

ICS
H

YB

中华人民共和国黑色冶金行业标准

YB/T XXXXX—XXXX

加热炉黑体强化辐射技术要求

Technical requirements of blackbody enhanced radiation for heating furnaces

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 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 基本原理 | 2 |
| 5 工作环境 | 2 |
| 6 黑体元体 | 2 |
| 7 安装技术 | 3 |
| 8 施工及验收 | 4 |
| 9 节能指标 | 4 |
| 10 效果评价 | 5 |

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这些专利的责任。

本文件由工业和信息化部钢铁行业节能标准化工作组提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

加热炉黑体强化辐射技术要求

1 范围

本文件规定了加热炉黑体强化辐射技术的术语和定义、基本原理、工作环境、黑体元件、安装技术、施工及验收、节能指标和效果评价。

本文件适用于轧钢加热炉，其他炉窑可参照执行。

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 2589 综合能耗计算通则
- GB/T 2997 致密定形耐火制品体积密度、显气孔率和真气孔率试验方法
- GB/T 5072 耐火材料 常温耐压强度试验方法
- GB/T 5988 耐火材料 加热永久线变化试验方法
- GB/T 6900 铝硅系耐火材料化学分析方法
- GB/T 7322 耐火材料 耐火度试验方法
- GB/T 15587 工业企业能源管理导则
- GB/T 21368 钢铁企业能源计量器具配备和管理要求
- GB/T 33956 轧钢连续加热炉热平衡测试与计算方法
- GB 50211 工业炉砌筑工程施工与验收规范
- JGJ 46 施工现场临时用电安全技术规范
- JGJ 130 建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范
- JJG 309 500K~1000K黑体辐射源检定规程
- YB/T 376.3 耐火制品 抗热震性试验方法 第3部分：水急冷-裂纹判定法
- YB/T 4313 钢铁行业蓄热式工业炉窑热平衡测试与计算方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

黑体 blackbody

能够完全吸收辐射能的理想物体，其吸收率和发射率均为 1。

3.2

发射率 emissivity ratio

相同温度下，物体的辐射能力与黑体的辐射能力的比值。

3.3

黑体元件 blackbody element

根据红外物理的黑体理论及燃料炉炉膛传热数学模型，制成集"增大炉膛面积、提高炉膛发射率和增加辐照度"三项功能于一体的工业标准黑体。黑体元件的基本形态为空腔锥台。

3.4

安装面 install surface

黑体元件与炉衬的接触部分。

4 基本原理

将黑体元件安装于炉膛内壁，与炉膛共同构成红外加热系统。通过增大传热面积，提高炉膛的发射率；对炉膛内的热射线进行有效调控，将漫射的无序状态调控到有序，直接射向钢坯，提高炉膛对钢坯辐射换热效率。

5 工作环境

黑体强化辐射技术工作环境应符合以下条件：

- a) 炉衬表面应坚实不易剥落，无较大裂纹，无结焦；
- b) 黑体元件工作温度宜在750℃~1450℃；
- c) 适用于轧钢加热炉，元件安装部位为炉膛内壁。

6 黑体元件

加热炉黑体元件的技术要求应符合表1的规定。

表1 加热炉黑体元件技术要求

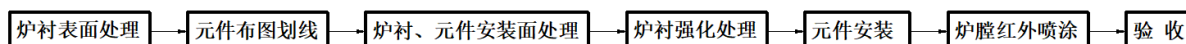
| 序号 | 项目 | | 单位 | 技术要求 | 检测标准 |
|----|--------|--------------------------------------------------|-------------------|------|-----------|
| 1 | 化学成分 | Al ₂ O ₃ | % | ≥55 | GB/T 6900 |
| | | Al ₂ O ₃ +SiO ₂ | % | ≥93 | |
| | | Fe ₂ O ₃ | % | ≤0.8 | |
| 2 | 体积密度 | | g/cm ³ | ≤1.3 | GB/T 2997 |
| 3 | 常温耐压强度 | | MPa | ≥4.5 | GB/T 5072 |

| | | | | |
|---|--------------------|---|----------|------------|
| 4 | 发射率（温度 1000k 以上） | - | ≥0.95 | JJG 309 |
| 5 | 加热永久线变化（1400℃×2h） | % | -0.5~0.8 | GB/T 5988 |
| 6 | 热震稳定性（次）（1100℃ 水冷） | 次 | ≥5 | YB/T 376.3 |
| 7 | 耐火度 | ℃ | ≥1770 | GB/T 7322 |

