

# T/EJCCCSE

团 体 标 准

T/EJCCCSEXXXX—2025

## 强流脉冲电子束材料表面改性技术要求

Requirements for surface modification technology of high current pulsed electron  
beam materials

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国商业股份制企业经济联合会 发 布



目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 基本规定 ..... 1

5 设备 ..... 2

6 改性工艺 ..... 2

7 改性后材料质量 ..... 3

8 环保和安全 ..... 4

9 记录、报告与文件管理 ..... 4

参考文献 ..... 6

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由大连东软信息学院提出。

本文件由中国商业股份制企业经济联合会归口。

本文件起草单位：大连东软信息学院。

本文件主要起草人：XXX。

# 强流脉冲电子束材料表面改性技术要求

## 1 范围

本文件规定了强流脉冲电子束材料表面改性的基本规定、设备、改性工艺、改性后材料质量、环保和安全、记录、报告与文件管理。

本文件适用于使用强流脉冲电子束对材料表面进行改性处理。

## 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 16297 大气污染物综合排放标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**强流脉冲电子束** high current pulsed electron beam (HCPEB)

具有短脉冲宽度和高束流强度的高能量密度电子束。

### 3.2

**表面改性** surface modification

通过强流脉冲电子束作用，改变材料表面组织结构、化学成分、物理性能和化学性能等的技术。

### 3.3

**改性层** modified layer

材料表面经过强流脉冲电子束处理后形成的具有特殊性能的薄层。

### 3.4

**束流强度** beam intensity

单位时间内通过单位面积的电子数量。

### 3.5

**脉冲宽度** pulse width

电子束脉冲的持续时间。

## 4 基本规定

4.1 材料应经初步检验合格后方可利用强流脉冲电子束进行表面改性处理。

4.2 操作人员应熟悉利用强流脉冲电子束对材料表面进行改性处理的技术，并具有一定的专业理论知识和实践经验。

4.3 操作人员应经过专业培训，并熟悉设备操作规程和安全注意事项。

4.4 所用设备应符合相关产品标准的规定。

5 设备

利用强流脉冲电子束对材料表面进行改性处理所用的设备包括但不限于：

- a) 强流脉冲电子束设备；
- b) 金相显微镜；
- c) 轮廓仪；
- d) 显微硬度计；
- e) 电化学工作站；
- f) 摩擦磨损测试仪。

6 改性工艺

6.1 流程

利用强流脉冲电子束对材料表面进行改性处理的流程见图 1。

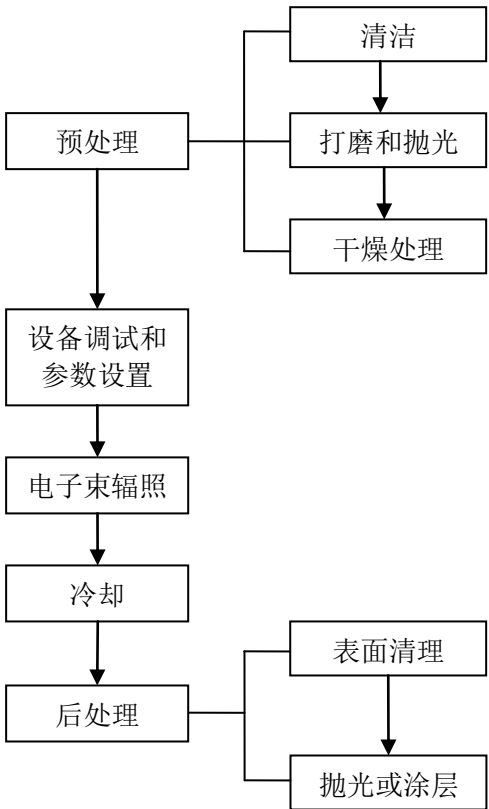


图1 改性处理流程图

## 6.2 预处理

### 6.2.1 清洁

使用化学清洗或超声波清洗去除材料表面油污、氧化物和其他杂质。

### 6.2.2 打磨和抛光

通过机械打磨和抛光使材料表面平整，观察不到明显划痕。

### 6.2.3 干燥处理

使用化学溶液将材料清洗干净，然后在无尘环境中自然干燥或烘干。

