中国表面工程协会团体标准

《膜/涂层高温抗氧化及耐烧蚀性能测试技术要求》

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](#_Toc194244820)

[（一）工作简况(必要项） 1](#_Toc194244821)

[（二）制定（修订）标准的必要性和意义（重要项、需充分说明） 2](#_Toc194244822)

[（三）主要起草过程（必要项） 3](#_Toc194244823)

[（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](#_Toc194244824)

[（五）主要条款的说明(重要项) 3](#_Toc194244825)

[（六）重大意见分歧处理依据和结果（必要项） 9](#_Toc194244826)

[（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） 10](#_Toc194244827)

[（八）贯彻标准的措施建议（必要项） 10](#_Toc194244828)

[（九）其他应说明的事项(选填项) 11](#_Toc194244829)

# 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/涂层材料在航空航天与高超声速装备，新能源与环保领域，生物医疗，电子与半导体产业，智能制造与工业设备等领域有着举足轻重的地位。

火焰考核的必要性则是通过模拟极端条件，确保膜/涂层材料在高温环境中的稳定性和安全性，进而确保设备和人员的安全、满足行业规范及法规要求，降低潜在的风险和隐患。在现代工业和技术中，火焰考核已成为不可忽视的重要环节。

经文献、图书查阅，膜/涂层高温抗氧化及耐烧蚀标准项目尚无对应的国际标准标准或国外先进标准。该标准项目在制定过程中，综合考虑材料在不同温度、不同适用情况，结合静、动态、循环氧化，针对膜/涂层材料予以分析，根据实际情况选择合适的烧蚀考核方法。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/涂层高温抗氧化及耐烧蚀性能测试技术要求》（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）

膜/涂层在高温抗氧化烧蚀防护领域受到广泛的关注，而且吸引了大量高校、企业单位。这类膜涂层由于服役工况有所不同，关注的特种性能具有差异性，筛选的考核方式直接影响构件使用寿命和安全性。为了服务膜/涂层材料考核和生命周期评价，规避由于测试设备、条件、流程差异较大，导致数据可比性差，难以进行有效对比和评估问题，亟待将膜/涂层抗氧化烧蚀涂层统一标准化。为膜涂层材料在高温极端环境下的应用提供有力支撑的同时，对于材料设计和性能优化具有指导意义！

## （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，B部分。

5.2 技术内容

**5.2.1 范围**

本标准规定了膜/涂层高温抗氧化及耐烧蚀性能的试验方法和要求，包括试验仪器/装置、试验条件、试验程序及结果处理。

本标准适用于金属、陶瓷、有机物及复合材料膜/涂层的抗氧化烧蚀性能测试。材料样品以及零件、构件的抗氧化烧蚀性能测试可参照执行。

**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 3863-2008 工业氧

GB/T 4842-2017 氩

GB/T 8979-2008 纯氮、高纯氮和超纯氮

GB/T 3634.1-2006 氢气 第1部分 工业氢

HG/T 3661.2 工业燃气 切割焊接用丙烷

GB 6537-2018 3号喷气燃料

GB/T 30429-2013 工业热电偶

GB/T 25352-2010 隔热隔音材料耐烧穿试验方法

GB/T 35141-2017 插入式红外辐射测温仪技术规范

GB/T 3284-2015 石英玻璃化学成分分析方法

GB/T 10067.3-2015 电热装置基本技术条件 第3部分:感应电热装置

YS/T 1344.3-2020 掺锡氧化铟粉化学分析方法 第3部分：物相分析X射线衍射分析方法

YY/T 0756-2009 光学和光学仪器 激光和激光相关设备 激光光束功率(能量)密度分布的试验方法

**5.2.3 术语与定义**

5.2.3.1 抗氧化 Anti-oxidation

5.2.3.1.1 炉烧抗氧化试验方法 test method for furnace-heating anti-oxidation

以加热炉为热源，对膜/涂层氧化性能进行试验的方法。

5.2.3.1.2 石英灯（氙气/卤素灯）抗氧化试验方法 test method for quartz lamp anti-oxidation

以石英灯（氙气/卤素灯）为热源，对膜/涂层氧化性能进行试验的方法。

5.2.3.1.3 感应加热抗氧化试验方法 test method for induction heating anti-oxidation

以涡流加热产生为热源，对膜/涂层氧化性能进行试验的方法。

5.2.3.1.4 电阻内热法抗氧化试验方法 test method for resistance internal Heating anti-oxidation

