

行业标准《钛基钛锰合金复合电极》

编制说明

（审定稿）

行业标准《钛基钛锰合金复合电极》标准起草小组

2022 年 10 月

《钛基钛锰合金复合电极》编制说明

(预审稿)

一、工作简况

1.1 任务来源

根据国家工业和信息化部工信厅科【2020】25号《工业和信息化部办公厅关于印发2021年第一批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》的要求，由有研资源环境技术研究院（北京）有限公司负责起草制定《钛基钛锰合金复合电极》有色金属行业标准，项目计划编号为2021-0397T-YS，计划完成年限为2022年。

1.2 主要参加单位、工作成员及其所做的工作

本文件起草单位：有研资源环境技术研究院（北京）有限公司、广西靖西市一洲锰业有限公司、贵州能矿锰业集团有限公司，广西汇元锰业有限责任公司。

2017年12月，原“北京有色金属研究总院”改制为有研科技集团有限公司。有研工程技术研究院有限公司是有研科技集团有限公司的全资子公司，承继原“北京有色金属研究总院”的科研业务。2019年6月，有研科技集团有限公司将原属于有研工程技术研究院有限公司中的稀有金属冶金材料研究所和生物冶金国家工程实验室实施分立，成立有研资源环境技术研究院（北京）有限公司，为有研科技集团有限公司的全资子公司。原稀有金属冶金材料研究所和生物冶金国家工程实验室的相关业务转移至有研资源环境技术研究院（北京）有限公司，由有研资源环境技术研究院（北京）有限公司负责起草制定《钛基钛锰合金复合电极》有色金属行业标准。

北京有色金属研究总院（以下简称：有研总院）创建于1952年11月，是我国有色金属行业规模最大的综合性研究开发机构，现为国务院国资委管理的中央企业和国家首批百家创新型企业。在半导体材料、有色金属复合材料、稀土材料、生物冶金、材料制备加工、分析测试等领域拥有12个国家级研究中心和实验室，目前承担了一批国家重大科技专项研究课题和国家战略性新兴产业开发项目。

建院以来，共获得国家级和省部级科技成果奖励1000余项，授权专利和制订国家及行业标准1600余项。先后为“两弹一星”、“神舟飞船”、“载人航天”、“探月工程”等国家重点工程和有色金属行业提供了一大批新材料、新工艺、新技术和新设备，为我国有色金属工业和国防军工建设提供了强有力的科技支撑。

有研总院高度重视科技成果的转化，组建了若干高技术产业化公司，并在微电子材料、光电子材料、稀土材料、有色金属粉末、特种有色金属加工材料、新能源材料、高端冶金装备等方面形成了产业集群。

有研总院现有从业人员约3700人。其中：两院院士4人，国家有突出贡献的中青年专家和政府特殊津贴专家125名，国家特聘专家和百千万人才11名。在“材料科学与工程”和“冶金工程”等学科具有博士、硕士授予权，并设有博士后科研流动站。

有研总院是国内最早开始研制和生产钛基钛锰合金复合电极的单位。1990年开始研究开发钛基钛锰合金复合电极并开始批量供货，建设钛基钛锰合金复合电极的生产线和技术研究平台，对应电解二氧化锰产能达到10万吨/年，客户有广西桂柳化工有限责任公司、广西靖西市一洲锰业有限公司、靖西湘潭电化科技有限公司、中信大锰矿业有限责任公司、湘潭电化科技股份有限公司等国内大型

的电解二氧化锰企业，自主研发开发的钛基钛锰合金复合层阳极生产线采用全自动控温、提拉系统，耗能低、经济效益高、环保性高、保证了批次间的稳定性和产品性能的一致性。目前钛基钛锰合金复合电极产品的生产和研发由有研资源环境技术研究院（北京）有限公司承担。

广西靖西县一洲锰业有限公司是专业生产锰产品的企业，拥有四条电解二氧化锰生产线，年产电解二氧化锰 3 万吨，主要产品有电解金属锰、无汞碱性电池专用电解二氧化锰、普通碳锌电池用电解二氧化锰、锰酸锂制造用电解二氧化锰、天然放电锰粉。公司又先后投入资金 1 亿多元拟建年产 3 万吨的电解金属锰生产线，一期 1 万吨的电解金属锰生产线于 2008 年 4 月份正式投产。具有完善的质量保证体系，已通过 ISO9001：2000 质量体系认证。

