

《再生金属化合物》 团体标准编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

随着我国工业化进程的加速，金属资源的需求持续增长，再生金属产业作为资源循环利用的重要领域，其发展对于缓解资源短缺、降低环境污染具有重要意义。然而，目前国内再生金属化合物产品在质量控制方面缺乏统一、完善的标准，导致市场上产品质量参差不齐，这既不利于行业的规范化运作，也制约了产业的健康发展。本团体标准的编制，旨在填补这一空白，为规范再生金属化合物生产、销售及应用提供可靠、有利的质量判定依据，助力行业有序健康发展。

山东省海鹏环保有限公司、山东铂信达再生资源有限公司联合上、下游企业，并牵头提出了《再生金属化合物》团体标准的立项申请，经山东省环保产业协会审核批准，该标准正式立项，立项编号为：鲁环协（2025）18号。

（二）起草单位

本标准由山东省海鹏环保有限公司、山东铂信达再生资源有限公司、生态环境部固体废物与化学品管理技术中心、生态环境部南京环境科学研究所、山东省固体废物和危险化学品污染防治中心、山东省核与辐射安全监测中心、滨州市环境保护科学技术

研究所、贵研资源有限公司、怀仁市鑫瑞源建材有限公司、福建省泉州市兴隆陶瓷有限公司、江西铜业集团有限公司、浙江自立高温材料股份有限公司、浙江双箭橡胶股份有限公司、河北高冶新材料有限公司、洛阳黎明检测服务有限公司等多家单位共同起草。贵研资源有限公司，在再生金属领域拥有深厚的技术积累和丰富的生产实践经验，长期致力于再生金属化合物及稀有贵金属的研发与生产，是行业内的领军企业。洛阳黎明检测服务有限公司，则是专业从事金属材料检测与分析的权威机构，具备先进的检测设备和专业的技术团队，在标准制定的技术支持和检测方法验证方面发挥重要作用。此外，还有多家上下游企业及科研院校参与其中，涵盖了再生金属化合物产业链的各个环节，确保了标准制定的全面性、科学性和实用性。

（三）主要工作过程

1.筹备启动阶段：成立标准起草工作组，明确各成员单位的职责分工，广泛收集国内外相关标准、技术文献以及产业发展现状资料，对再生金属化合物的生产工艺、产品质量特性、应用需求等进行全面调研分析，为标准的制定奠定基础。

2.草案编制阶段：结合调研结果，起草工作组多次召开内部研讨会，对标准的框架结构、技术指标、试验方法等关键内容进行深入讨论和研究，形成标准草案初稿。随后，通过函审、座谈会等形式，向行业内企业、专家、用户等广泛征求意见，对草案初稿进行修改完善，形成标准征求意见稿。

二、标准编制原则和主要内容

（一）编制原则

1.科学性原则：标准中的各项技术指标和试验方法均基于充分的科学研究和实践验证，确保标准能够准确反映再生金属化合物的质量特性和内在规律，为产品质量控制提供科学依据。

2.实用性原则：紧密结合我国再生金属化合物产业的实际生产水平、市场需求和应用场景，使标准具有较强的可操作性和实用性。标准中的要求既能够满足下游用户对产品质量的基本需求，又考虑到企业的生产能力和成本控制，便于企业在实际生产中贯彻执行。

3.协调性原则：注重与国内外相关标准的协调统一，积极借鉴国际先进标准和国内其他相关标准的成熟经验和内容，避免标准之间的冲突和矛盾，确保标准在行业内的兼容性和通用性。

4.前瞻性原则：充分考虑再生金属化合物产业的发展趋势和技术创新方向，适当设置具有一定前瞻性的技术指标和要求，引导企业加强技术研发和质量提升，推动产业的可持续发展。

