) 原始照片

b)  $\beta$ 相含量测量照片

图6 增材制造TA15  $\beta$ 相含量 25.72%

#### 四、标准中涉及的专利情况

本标准不涉及专利问题。

#### 五、预期达到的社会效益等情况

##### (一) 项目的必要性简述

2018年，工业和信息化部将“大尺寸钛合金铸件、高强损伤容限性钛合金、高强高韧钛合金棒材”等多类钛合金列入重点新材料首批次应用示范指导目录。而在工信部联科印发的《原材料工业质量提升三年行动方案（2018—2020年）》中对有色金属行业明确提出“高技术船舶、先进轨道交通、节能与新能源汽车等重点领域用有色金属材料质量均一性提高，中高端产品有效供给能力增强，有色金属产品整体质量水平提高。”的目标，而高质量的钛合金就属于重点领域中的重点材料。增材制造产业作为《中国制造2025》的发展重点，并于2017年启动了国家重点研发计划“增材制造与激光制造”重点专项，而增材制造钛合金材料就属于重点材料。

为了响应国家提升和发展材料工业质量的政策与号召，本项目组针对钛合金材料的微观组织检验提出组织检验定量分析方法，为钛合金材料及产品的质量控制与提升，提供科学的方法依据。由于扫描电镜分辨率高，拥有多种信号源，能够获得全面的材料微观组织信息，随着扫描电镜的普及，其在钛合金组织检验中表现出极大的优势。目前国内尚未见公开发表针对钛合金组织检定量分析方法及标准，因此缺乏统一的规范进行指导，更多的依靠部分实验人员自身的经验才能运用扫描电镜进行准确的组织检定，导致检测结果的一致性差，因此建立钛合金组织定量分析方法，为钛合金的组织检验提供更加科学的检测规范，具有必要性意义。

## （二）项目的可行性简述

本标准规范了采用扫描电镜检验对钛合金组织进行定量分析的方法，提供了不同钛合金组织示例，为钛合金组织检验提供了更为科学的依据，为高品质钛合金材料产品质量控制、工艺摸索、失效分析及产品质量检验提供了可靠的方法。从而为钛合金的产品的质量控制和提升，提供必要保证。

## （三）标准的先进性、创新性、标准实施后预期产生的经济效益和社会效益

本标准是根据用户及实际检验的需要进行制定的。本标准利用扫描电镜的高分辨及能谱分析的优势，增加了钛合金组织定量分析的准确、可靠性。本标准对钛合金初生 $\alpha$ 相含量、 $\beta$ 相含量以及 $\alpha$ 相片层厚度测定进行了全面的列举，并给出示例照片，在国内相关标准中属于先例。

制定和实施本标准，不但有利于保证钛合金产品的质量，促进我国钛加工企业的技术进步和产品质量的提升，提高我国钛合金产品在国际国内市场的竞争能力，抵制国外同类产品的进口和促进我国产品的出口，充分挖掘我国高品质钛合金潜在的巨大市场，具有重要的经济和社会效益。

## 六、采用国际标准和国外先进标准的情况

本标准对标《GB/T 5168 钛及钛合金高低倍组织检验方法》方法标准，结合文献调研，对钛合金扫描电镜试验步骤，初生 $\alpha$ 相含量、 $\beta$ 相含量以及 $\alpha$ 相片层厚度测定方法进行了详细的规定，并对每种特征组织给出高质量的示例照片及结果，在国内外相关标准中属于先例。本标准起草过程中进行了大量的测试和数据收集工作，测试采用的扫描电镜设备与国外先进设备技术指标对比结果如表7所示，主要技术参数高于或与国外设备相当。

综上所述，本标准的主要技术指标达到国外钛合金组织检验的水平，因此确定该方法标准总体水平为国际先进水平。

表7 国内外设备技术指标对比

| 项目         | 本标准使用设备<br>(JSM-7900F)            | 国外扫描电镜 A<br>(日立 SU5000)           | 国外客户 B<br>(赛默飞 Apreo 2)           | 标准水平对比       |
|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 二次电子图像分辨率  | 15kV, 0.6nm                       | 30kV, 1.2nm                       | 15kV, 0.9nm                       | 高于国外设备 A、B   |
| 背散射电子图像分辨率 | 15kV, 1.2nm                       | 15kV, 3nm                         | 15kV, 1.2nm                       | 与国外设备 B 相当   |
| 放大倍率       | $\times 10 \sim \times 1,000,000$ | $\times 18 \sim \times 1,000,000$ | $\times 10 \sim \times 1,000,000$ | 与国外设备 A、B 相当 |

|         |   |   |  |              |
|---------|---|---|--|--------------|
| 加速电压    | 0.01~30kV   | 0.5~30kV  | 0.2~30kV   | 与国外设备 A、B 相当 |
| 探针电流    | 几 pA~500nA  | 大于 200nA  | 1 pA ~ 50 nA   | 高于国外设备 A、B   |
| 检测器（标配） | 高位检测器(UED)、低位检测器(LED)                                     | 二次电子探测器、五分割背散射电子探测器   | 二次电子探测器 ETD、背散射电子探测器 T1                                      | 高于国外设备 A、B   |
| 电子枪     | 浸没式肖特基 Plus 场发射电子枪  | 肖特基热场   | -  | 高于国外设备 A 相当  |
| 光阑      | 内置 zui 佳光阑角控制镜  | 4 孔物镜光阑，真空外选择和细调  | -  | 与国外设备 A 相当   |
| 样品移动    | X:70mm<br>Y:50mm<br>Z:2 ~ 41mm<br>倾斜轴:-5 ~ 70°<br>旋转:360° | X:100mm<br>Y:50mm<br>Z:6 ~ 65mm<br>倾斜轴:-20 ~ 90°<br>旋转:360° | X:110mm<br>Y:110mm<br>Z:6 ~ 65mm<br>倾斜轴:-15 ~ 90°<br>旋转:360° | 低于国外设备 A、B   |
| 马达驱动    | 5 轴马达驱动   | 5 轴优中心马达台   | 五轴优中心全自动马达驱动   | 与国外设备 A、B 相当 |
| 抽真空系统   | SIP、TMP、RP  | 2 离子泵，分子泵，机械泵   | -  | 与国外设备 A 相当   |

## 七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准的制定与现行的相关法律、法规、规章及相关标准的关系不矛盾、不冲突，其相互关系非常协调。

## 八、重大分歧意见的处理经过和依据

（无）。

## 九、标准性质建议说明

本标准建议作为推荐性标准发布。

## 十、贯彻标准的要求和措施建议

本标准发布后，中国有色金属行业协会和全国有色金属标准化技术委员会应加强对本标准的宣传力度，促进企业参考本标准对钛合金的生产、研发进行检验和验收，提高质量控制效能，以促进我国钛合金加工企业的技术进步和钛合金产品质量的上升，提高我国钛合金产品在国际国内市场的竞争能力。建议开展如下措施：

### 1、组织措施

建议由国家标准化管理委员轻金属标准委员会组织贯彻本标准的相关活动，利用各种条件，如工作组活动、标委会管理和活动、标准化技术期刊刊登、相关官网网上发布等。

### 2、技术措施

建议针对国内主要钛合金加工生产企业，开展本标准的试验方法培训、理论培训、技术交流等措施进行宣贯执行。

## 十一、废止现行有关标准的建议

（无）。

## 十二、其他应予说明的事项

无。

《钛合金组织定量分析方法》标准编制组

2023年12月12日