贵州能矿锰业集团有限公司主要生产高纯硫酸锰，高性能电解二氧化锰，产品应用于新能源锰系电池新材料，为中国锰产业研发高地。建设规模为 3 万吨/年高纯硫酸锰、1.65 万吨/年电解二氧化锰（EMD）生产线。

广西汇元锰业有限责任公司是全球锰行业龙头南方锰业集团有限责任公司新能源电池锰系材料业务的核心力量。公司是世界第二大电解二氧化锰生产商，单厂产能世界第一，公司到“十四五”末拥有 20 万吨电解二氧化锰、3 万吨硫酸锰和 9 万吨高纯硫酸锰的产能规模，年产值超过 25 亿元，电解二氧化锰全球市场份额 30%以上，成为全球新能源电池锰系材料领域的领导者。

本标准主要起草人及其工作职责见表 1。

表 1 主要起草人及工作职责

起草人	单位	工作职责
尹延西	有研资源环境技术研究院（北京）有限公司	标准编制工作组织协调，标准编制方案制定，标准技术要求及主要内容的试验、验证和确定
张恒	有研资源环境技术研究院（北京）有限公司	标准编制工作组织协调，标准技术指标及主要内容的试验、验证和确定
沈化森	有研资源环境技术研究院（北京）有限公司	标准技术指标及主要内容的试验、验证和确定
江洪林	有研资源环境技术研究院（北京）有限公司	技术指标试验验证、标准条款编制，意见征集
胡志方	有研资源环境技术研究院（北京）有限公司	标准技术指标及主要内容的试验、验证
罗远辉	有研资源环境技术研究院（北京）有限公司	标准资料的调研、技术指标试验验证、标准条款编制，意见征集
袁学韬	有研资源环境技术研究院（北京）有限公司	产品生产及应用调研、技术参数的确定、标准条款编制
宋明祖	广西靖西市一洲锰业有限公司	产品生产及应用调研、技术要求的确定、试验方法验证
杨启奎	贵州能矿锰业集团有限公司	产品生产及应用情况调研，技术要求验证
陈奇志	广西汇元锰业有限责任公司	产品生产及应用情况调研，技术要求验证

1.3 主要工作过程

1.3.1 预研阶段

2020年2月，有研资源环境技术研究院（北京）有限公司成立《钛基钛锰合金复合电极》行业标准编制项目组，项目组由具有长期标准制修订经验及钛基钛锰合金复合电极研发、生产的工程师组成。项目组对钛基钛锰合金复合电极的生产企业、用户单位进行了分析调研，通过市场调研和查阅相关文献，确定了标准制订方案并形成了标准草案稿。

1.3.2 立项阶段

2020年3月，有研资源环境技术研究院（北京）有限公司向全国有色金属标准化技术委员会稀有金属分标委会提交行业标准《钛基钛锰合金复合电极》项目建议书。

2021年2月，工业和信息化部印发2021年第一批行业标准制修订和外文版项目计划（工信厅科函〔2021〕25号），《钛基钛锰合金复合电极》项目获得批复。

2021年4月20日-22日，由全国有色金属标准化技术委员会主持，在贵州省贵阳市召开标准工作会议，会议落实了《钛基钛锰合金复合电极》项目任务，确定了标准制定工作的进度安排，由有研资源环境技术研究院（北京）有限公司负责牵头制定。

1.3.3 起草阶段

有研资源环境技术研究院（北京）有限公司在接到标准修订任务后，召开了标准项目编制工作会议，对标准编写工作进行了部署和分工。编制组组织专门人员调研相关资料及国内外厂家的产品技术指标和技术条件，了解钛基钛锰合金复合电极产品的生产状况、技术指标及应用发展趋势，于2021年12月起草完成了行业标准《钛基钛锰合金复合电极》的征求意见稿。