（二）主要内容

1.范围：本文件规定了等离子电弧炉再生金属化合物的术语和定义、基本要求、工艺设计、检验规则、包装、标志、运输和贮存等方面的要求。适用于以废催化剂、废活性炭、废氧化铝球及含有重金属的废渣、污泥、粉尘等为原料，通过等离子电弧炉高温熔融工艺从废催化剂、废活性炭、废氧化铝球及含有多种重

金属的废渣、污泥、粉尘中提取金属化合物的生产、检验和销售过程，其产品供应给各金属冶炼提纯企业，作进一步提炼，明确了标准的适用边界。

2.规范性引用文件：目前，没有《再生金属化合物》国家标准、行业标准等其他标准。引用参考了相关国家标准、行业标准的相关条款。

3.术语和定义：等离子电弧炉再生金属化合物，通过等离子电弧炉高温熔融工艺从废催化剂、废活性炭、废氧化铝球及含有多种重金属的废渣、污泥、粉尘中提取的金属化合物。明确界定了行业内的术语使用，避免因概念模糊导致的理解和执行差异。

4. 基本要求

(1) 原料来源

工业企业生产过程及人们日常生活中产生的各种废催化剂、废活性炭、废氧化铝球及含有重金属锌、镍、铜、铝的废渣污泥、粉尘等。

(2) 产品质量

等离子电弧炉再生金属化合物产品质量及污染控制指标应符合表 1 技术指标限值规定，将每一类别的主要金属含量、杂质控制成分及含量等进行了详细的分类，便于产品的识别和归类。

产品供应各金属冶炼提纯单位，作进一步提炼。

金属含量：明确规定了各类再生金属化合物中主要金属元素的最低含量要求，这是衡量产品质量的核心指标之一。不同类别

产品的金属含量要求根据其实际应用需求和生产工艺特点确定，确保产品在相关领域的使用性能。

杂质控制：对再生金属化合物中可能存在的有害杂质元素，如铅、汞、镉、砷等的含量进行了严格限制。这些杂质元素的存在不仅会影响产品的性能，还可能对环境和人体健康造成危害。

技术指标限值规定的主要金属含量值及杂质元素限量值，参考了国内外相关环保标准和行业通行要求及各金属冶炼提纯企业入厂指标要求。

（3）污染物控制

等离子电弧炉再生金属化合物生产过程中产生的各种污染物经处理后达标排放。

5.工艺设计

本次工艺主要采用等离子电弧炉高温熔融工艺从废催化剂、废活性炭、废氧化铝球及含有多种重金属的废渣、污泥、粉尘中提取金属化合物的过程。提取过程需根据各种废催化剂、废活性炭、废氧化铝球及含有重金属锌、镍、铜、铝的废渣污泥、粉尘等成分特征、处置规模，并结合熔融烟气特性、污染物排放要求等因素综合考虑。其工艺流程主要包括预处理、高温熔融、熔融包装、融渣处理、烟气净化处理等工艺环节。

（1）预处理：主要包括投料、辊磨、混料、干燥、压球、入炉等。辊磨主要控制物料粒径 50-100 目，便于搅拌混料；压球是将入炉物料压制成直径 5 cm 的球状，便于高温熔融。滚筒干

燥主要去除物料中的水分,避免高温熔融时因水分急剧蒸发导致压球破裂。

入炉物料为危险废物,其管理严格执行危险废物管理要求,从厂外运至厂内,卸料在相应的危险废物贮存仓内,并根据危险废物原料含水率不同分为两种预处理方法:含水率高的危废料先进入烘干滚筒做烘干处理,后同石英石、石灰石等辅料配比入搅拌机混合均匀,再经压球机压至约 4-5cm 大小球状,最后经斗提机入等离子炉;另一种粉状、颗粒状、块状的危废料,先入辊磨机辊磨,控制物料粒径 50-100 目之间,后同兰炭粉、石英石、石灰石、铁精粉、萤石等辅料配比入搅拌机混合均匀,再经压球机压至约 4-5cm 大小球状,最后经斗提机入等离子炉。整个预处理过程除开始进料系统可能存在遗撒外,其余过程均为密封设计,密闭输送、斗提机输送,确保过程不会外漏。

