**《电热水器用铝合金牺牲阳极》**

**编制说明**

**（预审稿）**

**厦门火炬特种金属材料有限公司**

**2022年5月**

**一、工作简况**

**1.1 任务来源**

根据2020年12月24日，国家标准化管理委员会《国家标准化管理委员会关于下达2020年第四批推荐国家标准计划的通知》（国标委发[2020]53号）的要求，及全国有色金属标准化技术委员会《关于转发2021年第一批有色金属国家、行业标准、协会标准制（修）订项目计划的通知》（有色标委[2021]32号）的文件精神， GB/T 26287《电热水器用铝合金牺牲阳极》国家推荐性标准修订项目，计划编号20204831-T-610，项目周期为18个月，完成年限为2022年6月，标准修订单位为：厦门火炬特种金属材料有限公司、国标（北京）检验认证有限公司、北京有研特材科技有限公司。技术归口单位为全国有色金属标准化技术委员会。

**1.2 主要参加单位和工作成员及其所做工作**

**1.2.1 主要参加单位情况及所做工作**

厦门火炬特种金属材料有限公司成立于1992年，属有研科技集团有限公司控股公司。专业从事防腐阳极的研发、生产、销售和技术服务，主要产品为镁、铝和锌基牺牲阳极。在标准编制过程中，能积极主动收集国内外的铝合金牺牲阳极标准，了解铝合金牺牲阳极市场动态，到相关用户单位跟踪、调研实际使用情况，编制试验方案，统计测试数据。公司能够带领编制组成员单位认真细致修改标准文本，征求多家企业的修改意见，最终带领编制组完成标准的修订工作。

国标（北京）检验认证有限公司前身是北京有色金属研究总院分析测试技术研究所，是国家有色金属行业最知名的第三方检验机构。国标（北京）检验认证有限公司运营管理着国家有色金属及电子材料分析测试中心和国家有色金属质量监督检验中心，拥有一支基础理论扎实、实践经验丰富的研究和服务队伍。该公司在此次项目中积极参加标准调研工作，主要负责标准中化学成分、电化学性能的实验测试工作。

北京有研特材科技有限公司在此次修订项目中，积极配合编制组调研铝阳极国际市场以及发展情况，并为编制组搜集了相关的铝阳极样品以及国内外电热水器用铝阳极的技术参数，积极参与到修订内容的编制工作中。

**1.2.2 主要工作成员所负责的工作情况**

本标准主要起草人及工作职责见表1。

表1 主要起草人及工作职责

|  |  |
| --- | --- |
| 起草人 | 工作职责 |
| 韩莉 | 负责铝合金牺牲阳极标准方案制定、产品调研，负责数据采集与汇总、资料搜集、标准内容编辑等。 |
| 温军国 | 负责铝合金牺牲阳极标准方案制定、产品情况调研、资料搜集、标准技术内容的理论指导和审核等。 |
| 马志新 | 参与方案制定、组织协调产品的调研、技术参数的确定、为项目提供保障等。 |
| 樊志刚 | 提供第三方的检测服务，指导企业现场检验的规范化并编写标准的试验检测分析报告等。 |
| 陈东旭 | 负责收集国内外铝合金牺牲阳极标准及行业动态。 |
| 史学栋 | 负责测试试样的取样、制备及加工和数据整理等。 |
| 郭初蕾 | 协助负责数据采集与分析、搜集资料 |
| 李小辉 | 提供第三方的检测服务，测试数据整理。 |

**1.3 工作过程**

**1.3.1 申报阶段**

**（1）第一次标准调研**

全国有色金属标准化技术委员会发文（2018）第12号文，于2018年4月10日-11日在江苏无锡市召开有色金属标准制修订项目论证会。会上将GB/T 26287《电热水器用铝合金牺牲阳极》确定为预研项目，由厦门火炬特种金属材料有限公司（简称“厦门火炬特材”）负责调研，并收集相关资料。会后，厦门火炬特材相关技术人员走访了国内铝阳极用户南京A.O、青岛海尔、广东热水器客户，对目前热水器用铝阳极产品使用状况、需求情况、性能指标等进行了调研。北京有研特材向美国、澳大利亚、新加坡、墨西哥、印度等国外客户收集了铝阳极目前的使用和销量情况。近年来，此类铝合金牺牲阳极需求量也呈逐年增长的趋势，年需求量2018年约1800余吨，2019年超过2500吨。除原标准中的牌号外，还增加了其他牌号，应用范围更加广泛。新增牌号的铝合金阳极年需求量达500吨以上。

**（2） 第一次标准工作会议**

全国有色金属标准化技术委员会发文（2018）第50号文，于2018年10月29日-31日在安徽合肥市召开有色金属标准制修订项目年会。在此次会上，厦门火炬特种金属材料有限公司根据调研情况，将收集的资料进行汇总，提出了GB/T 26287《电热水器用铝合金牺牲阳极》修订计划、立项报告稿（1）和草案稿（1）。与会专家和企业代表认真研究和讨论，提出组建涵盖研发、生产、用户这样的一个团队共同对该项目进行修订，另外需要对国内外热水器用铝阳极标准再深入调研。会后，厦门火炬特材邀请国标（北京）检验认证有限公司（简称“国标检验”）、北京有研特材科技有限公司（简称“北京有研特材”）组建了编写组，由厦门火炬特材和国标检验共同负责化学成分和电化学性能的检测工作，由北京有研特材主要负责国内外热水器用铝阳极标准的产品调研工作，并广泛搜集下游客户对于热水器用铝阳极性能需求。会后，编制组根据收集到的信息，汇总整理后，形成了草案（2）和立项报告（2）。

**（3）第二次标准工作会议**

全国有色金属标准化技术委员会发文（2019）第28号文，于2019年4月17日-19日在浙江桐乡市召开有色金属标准项目论证会暨标准制修订工作会议。在此次会议上，与会专家对立项报告稿（2）和草案（2）进行了进行了认真研究和讨论，会上有专家针对铝阳极在热水器中使用安全性提出意见和建议，要求参编单位对此进行调研和评估。会后主编单位召集参编单位进行多轮讨论和商议后，为了保证用户的使用安全，特此将标准中的热水器限定为非饮用水的热水器，并针对其他修改意见进行了完善和补充，形成了标准草案（3）和立项报告（3）。

**1.3.2 立项阶段**

全国有色金属标准化技术委员会发文（2019）第64号文，于2019年10月29日-31日在山东泰安市召开有色金属标准年会。在此次会议上，厦门火炬特种金属材料有限公司向全体委员提交了《电热水器用铝合金牺牲阳极》标准项目修订建议书、标准草案稿（3）及立项报告稿（3）等材料，全体委员会议论证结论为同意该项目立项。由秘书处组织委员网上投票，投票通过后转报国标委，并挂网向社会公开征求意见。

2020年12月24日，国家标准化管理委员会下达了修订《电热水器用铝合金牺牲阳极》国家标准的任务，计划编号20204831-T-610，项目周期为18个月，完成年限为2022年6月，技术归口单位为全国有色金属标准化技术委员会。

**1.3.3 起草阶段**

**（1） 试验数据统计**

针对此次修订的内容，编制组分别从多家相关企业征集了4种牌号的样品，由厦门火炬特材和国标检验分别对样品进行了化学成分和电化学性能的验证试验。另外，国内外多家企业分别提供了目前批量供货的铝阳极产品规格样品和数据供编制组进行尺寸偏差分析。厦门火炬特材和北京有研特材对尺寸偏差进行了测量和数据统计分析。根据统计结果，对草案稿（3）进行了修改，形成征求意见稿（1）。

**（2）第一次项目讨论会**

2021年7月14日，在福建龙岩召开了首次讨论会，广东豪美新材股份有限公司、广东省科学院工业分析检测中心、四川三星新材料科技股份有限公司等10余家单位参加。会上各与会单位对本标准讨论稿进行了充分讨论，对铝阳极典型结构图、产品分类、产品标记、化学成分、电化学性能、外形尺寸偏差都进行了确认，另外对铝阳极纵向弯曲度测量方法也提出了改进和补充。同时还对讨论稿中的文字编辑内容也都逐一提出了修改意见。会后，编制组根据相关单位的修改意见进行了修改，形成了征求意见稿1。

**（3）第二次项目讨论会**

2021年11月9日，由全国有色金属标准化技术委员会主持，召开了修订《电热水器用铝合金牺牲阳极》国家标准讨论会，会议采用线上网络会议的形式召开，来自全国18个单位的近20位专家参加了会议。会上针对铝阳极中的铝基体和铁芯的关系进行了仔细讨论。此次会议最大的修改意见是专家们认为有必要增加铝阳极的定义，在定义中解释清楚铝基体和铁芯之间的关系，并在标准正文里分别明确铝基体和铁芯的相关技术指标。另外建议将电化学性能测试方法作为附录编写。在整理、讨论和完善了相关意见和建议后，于2021年11月形成了征求意见稿（2）。向18家单位发送征求意见稿，得到回函13份，13家单位对征求意见稿提出了修改意见。结合征求到的修改意见，编制组进一步讨论完善了标准内容，并在此基础上形成了征求意见稿（3）。同期，厦门火炬特材整理了2个新增牌号铝阳极的化学成分、力学性能的第三方检测报告，以及工艺流程图、销售情况，向全国有色金属标准化技术委员会提交了牌号备案申请表，申请相关牌号。

**（3）第三次项目讨论会**

2022年2月23日，由全国有色金属标准化技术委员会主持，召开了修订《电热水器用铝合金牺牲阳极》国家标准讨论会，会议采用线上网络会议的形式召开，来自全国9个单位的11位专家参加了会议。在本次会议上，主要修改意见是针对纵向弯曲度的测量方法上需将铝基体长度在1米以下和超过1米的分别进行描述。另外还提出了一些文字编辑的修改意见。附录的电化学性能方法，需由国标检验认证有限公司按检测规范表述要求进行重新编写。在整理和讨论相关意见和建议后，编制组在征求意见稿（3）的基础上，进一步完善了标准内容，于2022年3月形成了预审稿。