1.3.4 征求意见阶段

1) 编制组通过发函、在中国有色金属标准质量信息网上公开和会议等形式对行业标准《钛基钛锰合金复合电极》（征求意见稿）征询意见。

2) 2022年4月19日-20日，由全国有色金属标准化技术委员会召开有色金属标准网络工作会议。来自有色金属技术经济研究院有限责任公司、宁夏东方钨业有限公司、西北稀有金属材料研究院宁夏有限公司、西安瑞福莱钨钼有限公司、英格瓷（浙江）钎业有限公司等单位的专家代表参加了会议。会上与会专家和代表对本标准讨论稿进行了认真、细致的讨论，并提出如下修改意见：

(1) 将规范性引用文件“GB/T 11250.1”修改为：“GB/T 6462 金属和氧化物覆盖层 厚度测量 显微镜法”

(2) 术语和定义中增加“钛基钛锰合金复合电极”。

(2) 删除表1中钛基体中的钛含量、杂质元素含量。

(3) 第4.3条中“复合层结合力”改为：“复合层弯曲性能”。

(4) 第4.4条中外形尺寸、规格及允许偏差修改为：“产品外形尺寸为：长度（200-2500）±5mm，宽度（30-1800）±3mm，厚度（1.0-1.8）±0.1mm，外形尺寸、规格及允许偏差根据需方要求（或需方提供图纸）确定，或由供需双方协商确定并在订货单中注明。

(5) 第5.1条修改为：“产品钛基体的化学成分按GB/T 4698（所有部分）的规定进行分析，钛-锰合金复合层的化学成分按供需双方协商的方法测定。”

(6) 第5.3条图1钛基体两面增加复合层。

(7) 表2中“取样方式及取样数量烧蚀批”改成“检验批”；“外形尺寸、规格及运行偏差”改成“尺寸及允许偏差”。

编制组根据会议汇总意见，对本标准征求意见稿进行了修改和完善，形成了《钛基钛锰合金复合电极》预审稿及编制说明。

征求意见及汇总处理情况详见《标准征求意见稿意见汇总处理表》。

1.3.5 审查阶段

2022年8月24日-26日，由全国有色金属标准化技术委员会主持，在湖北省宜昌市召开标准工作会议，来自有色金属技术经济研究院有限责任公司、宁夏东方钽业有限公司、西北稀有金属材料研究院宁夏有限公司、云南中宜液态金属科技有限公司、厦门钨业股份有限公司、中国环境科学研究院等单位参加了会议，与会代表对《钛基钛锰合金复合电极》行业标准预审稿进行了充分、细致的讨论，并提出了修改意见：

(1) 3 术语和定义建议改成注，或放到编制说明中。

(2) 4.1 化学成分表 1 中核实工业纯钛新牌号，参考借鉴 GB/T8546、GB/T8547 标准。

(3) 4.5 外观质量补充“涂层完好，无剥落”。

(4) 5.3 复合层弯曲性能测试：修改 5.3.1 取样方法；5.3.2 试验步骤；5.3.3. 结果判定。

(5) 5.4 “产品的外形尺寸、规格及其允许偏差”修改为“产品的外形尺寸及其允许偏差”，厚度测量的位置，增加示意图，复合电极的平直度是否有要求？

(6) 6.4 取样方法表 2 中检验批修改为取样要求，并明确随炉样。

二、标准编制原则

2.1 符合性

本文件按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求进行编写，内容规范，规定了钛基钛锰合金复合电极产品的分类、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存等。

2.2 合理性

本文件在参照国内外同类产品生产技术水平的基础上，体现了国内大多数生产和应用企业对钛基钛锰合金复合电极产品的质量要求。充分考虑生产和应用单位对钛基钛锰合金复合电极产品性能及质量检测方法等的意见和建议，做到符合生产和应用实际，具有可操作性，能够被生产、检验和应用单位普遍接受。

