JJF（有色金属）005-2022《铝板带在线测厚仪校准规范》

行业计量技术规范编制说明

一、工作简况

1. 立项目的

在板材、带材、箔材高速生产线上（简称轧线）需要对产品的厚度进行在线连续、快速、非接触测量和准确控制。在线测厚仪是铝合金板材、带材、箔材等产品生产非常重要的在线检测设备。

目前，国家《X射线测厚仪检定规程》给出的精度和范围不够，没有考虑在线使用时合金修正等问题，不满足铝合金在线厚度测量与控制的要求。同时，国家/行业还没有铝板带在线测厚仪的现场校准规范。

因此，为指导、有效开展对轧线测厚仪的现场校准工作，特立项编制《铝板带在线测厚仪校准规范》。

1. 任务来源

根据工业和信息化部《关于印发2022年行业计量技术规范制修订计划的通知》（工厅科［2022］464号）文的要求，行业计量技术规范《铝板带在线测厚仪校准规范》由西南铝业（集团）有限责任公司负责起草。该项目计划编号为JJF（有色金属）005-2022。按计划要求，本计量规范应于2024年完成。

1. 承担单位情况
   1. 主编单位简介

西南铝业(集团)有限责任公司(简称西南铝)位于重庆市九龙坡区西彭镇,前身为冶金部112厂、西南铝加工厂, 始建于1965年7月, 2000年12月改制成立有限责任公司,是我国为生产重点项目、航空航天所需大规格、新品种、高质量铝及铝合金材料而建设的大型企业。西南铝培养了中国工程院院士1人、两江学者1人、国家级技能大师1人、享受国务院政府特殊津贴专家30余人,建有院士工作站,拥有国家级企业技术中心。西南铝建有校准实验室与检测实验室，均通过了CNAS认可，具备对测厚仪、标准厚度板的校准能力。西南铝累计申请专利722件，其中授权发明专利249件、授权实用新型专利473件，主持和参与国家、行业标准277项。

* 1. 成员单位简介

广东省科学院工业分析检测中心始建于1971 年，先后隶属于广州有色金属研究院、广东省工业技术研究院（广州有色金属研究院），2015年12月经广东省机构编制委员会批准成为广东省科学院属下的独立二级事业法人单位。是我国从事矿产品、金属材料、冶金产品、化工产品、再生资源质量检测和性能评价，欧盟环保（RoHS）指令的有害物质检测、金属材料综合利用检测以及分析测试技术研究与技术咨询的专业机构。中心现有高、中、初级专业技术和管理人员100余人，其中教授有15人，高级工程师24人，硕博士20人，具有中级职称以上科技人员占80%。累计申请专利19件，其中授权发明专利8件、授权实用新型专利2件。承担国家、省级各类项目50余项，主持和参与国家、行业标准200余项，发表专著5部，发表论文300余篇。

山东南山铝业股份有限公司拥有目前全球最短最完整的铝加工产业链，拥有国家级企业技术中心，南山科学技术研究院等一流研发机构，其中国家铝合金压力加工工程技术研究中心是行业唯一国家级工程技术研究中心，公司主持起草十几项国家标准，获得全国有色金属标准化技术委员会“技术标准优秀奖”。计量中心为山东南山铝业股份有限公司设立的计量技术机构，计量中心拥有国际、国内先进的精密标准装置和仪器30多台（套），经质量技术监督等部门的考核建立了长、热、力、电等企业最高计量标准，并通过中国合格评定国家认可委员会实验室认可（CNAS）。计量中心建有“精密露点仪标准装置”企业最高计量标准，该标准装置由Optidew Vision 401型冷镜式露点仪、PR710A型精密数字温度计、PR381A型温湿度标准箱以及数显温湿度计、空盒气压表等组成，能够开展各类温湿度计的量值传递工作。

1. 主要工作过程

西南铝业（集团）有限责任公司计量检测中心接到有色金属行业计量技术委员会转发下达的制定任务后，成立了计量规范编制组，成员有广东省科学院工业分析检测中心、国合通用测试评价认证股份公司、天津新艾隆科技有限公司、山东南山铝业股份有限公司等。对计量技术规范编写工作进行了部署和分工，制定了制定原则及计划工作。本项目主要工作过程经过了以下几个阶段：

