

CPMA 团体标准《等离子体炬用钨阴极材料》编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

根据2025年粉末冶金产业技术创新战略联盟和中关村材料试验技术联盟的标准化工作计划，制定《等离子体炬用钨阴极材料》团体标准。本标准由粉末冶金产业技术创新战略联盟提出并归口，立项编号CPMA-LX0003-2025，项目周期为5个月，完成年限为2025年8月。起草单位包括安泰科技股份有限公司、安泰天龙钨钼科技有限公司等。

（二）主要参加单位和工作组成员及其所作的工作

2.1 主要参加单位情况

标准主编单位安泰科技股份有限公司和安泰天龙钨钼科技有限公司在标准的编制过程中，能积极主动收集国内外相关标准，负责项目的总体实施和策划，能够带领编制组成员认真细致修改标准文本，征求多家企业的修改意见，编制实测数据统计表，带领编制组完成标准的编制工作。

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
王承阳	负责标准的工作指导、标准的编写、试验方案确定及组织协调
曹健	负责标准中相关技术要求内容的编写
李兆森	开展现场试验验证及数据积累
汪旭光	国内外钨阴极标准对比提供支持
姚惠龙	标准试验验证数据的对比分析
杜仲	标准编写材料的收集及标准部分内容的编写

（三）工作过程

（1）预研阶段（2025年1-3月）：调研国内外钨阴极生产现状，收集技术资料。

（2）立项阶段（2025年4月）：提交立项材料并通过评审。

（3）起草阶段（2025年4月）：形成标准草案，召开专家讨论会修改完善。

（4）征求意见阶段（2025年4-5月）：公开征求意见并汇总处理。

(5) 审查阶段(2025年6月): 召开专家审查会, 形成报批稿。

(6) 审批阶段(2025年7月): 标准审批。

二、标准编制原则和确定主要内容的论据及解决的主要问题

(一) 标准编制原则

1.1 原则性

本着与时俱进、切合实际、合理利用资源、促进科技进步、促进产业升级与产品结构调整、满足市场需要和供需双方公平受益、获取最大社会综合效益的基本原则。标准的制定格式严格按照GB/T 1.1《标准化工作导则第一部分: 标准的结构与编写规则》的规定进行。

1.2 适应性

等离子喷涂具有喷涂材料范围广、适应性强、涂层结合力强等优点, 在耐磨、热障、耐腐蚀、绝缘、抗辐射、催化等方面发挥着重要的作用。等离子喷涂是在阴极和阳极(喷嘴)之间产生一直流电弧, 电弧把导入的工作气体加热电离成高温等离子体, 并从喷嘴喷出, 形成等离子焰, 正因为这种高温高速焰流、大电流的使用环境, 使得现有电极寿命仅有4~20h。而且等离子喷枪电极的尺寸较大、形状复杂, 因此加工难度大, 对材料的要求较高。

阴极材料应具有熔点高、蒸发低、许用电流大、电子发射能力强、引弧和稳弧性能好的特性。阴极材料一般采用钨合金, 因为纯钨虽然熔点高, 但其逸出功较大, 不利于电子发射, 且在引弧时需要较高的空载电压, 在大电流和长时间工作中容易造成阴极烧损, 因此需要加入少量稀土元素的氧化物来降低电子逸出功, 增加电子发射能力, 降低阴极烧损。

钨钨阴极具有耐高电流热损伤、引弧电压低、烧损小、射流稳定性好、使用寿命长等优点, 但该产品没有国家或者行业统一的标准, 现在使用的均是各企业自行制定的企业标准, 但随着近年来等离子喷枪用钨阴极市场的快速增大, 无论在品种和质量要求上均已不能满足市场需求。而从客户的角度来讲, 由于各企业性质的不同, 其技术来源也差异很大, 如有欧美、日本、还有国内自主开发的, 这些企业对产品的要求也各不相同, 因此针对产品的一些重要技术指标制定行业标准并加以规范显得尤为重要, 因此本项目参考国际先进水平, 规定稀土掺杂和均匀性要求, 通过相关试验验证及大量的生产实际情况, 制定本标准, 提升标准