**二、 标准编制原则**

《电热水器用铝合金牺牲阳极》标准起草所遵循的基本原则和编制依据：

1. 出于对用户使用安全的考虑，限定标准中涉及的热水器是非饮用水用电热水器，增强安全保障。
2. 以满足国内外铝及铝合金牺牲阳极的实际生产和使用的需要为原则，新增两个牌号的铝阳极，提高标准的适用性。
3. 以与实际结合为原则，根据技术发展水平及测试数据，针对各种直径加工的难易程度以及客户的实际需求，增加产品分级，即普通级和高精级，并根据设备能力重新修订偏差值，提高标准的适用性。
4. 增加新增牌号的铝阳极对应的化学成分和电性能指标，确保标准的适用性。
5. 完全按照GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第一部分：标准结构和编写》的要求编写。

**三、 标准的主要内容的确定依据和主要试验和验证情况分析**

**3.1 适用范围**

考虑到用户的使用安全，本次修订特将原标准中的储水式电热水器限定为非饮用式储水式电热水器。

**3.2 规范性引用文件**

本标准引用文件全部是标准正文中需要的内容，同时是本标准应用不可缺少的文件。本标准按照GB/T 1.1的规定对引用文件进行描述和归类，共列出引用文件9项。与上一版标准相比，新版标准新引入了GB/T 196《普通螺纹 基本尺寸》、GB/T 223《钢铁及合金化学分析方法》、GB/T 700《碳素结构钢》、GB/T 3199 《铝及铝合金加工产品包装、标志、运输、贮存》、GB/T 17432《变形铝及铝合金化学成分分析取样方法》作为常规生产检验和质量仲裁的依据。

原引用文件中，GB/T 4950《锌-铝-镉合金牺牲阳极》、GB/T 13013《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》2项引用标准，因标准更新或试验、测量方法不再适用等原因而删除。

**3.3 术语和定义**

本标准将铝合金牺牲阳极进行了定义，明确了铝合金牺牲阳极是由铝基体和铁芯组成，并说明了铝基体和铁芯在阴极保护中所发挥的作用和相互关系。

原标准中理论电容量和实际电容量的定义是通用术语，且不符合标准编写的原则，因此不再此处进行定义，而改为电化学性能技术要求表7中的注释。

**3.4 产品分类**

**3.4.1 铝阳极类别、牌号和尺寸规格**

近年来，国内外热水器用铝合金牺牲阳极已经有了比较成熟的应用市场，产品性能稳定。与原标准相比，本次修订在前期调研的基础上，以国内外热水器用铝阳极的实际应用为出发点，新增了2个铝阳极牌号8××1和8××2，其中8××1等与澳大利亚标准AS2239-2003中A5铝阳极相同。本次修订综合考虑加工方式和连接方式，对铝阳极的典型结构、尺寸规格以及铁芯的加工形式进行了修订、补充和完善。其中铝阳极的典型结构除了原标准的丝杆型式外，还增加了目前已广泛使用的长度更长的螺帽式铝阳极。阳极棒最长长度由1000mm变化到2000mm。铁芯直径不局限于φ4，而是将范围扩展为φ2.0～φ6.0mm，并且丝杆式的铝阳极也不仅仅局限于铁芯螺纹规格M4丝杆，还增加了M6、M8规格的丝杆。此次修订还针对铁芯的螺纹规格，特别引用了GB/T 196《普通螺纹 基本尺寸》标准，使得铁芯螺纹的加工更具规范性。本次修订还增加了铁芯外露的长度和安装深度，使得此标准在生产应用中更具指导意义。

**3.4.2 标记示例**

按照标准编写规则，本次修订将产品标记由原标准的生产方法、牌号、直径、标准编号的顺序更改为产品名称、本文件编号、牌号、生产代号、铝基体直径、铝阳极长度、铁芯规格的顺序来表示。修改后的标记方式更符合生产实际，标记信息更加全面清晰，标识辨识度更高，可操作性更强。

**3.5 技术要求**

**3.5.1 化学成分**

**3.5.1.1 铝基体化学成分**

本次修订针对这4个牌号的铝阳极，各收集了10炉次样品进行了化学成分的验证，分别由厦门火炬特材和国标检验进行了检测，实测数据见表2。

表2铝阳极化学成分测试结果统计表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 样本量 | 化学成分（质量分数）/% | | | | | | | | | | | | |
| Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Zn | Sn | Bi | B | Ga | 其他 | | Ala |
| 单个 | 合计 |
| 8A20 | 10炉 | 0.03  -  0.06 | 0.070-  0.101 | 0.0001  -  0.0004 | ＜0.005 | 0.0001  -  0.0034 | 0.001  -  0.009 | 0.17  -  0.22 | 0.10-  0.17 | 0.002-  0.013 | 0.010-  0.018 | 0.10 | 0.20 | 余量 |
| 8A21 | 10炉 | 0.03  -  0.05 | 0.045-  0.107 | 0.0001  -  0.0005 | ＜0.005 | 0.0001  -  0.0017 | 0.001  -  0.004 | 0.16  -  0.22 | 0.10-  0.18 | 0.004  -  0.013 | 0.011-  0.016 | 0.03 | 0.10 | 余量 |
| 8××1 | 10炉 | 0.28  -  0.48 | 0.61  -  0.89 | - | - | - | 4.02  -  4.70 | 0.12-  0.17 | \_ | \_ | \_ | 0.03 | 0.30 | 余量 |
| 8××2 | 10炉 | 0.025-  0.035 | 0.056-  0.077 | 0.0003-  0.0026 | - | - | 13.40  -  15.72 | 0.12  -  0.28 | \_ | \_ | \_ | 0.03 | 0.30 | 余量 |

根据实测数据情况看，目前这4个牌号的铝阳极的化学成分能满足现行相关标准和客户使用要求，与现行标准不冲突。同时根据GB/T 3190-2020《变形铝及铝合金化学成分》标准，对化学成分表中元素的顺序进行了调整，并且增加了对元素含量数值、极限数值、单个元素含量、合计的注释说明，使得化学成分的技术要求更加明确和规范。

**3.5.1.2 铁芯化学成分**

本次修订针对铁芯的材质，如客户无特殊要求时，推荐采用Q235材质，并且引用标准GB/T 700《碳素结构钢》。原标准中引用的GB/T 13013《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》不再适用。

**3.5.2 尺寸允许偏差**

在实际调研中，原有标准的外形尺寸直径、长度、弯曲度的偏差要求较严格，而且也远远高于用户的使用需求，在实际生产中造成一定程度的资源浪费。具体调研情况见表3。

表3 尺寸允许偏差调研情况

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 企业 | 生产方法 | 技术要求 | | | |
| 直径 | 长度 | 弯曲度 | 同心度 |
| 国内A企业 | 挤压 | 0  -0.5mm | ±6.35 mm | ≤4mm/m | 未作要求 |
| 国内B企业 | 挤压 | ±0.5mm | ±3 mm | ≤5mm/m | 未作要求 |
| 铸造 | ±1mm | ±5 mm | ≤5mm/m | 未作要求 |
| 国内C企业 | 挤压 | ±0.2mm | ±2 mm | ≤4mm/m | 未作要求 |
| 铸造 | ±1mm | ±3mm | ≤4mm/m | 未作要求 |
| 国外D企业 | 挤压 | -0.5mm | ±8mm | ≤6mm/m | 未作要求 |
| 国外E企业 | 挤压 | ±0.5mm | ±6 mm | ≤4mm/m | 未作要求 |
| 国外F企业 | 挤压 | -0.5mm | ±6.35 mm | ≤4mm/m | 未作要求 |
| +0.3  -0.5 | ±4 mm | ≤4mm/m | 未作要求 |
| 国外G企业 | 挤压 | ±0.5mm | ±3 mm | ≤4mm/m | 未作要求 |

从调研数据中可以看出，目前市场上的铝阳极直径允许偏差主要在±0.5mm范围内，长度允许偏差根据产品规格不同，主要在±3mm～±8mm之间。弯曲度允许偏差为≤6mm/m。与原标准直径允许偏差-0.15～-0.08mm，长度允许偏差+2～+4，弯曲度允许偏差0.8～2.5相比，要宽松很多。为此编制组在调研数据的基础上，参考GB/T 3191-2019《铝及铝合金挤压棒材》以及GB/T 17731-2015《镁合金牺牲阳极》的编制思路，对铝阳极的外形尺寸偏差进行了分级，将原标准的偏差要求定为高精级，另根据目前产品的实际使用情况和加工情况，增加了普通级铝阳极产品的偏差要求，使得生产企业和用户根据实际需要进行选择，以提高标准的适用性。

此次修订，还增加了对铁芯外露长度和安装深度的偏差要求，可使本标准对于生产企业和客户更有指导意义。

**3.5.2.1铸造铝阳极尺寸允许偏差**

**（1）铸造铝基体直径允许偏差**

原标准中铝阳极直径允许偏差在-0.15～-0.08mm，在前期调研中了解到，铸造铝阳极生产过程要达到这样的偏差要求，还需增加后续精加工工序，这在实际加工过程造成了一定的资源浪费，且产品的用途是消耗性的普通产品，大部分客户需求远比此要求宽松，不需要浪费更多的成本追求更高的精度。因此此次修订将铸造铝基体的直径允许偏差修订为±1mm。国内B企业和国内C企业提供了铸造铝阳极样品。测量数据统计见表4。测试数据结果显示，铸造铝阳极的铝基体直径偏差符合±1mm。