1. 2022年7月成立了计量规范编制组，明确了编制组成员各自的工作内容和任务。
2. 2022年8月～2023年4月计量规范编制组成员对铝板带在线测厚仪校准规范中的计量特性及校准方法进行了讨论，确定了校准项目和方法，在2023年4月形成了计量规范讨论稿。
3. 2023年5月8日～10日，计量规范编制组成员参加了由有色金属行业计量技术委员会组织的在西安召开的2023年有色金属行业计量技术规范讨论会，与会专家、代表对本校准规范的讨论稿提出了宝贵的意见和建议。会上确定了项目一验、二验单位，明确了各项工作时间进度要求。
4. 2023年5月，针对5月西安讨论会中代表们提出的修改意见和建议，编制组开会讨论并作了相应实验收集数据，与相关单位进行了交流沟通，对讨论稿进行了修改，形成了征求意见稿。
5. 2023年8月-9月，针对征求意见稿收集到的意见和建议，编制组开会讨论并作了相应实验收集数据，对征求意见稿进行了修改，形成了预审稿。
6. 2023年11月，针对预审稿收集到的意见和建议，编制组开会讨论并对预审稿进行了修改，形成了审定稿。

二、编制原则和依据

1. 规范编制原则

1）本规范是以国家计量技术规范JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行编写。

2）先进性：本规范参考了GBT 3880.3-2012《一般工业用铝及铝合金板、带材第3部分：尺寸偏差》、GBT 3198-2020《铝及铝合金箔》、GBT22638.1-2016《铝箔试验方法第1部份：厚度的测定》、GBZ117-2022《工业探伤放射防护标准》的技术内容对铝板、带、箔产品尺寸的要求，提出了对在线测厚仪计量特性要求，制订了基本原则和编制依据，可对非接触式测厚仪（穿透式测厚仪、激光测厚仪）进行校准，解决了现有检定规程JJG 480-2007《X射线测厚仪检定规程》计量要求不适合现有测厚仪的问题。

3）创新性：本规范对校准铝板带在线测厚仪的标准厚度板的制作方法和计量要求进行了详细的描述。

1. 制定规范主要内容的论据
   1. 范围

本规范适用于铝板、带、箔在线测厚仪(以下简称测厚仪)的校准，其它材料板带在线测厚仪的校准可参照本规范执行。

针对2023年5月西安会议专家提出本规范是否适合对铝箔在线测厚仪问题，编制组成员会后分别与西南铝业（集团）有限责任公司、山东南山铝业股份有限公司、厦顺铝箔、云南浩鑫、霍尼韦尔、IMS公司交流了铝箔在线测厚仪校准及标准板溯源情况，一致做法是用已知面积的取样工具取样标准板、用称重法称取标准板重量计算得到标准板平均厚度，再用该标准板对铝箔测厚仪进行校准。因此本校准规范适用于对铝箔在线测厚仪进行校准。

* 1. 引用文件

本规范引用了GBZ117-2022 工业探伤放射防护标准。

* 1. 概述

针对2023年5月西安会议专家提出本规范概述不详细问题。编制组成员与基恩士（中国）有限公司、深圳市凤鸣亮科技有限公司、霍尼韦尔中国、IMS公司分别交流了穿透式测厚仪和激光测厚仪的工作原理、适用范围、测量精度等。根据交流沟通结果，对概述进行了重新描述，如下：

铝板、带、箔厚度在线检测需要采用非接触方式，常用的方法主要有同位素检测、X射线检测、激光检测等。

同位素检测、X射线检测应用穿透式检测原理，主要由射线源、探头、数据处理控制器等组成，测厚仪的射线源和探头分别置于C型架中被测铝板、带、箔的上、下方，利用射线穿透被测铝材时，一部分射线被铝材吸收，另一部分穿过铝材进入探头接收。数据处理器根据探头接收射线强度的衰减变化与材料厚度相关的特性，计算出铝材厚度，穿透式测厚仪常用于测量精度要求高、相同材料的轧制生产。

激光测厚仪主要由激光器、透镜、CCD光电转换器、控制与信号处理器等组成，上下激光测厚仪的激光器将激光束分别打在被测物的上下表面，形成两个光斑，光斑漫反射成像到CCD光电转换部件上，测厚仪利用三角测量原理，计算出发射接收器到被测物表面的距离，控制与信号处理器再根据上下发射接收器距离，计算得到被测物的厚度。激光测厚仪常用于测量精度要求一般以及复合材料的轧制生产。

* 1. 计量特性

仪表的计量特性主要为重复性、示值误差、示值漂移。

本规范重复性、示值误差计量特性的提出，是根据GBT 3880.3-2012《一般工业用铝及铝合金板、带材第3部分：尺寸偏差》、GBT 3198-2020《铝及铝合金箔》对铝板、带、箔产品尺寸公差要求，采用至少1/3原则，提出了对测厚仪的计量特性技术要求。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量范围 | 示值最大允许误差 | 重复性 |
| ≤0.2000 mm | ±1.5%读数或±0.1μm，二者取大值 | 0.75%读数或0.1μm，二者取大值 |
| >0.2000 mm | ±0.5%读数或±3μm，二者取大值 | 0.25%读数或3μm，二者取大值 |

