

有色金属行业标准
《热喷涂用高纯氧化铝粉末》

**编
制
说
明**

（征求意见稿）

矿冶科技集团有限公司

2021 年 7 月 16 日

一、工作简况

1.1 任务来源与计划要求

1.1.1 任务下达

根据工业和信息化部办公厅关于印发“2020年第三批行业标准制修订和外文版项目计划的通知”（工信厅科函〔2020〕263号）的文件精神，行业标准《热喷涂用高纯氧化铝粉末》由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）提出并归口，项目计划编号：2020-1504T-YS，由矿冶科技集团有限公司牵头起草，该标准计划完成年限 2022 年。

1.1.2 项目编制组情况

技术审查前，根据标准编制工作任务量，设立编制组为：矿冶科技集团有限公司、北矿新材料科技有限公司、广东省科学院工业分析检测中心、江苏威拉里新材料科技有限公司等单位。

1.2 主要参加单位和工作成员及其所做工作

1.2.1 起草单位简介

矿冶科技集团有限公司通过承担科技部院所专项“抗等离子冲蚀关键涂层材料和涂层研制”、国防科工局“氧化物陶瓷热喷涂氧化铝粉体制备技术研究”等重大课题，在高纯氧化铝喷涂材料研制方向，已投入研制经费 600 余万元，投入研发设备购置费用 1000 余万元，形成了具有粉末制备、检测、涂层加工、测试能力的实验室，并已取得一定的研究成果。经过多年发展，已建成高纯陶瓷喷涂材料研发基地，形成了十吨级高纯氧化铝陶瓷涂层材料生产线。

矿冶科技集团有限公司非常重视科研成果的转化，至 2018 年底已分别建成总产 500 吨陶瓷、复合、金属合金型涂层材料和粉体材料生产线，年产 5000 平方米的涂层制备的生产线。在陶瓷材料的研制方面，矿冶集团具有扎实的前期研究工作基础。在此基础上，矿冶集团不断创新，开发出高纯氧化锆、氧化钇、氧化铝等系列涂层材料。在耐磨、耐蚀涂层材料方面，拥有氧化铝系、氧化铬系、氧化钼系等 20 多个品种。在氧化物陶瓷涂层材料及涂层研制方面积累了丰富的实践经验。

矿冶科技集团有限公司拥有一支素质高、人才结构合理的科技队伍和一批国内外知名的专家。全集团现有职工 3246 人，其中中国工程院院士 3 人，教授级高级工程师 190 人，高级工程师 164 人，工程师 278 人，其中博士 59 人、硕士 376 人。拥有国家级有突出贡献的中青年专家 9 人，享受政府特殊津贴的科技专家 97 人，国家“百千万人才工程”第一、二层次人选 2 人，国家“新世纪百千万人才工程”国家级人选 7 人。在氧化物陶瓷粉末材料、金属陶瓷粉末材料及相关的涂层技术方向都有专业的技术人才队伍，长期从事相关科研、开发和生产任务，具有扎实的理论基础和丰富的实践经验。同时，拥有德国 VIGA16 真空雾化系统、德国莱宝真空雾化系统、国产真空雾化系统、喷雾制粒系统、高温烧结设备、超声波振动筛、GTV 超音速火焰喷涂系统等先进大型制粉、喷涂设备。在分析检测方面，经过多年的积累和发展，我院涂层材料及涂层技术方面已拥有各类化学成分分析仪器（ICP-AES、ICP-MS、GC、GC-MS、碳硫仪等）、扫描电子显微镜、透射电镜、X 射线衍射仪、激光粒度仪（马尔文 2000）、综合高温热分析仪、热膨胀系数分析仪、电子式万能试验机、高温蠕变试验机、高温摩擦磨损试验机、抗热冲蚀试验机、高温高速可磨耗试验机、表面洛氏硬度计、高温表面洛氏硬度计、显微维氏硬度计、布氏硬度计等专用分析测试仪器设备百余台（套），为该项目的顺利开展奠定了坚实的基础。

近年来矿冶集团主持制修订了多项热喷涂用粉末材料产品标准：《钴铬钨（CoCrW）系合金粉末》、《氧化钇稳定氧化锆粉末》、《稀土锆酸盐粉末》、《热喷涂 MCrAlY 合金粉末》、《热喷涂纳米氧化锆》等等，参与了多项标准的起草及验证工作，在相关标准的制修订方面，累积了丰富