表4 铸造铝阳极铝基体直径偏差统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 铝阳极直径  /mm | 调研企业 | 样本数量  /支 | 直径实测数据范围  /mm | 偏差值  /mm | 标准指标/mm | 是否符合 |
| 12.7 | B企业 | 50 | 11.99-13.63 | -0.71～+0.93 | ±1 | 符合 |
| C企业 | 50 | 11.95-13.65 | -0.75～+0.95 | ±1 | 符合 |
| 19.05 | B企业 | 50 | 18.15-20.01 | -0.90～+0.96 | ±1 | 符合 |
| C企业 | 50 | 18.11-19.97 | -0.94～+0.92 | ±1 | 符合 |
| 21.3 | B企业 | 50 | 20.95-22.03 | -0.35～+0.73 | ±1 | 符合 |
| C企业 | 50 | 20.90-22.09 | -0.4～+0.79 | ±1 | 符合 |
| 25.5 | B企业 | 50 | 24.87-26.01 | -0.63～+0.51 | ±1 | 符合 |
| C企业 | 50 | 24.85-26.05 | -0.65～+0.55 | ±1 | 符合 |
| 33.3 | B企业 | 50 | 32.69-33.55 | -0.61～+0.25 | ±1 | 符合 |
| C企业 | 50 | 32.67-33.59 | -0.63～+0.29 | ±1 | 符合 |

**（2）铸造铝基体长度允许偏差**

原标准的长度偏差值都是正偏差，在实际生产中造成了一定的资源浪费。为了积极响应国家供给侧改革、减少资源浪费、提高工作效率、降低生产成本，同时随着铝阳极的广泛使用，下游生产企业对铝阳极产品的规格需求增加。本标准在增加铸造铝阳极长度范围的同时，对不同长度规格的偏差要求做进一步细化，以适应市场需求的实际变化和客观要求。具体调整见表5。

表5 铸造铝阳极铝基体长度允许偏差对比表

单位：毫米

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 修订前 | | 修订后 | |
| 长度区间 | 长度偏差 | 长度区间 | 长度偏差 |
| ≤200 | ＋2.0  0 | 70～150 | ±2 |
| ＞200～500 | ＋3.0  0 | ﹥150～300 | ±3 |
| ＞500～1000 | ＋4.0  0 | ﹥300 | ±4 |

国内B企业和国内C企业提供了铸造铝阳极样品。测量数据统计表见表6。数据测试结果显示铸造铝阳极的铝基体长度偏差值全部能达到本标准要求，实测的部分产品一些实测数据能满足原标准要求，这说明本次修订制定的偏差值更具有适用性，不需要浪费更多的成本追求更高的精度或是质量的波动导致部分超出高精级要求。

表6铸造铝基体长度偏差数据统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标称长度  /mm | 调研企业 | 样本数量  /支 | 长度实测数据范围/mm | 偏差值  /mm | 标准指标/mm | 是否符合 |
| 88.0 | B企业 | 50 | 86.0-90.0 | -2～+2 | ±2 | 符合 |
| C企业 | 50 | 86.0-90.0 | -2～+2 | ±2 | 符合 |
| 143.0 | B企业 | 50 | 41.0-145.0 | -2～+2 | ±2 | 符合 |
| C企业 | 50 | 141.0-145.0 | -2～+2 | ±3 | 符合 |
| 244.0 | B企业 | 50 | 241.0-246.0 | -3～+2 | ±3 | 符合 |
| C企业 | 50 | 241.0-247.0 | -3～+3 | ±3 | 符合 |
| 300.0 | B企业 | 50 | 297.0-301.0 | -3～+1 | ±3 | 符合 |
| C企业 | 50 | 297-302 | -3～+2 | ±3 | 符合 |
| 497.0 | B企业 | 50 | 493-500 | -4～+3 | ±4 | 符合 |
| C企业 | 50 | 493-499 | -4～+2 | ±4 | 符合 |
| 599.0 | B企业 | 50 | 595-602 | -4～+3 | ±4 | 符合 |
| C企业 | 50 | 596-602 | -3～+3 | ±4 | 符合 |

**（3）铸造铝阳极铁芯外露长度和铁芯安装深度允许偏差**

编制组对铸造铝阳极铁芯外露的长度和铁芯安装深度偏差分别进行了统计，具体统计结果见表7。从实测结果看，铁芯外露长度和安装深度均能满足本标准的要求。这两项指标非铝阳极产品的关键指标，测量精度不需要太高，仅起参考作用即可。实际使用中，还主要以客户安装需求为主。

表7 铸造铝阳极铁芯外露长度和安装深度偏差统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 铁芯外露长度/mm | 调研企业 | 样本数量  /支 | 铁芯外露长度实测数据范围/mm | 偏差值  /mm | 标准指标/mm | 是否符合 |
| 10 | B企业 | 50 | 9.3-10.8 | -0.7～+0.8 | ±1 | 符合 |
| C企业 | 50 | 9.2-10.8 | -0.8～+0.8 | ±1 | 符合 |
| 13 | B企业 | 50 | 12.1-13.9 | -0.9～+0.9 | ±1 | 符合 |
| C企业 | 50 | 12.1-13.9 | -0.9～+0.9 | ±1 | 符合 |
| 铁芯安装深度/mm | 调研企业 | 样本数量  /支 | 铁芯安装深度实测数据范围/mm | 偏差值  /mm | 标准指标/mm | 是否符合 |
| 45 | B企业 | 50 | 43-47 | -2～+2 | ±2 | 符合 |
| C企业 | 50 | 43-47 | -2～+2 | ±2 | 符合 |
| 55 | B企业 | 50 | 53-56 | -2～+1 | ±2 | 符合 |
| C企业 | 50 | 53-57 | -2～+2 | ±2 | 符合 |

**3.5.2.2挤压铝阳极尺寸允许偏差**

（1）**挤压铝基体直径允许偏差**

挤压铝阳极，由于加工精度比铸造铝阳极的要高，原标准中对铝阳极的直径偏差，在挤压铝阳极生产过程，只要控制好挤压模具的精度是可以满足的。但仍然会增加很大的生产成本，且客户的实际需求也比较宽松。因此此次修订将原标准的直径偏差作为高精级挤压铝阳极的技术要求。根据实际调研情况，增加普通级产品的直径偏差。具体增加内容见表8。国内A企业和国内H企业提供了普通级别的挤压铝阳极样品。实测数据见表9。

表8 铝阳极铝基体直径允许偏差对比表

单位：毫米

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 直径范围 | 直径偏差 | |
| 修订前（高精级） | 修订后（普通级） |
| 12.00～20.00 | 0  -0.08 | ±0.50 |
| ﹥20.00～26.00 | 0  -0.12 |
| ﹥26.00～35.00 | 0  -0.15 |

表9 普通级挤压铝阳极铝基体直径偏差统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 铝阳极直径  /mm | 调研企业 | 样本数量  /支 | 直径实测数据范围  /mm | 偏差值  /mm | 标准指标/mm | 是否符合 |
| 12.70 | H企业 | 50 | 12.57-13.11 | -0.13～+0.41 | ±0.50 | 符合 |
| A企业 | 50 | 12.55-13.11 | -0.15～+0.41 | ±0.50 | 符合 |
| 19.05 | H企业 | 50 | 18.65-19.33 | -0.40～+0.28 | ±0.50 | 符合 |
| A企业 | 50 | 18.62-19.35 | -0.43～+0.3 | ±0.50 | 符合 |
| 21.30 | H企业 | 50 | 20.92-21.43 | -0.38～+0.13 | ±0.50 | 符合 |
| A企业 | 50 | 20.90-21.47 | -0.40～+0.17 | ±0.50 | 符合 |
| 25.50 | H企业 | 50 | 25.15-25.63 | -0.35～+0.13 | ±0.5 | 符合 |
| A企业 | 50 | 25.11-25.65 | -0.39～+0.15 | ±0.50 | 符合 |
| 33.30 | H企业 | 50 | 32.98-33.33 | -0.32～+0.03 | ±0.50 | 符合 |
| A企业 | 50 | 32.94-33.33 | -0.36～+0.03 | ±0.5 | 符合 |

实测数据结果显示均能满足普通级直径偏差要求，其中一些还能满足高精级要求，这说明高精级是可以达到的，但因为产品的用途是普通消耗产品，所以不需要浪费更多的成本追求更高精度或是质量的波动导致部分超出高精级要求。但这也对各生产企业提出了要求，如何更稳定的控制，促使更多的产品指标范围落入高精级范围内，有利于行业整体水平的提升，促使产品向高精级提升。

**（2）挤压铝基体长度允许偏差**

同直径偏差情况一样，此次修订将原标准的长度偏差作为高精级挤压铝阳极的技术要求。另外根据实际调研情况，增加了挤压铝阳极产品的长度规格，同时增加了普通级产品的长度偏差。具体调整情况见表10。国内A企业、B企业、C企业、H企业和I企业分别提供了普通级别的挤压铝阳极样品。具体测量数据统计表见表11。测量数据显示实测产品均能满足普通级长度偏差要求，其中一些产品还满足高精级要求。

表10 铝阳极铝基体长度允许偏差对比表

单位：毫米

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 直径范围 | 直径偏差 | |
| 修订前（高精级） | 修订后（普通级） |
| ≤200.0 | ＋2.0  0 | ±3.0 |
| ﹥200.0～500.0 | ＋3.0  0 | ±4.0 |
| ﹥500.0～1000.0 | ＋4.0  0 | ±6.0 |
| ﹥1000.0～2000.0 | — | ±8.0 |