2.3 先进性

电解二氧化锰主要用于锌锰电池的阴极材料，在锌锰电池，锰酸锂电池或者磷酸铁锰锂电池尤其是电动自行车用的动力电池上有广泛应用。在电解二氧化锰工业中，电解阳极对电极反应的速度、选择性（方向）、电流效率、能源消耗及最终产品电解二氧化锰的质量都有较大的影响，因此电解二氧化锰工业受阳极的约束非常大。在电解二氧化锰时，阳极发生氧化反应，而且通常反应条件比较苛刻，易导致阳极损耗，要求电极对沉积二氧化锰有电化学催化性能，有较低的过电位和较低的槽压，因此阳极材料对电解二氧化锰产品的质量保障具有重要的意义。基于国内生产、检验及应用技术基础，研究制定钛基钛锰合金复合电极产品标准，确定其要求、检验内容和试验方法，可为产品质量保障提供依据，促进生产和应用发展。

以钛为基的 Ti-Mn 合金涂层阳极（见图 5），克服了纯 TiMn 合金阳极易脆断的致命缺点，综合了纯钛阳极强度高及纯 Ti-Mn 合金允许高电流密度的优点，节能效果好，槽压比钛合金阳极低 0.3V 以上，电流效率可达 96%以上，而且耐腐蚀易操作，不需要活化处理，单槽产量高。

三、确定标准主要内容的依据

3.1 产品化学成分的规定

标准的关键内容是确定产品的化学成分，依据用户对产品的使用要求，根据生产和使用单位抽样检验结果及用户使用效果，研究确定了产品的化学成分，通过对合格产品进行分析检验确定了需要检测的元素及其含量。

根据生产工艺控制和产品使用的要求，产品的化学成分应符合表 2 的规定。
需方如对产品的化学成分有特殊要求时，则可由供需双方商定。

表 2 产品的化学成分

%（质量分数）			
钛基体	工业纯钛，牌号：TA0、TA1、TA2 或 TA3		
钛锰合金复合层	Mn，不小于		50.0
	Ti，不小于		30.0
	杂质元素含量，不大于	Fe	0.05
		Mg	0.01
		Si	0.01
		C	0.10
		H	0.10
		O	0.50
		N	0.10

3.2 复合层厚度的规定

电极复合层厚度为 50μm~200μm。

3.3 复合层弯曲性能规定

复合层弯曲性能测试样品绕直径 12mm 的不锈钢圆棒弯绕 180°无剥离脱落。

3.4 外形尺寸、规格及允许偏差

产品外形尺寸为：产品外形尺寸为：长度（200-2500）±5mm，宽度（30-1800）±3mm，厚度（1.0-1.8）±0.1mm，外形尺寸、规格及允许偏差根据需方要求（或需方提供图纸）确定，或由供需双方协商确定并在订货单中注明。

3.5 外观质量的规定

复合电极表面为银白色，复合层均匀一致，无目视可见的夹杂物，涂层完好，无剥落。

3.6 其他内容

本标准规定了产品试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存、质量证明书和订货单等内容。

规定了产品检验规则，包括组批、检验项目、取样规定以及检验结果的判定。

四、验证情况

本标准所规定的技术指标及检验项目符合钛基钛锰合金复合电极产品生产、检验及应用要求，产品技术指标及检验项目经过多个生产批次的验证，主要验证结果列于表 3、4。

4.1 产品化学成分

钛锰合金复合层的杂质含量按 GB/T 4698（所有部分）的规定进行分析，钛、锰含量按供需双方协商的方法测定。

表 3 典型产品的化学成分分析结果

%（质量分数）

钛基体	工业纯钛，牌号：TA0、TA1、TA2 或 TA3					
钛锰合金复合层	Mn，不小于		62.7	58.6	61.2	63.7
	Ti，不小于		36.1	41.2	37.7	35.8
	杂质元素含量，不大于	Fe	0.036	0.036	0.041	0.031
		Mg	0.004	0.004	0.005	0.005
		Si	0.005	0.005	0.003	0.0028
		C	0.04	0.04	0.05	0.04
		H	0.0015	0.0015	0.0008	0.001
		O	0.068	0.068	0.079	0.072
	N		0.0090	0.0090	0.0052	0.0061