对产品用途的适应性，有效提高产品整体的质量水平，促进产品在国内外市场的推广。因此《等离子体炬用钨阴极材料》团体标准的制定十分必要，且迫在眉睫。

1.3 先进性

通过本标准的制定，促使国内生产企业和相关行业的技术进步，并且极大促进钨阴极的市场需求。

（二）确定主要内容的论据

经过广泛调研后根据等离子喷涂用钨阴极的材质确定本标准的产品类型，对市场的要求和钨阴极的实际质量水平，从而制定本标准。

2.1 化学成分

（1）关于钨阴极化学成分中钨含量的确定：钨因其高熔点（3422℃）、高电子发射能力、优异的高温强度成为电极材料的首选基体。在电极产品中，可以提供结构支撑，确保电极在高温电弧环境下的机械稳定性，并且由于纯钨的电阻率低，适合高电流负载，可以保证产品具有良好的导电性，维持热稳定性。

通过调研国内外标准发现，国内标准（GB/T 31908-2015）中，针对普通钨阴极（如WCe、WLa），未明确高稀土掺杂体系的钨含量。本标准中首次明确等离子体炬用钨阴极材料的成分、尺寸、晶粒度、硬度等参数合理范围，填补行业空白。

（2）关于第二相元素含量的确定：

在钨基体中加入稀土元素，可有效细化基体晶粒，依据细晶强化的机理，可提高钨阴极产品的使用性能，提高产品使用寿命。

其中，氧化镧（La₂O₃）可以提高电子发射能力，降低逸出功，增强电极在高温电弧环境下的稳定性，并且有效细化晶粒，提高电极的再结晶温度，减少高温变形，提高钨阴极在变形加工过程中的稳定性。

（3）关于杂质元素含量的确定：

钨阴极产品中主要关注C、N杂质元素的含量变化，过高的碳含量会与钨形成碳化物（如W₂C），导致电极脆性增加，降低其高温强度和导电性。实验数据表明，当C>0.01%时，电极的断裂韧性显著下降，影响使用寿命；氮在钨基体中会形成氮化物，增加电极脆性，并降低导电性。因此，为保证钨阴极产品的使用性能，应对杂质元素含量进行严格精细的控制，杂质元素含量应符合表2规定。

表 2 钨阴极的化学成分

牌号	主要成分 (wt.%)	杂质元素（不大于）(wt.%)										
WL10	La ₂ O ₃	Al	Cr	Cu	Fe	K	Mo	Ni	Si	C	N	Pb
	0.9-1.1 %	0.0015	0.001	0.001	0.002	0.0015	0.005	0.002	0.002	0.003	0.002	0.0002