7 安装技术

7.1 安装流程

黑体元件安装流程见下图。



7.2 安装准备

作业环境应符合以下要求：加热炉炉内温度小于40℃。

7.3 炉衬表面处理

炉衬表面不应有灰尘或其他附着的不牢固的物体，常见炉衬表面处理方法见表2。

表2 炉衬表面处理方法

| 炉衬种类 | 处理方法 |
|-----------------------|--------------------------------|
| 硅砖、高铝砖等硬质耐材炉壁、不定形耐材制品 | 高压风吹（风压0.5MPa~1.0MPa） 角磨机打磨 |
| 纤维耐火制品 | 高压风吹（风压0.2MPa~0.4MPa） |

7.4 安装面处理

炉衬、元件安装面处理应符合以下要求：

- a) 元件定位划线；
- b) 加工定位槽；
- c) 除灰；
- d) 孔槽填塞胶泥；
- e) 检查元件，处理粘结面；
- f) 穿钉；
- g) 粘结面胶泥堆砌。

7.5 炉衬强化处理

炉衬强化处理应符合以下要求：

- a) 按工艺要求配置强化处理剂；
- b) 喷涂强化处理剂于炉衬的表面，喷涂参数见表3；
- c) 强化处理剂在炉衬表面应均匀；

d)强化处理完成后炉衬表面无水痕后进行安装。

表3 强化处理剂喷涂值

| 喷涂参数 | 喷涂值 |
|------|-------------|
| 喷涂压力 | 1MPa~25MPa |
| 喷枪口径 | 0.2mm~0.9mm |

7.6 元件安装

元件安装应符合以下要求：

- 元件穿入螺钉后对准中心孔，用螺丝刀进行安装；
- 元件堆砌的胶泥和炉壁接触后应缓慢推进，同时旋转排除空气，使元件和炉壁充分接触。

7.7 炉膛红外喷涂

炉膛红外喷涂应符合以下要求：

- 喷涂前，将高温釉面涂料搅拌均匀；
- 根据不同加热炉选择喷涂方法，不同喷涂方法的工艺要求见表4；
- 炉衬表面应喷涂均匀，无漏涂、起泡、脱落等现象，涂层厚度0.3mm~0.5mm。

表4 喷涂方法及工艺要求

| 喷涂方法 | 工艺要求 |
|------|-------------------------------------------------------------|
| 喷涂 | 喷涂压力：1MPa~25MPa 喷枪口径：0.2mm~0.9mm 喷枪移动速度：0.2m/s~0.6m/s |
| 刷涂 | 用排刷将高温釉面涂料刷涂炉衬表面 |

8 施工及验收

施工及验收要求应符合表5的要求。

表5 黑体施工及验收要求

| 项目 | 作业环境 | 施工平台 | 施工电源 | 炉衬清理 | 元件安装 | 红外喷涂 |
|------|-----------|---------|--------|----------|----------|----------|
| 指标 | 炉内温度小于40℃ | 安全 | 安全 | 无结焦、突瘤 | 胶泥压实 | 炉衬全部喷涂 |
| 施工规范 | - | JGJ 130 | JGJ 46 | GB 50211 | GB 50211 | GB 50211 |

9 节能指标

黑体强化辐射技术节能指标见表6。

表6 黑体强化辐射技术节能指标

| 炉型 | 节能率/% | 元件安装量 |
|-------|-------|-------|
| 轧钢加热炉 | ≥5 | 全部内壁 |

10 效果评价

10.1 节能效果计算

节能效果计算方法：

a)在工况相同的条件下，将采用黑体强化辐射技术的加热炉与未采用黑体强化辐射技术的加热炉进行对比；

b)热平衡检测按照GB/T 33956或YB/T 4313的相关规定执行；

c)节能指标及效果评价按照GB/T 21368、GB/T 15587和GB/T 2589的相关规定执行；

d)黑体强化辐射技术的节能效果按公式（1）计算：

$$\eta = \frac{Q_{前}-Q_{后}}{Q_{后}} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

η ——黑体强化辐射技术节能率，%；

$Q_{前}$ ——未采用黑体强化辐射技术的炉窑的单位产量燃料消耗量，单位为立方米每立方米、立方米每吨或吨每吨（ m^3/m^3 、 m^3/t 或 t/t ）；

$Q_{后}$ ——采用黑体强化辐射技术的炉窑的单位产量燃料消耗量，单位为立方米每立方米、立方米每吨或吨每吨（ m^3/m^3 、或 t/t ）。

注：炉窑产品和燃料均为气体时，单位为 m^3/m^3 ；炉窑产品为固体或液体、燃料为气体时，单位为 m^3/t ；炉窑产品为固体或液体、燃料为固体或液体时，单位为 t/t 。

10.2 元件脱落率计算

元件脱落率计算方法按式（2）计算：

$$T = \frac{q_1-q_2}{q_1} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

T ——元件脱落率，%；

q_1 ——初始安装元件数量或下一个考核周期开始时确定的元件数量，单位为个；

q_2 ——一个考核周期结束时（按年）仍固定在原位并能正常使用的元件数量，单位为个。