辊磨、混料搅拌、压球工序设备均密闭运行,设备通气口经管道连接至等离子炉及中频炉入料口。

投料方式采用投料斗吨包上料,投料区域封闭,设置集气管道连接至等离子炉入料口。

(2)高温熔融:通过等离子电弧炉,将炉内物料高温熔融,形成金属熔浆。高温熔融废气进入二燃室,进一步焚烧处理。

高温熔融的任务在于为气化灰渣提供良好的热处理条件,利用外热源实现无机固体废物的完善处理,同时兼顾炉内辐射换热要求。在配伍阶段危险废物由于已与助溶剂均匀混合,形成

低共熔点混合物，熔化温度一般为 1450℃左右。等离子产生低温热等离子体，温度达 2000-5000K (1726.85~4726.85℃)，远大于其物料的熔化温度。熔融过程中，产生液态玻璃体熔液，未被[SiO₄]四面体包裹的重金属在重力作用下大量沉积至炉底部形成合金熔液，形成熔浆，熔浆中未被玻璃体包裹的金属在重力作用下积累在炉底，当积累到一定量后通过打开炉底出浆通道，引出熔融态的各类金属合金，浇筑在模具中，得到副产品合金锭。在合金熔液上面的主要为玻璃体熔液，主要成分为硅、铝、钙等无机物，通过设计的引流通道引至后续的融渣处理生产工序。

在等离子体气化熔融系统处置过程中，物料中的有机成分被热解气化通过废气排放通道进入二燃室焚烧处理后进入烟气处理系统。

(3) 融铸包装：浇筑在模具中的金属化合物合金锭，通过水冷方式，快速降温至 50 ℃以下，打包入库贮存。

(4) 融渣处理：玻璃态熔渣，是处理过程的主要残渣，为一般固体废物。通过等离子电弧炉炉底出渣通道，引出熔浆中被玻璃体包裹的熔渣，经水淬、水冷后装入吨包暂存，进行资源化利用（如用作建筑材料骨料等）。如果产生有非玻璃态的熔渣，须按照《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB 5085.3) 标准要求，进行鉴别。

(5) 烟气处理：高温熔融废气，经二燃室焚烧、换热、除尘、脱硫、脱硝、活性炭吸附等处理后达标排放。

高温熔融废气采用 2 套 “二燃室+换热器+旋风除尘+活性炭喷射+布袋除尘+臭氧脱硝+二级湿法脱硫（碱液喷淋）” 装置处理后通过 1 根 50m 高排气筒达标排放。

(6) 工艺参数控制

温度控制：通过等离子熔融炉（电弧炉）的热电偶实时监测温度数据，并反馈至控制系统，自动调节，精确控制温区温度。

气氛调节：根据炉内物料处理需求，自动调节炉内气氛，将金属化合物、合金等还原。

压力控制：维持炉内微负压状态，防止炉内烟气泄漏，影响熔融效果及污染环境。

6. 检验规则及方法

(1) 检验规则

检验分类：分为出厂检验和型式检验。出厂检验是对每批产品进行的常规检验，检验项目包括外观质量、金属含量、部分关键杂质元素等；型式检验是在产品结构、生产工艺、原材料等发生重大变化，或长期停产后恢复生产，以及国家质量监督部门提出要求时进行的全面检验，检验项目涵盖标准中的所有技术要求。

组批规则：规定了产品组批的原则和方法，一般以同一生产工艺、同一班次、同一规格的产品为一批。每批产品应具有相同的质量特性，便于进行质量检验和控制。

抽样方案：明确了从每批产品中抽取样品的方法和数量，确保所抽取的样品具有代表性。抽样方案的设计遵循统计学原理，能够在保证检验准确性的前提下，尽量减少抽样工作量和成本。