2.2 物理及力学性能参数

钨阴极的产品密度应符合表3的规定。

表 3 钨阴极的密度

直径（D）/mm	密度/ g/cm3
>6-10	≥18.75
>10-20	≥18.65

产品硬度应符合表 4 的规定。

表 4 钨阴极的硬度

直径（D）/mm	硬度
>6-10	≥420 HV30
>10-20	≥410 HV30

2.3 产品的尺寸及其偏差

钨阴极的尺寸公差控制是确保其性能稳定性和应用可靠性的关键指标，其确定依据涵盖加工工艺、应用需求和行业标准等多个方面。产品尺寸及其偏差应符合表5规定。

表 5 钨阴极的尺寸及偏差

直径（D）/mm	直径偏差/mm	长度/mm	长度偏差/mm
>6-10	±0.05	100-600	±1
>10-20	±0.1		

2.4 微观组织

电极产品确保稀土氧化物分布均匀，且微观组织晶粒均匀细小，钨阴极产品平均晶粒度应符合表6的规定。

表 6 钨阴极的平均晶粒度

直径（D）/mm	平均晶粒度
>6-10	≥11级
>10-20	≥10级

2.5 表面质量

钨阴极产品表面不得有沾污，毛刺，裂纹等缺陷；横截面上不允许有裂纹、孔洞及其它可见的锻造缺陷。

2.6 外形尺寸

产品交付的外形尺寸应满足合同或者订货图纸的要求。

2.7 内部质量

钨阴极产品内部不允许存在孔洞、劈裂等缺陷。

三、主要试验（或验证）情况分析

针对钨阴极产品，按本标准规定的方法，对主要技术指标化学成分和性能指标进行了验证，验证数据结果见表 7。

表 7 钨阴极化学成分

牌号	主要成分 (wt. %)	杂质元素（不大于）(wt.%)										
		Al	Cr	Cu	Fe	K	Mo	Ni	Si	C	N	Pb
WL10	La ₂ O ₃											
	0.94 %	0.00 04	0.00 04	0.00 01	0.00 06	0.00 15	0.0 02	0.00 08	0.00 06	0.00 08	0.00 13	0.00 01

表 8 钨阴极性能情况

	晶粒度（级别）	硬度（HV30）	密度（g/cm ³ ）
WL10（D8*200）	12.25	441	18.82

从表 8 的数据分析，标准中规定的产品化学成分和性能是科学合理的。

四、知识产权情况说明

本标准不涉及专利问题。

五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益

（一）项目的必要性简介

等离子喷涂具有喷涂材料范围广、适应性强、涂层结合力强等优点，在耐磨、热障、耐腐蚀、绝缘、抗辐射、催化等方面发挥着重要的作用。等离子喷涂是在阴极和阳极（喷嘴）之间产生直流电弧，电弧把导入的工作气体加热电离成高温等离子体，并从喷嘴喷出，形成等离子焰，等离子焰的温度很高，其中心温度可达32000K，喷嘴出口的温度可达16000～20000K。焰流速度在喷嘴出口处可达1000～2000m/s，等离子喷涂电流一般超过500A，高于氩弧焊常规使用电流

150 ~250A。正因为这种高温高速焰流、大电流的使用环境，使得现有电极寿命仅有40~50h。而且等离子喷枪电极的尺寸较大、形状复杂，因此加工难度大，对材料的要求较高。现阶段，由于使用工况和材料尺寸要求严苛，国内外等离子电极的材料选用仍为钨钨或钨钨，使用寿命偏低，而钨钨则由于其自身放射性使得加工、使用过程中对环境和人体造成危害。因此本项目通过等离子体炬用钨阴极材料研究，从成分、锻造工艺进行开发并进行性能检测。

目前该产品没有国家或者行业统一的标准，现在使用的均是各企业自行制定的企业标准，但随着近年来等离子体炬用钨阴极市场的快速增大，无论在品种和质量要求上均已不能满足市场需求。而从客户的角度来讲，由于各企业性质的不同，其技术来源也差异很大，如有欧美、日本、还有国内自主开发的，这些企业对产品的要求也各不相同，因此针对产品的一些重要技术指标制定行业标准并加以规范显得尤为重要，因此《等离子体炬用钨阴极材料》团体标准的制定十分必要，且迫在眉睫。

（二）项目的可行性简介

本项目将稀土氧化钨均匀掺杂在钨基体中，通过冷等静压成型成型-固相烧结-变形加工-热处理工艺形成稳定结构，制备的钨钨合金具备适用于阴极发射的功能特性。国内目前已掌握稀土均匀掺杂、变形加工、热处理等核心技术，可稳定生产高性能钨阴极。并且从钨粉制备、电极加工的全链条已成熟。因此《等离子体炬用钨阴极材料》标准修订时机已成熟，标准的实施将会进一步提高钨阴极的质量。

（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。

本标准根据我国等离子体炬用钨阴极材料生产情况首次制定，填补了国内复合钨阴极行业的一项空白，其技术指标符合用户要求，先进合理。本标准在编制过程中进行了大量的数据收集和试验测试工作，同时兼顾了国内大部分钨阴极生产厂家的现状。