表11挤压铝基体长度偏差数据统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标称长度  /mm | 调研企业 | 样本数量  /支 | 长度实测数据范围/mm | 偏差值  /mm | 标准指标/mm | 是否符合 |
| 88.0 | I企业 | 50 | 86.0-90.0 | -2.0～+2.0 | ±3.0 | 符合 |
| A企业 | 50 | 86.0-90.0 | -2.0～+2.0 | ±3.0 | 符合 |
| 143.0 | I企业 | 50 | 141.0-145.0 | -2.0～+2.0 | ±3.0 | 符合 |
| B企业 | 50 | 141.0-145.0 | -2.0～+2.0 | ±3.0 | 符合 |
| 244.0 | I企业 | 50 | 241.0-246.0 | -3.0～+2.0 | ±4.0 | 符合 |
| B企业 | 50 | 241.0-247.0 | -3.0～+3.0 | ±4.0 | 符合 |
| 497.0 | H企业 | 50 | 495.0-498.0 | -2.0～+1.0 | ±4.0 | 符合 |
| C企业 | 50 | 494.0-498.0 | -3.0～+1.0 | ±4.0 | 符合 |
| 599.0 | H企业 | 50 | 597.0-601.0 | -2.0～+2.0 | ±6.0 | 符合 |
| A企业 | 50 | 596.0-602.0 | -3.0～+3.0 | ±6.0 | 符合 |
| 929.0 | H企业 | 50 | 925.0-930.0 | -4.0～+1.0 | ±6.0 | 符合 |
| A企业 | 50 | 925-932 | -4.0～+3.0 | ±6.0 | 符合 |
| 1006.0 | H企业 | 50 | 1000.0-1008.0 | -6.0～+2.0 | ±8.0 | 符合 |
| A企业 | 50 | 999.0-1008.0 | -7.0～+2.0 | ±8.0 | 符合 |
| 1336.0 | H企业 | 50 | 1329.0-1338.0 | -7.0～+2.0 | ±8.0 | 符合 |
| A企业 | 50 | 1331.0-1340.0 | -5.0～+4.0 | ±8.0 | 符合 |

**（3）挤压铝阳极铁芯外露长度和铁芯安装深度允许偏差**

铁芯作为铝阳极产品的一个组成部分，主要起连接铝基体和被保护钢构件的作用。编制组对挤压铝阳极铁芯外露的长度和铁芯安装深度偏差分别进行了统计，具体统计结果见表12。从实测结果看，铁芯外露长度和安装深度均能满足本标准的要求。这两项指标非铝阳极产品的关键指标，测量精度可降低，仅作为参考作用即可。实际使用中，还主要以客户安装需求为主。

表12 挤压铝阳极铁芯外露长度和安装深度偏差统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 铁芯外露长度/mm | 调研企业 | 样本数量  /支 | 铁芯外露长度实测数据范围/mm | 偏差值  /mm | 标准指标/mm | 是否符合 |
| 11 | H企业 | 50 | 10.3-11.9 | -0.7～+0.9 | ±1 | 符合 |
| A企业 | 50 | 10.2-11.9 | -0.8～+0.9 | ±1 | 符合 |
| 13 | H企业 | 50 | 12.2-13.9 | -0.8～+0.9 | ±1 | 符合 |
| A企业 | 50 | 12.1-14.0 | -0.9～+1.0 | ±1 | 符合 |
| 铁芯安装深度/mm | 调研企业 | 样本数量/支 | 铁芯安装深度实测数据范围/mm | 偏差值/mm | 标准指标/mm | 是否符合 |
| 35 | I企业 | 50 | 33-36 | -2～+2 | ±2 | 符合 |
| A企业 | 50 | 33-36 | -2～+2 | ±2 | 符合 |
| 40 | H企业 | 50 | 39-42 | -1～+2 | ±2 | 符合 |
| A企业 | 50 | 38-42 | -2～+2 | ±2 | 符合 |

**（4）挤压铝阳极铁芯直径偏差**

国内A企业、B企业、C企业、H企业、I企业分别提供了相关普通级别的挤压铝阳极样品。铁芯直径测量数据统计见表13。根据数据统计结果，挤压铝阳极的铁芯直径的偏差符合±0.40mm

表13 挤压铝阳极铁芯直径偏差统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 铁芯标称直径  /mm | 调研企业 | 样本数量  /支 | 铁芯直径实测数据范围  /mm | 铁芯直径偏差值  /mm | 标准指标/mm | 是否符合 |
| 2.0 | H企业 | 50 | 1.65-2.24 | -0.3～+0.2 | ±0.40 | 符合 |
| A企业 | 50 | 1.83-2.16 | -0.2～+0.2 | ±0.40 | 符合 |
| 3.2 | H企业 | 50 | 3.05-3.37 | -0.2～+0.2 | ±0.40 | 符合 |
| B企业 | 50 | 3.02-3.39 | -0.2～+0.2 | ±0.40 | 符合 |
| 3.4 | H企业 | 50 | 3.25-3.57 | -0.2～+0.1 | ±0.40 | 符合 |
| B企业 | 50 | 3.15-3.53 | -0.3～+0.1 | ±0.40 | 符合 |
| 4.2 | I企业 | 50 | 3.90-4.57 | -0.3～+0.4 | ±0.40 | 符合 |
| C企业 | 50 | 3.84-4.59 | -0.4～+0.4 | ±0.40 | 符合 |
| 5.5 | I企业 | 50 | 5.25-5.88 | -0.3～+0.4 | ±0.40 | 符合 |
| A企业 | 50 | 5.25-5.78 | -0.3～+0.3 | ±0.40 | 符合 |

3.5.3 同心度

实际调研中，各企业均反馈对该指标无特殊要求，也基本不影响用户的安装，故此次修订继续延续上一版标准中同心度要求。调研企业也反馈均能满足标准要求。

3.5.4 纵向弯曲度

原标准中弯曲度是按铝阳极长度范围进行划分的。而在实际调研中发现，铝阳极的弯曲度和的铝基体的直径和长度都有关系，另外有些挤压铝阳极的长度已经超过1000mm，原有的弯曲度指标已不满足产品要求，因此此次修订借鉴GB/T 3191 《铝及铝合金挤压棒材》，按铝基体的直径进行区间划分，结合铝基体长度，规定了各直径区间普通级和高精级铝阳极的弯曲度，具体调整见表14。普通级别铝阳极的弯曲度实测数据见表15，实测数据显示弯曲度符合规定。

表14铝阳极纵向弯曲度调整对比表

单位：毫米

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 现标准弯曲度 | | 修订后弯曲度 | | | | |
| 长度范围 | 弯曲度 | 直径范围 | 普通级 | | 高精级 | |
| 每米长度上 | 全长（L 米） | 每米长度上 | 全长（L 米） |
| ≤200.0 | ≤0.8 | 12.00～24.00 | 6.0 | 6.0×L | 3.0 | 3.0×L |
| ﹥200.0～500.0 | ≤1.5 | ﹥24.00～35.00 | 5.0 | 5.0×L | 2.5 | 2.5×L |
| ﹥500.0～1000.0 | ≤2.5 |  |  |  |  |  |

表15铝阳极的纵向弯曲度统计数据

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 调研企业 | 铝阳极直径/mm | 铝阳极长度/mm | 样本量/支 | 每米长度最大弯曲度/mm | 标准要求/mm | 是否符合 |
| B企业 | 12.70 | 497 | 100 | 1.5 | 6.0 | 符合 |
| I企业 | 12.70 | 1350 | 100 | 5.3 | 6.0 | 符合 |
| A企业 | 21.30 | 1350 | 100 | 3.5 | 6.0 | 符合 |
| H企业 | 25.50 | 1100 | 100 | 4.7 | 5.0 | 符合 |
| B企业 | 33.30 | 1046 | 100 | 4.2 | 5.0 | 符合 |

**3.5.5 铝阳极的电化学性能**

在电化学性能检测中，目前国内外客户广泛使用的电解液是饱和硫酸钙-氢氧化镁溶液。针对这4个牌号铝阳极，按照GB/T24488标准测试方法，采用饱和硫酸钙-氢氧化镁溶液，对收集到的样品进行了电化学性能数据进行验证。根据各家企业的反馈情况和检测结果，我们修改了8A20、8A21牌号（GB/T 26287-2010中8A02、8B02）的开路电位与闭路电位要求，并提出了8××1（AS 2239-2003中的A5）和8××2牌号的开路电位、闭路电位及电流效率等指标的参考值。其中各牌号铝阳极的理论电容量按公式（1）计算，实际电容量按公式（2）计算，电流效率η按公式（3）计算。

……………………（1）

式中：

*Q0*—理论电容量，单位安培小时每千克（A·h/kg）

*A、B、C*—合金成分质量百分比，单位%

*X、Y、Z*—合金成分的理论电容量，单位安培小时每千克（A·h/kg）

…………………………………（2）

式中：

*Qg*—实际电容量，单位安培小时每千克（A·h/kg）

*Q1*—电子库仑计读数，单位安培秒（A·S）

*m1*—铝阳极试样试验前初始重量，单位kg

*m2*—铝阳极试样试验后最终重量，单位kg

……………………………………（3）

式中：

η—电流效率；

*Qg*—实际电容量，单位安培小时每千克（A·h/kg）

*Q0*—理论电容量，单位安培小时每千克（A·h/kg）

经计算，本标准四个牌号8A20、8A21、8xx1、8xx2铝阳极的理论电容量分别为2980 A·h/kg、2980 A·h/kg、2880 A·h/kg、2660 A·h/kg。

**3.5.5.1 8A20牌号铝阳极电化学性能**

共收集8A20牌号牌号铝阳极电化学性能数据100组。具体测试数据统计表见表16，开路电位算数平均值统计图见图1，第14天闭路电位算数平均值统计图见图2，电流效率算数平均值统计图见图3。