4.2 复合层厚度

从待测件上切割一块试样，镶嵌后，对横断面进行研磨、抛光和侵蚀，采用校正国的标尺测量复合层横断面的厚度。

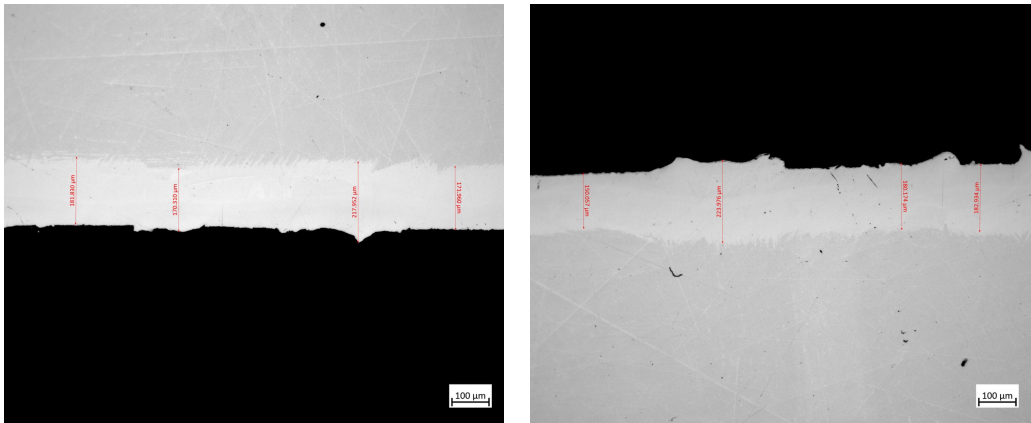


图 1 钛基钛锰合金复合层厚度

4.3 复合层弯曲性能

复合层弯曲性能按 GB/T 5270 中第 2.10 节的规定测定。取样方法：使用切割机从电极中部截取样品，尺寸为 100mm×25mm×1.5mm。试验步骤：将样品绕直径为 12mm 的不锈钢圆棒按图 1 所示弯曲至平行，观察样品弯曲处外侧复合层表面的变化，复合层无裂纹、分离和脱落视为合格。



图2 钛基钛锰合金复合层弯曲性能

4.4 外形尺寸及允许偏差

产品外形尺寸为：长度（200-2500） ± 5 mm，宽度（30-1800） ± 3 mm，厚度（1.0-1.8） ± 0.1 mm，外形尺寸及允许偏差根据需方要求（或需方提供图纸）确定，或由供需双方协商确定并在订货单中注明。