判定规则：制定了产品质量合格与否的判定依据。当产品的各项检验指标均符合标准要求时，判定该批产品合格；若有一项或多项指标不符合标准，则判定该批产品不合格。同时，对不合格产品的处理方式也进行了规定，如返工、降级使用或报废等。

(2) 检验方法：针对标准中的各项技术指标，规定了相应的试验方法，包括微量元素采用滴定法，金属采用 xps 荧光光谱检测法。

7.标志、包装、运输、贮存

(1) 标志：要求产品包装上应标明产品名称、型号、规格、生产企业名称、地址、生产日期、保质期、执行标准编号以及主要成分、含量等信息，便于用户识别和使用产品，同时也有助于质量追溯和市场监管。

(2) 包装：根据产品的性质、特点和运输要求，产品采用标准熔铸（5kg、30kg）后打包成吨包，并规定了适宜的包装材料、包装形式和包装规格。包装应具有良好的防护性能，确保产品在运输和贮存过程中不受损坏、不受污染。

(3) 运输：对产品运输过程中的要求进行了规定，包括运输工具的选择、装卸方式、运输条件等，确保产品质量安全。

(4) 贮存：明确了产品贮存的环境条件，产品应存放在干

燥、通风、阴凉的仓库内，避免与酸、碱、氧化剂等有害物质混存，防止产品变质或发生化学反应。

三、主要试验（或验证）情况分析

为确保标准中各项技术指标和试验方法的科学性、合理性和可行性，起草工作组进行了大量的试验研究和验证工作。

1.金属含量测定方法验证：采用不同的化学分析方法和仪器分析方法对再生金属化合物样品中的金属含量进行测定，并与已知标准值的样品进行比对。经过多批次、不同类型样品的测试，结果表明所选用的测定方法具有较高的准确性和精密度，相对误差在允许范围内，能够满足标准对金属含量测定的要求。

2.杂质元素检测方法验证：针对标准中规定的有害杂质元素，选用先进的检测仪器，如原子吸收光谱仪、电感耦合等离子体质谱仪等，对样品进行检测。通过对不同来源、不同含量水平的样品进行反复测试，并与国内外权威检测机构的检测结果进行比对，验证了检测方法的可靠性和灵敏度，能够准确检测出样品中微量的杂质元素，确保产品中杂质元素含量符合标准限值要求。

3.产品性能验证：将符合标准要求的再生金属化合物产品应用于实际生产场景中，对其在相关领域的使用性能进行跟踪和评估。例如，将再生铜化合物产品用于铜冶炼生产，观察其对冶炼工艺的影响以及最终产品的质量；将再生锌化合物产品用于电池制造，测试电池的性能指标等。通过实际应用验证，表明标准中规定的技术指标能够有效保障产品在实际使用中的性能和质量。

通过以上一系列的试验研究和验证工作,充分证明了本标准中各项技术指标和试验方法的科学性、合理性和可行性,能够为再生金属化合物产品的质量控制和市场监管提供技术依据。

四、标准中如果涉及专利,应有明确的知识产权说明

经起草工作组全面检索和排查,本标准在制定过程中未涉及任何专利技术。若在今后的标准实施过程中,出现因标准内容引发的知识产权纠纷,起草单位将积极配合相关部门进行调查和处理,并根据实际情况对标准进行必要的修订和完善,以确保标准的合法合规使用。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用的情况

1.规范市场秩序:本标准的实施将为再生金属化合物产品提供统一的质量判定依据,有助于消除市场上产品质量参差不齐的现象,规范企业的生产和经营行为,维护公平竞争的市场环境,保护消费者的合法权益。

2.促进资源循环利用:明确的质量标准将引导企业提高再生金属化合物的生产质量和资源回收利用率,推动再生金属产业向精细化、高效化方向发展,进一步提高我国金属资源的循环利用水平,缓解资源短缺压力,实现资源的可持续利用。