表16 8A20牌号铝阳极电化学性能测试数据统计表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 调研企业 | 样本数量/组 | 开路电位算术平均值/V，SCE | 第14天闭路电位 算术平均值/V，SCE | 电流效率算术平均值/% | 是否符合 |
| A企业 | 25 | -1.578 | -1.479 | 42.15 | 符合 |
| -1.530 | -1.445 | 43.12 | 符合 |
| -1.571 | -1.470 | 42.66 | 符合 |
| -1.572 | -1.477 | 42.96 | 符合 |
| -1.545 | -1.444 | 42.95 | 符合 |
| -1.577 | -1.478 | 42.18 | 符合 |
| -1.510 | -1.413 | 43.36 | 符合 |
| -1.559 | -1.466 | 42.63 | 符合 |
| -1.463 | -1.371 | 44.03 | 符合 |
| -1.398 | -1.301 | 45.54 | 符合 |
| -1.492 | -1.397 | 43.68 | 符合 |
| -1.569 | -1.470 | 42.48 | 符合 |
| -1.506 | -1.412 | 43.48 | 符合 |
| -1.417 | -1.313 | 45.30 | 符合 |
| -1.547 | -1.453 | 42.87 | 符合 |
| -1.560 | -1.468 | 42.55 | 符合 |
| -1.506 | -1.412 | 43.47 | 符合 |
| -1.574 | -1.478 | 42.19 | 符合 |
| -1.399 | -1.301 | 45.51 | 符合 |
| -1.558 | -1.465 | 42.64 | 符合 |
| -1.522 | -1.431 | 43.24 | 符合 |
| -1.572 | -1.474 | 42.31 | 符合 |
| -1.531 | -1.451 | 43.08 | 符合 |
| -1.519 | -1.423 | 43.28 | 符合 |
| -1.508 | -1.412 | 42.20 | 符合 |
| I企业 | 25 | -1.383 | -1.286 | 45.85 | 符合 |
| -1.382 | -1.284 | 45.78 | 符合 |
| -1.393 | -1.296 | 45.66 | 符合 |
| -1.413 | -1.306 | 45.74 | 符合 |
| -1.459 | -1.365 | 44.82 | 符合 |
| -1.381 | -1.282 | 45.71 | 符合 |
| -1.481 | -1.391 | 43.77 | 符合 |
| -1.433 | -1.326 | 44.86 | 符合 |
| -1.453 | -1.357 | 44.32 | 符合 |
| -1.396 | -1.299 | 45.65 | 符合 |
| -1.436 | -1.328 | 44.18 | 符合 |
| -1.474 | -1.386 | 43.88 | 符合 |
| -1.523 | -1.434 | 43.23 | 符合 |
| -1.460 | -1.369 | 43.77 | 符合 |
| -1.392 | -1.295 | 45.90 | 符合 |
| -1.386 | -1.286 | 45.77 | 符合 |
| -1.389 | -1.288 | 45.29 | 符合 |
| -1.449 | -1.353 | 44.56 | 符合 |
| -1.448 | -1.350 | 44.20 | 符合 |
| -1.391 | -1.290 | 45.70 | 符合 |
| -1.502 | -1.405 | 43.55 | 符合 |
| -1.400 | -1.302 | 45.50 | 符合 |
| -1.428 | -1.322 | 44.96 | 符合 |
| -1.526 | -1.454 | 43.13 | 符合 |
| -1.469 | -1.383 | 44.03 | 符合 |
| H企业 | 50 | -1.427 | -1.316 | 45.21 | 符合 |
| -1.544 | -1.451 | 43.42 | 符合 |
| -1.417 | -1.308 | 45.36 | 符合 |
| -1.502 | -1.403 | 43.56 | 符合 |
| -1.485 | -1.391 | 43.71 | 符合 |
| -1.467 | -1.379 | 44.06 | 符合 |
| -1.453 | -1.358 | 44.75 | 符合 |
| -1.506 | -1.407 | 43.53 | 符合 |
| -1.502 | -1.403 | 43.59 | 符合 |
| -1.462 | -1.371 | 44.11 | 符合 |
| -1.449 | -1.351 | 44.65 | 符合 |
| -1.515 | -1.415 | 43.63 | 符合 |
| -1.445 | -1.344 | 44.73 | 符合 |
| -1.472 | -1.384 | 43.91 | 符合 |
| -1.449 | -1.352 | 44.13 | 符合 |
| -1.492 | -1.391 | 43.69 | 符合 |
| -1.519 | -1.417 | 43.30 | 符合 |
| -1.512 | -1.414 | 43.35 | 符合 |
| -1.450 | -1.353 | 44.48 | 符合 |
| -1.459 | -1.365 | 44.65 | 符合 |
| -1.425 | -1.314 | 45.48 | 符合 |
| -1.488 | -1.393 | 43.70 | 符合 |
| -1.447 | -1.345 | 44.04 | 符合 |
| -1.460 | -1.369 | 44.17 | 符合 |
| -1.444 | -1.340 | 44.74 | 符合 |
| -1.540 | -1.451 | 43.04 | 符合 |
| -1.478 | -1.388 | 43.83 | 符合 |
| -1.464 | -1.376 | 44.04 | 符合 |
| -1.451 | -1.355 | 44.33 | 符合 |
| -1.480 | -1.396 | 44.17 | 符合 |
| -1.457 | -1.359 | 44.21 | 符合 |
| -1.497 | -1.398 | 43.31 | 符合 |
| -1.453 | -1.357 | 44.30 | 符合 |
| -1.474 | -1.388 | 43.85 | 符合 |
| -1.462 | -1.370 | 44.63 | 符合 |
| -1.433 | -1.325 | 44.89 | 符合 |
| -1.428 | -1.324 | 44.93 | 符合 |
| -1.549 | -1.453 | 42.85 | 符合 |
| -1.414 | -1.308 | 45.41 | 符合 |
| -1.524 | -1.444 | 43.18 | 符合 |
| -1.436 | -1.331 | 44.79 | 符合 |
| -1.463 | -1.372 | 44.71 | 符合 |
| -1.506 | -1.411 | 43.49 | 符合 |
| -1.437 | -1.336 | 44.22 | 符合 |
| -1.498 | -1.399 | 43.59 | 符合 |
| -1.505 | -1.409 | 43.54 | 符合 |
| -1.557 | -1.457 | 42.35 | 符合 |
| -1.551 | -1.453 | 42.84 | 符合 |
| -1.522 | -1.426 | 43.25 | 符合 |
| -1.507 | -1.412 | 43.45 | 符合 |



图1 8A20牌号铝阳极开路电位算数平均值统计图



图2 8A20牌号铝阳极闭路电位算数平均值统计图



图3 8A20牌号铝阳极电流效率算数平均值统计图

由图表可知，8A20牌号铝阳极开路电位、闭路电位、电流效率均在指标范围内，其指标制定合理，该产品属于成熟产品。

**3.5.5.2 8A21牌号铝阳极电化学性能**

共收集8A21牌号铝阳极电化学性能数据100组。测试数据统计表见表17，开路电位算数平均值统计图见图4，第14天闭路电位算数平均值统计图见图5，电流效率算数平均值统计图见图6。

表17 8A21牌号铝阳极电化学性能测试数据统计表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 调研企业 | 样本数量/组 | 开路电位算术平均值/V，SCE | 第14天闭路电位 算术平均值/V，SCE | 电流效率 算术平均值/% | 结果判定 |
| A企业 | 25 | -1.442 | -1.351 | 44.27 | 符合 |
| -1.484 | -1.394 | 44.03 | 符合 |
| -1.482 | -1.392 | 44.54 | 符合 |
| -1.573 | -1.474 | 42.38 | 符合 |
| -1.587 | -1.477 | 42.12 | 符合 |
| -1.477 | -1.390 | 44.52 | 符合 |
| -1.503 | -1.410 | 43.70 | 符合 |
| -1.500 | -1.409 | 43.93 | 符合 |
| -1.592 | -1.496 | 42.03 | 符合 |
| -1.498 | -1.407 | 43.45 | 符合 |
| -1.529 | -1.433 | 43.25 | 符合 |
| -1.466 | -1.373 | 44.80 | 符合 |
| -1.510 | -1.417 | 43.53 | 符合 |
| -1.515 | -1.418 | 43.48 | 符合 |
| -1.542 | -1.450 | 43.08 | 符合 |
| -1.429 | -1.334 | 45.06 | 符合 |
| -1.472 | -1.384 | 43.80 | 符合 |
| -1.582 | -1.475 | 42.28 | 符合 |
| -1.456 | -1.363 | 44.78 | 符合 |
| -1.570 | -1.469 | 42.69 | 符合 |
| -1.571 | -1.473 | 42.53 | 符合 |
| -1.563 | -1.459 | 42.76 | 符合 |
| -1.567 | -1.465 | 43.28 | 符合 |
| -1.558 | -1.457 | 42.81 | 符合 |
| -1.446 | -1.352 | 44.68 | 符合 |
| I企业 | 25 | -1.479 | -1.390 | 44.11 | 符合 |
| -1.461 | -1.369 | 44.36 | 符合 |
| -1.522 | -1.428 | 43.52 | 符合 |
| -1.387 | -1.292 | 45.33 | 符合 |
| -1.396 | -1.311 | 45.73 | 符合 |
| -1.385 | -1.289 | 45.84 | 符合 |
| -1.395 | -1.310 | 45.53 | 符合 |
| -1.394 | -1.306 | 45.71 | 符合 |
| -1.408 | -1.330 | 45.16 | 符合 |
| -1.509 | -1.415 | 43.56 | 符合 |
| -1.393 | -1.305 | 45.51 | 符合 |
| -1.404 | -1.327 | 45.28 | 符合 |
| -1.459 | -1.367 | 44.37 | 符合 |
| -1.496 | -1.406 | 43.79 | 符合 |
| -1.488 | -1.395 | 43.97 | 符合 |
| -1.389 | -1.304 | 45.64 | 符合 |
| -1.432 | -1.342 | 44.96 | 符合 |
| -1.441 | -1.351 | 44.67 | 符合 |
| -1.381 | -1.282 | 45.46 | 符合 |
| -1.437 | -1.341 | 44.08 | 符合 |
| -1.423 | -1.330 | 44.87 | 符合 |
| -1.531 | -1.436 | 43.24 | 符合 |
| -1.451 | -1.355 | 44.65 | 符合 |
| -1.398 | -1.312 | 45.88 | 符合 |
| -1.461 | -1.369 | 44.36 | 符合 |
| H企业 | 50 | -1.504 | -1.413 | 43.62 | 符合 |
| -1.457 | -1.364 | 44.43 | 符合 |
| -1.406 | -1.328 | 45.18 | 符合 |
| -1.490 | -1.396 | 43.96 | 符合 |
| -1.482 | -1.392 | 44.15 | 符合 |
| -1.512 | -1.410 | 42.70 | 符合 |
| -1.429 | -1.335 | 45.04 | 符合 |
| -1.520 | -1.425 | 43.42 | 符合 |
| -1.472 | -1.387 | 44.17 | 符合 |
| -1.474 | -1.386 | 44.17 | 符合 |
| -1.486 | -1.394 | 43.50 | 符合 |
| -1.503 | -1.417 | 43.68 | 符合 |
| -1.437 | -1.342 | 44.85 | 符合 |
| -1.549 | -1.456 | 44.39 | 符合 |
| -1.442 | -1.351 | 44.76 | 符合 |
| -1.480 | -1.392 | 45.14 | 符合 |
| -1.471 | -1.382 | 44.25 | 符合 |
| -1.400 | -1.314 | 45.78 | 符合 |
| -1.466 | -1.375 | 42.89 | 符合 |
| -1.456 | -1.361 | 44.08 | 符合 |
| -1.528 | -1.429 | 43.26 | 符合 |
| -1.467 | -1.375 | 43.89 | 符合 |
| -1.441 | -1.343 | 44.64 | 符合 |
| -1.522 | -1.427 | 44.20 | 符合 |
| -1.551 | -1.458 | 42.86 | 符合 |
| -1.458 | -1.365 | 44.27 | 符合 |
| -1.492 | -1.396 | 43.73 | 符合 |
| -1.424 | -1.332 | 45.10 | 符合 |
| -1.453 | -1.356 | 44.28 | 符合 |
| -1.510 | -1.417 | 43.56 | 符合 |
| -1.461 | -1.370 | 44.33 | 符合 |
| -1.439 | -1.338 | 44.83 | 符合 |
| -1.477 | -1.385 | 44.15 | 符合 |
| -1.507 | -1.414 | 43.57 | 符合 |
| -1.434 | -1.340 | 44.94 | 符合 |
| -1.515 | -1.421 | 43.87 | 符合 |
| -1.544 | -1.453 | 43.04 | 符合 |
| -1.402 | -1.319 | 45.30 | 符合 |
| -1.536 | -1.443 | 43.12 | 符合 |
| -1.516 | -1.422 | 44.73 | 符合 |
| -1.514 | -1.418 | 43.98 | 符合 |
| -1.496 | -1.405 | 43.31 | 符合 |
| -1.533 | -1.442 | 43.18 | 符合 |
| -1.455 | -1.361 | 44.56 | 符合 |
| -1.503 | -1.412 | 43.63 | 符合 |
| -1.495 | -1.402 | 43.76 | 符合 |
| -1.450 | -1.355 | 44.04 | 符合 |
| -1.494 | -1.399 | 43.44 | 符合 |
| -1.454 | -1.359 | 44.63 | 符合 |
| -1.467 | -1.379 | 44.27 | 符合 |