的经验。

1.2.2 主要参加单位情况

标准编制单位北矿新材料科技有限公司在标准的编制过程中，积极查询热喷涂用高纯氧化铝粉末的行业情况，积极收集国内热喷涂用高纯氧化铝粉末产品的生产和使用企业实测数据，根据了解的实际情况编写标准文本和标准编制说明，同时将标准在行业内广泛征求意见，并对收集的意见进行汇总处理，带领编制组完成标准的编制工作。

广东省科学院工业分析检测中心等单位为热喷涂用高纯氧化铝粉末的研究企业，在标准编制过程中，积极参与标准的调研工作，为标准编制提供了大量的实测数据。同时，针对标准的讨论稿提出修改意见，确保产品的指标能满足生产、使用要求，确保产品的检测方法能实际应用于企业。

1.2.3 主要工作成员所负责的工作情况

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	工作职责
冀晓鹏	负责标准的工作指导及组织协调，标准关键指标的把控
贾芳、彭浩然	负责标准的调研、标准文本、标准编制说明的撰写，意见汇总处理，参加标准讨论和审定会议
庞小肖、原慷、刘海飞、王芦燕	负责产品指标及试验方法的把控，对讨论稿和征求意见稿提出修改意见

1.3 主要工作过程

1.3.1 起草阶段

2021 年 3 月 16 日，全国有色金属标准化技术委员会在江苏苏州组织召开了有色标准工作会议，来自矿冶科技集团有限公司、北矿新材料科技有限公司、广东省科学院工业分析检测中心等单位参加了会议，会议对《热喷涂用高纯氧化铝粉末》进行了任务落实。

2021 年 4 月至 5 月，矿冶科技集团有限公司接受《热喷涂用高纯氧化铝粉末》任务后，成立了标准编制工作组，由于该标准为首次制订，标准编制工作组成员查阅了大量的国内外相关文献资料，收集、整理、对比分析了相关企业的技术资料，结合目前国内外热喷涂用高纯氧化铝粉末的生产和用户需求情况，形成了标准草案。本标准草案完成后，在编制组及公司内部进行了多次交流，广泛征求意见，对本标准进行了认真的修改和完善，最后形成了该标准的讨论稿。

1.3.2 征求意见阶段

2021 年 5 月 26 日-28 日在杭州市召开的稀有金属、粉末冶金标准工作会议上征求了与会专家意见，并通过专家论证。

2021 年 7 月 21 日-23 日在呼和浩特市召开的稀有金属、粉末冶金标准工作会议上征求了与会专家意见，并通过专家论证。

二、 标准编制原则

- 1、完全按照 GB/T 1.1-2020 的要求编写。
- 2、遵循科学性、先进性、统一性，以与实际相结合为原则，提高标准的可操作性。满足国内热喷涂用高纯氧化铝粉末的研究、生产和使用的需要为原则，提高标准的适用性。

- 3、对产品的化学成分、粒度、松装密度、外观等指标进行了规定，保证了产品的质量。
- 4、严格控制了产品的杂质含量，保证了产品的使用性能。
- 5、规定了产品的试验方法、检验规则，避免了供需双方的冲突，促进了本行业健康发展。

三、标准主要内容的确定依据

3.1 范围

本文件规定了热喷涂用高纯氧化铝粉末的技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存、质量证明书和合同（或订货单）内容。

本文件适用于采用熔融破碎工艺或喷雾烧结工艺等制备的等离子喷涂用高纯氧化铝粉末。

3.2 主要技术指标及确定依据

3.2.1 化学成分

表 2 为对行业内热喷涂用高纯氧化铝粉末的研究、生产和使用的主要企业的主成分、杂质成分的调研情况。

表 2 热喷涂用高纯氧化铝粉末产品的主成分、杂质成分

化学成分/wt%		A	B	C	D
主成分	Al ₂ O ₃	≥99.95	≥99.9	≥99.95	≥99.98
杂质成分	Na	≤0.005	——	——	≤0.005
	Mg	≤0.001	——	——	≤0.001
	Si	≤0.01	——	——	≤0.005
	K	≤0.0045	——	——	≤0.001
	Ca	≤0.01	——	——	≤0.005
	Fe	≤0.007	——	——	≤0.005
	Na ₂ O	——	≤0.01	≤0.02	——
	SiO ₂	——	≤0.02	≤0.02	——
	Fe ₂ O ₃	——	≤0.02	≤0.01	——
	其他	——	≤0.05	——	——

（1）热喷涂用高纯氧化铝粉末中主成分 Al₂O₃ 的总含量即纯度高低不同，而纯度是评价该产品是否适用于电子行业应用的重要指标，因此，本标准明确规定主成分 Al₂O₃ 的纯度。