3.推动产业升级:标准中的技术要求和质量指标将促使企业加大技术研发投入,改进生产工艺,提高产品质量和性能,提升企业的核心竞争力。同时,也有利于行业内的技术交流与合作,促进整个再生金属化合物产业的技术进步和升级。

4.减少环境污染：通过规范再生金属化合物的生产和使用，严格控制产品中的有害杂质元素含量，能够有效减少在金属回收利用过程中对环境的污染，降低环境风险，推动再生金属产业与环境保护的协调发展，助力我国实现绿色发展目标。

六、与国际、国外对比情况

目前，国际上针对再生金属化合物质量标准的专门标准较少，相关要求主要分散在一些金属材料标准、环保标准以及行业协会制定的规范中。与国际上相关标准相比，本标准具有以下特点：

1.针对性强：本标准聚焦于再生金属化合物这一特定领域，对产品的质量要求、试验方法、检验规则等进行了系统、全面的规定，更具针对性和专业性。

2.技术指标严格：在金属含量、杂质元素限量等关键技术指标方面，本标准结合我国国情和产业发展需求，制定了较为严格的要求。例如，对于一些对环境和人体健康危害较大的杂质元素，体现了在再生金属化合物质量控制方面对环境保护和人类健康的重视。

3.试验方法完善：本标准详细规定了各项技术指标的试验方法，具有较高的准确性、重复性和再现性，为产品质量检测提供了更可靠的技术支撑。

4.紧密结合产业实际：本标准充分考虑了我国再生金属化合物产业的生产工艺特点、市场需求以及企业的实际生产水平，使标准具有更强的可操作性和实用性。

通过与国际、国外相关标准的对比分析，本标准在技术水平和实用性方面具有一定的优势，能够有效规范我国再生金属化合物产业的发展，提升我国再生金属化合物产品的质量和国际竞争力。同时，在标准实施过程中，我们也将持续关注国际标准的发展动态，及时对本标准进行修订和完善，保持与国际先进水平的接轨。

七、在标准体系中的位置，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

1.在标准体系中的位置：本标准属于再生金属领域标准体系的重要组成部分，与再生金属原料标准、再生金属产品标准、金属材料检测方法标准等共同构成了完整的再生金属标准体系。本标准侧重于再生金属化合物产品质量的规范，为再生金属产业链的中游环节提供了质量控制依据，与上下游标准相互衔接、相互支撑，共同促进再生金属产业的健康发展。

2.与现行相关法律、法规、规章的协调性：本标准的制定严格遵循我国现行的相关法律、法规和规章，如《中华人民共和国循环经济促进法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等。标准中的各项要求均符合国家对资源循环利用、环境保护、产品质量监管等方面的法律规定，与相关法律法规的要求保持一致，不存在冲突和矛盾。

3.与现行相关标准的协调性：在制定过程中，起草工作组对国内外现行的相关标准进行了全面梳理和分析，积极引用和借鉴

了相关标准中的成熟技术内容和合理要求。本标准与现行的再生金属原料标准、金属材料化学分析方法标准、产品包装运输标准等进行了充分协调，确保标准之间的兼容性和通用性。例如，在金属含量测定、杂质元素检测等试验方法方面，优先采用了国家标准或行业标准中已有的成熟方法，与相关检测方法标准保持一致；在产品标志、包装、运输、贮存等方面，也参考了相关的通用标准要求，使本标准能够更好地融入整个标准体系。

4.与强制性标准的协调性：目前，我国在再生金属化合物领域暂无直接相关的强制性标准。本标准作为团体标准，在技术要求上充分考虑了行业发展需求和企业实际生产能力，同时也兼顾了环境保护、安全卫生等方面的基本要求，与国家潜在的强制性标准制定方向保持一致。在标准实施过程中，若国家出台相关强制性标准，本标准将及时进行修订和完善，确保与强制性标准的协调统一。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

起草工作组将根据本文件在征求意见过程中征求到的意见，进行认真梳理归纳，补充、完善和规范标准文本。

起草工作编制组

2025 年 9 月 10 日