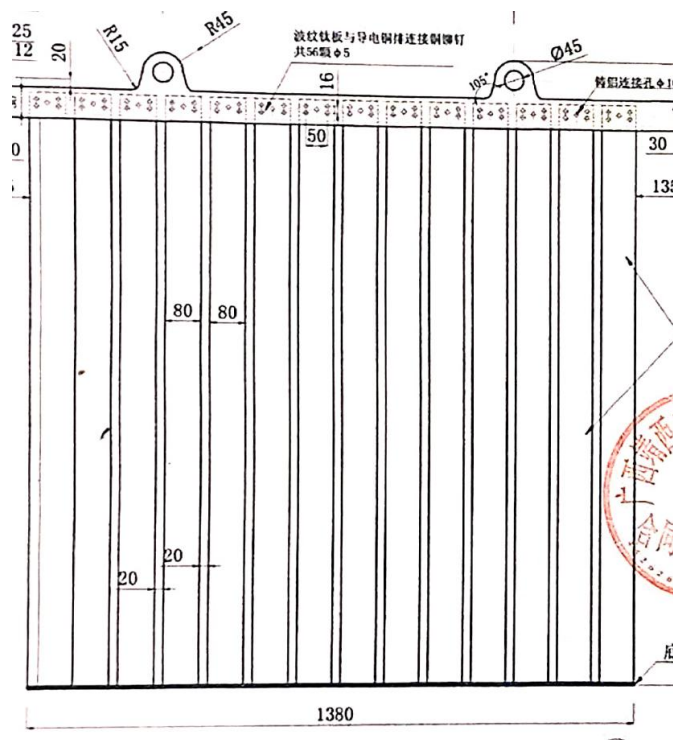


图3 钛基钛锰合金复合电极图纸

4.5 外观质量

产品的外观质量用目视检查。复合电极表面为银白色，复合层均匀一致，无目视可见的夹杂物，涂层完好，无剥落。

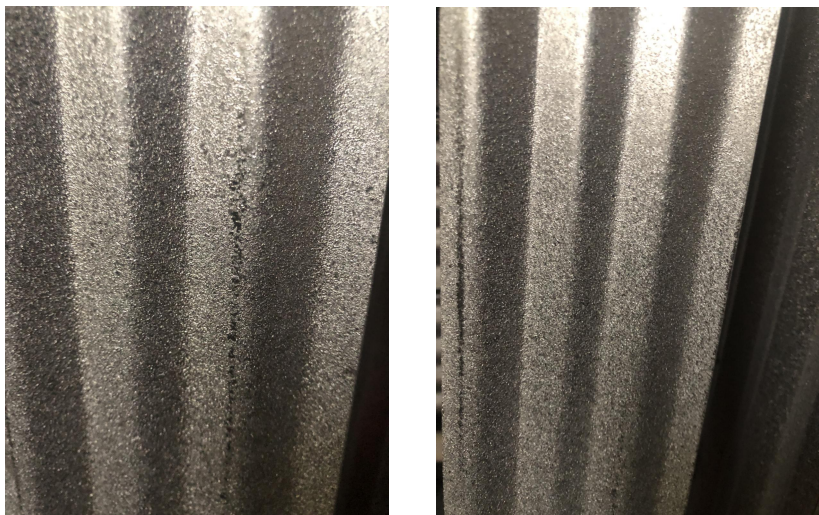


图 4 钛基钛锰合金复合电极不合格情况



图 5 钛基钛锰合金复合电极产品

表 4 典型产品的物理性能

样品编号	1	2	3	4
复合层厚度/ μm	185.5	184.3	193.7	198.2
复合层弯曲性能	合格	合格	合格	合格
外形尺寸	1380*80*1.8mm	2150*1500*1.5mm	1355*84*1.8mm	2150*1560*1.5mm
外观质量	合格	合格	合格	合格

- 五、标准中涉及专利的情况
- 本文件不涉及专利问题。
- 六、预期达到的社会效益等情况

6.1 标准的必要性

钛基钛锰合金复合电极用于锌锰电池、锰酸锂电池、磷酸铁锰锂电池用二氧化锰的电解，经过多年研究开发，国内生产工艺和设备稳定成熟，生产企业正不断改进生产工艺，提升产品质量，开拓国内外消费市场。研究制定钛基钛锰合金复合电极产品质量标准，确定其要求、检验内容和试验方法，可为产品生产质量保障提供依据，促进生产和应用发展。

本标准适用于电解二氧化锰或其他电解生产用的钛基钛锰合金复合电极。示例方法：将钛板裁成条状，用压型机压制成为圆弧形或梯形的异型板，经过酸洗、水洗、干燥后，进行真空热处理消除应力，在其表面冷喷钛粉、锰粉混合粉，干燥后，装入储料罐中，储料罐与真空高温烧结炉和真空冷井连通，经过缓慢提拉，使涂有钛粉、锰粉混合粉的异型板经过高温区，钛粉、锰粉混合粉在高温下形成半液态钛锰合金，包覆在尚未熔化的钛颗粒表面，并与钛基板形成合金，从而形成非常牢固的冶金结合涂层。将其提拉至真空冷井，冷却到 100℃ 以下，迅速通过真空高温烧结炉返回真空储料罐出炉，制成钛基钛锰合金复合阳极产品。并且根据用户要求，包括化学成分、外观质量、试验方法、检验规则、包装、标识、运输、贮存与订单要求等。修定的标准充分考虑企业、使用单位各方面的意见和建议，切实可行，具有可操作性。同时，也体现了与国际先进水平接轨，对国内生产企业及相关行业的技术进步将产生积极的推动作用。