以外接电源产生焦耳热为热源，对膜/涂层氧化性能进行试验的方法。

5.2.3.1.5 循环式/周期型氧化 Cyclic/Periodic anti-Oxidation

采用上述5.2.3.1.1描述的试验方法，对膜/涂层多次重复抗氧化试验，用于评估膜/涂层的抗氧化性。

5.2.3.2耐烧蚀 Ablation resistance

5.2.3.2.1 氧-乙炔试验方法 test method for oxyacetylene ablation resistance

以氧一乙炔火焰为热源，对膜/涂层耐烧蚀性能进行试验的方法。

5.2.3.2.2 超音速烧蚀试验方法 test method for high velocity ablation resistance

以超音速火焰为热源，对膜/涂层耐烧蚀性能进行试验的方法。

5.2.3.2.3 等离子烧蚀试验方法 test method for arc ablation resistance

以等离子火焰为热源，对膜/涂层进行耐烧蚀性能进行试验的方法

5.2.3.2.4 激光烧蚀试验方法 test method for laser ablation resistance

以激光为热源，对膜/涂层进行耐烧蚀性能进行试验的方法。

5.2.3.2.5 循环式/周期型耐烧蚀试验方法 Cyclic/Periodic ablation

采用上述5.2.3.2.4描述的试验方法，对膜/涂层多次重复耐烧蚀试验，用于评估膜/涂层的抗耐烧蚀性能。

5.2.4 一般要求

5.2.4.1 通用试验仪器

5.2.4.1.1 通用实验仪器要求

a）精密天平：感量0.0001g，量程0～5kg。

b）游标卡尺：精度为0.01mm，量程0～150mm。

c）尖头千分尺 ：精度为0.01mm，量程为0～300mm。

d）电秒表：精度0.01s。

e) 电子扫描显微镜：空间分辨率1～3nm。

f）X射线衍射仪：2θ角度分辨率0.001°～0.01°,精度1%。

5.2.4.2 通用试验仪器应按有关规范检定

5.2.4.2.1 热电偶检验规范按GB/T 30429-2013的规定执行。

5.2.4.2.2 火焰（射流）热流密度标定具体程序按GB/T 25352-2010的规定执行。

5.2.4.2.3 感应电热装置的技术要求按GB/T 10067.34-2015的规定执行。

5.2.4.2.4 激光器的选用要求按QJ 2082A-96的规定执行。

5.2.4.2.5 激光光束功率(能量)密度分布按YY/T 0756-2009的规定执行。

5.2.4.3 气体要求

试验用乙炔纯度按GB 6819-2004的规定执行；氩气纯度按GB/T 4842-2017的规定执行；氮气按 GB/T 8979-2008中高纯氮的指标执行；氧气纯度按GB/T 3863-2008的规定执行。

5.2.4.4 航空煤油标准

试验用航空煤油规格按GB 6537-2018的规定执行。

5.2.4.5 结果处理

本技术要求规定了膜/涂层抗氧化及耐烧蚀后的结果处理，包括膜/涂层质量烧蚀率、线烧蚀率、热流密度等公式以及物相及成分分析参考规范。

5.2.6 测试装置、测试条件及测试程序

本技术要求规定了8种常见膜/涂层氧化及耐烧蚀测试，如石英灯、炉烧法氧乙炔、等离子等方法，每种考核方式详细描述了从测试装置，测试体条件以及测试程序相关内容。

5.2.7包括附录A，B部分

本技术要求在附录A部分要求了每种考核方式的试验报告格式要求，附录B部分则要求了炉烧法均温区域以及红外测温仪的标定规范。

## （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主要包括膜涂层的表面温度监控以及焰流速度检测两大方面。

* 膜/涂层表面温度监控：起初撰写过程，则是利用热电偶进行试样表面温度测量，但由于复杂工况使用时，热电偶会由于接触松动、受电磁干扰、温度窗口（1600℃以下）局限性等造成测量误差。本标准引入了非接触式红外测温仪，特别针对1600℃以上高温领域，另外考虑红外测温对于透明物体以及尘埃、烟雾环境较为敏感，故此对于红外测温装置的标温是基于热电偶结合热流密度的结合方式，这样一来能够较为准确的测量物体表面温度，同时兼顾较宽的温度区间。
* 速度范围：膜/涂层样品的烧蚀考核与射流的速度高度相关。一般地，燃流速度越大，膜/涂层表面热荷越大，会引起传热更为迅速，材料蒸发、熔化、裂解更加频繁，同时高速气流引发强烈的激波效应进一步增加热负荷效应。国内外标准无相关约束，本技术内容是基于热焓探针进行射流介质速度测量与计算，保证了试样考核温度的同时，兼顾了射流速度数据的测算，对膜/涂层抗氧化及烧蚀复现性以及准确性提供一定保证。

## （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