图4 8A21牌号铝阳极开路电位算数平均值统计图



图5 8A21牌号铝阳极闭路电位算数平均值统计图



图6 8A21牌号铝阳极电流效率算数平均值统计图

由图表可知，8A21牌号铝阳极开路电位、闭路电位、电流效率均在指标范围内，其指标制定合理，该产品属于成熟产品。

**3.5.5.3 8XX1牌号铝阳极电化学性能**

共收集8XX1牌号铝阳极电化学性能数据100组。电化学性能测试数据统计表见表18，开路电位算数平均值统计图见图7，闭路电位算数平均值统计图见图8，电流效率算数平均值统计图见图9。

表18 8XX1牌号铝阳极电化学性能测试数据统计表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 调研企业 | 样本数量/组 | 开路电位算术平均值/V，SCE | 第14天闭路电位 算术平均值/V，SCE | 电流效率算术平均值/% | 结果判定 |
| A企业 | 25 | -1.059 | -0.973 | 55.89 | 符合 |
| -1.235 | -1.154 | 50.99 | 符合 |
| -1.271 | -1.168 | 50.16 | 符合 |
| -1.263 | -1.167 | 50.68 | 符合 |
| -1.178 | -1.089 | 55.09 | 符合 |
| -1.217 | -1.124 | 51.74 | 符合 |
| -1.103 | -1.013 | 54.36 | 符合 |
| -1.221 | -1.134 | 51.30 | 符合 |
| -1.246 | -1.161 | 50.30 | 符合 |
| -1.195 | -1.108 | 52.75 | 符合 |
| -1.118 | -1.034 | 55.22 | 符合 |
| -1.255 | -1.164 | 50.40 | 符合 |
| -1.189 | -1.101 | 52.77 | 符合 |
| -1.162 | -1.081 | 55.17 | 符合 |
| -1.151 | -1.066 | 53.97 | 符合 |
| -1.064 | -0.981 | 57.21 | 符合 |
| -1.210 | -1.122 | 52.03 | 符合 |
| -1.148 | -1.063 | 54.41 | 符合 |
| -1.165 | -1.085 | 53.84 | 符合 |
| -1.192 | -1.104 | 52.82 | 符合 |
| -1.155 | -1.070 | 54.34 | 符合 |
| -1.248 | -1.163 | 50.76 | 符合 |
| -1.159 | -1.077 | 54.27 | 符合 |
| -1.236 | -1.158 | 50.58 | 符合 |
| -1.201 | -1.113 | 52.64 | 符合 |
| I企业 | 25 | -1.161 | -1.079 | 54.00 | 符合 |
| -0.989 | -0.900 | 59.32 | 符合 |
| -1.025 | -0.921 | 58.42 | 符合 |
| -1.210 | -1.119 | 52.09 | 符合 |
| -1.000 | -0.900 | 57.63 | 符合 |
| -1.054 | -0.970 | 57.71 | 符合 |
| -1.007 | -0.904 | 59.45 | 符合 |
| -1.088 | -1.009 | 56.11 | 符合 |
| -1.013 | -0.911 | 59.30 | 符合 |
| -1.111 | -1.026 | 55.73 | 符合 |
| -1.004 | -0.903 | 59.29 | 符合 |
| -1.137 | -1.057 | 53.39 | 符合 |
| -1.078 | -1.000 | 56.61 | 符合 |
| -1.015 | -0.909 | 59.12 | 符合 |
| -0.987 | -0.888 | 59.20 | 符合 |
| -1.021 | -0.918 | 58.93 | 符合 |
| -1.020 | -0.915 | 59.04 | 符合 |
| -1.016 | -0.912 | 59.08 | 符合 |
| -1.144 | -1.062 | 54.98 | 符合 |
| -1.043 | -0.959 | 59.19 | 符合 |
| -0.982 | -0.887 | 59.48 | 符合 |
| -1.009 | -0.905 | 59.24 | 符合 |
| -1.028 | -0.924 | 58.39 | 符合 |
| -1.186 | -1.097 | 53.04 | 符合 |
| -1.068 | -0.983 | 58.23 | 符合 |
| H企业 | 50 | -1.203 | -1.115 | 52.56 | 符合 |
| -1.064 | -0.984 | 57.15 | 符合 |
| -1.111 | -1.028 | 55.68 | 符合 |
| -1.049 | -0.967 | 57.49 | 符合 |
| -1.224 | -1.143 | 51.05 | 符合 |
| -1.113 | -1.032 | 57.77 | 符合 |
| -1.074 | -0.998 | 56.67 | 符合 |
| -1.040 | -0.953 | 57.41 | 符合 |
| -1.042 | -0.958 | 57.68 | 符合 |
| -1.034 | -0.947 | 57.92 | 符合 |
| -1.164 | -1.082 | 53.86 | 符合 |
| -1.161 | -1.073 | 54.11 | 符合 |
| -1.141 | -1.059 | 55.09 | 符合 |
| -1.124 | -1.044 | 54.41 | 符合 |
| -1.131 | -1.055 | 56.82 | 符合 |
| -1.063 | -0.980 | 57.33 | 符合 |
| -1.217 | -1.125 | 51.70 | 符合 |
| -1.039 | -0.949 | 55.27 | 符合 |
| -1.054 | -0.972 | 57.42 | 符合 |
| -1.173 | -1.088 | 53.53 | 符合 |
| -1.160 | -1.078 | 54.68 | 符合 |
| -1.109 | -1.015 | 55.79 | 符合 |
| -1.126 | -1.051 | 55.16 | 符合 |
| -1.223 | -1.139 | 51.14 | 符合 |
| -1.105 | -1.013 | 57.34 | 符合 |
| -1.143 | -1.061 | 54.20 | 符合 |
| -1.221 | -1.129 | 51.59 | 符合 |
| -1.063 | -0.976 | 57.39 | 符合 |
| -1.151 | -1.069 | 55.47 | 符合 |
| -1.089 | -1.009 | 56.07 | 符合 |
| -1.198 | -1.113 | 52.70 | 符合 |
| -1.188 | -1.098 | 53.04 | 符合 |
| -1.167 | -1.087 | 53.65 | 符合 |
| -1.033 | -0.937 | 57.04 | 符合 |
| -1.159 | -1.072 | 54.29 | 符合 |
| -1.081 | -1.008 | 56.35 | 符合 |
| -1.146 | -1.062 | 54.42 | 符合 |
| -1.193 | -1.107 | 52.76 | 符合 |
| -1.073 | -0.991 | 56.39 | 符合 |
| -1.112 | -1.029 | 55.92 | 符合 |
| -1.052 | -0.968 | 57.48 | 符合 |
| -1.080 | -1.005 | 55.14 | 符合 |
| -1.191 | -1.103 | 52.93 | 符合 |
| -1.180 | -1.093 | 53.33 | 符合 |
| -1.209 | -1.116 | 52.42 | 符合 |
| -1.068 | -0.984 | 57.08 | 符合 |
| -1.154 | -1.069 | 54.35 | 符合 |
| -1.220 | -1.126 | 51.64 | 符合 |
| -1.095 | -1.011 | 56.06 | 符合 |
| -1.121 | -1.041 | 55.20 | 符合 |