通过文献检索，网上查询，国内没有关于等离子体炬用钨阴极材料相关标准。目前钨阴极生产技术非常成熟，且国内及国外已得到大规模普及，因此迫切需要制定该产品行业标准，对钨阴极供应作出规范。

综上所述，本标准的主要技术指标均达到稀土钨阴极生产企业质量水平，综合水平达到国内先进水平。

六、国内外标准（包括国际标准和国外先进标准）对比

目前，国内外相关标准主要关注于产品的化学成分，然而本团队通过总结多年的生产制造及使用反馈发现，产品使用寿命与材料晶粒度呈正相关，并且通过多年研发，本团队已可将产品的晶粒等级控制在大于10级，极大的提升产品使用寿命，更好的满足越来越高的产品使用需求，对促进等离子体炬用钨阴极材料的发展提供更先进的标准支撑。

表 9 产品标准与相关国际\国外\国家\行业\地方\团体标准主要参数对比表

		国外先进标准 (Plansee/OSRAM)	中国国家标准 (GB)	有色行业标准	本标准(拟制定)
标准 基本 信息 对比	标准号	企业标准（未公开）	GB/T 34498-2017	YS/T 1447-2021	T/XXXX-2025
	标准名称	钨电极产品规格书	《激光灯用钨 阴极材料》	《氙灯钨阴极》	《等离子体炬 用钨阴极材 料》
	范围	通用钨电极	适用于激光泵 浦灯用钨阴极 材料	适用于粉末冶金法、 压力加工法制取的氙 灯钨阴极。	等离子体炬用 钨阴极材料
技术 参数 对比 检 测 方 法	稀土含量	La ₂ O ₃ :0.9-1.1%	ThO ₂ :1.7-2.2% CeO ₂ :1.8-2.2%	ThO ₂ :1.8-2.2%	La ₂ O ₃ : 0.9-1.1%
	密度	≥18.65g/cm ³	WT20、 WC20≥18.2	直径≤15 密度 ≥18.75 直径>15 密度 ≥18.65	直径>6-10; ≥18.75g/cm ³ 直径>10-20; ≥18.65g/cm ³
	平均晶 粒度	根据直径区分 ≥7 级（直径： 3-13mm）	2000-5000 个 /mm ² (对应晶粒度： 7.97-9.3 级)	未规定	≥10 级
	表面粗 糙度	≤1.0μm	≤1.6μm	端面≤0.8μm 斜面≤1.6μm	≤1.6μm
	外观质 量	不应有分层、裂纹等	不应有分层、 裂纹等	不应有分层、裂纹等	不应有分层、 裂纹等

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

本文件的修订符合现行法律、法规的要求，本文件与其他强制性国家标准无矛盾与不协调之处。新修订的《等离子体炬用钨阴极材料》从技术上保证了产品使用的安全性和可靠性，条文精炼，表述清楚，技术要求全面、准确、科学、合

理；标准的格式和表达方式等方面完全执行了现行的国家标准和有关法规，符合GB/T 1.1-2020的有关要求。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

暂无重大分歧意见。

九、贯彻标准的要求和措施建议

1.首先应在实施前保证标准文本的充足供应，使每个制造厂及检测机构等都能及时获取本标准文本，这是保证新标准贯彻实施的基础。

2.本项目制定的《等离子体炬用钨阴极材料》，不仅与生产企业有关，而且与使用单位、检测机构等相关。对于标准使用过程中容易出现的疑问，起草单位有义务进行必要的解释。

3.可以针对标准使用的不同对象，如制造厂、质量监管等相关部门，有侧重点地进行标准的培训和宣贯，以保证标准的贯彻实施。

4.建议本标准批准发布6个月后实施。

十、替代或废止现行相关标准的建议

无

十一、其它应予说明的事项

本标准的发布实施，将显著提升我国等离子喷涂用钨电极的整体质量水平，使其全面达到国际先进标准要求。

CPMA 团体标准《等离子体炬用钨阴极材料》编制工作组

2025-05-19