示值漂移计量特性，引用于JJG 480-2007《X射线测厚仪检定规程》。

针对2023年5月西安会议专家提出测厚仪有用于生产大于6mm铝板，将讨论稿表1测量范围中的“（>0.2000~6.0000）mm”修改为“>0.2000 mm”。

根据2023年11月预审会的意见，目前用户要求比GBT 3880.3-2012《一般工业用铝及铝合金板、带材第3部分：尺寸偏差》、GBT 3198-2020《铝及铝合金箔》要求要高得多，在西南铝进行了调查，部份用户对厚度公差要求如下表所示。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 厚度mm | 公差mm | | 测厚仪最大允许误差mm | 测厚仪最大允许相对误差 |
| 下偏差 | 上偏差 |
| 0.2 | -0.003 | 0.003 | ±0.0010 | ±0.50% |
| 0.245 | -0.003 | 0.003 | ±0.0010 | ±0.41% |
| 0.3 | -0.003 | 0.003 | ±0.0010 | ±0.33% |
| 0.5 | -0.01 | 0.01 | ±0.0033 | ±0.67% |
| 0.6 | -0.01 | 0.015 | ±0.0042 | ±0.69% |
| 0.8 | -0.022 | -0.005 | ±0.0028 | ±0.35% |
| 1 | -0.02 | 0.02 | ±0.0067 | ±0.67% |
| 1.2 | -0.03 | 0.03 | ±0.0100 | ±0.83% |
| 2 | -0.03 | 0.03 | ±0.0100 | ±0.50% |
| 2.5 | -0.05 | 0.01 | ±0.0100 | ±0.40% |
| 3 | 0 | 0.06 | ±0.0100 | ±0.33% |
| 3.2 | -0.03 | 0.03 | ±0.0100 | ±0.31% |
| 4.91 | -0.05 | 0.05 | ±0.0167 | ±0.34% |
| 5.88 | -0.15 | 0.05 | ±0.0333 | ±0.57% |
| 6 | -0.2 | 0 | ±0.0333 | ±0.56% |

另根据YST457-2021《铝箔用冷轧带材》，带材厚度允许偏差为带材公称厚度的3%，以及现在正起草的标准GBT3880.3-202X。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引用标准 | 厚度mm | 公差mm | | 测厚仪最大允许误差mm | 测厚仪最大允许相对误差 |
| 上偏差 | 下偏差 |
| GBT3880.3-202X冷轧高精 | 0.4 | -0.01 | 0.01 | 0.0033 | 0.83% |
| GBT3880.3-202X冷轧高精 | 0.6 | -0.02 | 0.02 | 0.0067 | 1.11% |
| GBT3880.3-202X冷轧高精 | 1.8 | -0.03 | 0.03 | 0.0100 | 0.56% |
| GBT3880.3-202X冷轧高精 | 2.5 | -0.04 | 0.04 | 0.0133 | 0.53% |
| GBT3880.3-202X冷轧高精 | 3.5 | -0.05 | 0.05 | 0.0167 | 0.48% |
| GBT3880.3-202X冷轧高精 | 4 | -0.06 | 0.06 | 0.0200 | 0.50% |
| GBT3880.3-202X冷轧高精 | 5 | -0.07 | 0.07 | 0.0233 | 0.47% |
| GBT3880.3-202X冷轧高精 | 7 | -0.08 | 0.08 | 0.0267 | 0.38% |
|  |  |  |  |  |  |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 4 | -0.12 | 0.12 | 0.0400 | 1.00% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 5 | -0.15 | 0.15 | 0.0500 | 1.00% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 6 | -0.16 | 0.16 | 0.0533 | 0.89% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 8 | -0.18 | 0.18 | 0.0600 | 0.75% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 10 | -0.23 | 0.23 | 0.0767 | 0.77% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 15 | -0.25 | 0.25 | 0.0833 | 0.56% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 20 | -0.3 | 0.3 | 0.1000 | 0.50% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 30 | -0.35 | 0.35 | 0.1167 | 0.39% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 40 | -0.4 | 0.4 | 0.1333 | 0.33% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 50 | -0.45 | 0.45 | 0.1500 | 0.30% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 60 | -0.6 | 0.6 | 0.2000 | 0.33% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 80 | -0.8 | 0.8 | 0.2667 | 0.33% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 100 | -0.9 | 0.9 | 0.3000 | 0.30% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 150 | -1.1 | 1.1 | 0.3667 | 0.24% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 220 | -1.3 | 1.3 | 0.4333 | 0.20% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 350 | -1.4 | 1.4 | 0.4667 | 0.13% |
| GBT3880.3-202X热轧高精 | 435 | -1.8 | 1.8 | 0.6000 | 0.14% |