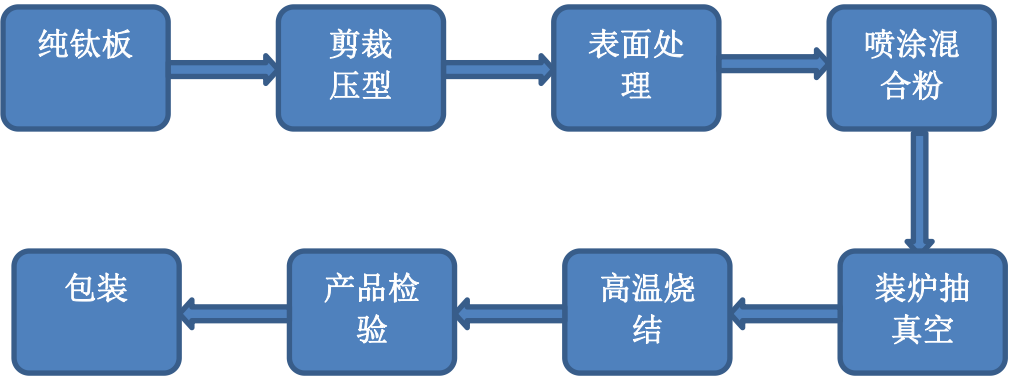


图 6 钛基钛锰合金涂层阳极生产工艺流程图

6.2 标准的预期作用

目前国外、国内尚无钛基钛锰合金复合电极标准，《钛基钛锰合金复合电极》行业标准属于首次制定，该标准填补了国内空白。本标准的制定充分考虑了国内外钛基钛锰合金复合电极生产、应用和质量检验的现状与发展趋势，适应产品生产与应用技术发展的需要，反映了生产及应用技术的新成果。产品市场需求不断扩大，本标准的制定、发布和实施，可规范生产和应用的质量要求，为生产管理和市场监管提供质量依据，对于促进生产和应用技术进步、促进产业有序发展具有积极作用。

制定本产品的行业标准，规范产品技术要求，有利于用户了解产品规格、性能等技术指标，从而正确使用产品，对于钛基钛锰合金复合电极推广应用具有重大意义，同时也也有利于规范市场，提高产品竞争力。通过本标准的制定并实施，将进一步促进二氧化锰在电池行业中的应用，同时对提高产品质量，促进生产行业技术进步具有重要意义，必将产生巨大的经济效益和社会效益。

七、采用国际标准和国外先进标准的情况

7.1 采用国际标准和国外先进标准的程度

经检索，国外无相同类型的标准。

7.2 国际、国外同类型标准水平的对比分析

经检索，国外无相同类型的国际标准。

八、与现行的法律、法规、强化性国家标准及相关标准协调配套情况

本文件与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

本文件与现行标准及制定中的标准无重复交叉情况。

九、重大分歧意见的处理和依据

编制组严格按照既定编制原则进行编写，本文件起草过程中未发生重大分歧意见。

十、标准作为强制性或推荐性标准的建议

本标准建议作为推荐性行业标准，供相关组织参考采用。

十一、贯彻标准的要求和措施建议，包括（组织措施、技术措施、过度办法）

（1）确保本标准实施的广泛性和普遍性，使尽可能多的制造厂商、使用厂家、检测机构等企业能够及时获取本标准，这是保证本标准贯彻实施的基础。本标准在发布和实施的过渡期间，生产企业可以组织宣贯会，以及通过销售部门向采购单位和使用单位提供本标准，保证本标准能够得到及时推广和应用。

（2）在本标准的实施过程中，有必要针对不同的制造厂商、使用厂家、检测机构进行有侧重点的宣贯和培训，针对各章条内容，进行答疑和解释，确保实施顺畅，沟通无误。

（3）标准在贯彻实施过程中，注意收集制造厂商、使用厂家、检测机构的反馈意见，做好沟通，交流。

（4）建议本标准批准发布 6 个月后予以实施，以促进提升产品质量，规范市场行为。

十二、废止现行有关标准的建议

本文件为新制定文件，无废止其他标准的建议。

十三、其他应予说明的事项

本标准的制定，将为生产、使用和市场监管提供基本的技术依据，对产品生产管理和市场贸易具有较强的规范和指导作用，本标准的发布实施对于促进钛基钛锰合金复合电极生产和应用技术进步、规范市场、促进产业有序发展具有积极作用。

有研资源环境技术研究院（北京）有限公司

《钛基钛锰合金复合电极》标准编制组

2022 年 10 月