中国表面工程协会团体标准

《膜涂层用陶瓷基复合粉体性能测试技术要求》

编制说明

《技术要求》编制组

2025年4月

**目 录**

[一、标准的编制说明应包含的主要内容 1](#_Toc193985734)

[（一）工作简况(必要项） 1](#_Toc193985735)

[（二）制定（修订）标准的必要性和意义（重要项、需充分说明） 2](#_Toc193985736)

[（三）主要起草过程（必要项） 3](#_Toc193985737)

[（四）制定（修订）标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系(必要项) 3](#_Toc193985738)

[（五）主要条款的说明(重要项) 3](#_Toc193985739)

[（六）重大意见分歧处理依据和结果（必要项） 8](#_Toc193985740)

[（七）采用国际标准或国外先进标准的，说明采标程度，以及国内外同类标准的对比情况（选填项，无此项，删除） 9](#_Toc193985741)

[（八）贯彻标准的措施建议（必要项） 9](#_Toc193985742)

[（九）其他应说明的事项(选填项) 10](#_Toc193985743)

# 一、标准的编制说明应包含的主要内容

## （一）工作简况(必要项）

1、任务来源

膜/涂层用陶瓷基粉体材料因其优异的性能，在航空航天、新能源、工业设备、功能材料等领域展现了广阔的应用前景。

复合粉体的性能测试是涉及对粉体材料的物理、化学和工艺性能进行全面表征，以确保粉材在使用中的重现性和安全性，从而满足行业标准及规范，为材料设计，工艺改进，产品降本提供评判依据。

结合文献库、专利网相关渠道检索，膜涂层用陶瓷基复合粉体性能测试标准项目，尚无对应的国家标准和行业规范。该标准项目在制定过程中，综合考虑材料的适用情况，结合不同结合粉体材料的物理性能及宏观性能，针对膜/涂层陶瓷粉体性能予以分析。为保障标准化生产，促进行业规范快速发展，北京理工大学向中国表面工程协会自主申报了《膜涂层用陶瓷基复合粉体性能测试》（以下简称《技术要求》）。经标委会组织专家审查后，予以立项编制，项目编号\*\*\*。

2、起草单位、参编单位

起草单位：北京理工大学

参编单位：航天材料及工艺研究所；北京动力机械研究所；航天特种材料及工艺技术研究所；北京星航机电装备有限公司；北京机电工程总体设计部；航天科工空间工程发展有限公司；北京理工大学重庆创新中心；北京理工大学唐山研究院

3、主要起草人

柳彦博；。。。。。。。。。。。。。。。陈东；董健

## （二）制定（修订）标准的必要性和意义（重要项、需充分说明）

陶瓷基复合材料由于综合性能优异而获得广泛的应用，几乎涉及到所有的工程材料及复合材料，在航空航天、船舶、能源等国民经济占有重要领域。采用陶瓷基复合材料粉体，在不同基体上制备陶瓷基复合涂层是主要的应用模式之一。这类涂层制备过程中主要采用原料为陶瓷基复合粉体材料，粉体材料的性能直接决定着涂层的性能与寿命。为了服务于陶瓷基复合材料涂层的制备与质量控制，急需将陶瓷基粉体性能测试标准化。协助高校、企业等相关单位进行粉体性能有效评价的同时，为膜/涂层质量工艺、工艺优化、技术更新提供关键的依据和强有力的支撑！

## （三）主要起草过程（必要项）

综合性叙述，不以时间过程记录。如资料收集、调研、试验论证、拟稿、征求意见、整理送审等内容。

从接到标准的编写任务开始，北京理工大学成立标准编制组，并组织召开了编制讨论会，制订了具体的工作计划，明确了技术路线，并根据工作需要对组内成员进行任务分工。

2024年10月，编制组完成了《技术要求》（初稿），在广泛征求各方专家和生产企业的意见和建议后，编制组编写完成《技术要求》（征求意见稿），并发送相关单位进行了意见征询。根据反馈意见，编制组对《技术要求》（征求意见稿）进行了完善，并开展了征求意见。