（2）热喷涂用高纯氧化铝粉末中的钠、镁、钙、铁、钾、硅等杂质元素，对所形成涂层的抗冲蚀性能具有较大影响，因此需对这些杂质的含量进行明确规定。

综上所述，本文件规定了热喷涂用高纯氧化铝粉末产品的化学成分如表 3 所示。

表 3 热喷涂用高纯氧化铝粉末化学成分

产品牌号	化学成分/质量分数%							
	Al ₂ O ₃	杂质含量						
		Ca	Fe	Si	Na	K	Mg	其他
F-HP-Al ₂ O ₃	≥99.9	≤0.01	≤0.007	≤0.01	≤0.005	≤0.005	≤0.001	≤0.01
注：Al ₂ O ₃ 的含量采用差减法获得。								

3.2.2 粉末粒度

从热喷涂行业需求来看，粒度分布是喷涂粉末与喷涂工艺是否匹配的重要指标。根据行业内热喷涂用高纯氧化铝粉末的研究、生产和使用的主要企业对粉末粒度的要求，并根据不同涂层结构与组织需求、不同等离子喷涂设备对适用粉末粒度的要求，产品的粒度分布有多种规格，表 4 为各主要企业的热喷涂用高纯氧化铝粉末的粒度指标。

表 4 热喷涂用高纯氧化铝粉末产品粒度分布

单位	粒度规格/ μm	粒度分布
A	15~45	D10: 15~25 μm ; D50: 30~40 μm ; D90: 25~60 μm
B	5~22	——
C	8~38	D10: 10~15 μm ; D50: 15~25 μm ; D90: 25~35 μm
D	15~53	25-53 μm ≥90wt%

综合以上现有产品及适用情况，本文件规定了热喷涂用高纯氧化铝粉末产品的粒度分布如表 5 所示。

表 5 热喷涂用高纯氧化铝粉末粒度分布

产品牌号	粒度规格/ μm	粒度分布/wt%
F-HP- Al_2O_3 -1	5~22	D10: 5~10 μm ; D50: 13~16 μm ; D90: 18~20 μm
F-HP- Al_2O_3 -2	5~45	D10: 5~10 μm ; D50: 20~28 μm ; D90: 32~40 μm
F-HP- Al_2O_3 -3	8~38	D10: 8~12 μm ; D50: 18~25 μm ; D90: 30~38 μm
F-HP- Al_2O_3 -4	15~53	D10: 15~32 μm ; D50: 33~40 μm ; D90: 42~60 μm
注：如需方对粉末粒度范围有特殊要求时，由供需双方协商确定。		

3.2.3 松装密度

松装密度是衡量热喷涂粉末材料的一个重要指标，与喷涂过程中送粉特性、沉积速率有密切的关系。表 6 为热喷涂用高纯氧化铝粉末的研究、生产和使用的主要企业对粉末松装密度的要求。所以本标准设定最小的松装密度应不小于 0.6 g/cm³。

表 6 热喷涂用高纯氧化铝粉末产品松装密度

单位	A	B	C	D
松装密度 (g/cm ³)	1.0~1.6	≥1.0	≥0.6	≥0.6

3.2.4 其他要求

需方如对热喷涂用高纯氧化铝粉末有特殊要求，可由供需双方协商确定。

3.2.5 产品实测数据

表 7 热喷涂用高纯氧化铝粉末产品实测数据

指标	产品 A	产品 B	产品 C
$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{wt}\%$	≥99.95	≥99.98	≥99.99
Na/wt%	<0.005	0.0046	0.0039
Mg/wt%	<0.001	0.0002	0.00028
Si/wt%	<0.01	0.001	0.00046
K/wt%	<0.002	0.001	0.00058

Ca/wt%	<0.01	0.0012	0.00079
Fe/wt%	<0.01	0.001	0.00076
外观	白色粉末	白色粉末	白色粉末
松装密度 g/cm ³	1.23	0.72	0.63
D ₁₀ /μm	21.5	/	10.1
D ₅₀ /μm	35.6	36.83	21.2
D ₉₀ /μm	58.0	/	35.0

3.3 试验方法

产品 Al₂O₃ 含量及杂质含量的测定按 GB/T 6609 的规定进行测定。

产品粒度分布的测定按 GB/T 1480 和 GB/T 19077 的规定进行。

产品松装密度的测定按 GB/T 1479.1 的规定进行。

产品外观质量通过目视检查。

3.4 检验规则

3.4.1 检查与验收

产品应由供方进行检验，保证产品质量符合本标准及合同（或订货单）的规定，并填写质量证明书。

需方应对收到的产品按本标准的规定进行检验，如检验结果与本标准及合同（或订货单）的规定不符时，应在收到产品之日起 2 个月内向供方提出，由供需双方协商解决。如需仲裁，仲裁取样在需方由供需双方共同进行。