## 6.3 设备调试和参数设置

6.3.1 检查强流脉冲电子束设备的状态，确保其正常运行。

6.3.2 根据材料的种类、厚度及改性目标，设置强流脉冲电子束设备的工作参数，主要参数如下：

- a) 电子束加速电压；
- b) 真空室内真空度；
- c) 脉冲宽度；
- d) 束流强度；
- e) 辐照处理次数等。

## 6.4 电子束辐照

6.4.1 启动强流脉冲电子束设备，使电子束聚焦到材料表面，按照设定的参数进行辐照处理，并实时监测设备参数。

6.4.2 电子束的高能量使材料表面瞬间熔化，形成改性层。控制电子束的扫描路径和速度，确保改性层均匀分布，避免局部过热或改性不均。

## 6.5 冷却

电子束辐照结束后，将材料放至真空环境中使其自然冷却至室温，避免快速冷却导致裂纹或变形。必要时可使用惰性气体或冷却系统加速冷却。

## 6.6 后处理

### 6.6.1 表面清理

通过机械擦拭或弱酸洗对改性后的材料进行清理，去除改性过程中产生的残留物或氧化层，确保表面清洁。

### 6.6.2 抛光或涂层

必要时可对改性表面进行抛光处理或涂覆耐磨、抗氧化保护层。

## 7 改性后材料质量

### 7.1 质量要求

经强流脉冲电子束改性处理后的材料的质量应符合下列规定：

- a) 表面形貌：改性层均匀，无明显裂纹或缺陷；
- b) 表面粗糙度：
  - 1) 一般用途金属材料： $\leq 1.6 \mu\text{m}$ ；
  - 2) 精密零件： $\leq 0.8 \mu\text{m}$ ；
  - 3) 光学元件： $\leq 0.1 \mu\text{m}$ 。
- c) 表面硬度：提高 20%~200%；
- d) 表面耐腐蚀性：提高 1~2 级；
- e) 表面耐磨性：提高 1~3 倍。

## 7.2 检验

- 7.2.1 表面形貌：使用金相显微镜观察表面形貌，检查改性层是否均匀、无裂纹或缺陷。
- 7.2.2 表面粗糙度：使用轮廓仪检测改性层的表面粗糙度。
- 7.2.3 表面硬度：使用显微硬度计检测表面硬度。
- 7.2.4 表面耐腐蚀性：使用电化学工作站检测改性层的耐腐蚀性。
- 7.2.5 表面耐磨性：使用摩擦磨损测试仪检测改性层的耐磨性。

## 8 环保和安全

### 8.1 环保

- 8.1.1 大气污染物排放应符合 GB 16297 的规定。
- 8.1.2 废水应回收并处理至达标后排放。
- 8.1.3 对振动较大的设备应采取有效的减振、隔振、消声、隔声等措施。

### 8.2 安全

- 8.2.1 操作人员应穿戴防护用品进行强流脉冲电子束材料表面改性处理工作。
- 8.2.2 电气设备、线路应有可靠的避雷、接地装置，并定期进行检修。
- 8.2.3 应定期检查电气设备绝缘性能，确保电气安全。
- 8.2.4 应设有降噪、通风、防尘、防爆设施或设备。

## 9 记录、报告与文件管理

### 9.1 数据记录

应详细记录下列内容：

- a) 强流脉冲电子束设备工艺参数；
- b) 材料检测结果；
- c) 设备运行状态。

### 9.2 报告编写

根据检测结果编写改性效果报告，评估是否达到预期目标，并提出改进建议。

### 9.3 文件管理



强流脉冲电子束材料表面改性处理后，应及时填写改性处理档案并随件移交。改性处理档案内容宜包括但不限于：

- a) 改性处理设备信息；
- b) 设备设置参数；
- c) 操作人员信息；
- d) 改性处理材料信息；
- e) 测试报告。

### 参 考 文 献

- [1] 郝胜智, 张向东, 邹建新等. 强流脉冲电子束材料表面改性技术[J]. 航空制造技术, 2007年增刊.
- [2] 王慧慧. 潘宁型HCPEB束源及风机用钢表面改性研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2018.
-