2025年5月，根据征求意见情况，进一步调整完善技术要求文本，形成《技术要求》（送审稿），上报中国表面工程协会。

## （四）制定（修订）标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系(必要项)

本技术要求与现行法律、法规和强制性标准没有冲突。

## （五）主要条款的说明(重要项)

如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等的论据（包括试验、统计数据）。

修订标准时，应增列新旧标水平的对比。

主要试验（验证）的分析、综述报告。

5.1 内容框架

本技术条件由以下5部分组成，包括：

（1）范围

（2）规范性引用文件

（3）术语与定义

（4）一般要求

（5）结果处理

（6）测试装置、测试方法及测试程序

此外，包括附录A部分。

5.2 技术内容

**5.2.1 范围**

本标准规定了膜/涂层用陶瓷及复合粉体试验方法和要求，包括试验仪器/装置、试验步骤及结果处理。

本标准适用于金属、陶瓷、有机物及复合材料膜/涂层复合粉体的性能可参照执行。

**5.2.2 规范性引用文件**

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 8979-2008 纯氮、高纯氮和超纯氮

GB/T 5314-2011 粉末冶金用粉末 取样方法

GB/T 6682-2008 分析实验室用水规范

GB/T 24582-2023 多晶硅表面金属杂质含量测定酸浸取-电感耦合等离子体质谱法

GB/T 10067.44-2014 电热装置基本技术条件第 44 部分:箱式电阻炉

JJF 1914-2021 金相显微镜校准规范

JJF 1916-2021 扫描电子显微镜校准规范

JJG 629-2014 多晶X射线衍射仪检定规程

**5.2.3 术语与定义**

5.2.3.1 膜/涂层用陶瓷基复合粉体松装密度

膜/涂层用陶瓷基复合粉体在自由流动状态下，通过自然堆积或轻微振动后，所达到的单位体积内的质量

5.2.3.2 膜/涂层用陶瓷基复合粉体振实密度

指在规定条件下振动，膜/涂层用陶瓷基复合粉末体积不再减小，测得单位体积的质量大小。

5.2.3.3 膜/涂层用陶瓷基复合粉体比表面积

单位质量或单位体积的膜/涂层用陶瓷基粉体材料所拥有的表面积。它通常用于衡量粉体的颗粒细度及其表面活性，对材料的反应性、吸附性和热传导性能等具有重要影响。

5.2.3.4 膜/涂层用陶瓷基复合粉体流动性

膜/涂层用陶瓷基复合粉体的流动性通常是指在给定条件下，粉体能够流动、滑动或填充空隙的能力。

5.2.3.5 膜/涂层用陶瓷基复合粉体粒径分布

膜/涂层用陶瓷基复合粉体中各个粒子的粒径及其相对数量（或质量）的分布情况，反映粉体在不同粒径范围内的颗粒数量、质量或体积的比例。

5.2.3.6 膜/涂层用陶瓷基复合粉体球形度

表征膜/涂层用陶瓷基复合粉体形状接近球形程度的一个指标。

5.2.3.7 膜/涂层用陶瓷基复合粉体球化率

膜/涂层用陶瓷基复合粉体颗粒的球形化程度，通常用于评估粉体的形态变化和颗粒的流动性、填充性等特性

5.2.3.8 膜/涂层用陶瓷基复合粉体成分占比

膜/涂层用陶瓷基复合粉体中各个组分或材料的质量或体积占总复合粉体的比例。它通常用于描述复合粉体中不同成分的相对含量

5.2.3.9 膜/涂层用陶瓷基复合粉体成分均匀性

膜/涂层用陶瓷基复合粉体成分均匀性指的是不同材料或成分在复合粉体中的空间分布的一致性，衡量的是各组分在复合粉体中的混合程度

5.2.3.10 膜/涂层用陶瓷基复合粉体发射率

膜/涂层用陶瓷基复合粉体表面在一定温度下辐射热能的能力，通常用于描述材料表面热辐射特性的一个物理量

5.2.3.11 膜/涂层用陶瓷基复合粉体高温相稳定性