因此将表1测厚仪的示值最大允许误差、重复性的要求改为如下

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量范围 | 示值最大允许误差 | 重复性 |
| ≤0.2 mm | ±0.5%读数或±0.1μm，二者取大值 | 0.25%读数或0.1μm，二者取大值 |
| >0.2 mm～10 mm | ±0.2%读数或±1μm，二者取大值 | 0.15%读数或1μm，二者取大值 |
| >10 mm | ±0.1%读数或±20μm，二者取大值 | 0.10%读数或20μm，二者取大值 |

* 1. 校准条件

校准条件包括校准用计量标准、校准环境条件和其它条件，为了使穿透式在线测厚仪的漏射线不影响工作人员身体健康，规范要求漏射线最大剂量当量率应符合有关规定；为使测量结果具有尽可能小的不确定度，需要具备一定准确度要求的计量标准以满足用户对测量不确定度的要求、能覆盖被校设备实际校准范围。本规范是按上述原则确定校准条件的。

根据2023年7月征求意见稿反馈意见，将“穿透式测厚仪的漏射线最大剂量当量率应符合有关规定。”，修改为：“穿透式测厚仪的漏射线最大剂量当量率应符合GBZ117-2022《工业探伤放射防护标准》要求”。

根据2023年7月征求意见稿反馈意见，将“环境温度控制在10℃～45℃”根据JJG480-2007,修改为“校准室内温度: (20±10)℃,其温度变化不大于5℃/h;环境相对湿度不大于75%”。

根据2023年11月预审会意见，将表2中的技术要求“标准厚度板厚度测量不确定度不超过测厚仪最大允许误差的1/3，其板形必须平整，无划伤、毛刺、凹凸、霉点等缺陷。”，修改为：“见附录C、附录D”。

* 1. 校准项目和校准方法

1）关于校准项目

校准项目：重复性、示值误差、示值漂移。

1. 关于校准方法

规范对测厚仪的重复性、示值漂移的校准参考了JJG 480-2007《X射线测厚仪检定规程》，规范对校准方法进行了的详细描述，给出了相应的计算公式。规范能较好地指导校准人员对铝板带在线测厚仪进行校准，具有较强的可操作性。

根据5月西安会议意见，将讨论稿的“在测厚仪的测量范围内均匀选择5个点作为校准点”中将“测量范围”改为“使用范围”。

* 1. 校准结果表达

校准结果表达中的描述采用了JJF1071-2010中规定的内容。详细列出了校准证书应具备的信息和说明。

* 1. 复校时间间隔

给出了最长12个月复校时间间隔的建议。但客户可根据使用情况自主决定复校时间间隔。

* 1. 附录

设置了5个附录，便于校准时参考和规范化。

附录A 铝板带在线测厚仪校准记录参考格式

附录B 铝板带在线测厚仪校准证书内页参考格式

附录C 0.2mm以上厚度标准厚度板的技术要求及测量方法

附录D 0.2mm及以下厚度标准厚度板制作方法

1）根据2023年7月征求意见稿反馈意见，将D2.2“取样面积S需检测，最大允许误差不大于0.01% ”修改为“取样面积S需检测，最大允许误差不大于0.3%”

2）根据2023年7月征求意见稿反馈意见，将D.1“铝合金箔材”修改为“非复合铝箔”。

3）根据2023年7月征求意见稿反馈意见，将 *S* ——标准厚度板面积，cm2；修改为：

*S* ——标准厚度板面积，mm2

公式D.1:

**

修改为：

**

1. 根据2023年11月预审会意见，将“附录D 0.2mm及以下厚度标准厚度板制作方法”修改为：“附录D 0.2mm及以下厚度标准厚度板的技术要求及制作方法”，增加了：

D.1 标准厚度板技术要求：

标准厚度板板形必须平整，无划伤、毛刺、凹凸、霉点等缺陷，当测厚仪为穿透式时，标准厚度板的材料应选用与测厚仪待测产品材料同类型号材质。

修改D2.2“取样面积S需检测，最大允许误差不大于0.3% ”为D3.2“取样面积S需检测，最大允许误差不大于0.1% ”

附录E 测厚仪示值误差测量不确定度评定示例

三、规范水平分析

本规范根据现有在线测厚仪技术性能及产品技术要求提出了对在线测厚仪的计量要求，以校准在线测厚仪的标准厚度板的技术要求、制作方法，制订了对测厚仪计量特性的校准方法，规范可操作性强，水平达到国内领先。

四、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本规范与有关的现行法律、法规和国家计量技术规范具有一致性，无冲突之处。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

六、规范作为强制性或推荐性国家（或行业）技术规范的建议

建议本规范作为推荐性行业计量技术规范，供相关行业参考采用。

七、贯彻技术规范的要求和措施建议

无。

八、废止现行有关技术规范的建议

无。

九、预期效果

本规范的制定使铝板带在线测厚仪的校准更加全面、明确，且有了可靠依据。

十、其他应予说明的事项

无。

《铝板带在线测厚仪校准规范》规范编制组

2024年2月25日