图7 8XX1牌号铝阳极开路电位算数平均值统计图



图8 8XX1牌号铝阳极闭路电位算数平均值统计图



图9 8XX1牌号铝阳极电流效率算数平均值统计图

由图表可知，8XX1牌号铝阳极开路电位、闭路电位、电流效率均在指标范围内，其指标制定合理，该产品属于成熟产品。

**3.5.5.4 8XX2牌号铝阳极电化学性能**

共收集8XX2牌号铝阳极电化学性能数据100组。电化学性能测试数据统计表见表19，开路电位算数平均值统计图见图10，闭路电位算数平均值统计图见图11，电流效率算数平均值统计图见图12。

表19 8XX2牌号铝阳极电化学性能测试数据统计表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 调研企业 | 样本数量/组 | 开路电位算术平均值/V，SCE | 第14天闭路电位 算术平均值/V，SCE | 电流效率算术平均值/% | 结果判定 |
| B企业 | 25 | -1.129 | -1.021 | 68.61 | 符合 |
| -1.106 | -1.012 | 68.82 | 符合 |
| -1.201 | -1.083 | 66.09 | 符合 |
| -1.148 | -1.035 | 68.31 | 符合 |
| -1.028 | -0.918 | 71.88 | 符合 |
| -1.176 | -1.052 | 65.96 | 符合 |
| -1.041 | -0.932 | 69.81 | 符合 |
| -1.074 | -0.961 | 70.19 | 符合 |
| -1.203 | -1.090 | 66.91 | 符合 |
| -1.161 | -1.044 | 67.74 | 符合 |
| -1.179 | -1.068 | 65.62 | 符合 |
| -1.192 | -1.076 | 66.17 | 符合 |
| -1.198 | -1.078 | 66.39 | 符合 |
| -1.191 | -1.075 | 66.30 | 符合 |
| -1.084 | -0.977 | 69.75 | 符合 |
| -1.009 | -0.896 | 70.02 | 符合 |
| -1.154 | -1.038 | 67.38 | 符合 |
| -1.095 | -1.000 | 69.22 | 符合 |
| -1.103 | -1.005 | 69.00 | 符合 |
| -1.217 | -1.109 | 65.58 | 符合 |
| -1.023 | -0.915 | 72.10 | 符合 |
| -1.221 | -1.121 | 65.50 | 符合 |
| -1.213 | -1.101 | 66.77 | 符合 |
| -1.207 | -1.097 | 65.80 | 符合 |
| -1.167 | -1.056 | 67.27 | 符合 |
| C企业 | 25 | -1.005 | -0.888 | 72.68 | 符合 |
| -0.949 | -0.837 | 74.18 | 符合 |
| -0.969 | -0.863 | 73.71 | 符合 |
| -1.068 | -0.955 | 72.54 | 符合 |
| -1.052 | -0.941 | 71.09 | 符合 |
| -0.954 | -0.840 | 73.98 | 符合 |
| -0.970 | -0.867 | 72.93 | 符合 |
| -0.990 | -0.877 | 73.23 | 符合 |
| -0.962 | -0.862 | 74.28 | 符合 |
| -0.992 | -0.880 | 73.33 | 符合 |
| -1.013 | -0.902 | 70.94 | 符合 |
| -0.972 | -0.868 | 74.56 | 符合 |
| -0.961 | -0.862 | 74.60 | 符合 |
| -1.047 | -0.935 | 70.08 | 符合 |
| -0.985 | -0.875 | 72.35 | 符合 |
| -1.104 | -1.007 | 68.98 | 符合 |
| -1.090 | -0.988 | 69.33 | 符合 |
| -0.955 | -0.844 | 74.52 | 符合 |
| -1.017 | -0.912 | 72.31 | 符合 |
| -1.145 | -1.022 | 69.64 | 符合 |
| -1.008 | -0.894 | 72.52 | 符合 |
| -0.957 | -0.855 | 74.35 | 符合 |
| -0.998 | -0.884 | 73.96 | 符合 |
| -1.119 | -1.016 | 67.25 | 符合 |
| -1.040 | -0.929 | 72.42 | 符合 |
| H企业 | 50 | -1.115 | -1.015 | 68.80 | 符合 |
| -1.158 | -1.043 | 67.82 | 符合 |
| -1.153 | -1.036 | 68.23 | 符合 |
| -1.050 | -0.938 | 71.13 | 符合 |
| -1.023 | -0.915 | 72.22 | 符合 |
| -1.038 | -0.927 | 72.75 | 符合 |
| -1.148 | -1.024 | 68.05 | 符合 |
| -1.172 | -1.054 | 69.31 | 符合 |
| -1.002 | -0.885 | 72.85 | 符合 |
| -1.043 | -0.934 | 72.33 | 符合 |
| -1.173 | -1.053 | 67.14 | 符合 |
| -1.177 | -1.065 | 66.79 | 符合 |
| -1.015 | -0.906 | 70.98 | 符合 |
| -1.164 | -1.052 | 68.41 | 符合 |
| -1.162 | -1.049 | 67.68 | 符合 |
| -1.026 | -0.916 | 72.08 | 符合 |
| -1.126 | -1.017 | 68.70 | 符合 |
| -1.079 | -0.970 | 69.10 | 符合 |
| -1.077 | -0.965 | 70.81 | 符合 |
| -1.092 | -0.992 | 68.72 | 符合 |
| -1.183 | -1.074 | 66.27 | 符合 |
| -1.162 | -1.051 | 67.61 | 符合 |
| -1.012 | -0.901 | 70.92 | 符合 |
| -1.106 | -1.009 | 71.28 | 符合 |
| -1.096 | -1.002 | 69.90 | 符合 |
| -1.083 | -0.971 | 68.86 | 符合 |
| -1.086 | -0.986 | 69.38 | 符合 |
| -1.085 | -0.984 | 68.55 | 符合 |
| -1.156 | -1.040 | 67.94 | 符合 |
| -1.135 | -1.021 | 68.60 | 符合 |
| -1.181 | -1.070 | 66.67 | 符合 |
| -1.071 | -0.959 | 70.38 | 符合 |
| -1.059 | -0.952 | 71.56 | 符合 |
| -1.032 | -0.917 | 71.87 | 符合 |
| -1.014 | -0.902 | 73.11 | 符合 |
| -1.084 | -0.980 | 69.48 | 符合 |
| -0.996 | -0.882 | 73.01 | 符合 |
| -1.004 | -0.886 | 71.73 | 符合 |
| -1.049 | -0.936 | 71.18 | 符合 |
| -1.081 | -0.970 | 69.87 | 符合 |
| -1.078 | -0.967 | 69.95 | 符合 |
| -1.101 | -1.003 | 69.03 | 符合 |
| -1.165 | -1.058 | 67.35 | 符合 |
| -1.040 | -0.923 | 71.59 | 符合 |
| -1.074 | -0.963 | 71.19 | 符合 |
| -1.055 | -0.944 | 71.25 | 符合 |
| -1.070 | -0.957 | 70.52 | 符合 |
| -1.087 | -0.987 | 69.33 | 符合 |
| -1.056 | -0.947 | 72.36 | 符合 |
| -1.008 | -0.890 | 72.64 | 符合 |



图10 8XX2牌号铝阳极开路电位算数平均值统计图



图11 8XX2牌号铝阳极闭路电位算数平均值统计图



图12 8XX2牌号铝阳极电流效率算数平均值统计图

由图表可知，8XX2牌号铝阳极开路电位、闭路电位、电流效率均在指标范围内，其指标制定合理，该产品属于成熟产品。

**3.5.6 接触电阻**

本标准沿用上一版的要求，在调研现场，各企业均反馈该指标能够满足。在文字表述上，将上一版“铝阳极基体与钢芯之间不应有松动”改为“铝基体与钢芯应紧密包覆”。

**3.5.7 表面质量**

本标准在沿用上一版要求的基础上，根据生产企业的加工情况和客户的使用情况，针对铸造铝阳极表面的铸造缩孔进行了明确规定。允许铸造铝阳极表面有深度不超过铝基体直径负偏差的铸造缩孔。

**3.6试验方法**

**3.6.1 化学成分**

本标准在延续上一版标准中基材化学成分采用GB/T 7999或GB/T 20975进行分析，仲裁分析按GB/T 20975规定的方法要求外，同时引入了数值修约按GB/T 8170执行的要求。另外，新增铁芯化学成分的分析方法GB/T 223。

**3.6.2 尺寸偏差**

本标准延续上一版标准中对产品尺寸偏差的测试方法。

**3.6.3 同心度**

本标准延续上一版标准中对产品同心度的测试方法。

**3.6.4 弯曲度**

本标准对于铝基体长度在1000mm以下的铝阳极弯曲度测试方法继续沿用上一版标准弯曲度测试方法。对于铝基体长度在1000mm以上的铝阳极弯曲度测试方法采用GB/T 3191标准中弯曲度的测量方法，使得测试方法覆盖面更合理，更规范。

**3.6.5 电化学性能**

经过对国内外企业的广泛调研，各企业均反馈饱和硫酸钙-氢氧化镁溶液是目前电热水器用铝阳极市场客户认可的电解液。因此此次修订，除操作步骤操继续按照GB/T 24488方法执行外，电解液更换为饱和硫酸钙-氢氧化镁溶液，铝阳极清洗液采用更科学的体积比表示方法，修改硝酸溶液1+9。另外将电化学性能测试方法的步骤和要求详细写在附录A中，使得本标准使用起来更加方便，信息传递更加准确。

**3.6.6 接触电阻**

原标准的接触电阻测量方法引用的是GB/T4950-2002标准的方法，需要在测试样品上打孔安装铜棒连接测试电路，测试步骤较为复杂，还需进行数据处理才能得出接触电阻，对操作人员的要求较高。此次修订，接触电阻测量采用更加便捷的接触电阻测试仪可直接测量得到接触电阻值，无需破坏测试样品，操作简单快捷，测量结果更加可靠，更易实现批量检验。