膜/涂层用陶瓷基复合粉体材料在高温环境下，能够维持其物理、化学性质和结构的稳定性，不发生显著相变的能力

5.2.3.12 膜/涂层用陶瓷基复合粉体高温抗烧结性

膜/涂层用陶瓷基复合粉体材料高温抗烧结性是指粉体在高温条件下抵抗颗粒之间发生烧结的能力，即在高温环境下保持粉体颗粒不发生过度团聚、长大或致密化的特性。

5.2.4 一般要求

5.2.4.1通用试验仪器应按有关计量标准检定

5.4.2.1.1 箱式电阻炉检验规范按GB/T 10067.44-2014的规定执行。

5.4.2.1.2 金相显微镜的校准规范按JJF 1914-2021的规定执行。

5.4.2.1.3 扫描电子显微镜校准规范按JJF 1916-2021的规定执行。

5.4.2.1.4 X射线衍射仪检验规范按JJG 629-2014的规定执行。

5.2.4.2 实验水要求

测试使用水按GB/T 6682-2008 分析实验室用水规范的规定执行

5.2.4.3 气体要求

如氩气纯度按GB/T 4842-2017的规定执行。

5.2.5 结果处理

本技术要求规定了膜/涂层用陶瓷基复合粉体性能结果处理，包括复合粉体松装密度、球化率、高温抗烧结性、高温物相稳定性计算计算公式及参考规范。

5.2.6 测试装置、测试条件及测试程序

本技术要求规定了12种常见膜/涂层用陶瓷基复合粉体性能测试，如松装密度、粒径分布、成分占比等方法，并从测试装置，测试条件以及测试程序对每种粉体的性能进行详细描述。

5.2.7包括附录A，B部分

本技术要求在附录A部分要求了不同粉体性能检测的试验报告格式要求。

## （六）重大意见分歧处理依据和结果（必要项）

该标准编制过程的重大分歧包括膜/涂层用陶瓷基复合粉体高温烧结性以及复合粉体成分占比和成分均匀性测定。

* 膜/涂层用陶瓷基复合粉体高温烧结性：起初撰写过程，则是考虑使用热膨胀来度量粉体在高温下的线膨胀或体积膨胀情况，能够直接反映出粉体的烧结倾向和抗烧结效果，结果较为直观和可靠。但此法只测量某个维度方向上的尺寸变化，无法反应复杂形状粉体或各向异形显著粉体材料，而且结果偏宏观，不能从微观内部结构上衡量颗粒间的收缩和膨胀变化。编制组在咨询相关专家和查阅相关文献资料后，采用孔隙率评测法，该法基于阿基米德法，通过测量开/闭气孔率变化来评价复合粉体在高温烧结后宏观/微结构的收缩或膨胀变化率，以此综合评判复合粉体在高温下的抗烧结性能。
* 膜/涂层用陶瓷基复合粉体成分占比和成分均匀性：结合现有标准、文献调研，复合粉体的成分检测方法繁杂如电感耦合等离子体技术，X射线荧光光谱法，扫描电子显微镜能谱分析法等，不同测试方法各有优劣，如何选择适用与本技术要求的测试方法显得尤为重要。结合不同测试比较，其中电感耦合等离子体技术精度上能够达到ppm级别，元素测试范围从Li(锂)~Lu(镥)，能够满足复合粉体元素占比要求。但复合粉体的均匀度指元素在窄区间（如一定数量的复合粉体）的分布均匀情况，常规测试方法不能满足该测试要求。本技术要求结合电感耦合等离子体技术和扫描电子显微镜能谱分析法，首先利用前者测试出复合粉体的成分占比（包含元素），而后采用扫描电子显微镜能谱分析法择取特定元素以及测试区域范围，以实现元素分布的均匀性测试的目的。

## （七）采用国际标准或国外先进标准的，说明采标程度，以及国内外同类标准的对比情况（选填项，无此项，删除）

无。

## （八）贯彻标准的措施建议（必要项）

本技术要求作为表面工程行业标准，仅为现阶段指导性标准，未来应根据实施情况适时对本技术要求进行完善、修订与补充。建议本技术要求发布实施后，行业主管部门组织对本标准进行宣贯。

## （九）其他应说明的事项(选填项)

无。

2025年4月1日

二、格式

(一)标题:小二号“方正小标宋简体

(二)一级标题:三号“黑体

(三)二级标题:三号“楷体GB2312

(四)正文:三号“仿宋GB2312

(五)落款日期:三号“仿宋GB2312