3.4.2 组批

产品应成批提交验收，每批应由同一牌号、同一粒度规格的产品组成。每批重量不超过500kg。

3.4.3 检验项目及取样

每批产品应进行化学成分、粉末粒度、松装密度和外观质量检验。

产品的取样方法按照GB/T 5314的规定进行。

每批产品在两件（瓶）以内时，取样件数为100%；两件（瓶）以上时，取样件数不少于两件，将所取的试样混合均匀后，按四分法缩分至试样所需重量。

3.4.4 检验结果的判定

化学成分检验不合格，则在该批产品中另取双倍试样对不合格项进行重复检验，若重复检验结果仍有结果不合格时，则判该批产品为不合格。

粉末粒度、松装密度检验不合格，则在该批产品中另取双倍试样对该不合格项进行重复检验，若重复检验仍有结果不合格时，则判该批产品为不合格。

外观质量检验不合格，判该批产品为不合格。

3.5 标志、包装、运输、贮存和随行文件

3.5.1 标志

包装容器表面应标明：供方名称、产品名称、牌号、批号、粉末粒度、重量及“防潮”字样或标志。

3.5.2 包装

产品用密闭、不透气、防潮的塑料瓶或铝塑真空袋密封包装，分1kg、2kg、5kg、10kg四种。

3.5.3 运输、贮存

产品运输时，应防止受潮，不得重压、抛摔。

产品应存放在干燥、通风、无腐蚀性环境处，防止吸潮。

3.5.4 随行文件

每批产品应附有随行文件，其中除应包括供方信息、产品信息、本文件编号、出厂日期或包装日期外，还宜包括：

产品质量证明书，其中注明：

- a) 供方名称、地址；
- b) 产品名称和牌号；
- c) 产品批号；
- d) 粒度规格；
- e) 净重和数量；
- f) 各项检验结果和供方技术监督部门印记；
- g) 本文件编号；
- h) 出厂日期。

3.6 订货单内容

需方可根据自身的需要，在订购本文件所列产品的订货单内，列出如下内容：

- a) 产品名称；
- b) 牌号；
- c) 化学成分（特殊要求）；
- d) 净重和件数；
- e) 本文件编号；
- f) 其他。

四、标准中涉及专利的情况

经查，本标准不涉及国内外专利。

五、预期达到的社会效益等情况

热喷涂用高纯度陶瓷材料，比如高纯氧化铝粉末、高纯氧化钇粉末等，作为集成电路刻蚀机的防护涂层材料，一直是国外对我国实行技术封锁的重要材料，十一五以来逐渐获得国内研究者和制造商的关注。用于热喷涂的高纯度球形粉末可通过喷雾制粒等工艺获得。

自我国集成电路重大专项实施以来，刻蚀机等关键装备实现了从无到有，批量应用在大生产线上，截止 2017 年，专项成果已累计取得了 1800 亿元的销售业绩，专项研制的高端装备已累计销售了 300 多台，国内主要配套零部件配套体系初步形成，国产零部件销售已经超过了 3500 多台（套），相关配套产品的需求量也极具增加。同时，随着我国国民经济的快速发展尤其是信息化进程的加快，对集成电路产品的需求持续快速增长，从 2006 年开始，我国集成电路产业产品的进口超过石油成为我国最大宗进口产品，2013 年至 2017 年每年进口额超过 2000 亿美元。可见，热喷涂高纯氧化铝的产业化前景非常乐观。

本标准的制定是填补了热喷涂高纯氧化铝粉末的标准空白，落实了国家的政策要求，促进了

极大规模集成电路及成套装备配套材料的发展,对于进一步满足国家集成电路装备的需求具有重要作用,为我国尽早实现集成电路及成套装备的自主化打下了坚实的基础。

六、采用国际标准和国外先进标准的情况

6.1 采用国际标准和国外先进标准的程度

经查,国外无相同类型的标准。

6.2 国际、国外同类标准水平的对比分析

经查,国外无相同类型的标准。

6.3 与现有标准及制定中标准协调配套的情况

经查,标准与现有标准及制定中的标准无重复交叉情况。

七、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧。

九、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

建议作为推荐性行业标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

由于本标准反映了热喷涂用高纯氧化铝的行业需求,因此可积极向厂家及国内外用户推荐采用本标准。

十一、废止现行有关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。

《热喷涂用高纯氧化铝粉末》标准编制组

二〇二一年七月