**3.6.7 表面质量**

表面质量的检测方法沿用上一版的目视法，另外增加了必要时对缺陷的判别方法。

**四、标准水平分析**

通过文献检索和网上查询，对本标准与其他标准的具体指标进行了对比分析，详见表20。

目前国外没有针对多个牌号热水器用铝合金牺牲阳极在化学成分、电化学性能、重量、几何尺寸、等各项指标覆盖比较完整的参考标准。本标准对国标GB/T 26287-2010进行了修订与更新，增加了2种热水器用铝基牺牲阳极的牌号，同时也更新了目前现行标准的各项指标要求。为了满足国内外市场对铝阳极产品的需要，保证产品质量和企业权益，制订该产品标准具有非常重要的现实意义，进一步推动铝阳极应用。本标准结合铝基合金牺牲阳极的生产情况和市场应用情况，参照AS2239-2003 《Galvanic(sacrificial ) anodes for cathodic protection》、GB/T 26287-2010《电热水器用铝合金牺牲阳极》，将目前国内外用于热水器的铝合金牺牲阳极产品进行了梳理、补充和整合，从实际现状出发，完善细化了各项技术指标，形成一项系统且完整的铝阳极产品新标准。本标准首次提出规定热水器为非饮用水加热用热水器，增加了铝合金牺牲阳极牌号及规格，增加了热水器用铝合金牺牲阳极产品分级及偏差值，对于热水器用铝阳极产品品质提高有了更加清晰的目标和要求。本标准补充完善了原有热水器用铝合金牺牲阳极产品的标准。综上所述，本标准的总体标准水平达到了国际先进水平。

**五、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，其相互关系协调。是我国铝合金加工行业国家标准体系的补充和发展。

**六、标准中涉及专利的情况**

本文件起草过程中没有检索到专利和知识产权问题，如果涉及到专利和知识产权时请使用单位与专利和知识产权方协商，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

**七、重大分歧意见的处理经过和依据**

本标准属于铝及铝合金产品防腐蚀领域的基础标准，编制组根据修订前确定的编制原则进行了标准修订，标准修订过程中未发生重大分歧意见。

**八、 标准性质的建议说明**

鉴于本标准属产品标准，不是通用性的安全规范或标准，根据标准化法和有关规定，建议本标准的性质为推荐性国家标准。

**九、 贯彻标准的要求和措施建议**

本标准反映了电热水器用铝合金牺牲阳极的使用要求，全面覆盖了电热水器用铝阳极的一般要求，建议相关单位组织专项标准宣贯会进行系统的学习与贯彻实施。

本标准所涉及的电热水器用铝阳极，生产企业宜根据本标准技术要求选用合适的生产工艺组织生产，提供合格的产品，并不断研发新工艺和设备改造，生产高品质产品，推动企业优化升级。客户宜根据本标准内容订购标准产品，规避因产品不规范带来的风险。因此可积极向厂家及国内外用户采用本标准。

本标准发布后，各企业应积极宣传和贯彻，并立即采用新标准订货，以保证产品质量，满足国内、外市场及用户的需要。

**十、 废止现行有关标准的建议**

本标准为GB/T 26287-2010版标准的全面修订，本标准发布后可以完全代替GB/T 26287-2010。

**十一、 其他予以说明的事项**

无

**十二、推广应用的预期效果**

随着生活水平的提高和生活方式的改变，非饮用储水式电热水器在人们的生活领域中得到越来越广泛的应用。有数据统计2019年中国家用电热水器产量为4589万台，2020年虽然受疫情影响中国国家用电热水器的产量达到4237万台，2021年1-11月中国家用电热水器累计产量为4202.9万台，同比增长10.66%。

储水式热水器内胆中水源是生活用自来水，属淡水介质环境，一般优先选择镁合金材料作为牺牲阳极材料。但随着电热水器的普及，各地域生活用水的水质差异，以及用户对于电热水器使用习惯的差异，使得镁合金牺牲阳极在某些地域的水质中暴露出一些缺陷和风险问题，因此根据不同的使用环境和条件，能够选择性能更合适的牺牲阳极材料则成为各热水器厂家关注的问题。

相较于镁合金牺牲阳极，铝合金牺牲阳极理论电容量大，理论电容量大，使用寿命长，腐蚀产物干净，不易产生水垢。铝阳极比重较镁阳极大，相同重量下，铝阳极的尺寸只有镁阳极的60%，适合于制造长寿命的牺牲阳极，因此在某些地域的水质环境下，铝合金阳极比镁合金阳极更适合用在储水式电热水器内胆中。

近几年来，国内外热水器用铝合金牺牲阳极已经有了比较成熟的应用市场，性能稳定。美国、澳大利亚、墨西哥、新加坡、印度等国一些大型热水器生产企业对于铝阳极产品的应用已经比较普遍。国内大的热水器生产企业也已在很多型号的产品上使用此类铝合金牺牲阳极材料，并且客户反馈良好。国外一些大型的铝业公司也是电热水器用铝阳极的生产商，如美国Kaiser。

原标准发布于2010年，经过近10年的应用实践，目前储水式电热水器内胆用铝合金牺牲阳极已经由原标准中2种牌号发展为4种牌号，并且均已在市场上实现量产使用。另外，原牌号的铝合金牺牲阳极在电化学性能上均有了明显提升。原标准中电化学性能检测方法采用的电解液是25度标准硬水，经过实践检验，这种电解液不能充分模拟铝合金牺牲阳极在某些水质较硬、电阻率较大的水质环境中的电化学性能。因此上一版GB/T 26287-2010已经无法适用于行业发展的需求，对其进行修订势在必行。

本版标准是铝及铝合金产品防腐蚀领域的基础标准，其质量的好坏直接关系铝阳极产品的质量情况。本标准在编制过程中，在上一版标准基础上对国内相关企业进行了充分的调研，对各项指标的确定进行了充分的论证，保证了本标准的可执行性与对产品质量控制的指导意义。

本标准的发布和实施不仅会规范和引导电热水器用铝阳极的质量控制，更好地引导铝合金牺牲阳极在淡水介质中的开发、应用、和生产，同时也能够满足国内外贸易的需求，它将为生产商、用户、供应商三方提供最基本的技术依据。对我国热水器用铝阳极产品质量整体提高起到保障和推动作用。同时，本标准符合国家关于倡导环保节能、低碳生活及可持续发展的政策，具有充分的先进性、科学性、普遍性、广泛性和适用性。

本标准在起草过程得到了全国有色金属标准化技术委员会轻标委秘书处的指导与帮助，同时也得到了来自国内容器箔生产企业及下游用户的大力支持，在此深表感谢。

《电热水器用铝合金牺牲阳极》标准编制组

二〇二二年五月

表20 《电热水器用铝合金牺牲阳极》标准水平分析

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | 本 标 准 | 澳大利亚标准AS2239-2003 | 中国国家标准GB/T 26287-2010 | ISO标准：ISO 15589-2：2012 | 挪威船级社-德国劳氏船级社标准DNVGL-RP-B401-2017 | 挪威船级社-德国劳氏船级社标准DNVGL-RP-F103-2016 | 欧洲标准EN 12496-2013 | 水平综合判定 |
| 电热水器用铝合金牺牲阳极牌号 | 4个 | 1个 | 2个 | 无 | 无 | 无 | 无 | 国际先进水平 |
| 产品分类 | 铸造、挤压 | 铸造、挤压 | 铸造、挤压 | 铸造 | 铸造 | 铸造 | 铸造 | 国际一般水平 |
| 规格形状 | 棒状 | 棒状 | 棒状 | 条形、镯形 | 非镯形 | 镯形 | 圆柱形、镯形 | 国际一般水平 |
| 铝阳极淡水中的电化学性能 | 开路电位、闭路电位、电流效率、实际电容量 | 无 | 开路电位、闭路电位、电流效率、实际电容量 | 无 | 无 | 无 | 无 | 国际先进水平 |
| 直径偏差 | 铸造铝阳极：±1mm  挤压铝阳极：  普通级±0.5mm；  高精级-0.08～0mm（12～20mm）、-0.12～0mm（20～26mm）、-0.15～0mm（26～35mm） | 无 | 铸造与挤压铝阳极无区分，-0.08～0mm（12～20mm）、-0.12～0mm（20～26mm）、-0.15～0mm（26～35mm） | 条形阳极：±5%；  镯形阳极：0～4mm（≤300mm）、0～6mm（300-610mm）、0～1%（＞610mm） | 无 | 无 | 无 | 国际先进水平 |
| 长度偏差 | 铁芯外露长度偏差：±1mm；  铁芯安装深度偏差：±2mm；  铝基体长度偏差：  普通级±3.0mm（≤200mm）、±4mm（200～500mm）、±6mm（500～1000mm）、±8.0mm（1000～2000mm）；  高精级0～＋2mm（≤200mm）、0～＋3mm（200～500mm）、0～＋4mm（500～1000mm）、0～＋5mm（1000～2000mm） | 无 | 铝基体长度偏差：0～＋2mm（≤200mm）、0～＋3mm（200～500mm）、0～＋4mm（500～1000mm） | 条形阳极：±3%或±25mm；  镯形阳极：±3%或±25mm； | 无 | 无 | 无 | 国际先进水平 |
| 铁芯直径偏差 | ±0.4mm | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 国际先进水平 |
| 同心度偏差 | 不大于0.5mm | 无 | 不大于0.5mm | 无 | 无 | 无 | 无 | 国际一般水平 |
| 弯曲度偏差 | 普通级：  当铝基体直径范围12～24mm时，弯曲度偏差为6\*L（长度，单位m）mm；  当铝基体直径范围  24～35mm时，弯曲度偏差为5\*L（长度，单位m）mm；  高精级：  当铝基体直径范围12～24mm时，弯曲度偏差为3\*L（长度，单位m）mm；  当铝基体直径范围  24～35mm时，弯曲度偏差为2.5\*L（长度，单位m）mm； | 无 | 当铝基体长度≤200mm时，弯曲度偏差为0.8mm、  当铝基体长度200～500mm时,弯曲度偏差为1.5mm、  当铝基体长度500～1000mm时，弯曲度偏差为2.5mm | 不大于2% | 无 | 无 | 无 | 国际先进水平 |
| 接触电阻 | 不大于0.001Ω | 无 | 小于0.001Ω | 无 | 无 | 无 | 无 | 国际先进水平 |