

T/CMEEEA

团 体 标 准

T/CMEEEA XXXX—2025

等静压石墨焙烧工艺规范

Isostatic graphite baking process specification

(征求意见稿)

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

中国机电设备工程协会 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 原辅料要求 1

5 设备要求 2

6 工艺要求 2

7 质量检验 3

8 安全要求 4

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。

本文件由山西北都科技股份有限公司提出。

本文件由中国机电设备工程协会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：×××

等静压石墨焙烧工艺规范

1 范围

本文件规定了等静压石墨焙烧工艺的原辅料要求、设备要求、工艺要求、质量检验和安全要求。

本文件适用于以高纯度石墨原料经等静压成型后的生坯,通过敞开式焙烧炉进行焙烧处理的生产过程。

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 326-2007 石油沥青纸胎油毡

GB/T 700-2006 碳素结构钢

GB/T 1429 碳素材料工业分析方法

GB/T 1431 碳素材料耐压强度测定方法

GB/T 3074.1 碳素材料抗折强度测定方法

GB/T 3994-2013 粘土质隔热耐火砖

GB/T 8722 炭素材料导热系数测定方法

GB/T 17911 耐火纤维制品试验方法

GB/T 24203 炭素材料体积密度、真密度、真气孔率、显气孔率的测定方法

GB 37822-2019 挥发性有机物无组织排放控制标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

等静压石墨生坯 isostatic pressed graphite green body

高纯度石墨原料经破碎、筛分、混捏、等静压成型后,未经过焙烧处理的坯体,其固定碳含量不低于 99.9%。

3.2

敞开式焙烧炉 open type baking furnace

采用坩埚承载等静压石墨制品,通过填充料隔绝空气,顶部采用特定材料密封,无需通入保护气体即可实现焙烧的设备。

4 原辅料要求

4.1 等静压石墨生坯

4.1.1 生坯表面应无明显裂纹、缺角、夹杂、凹陷等缺陷，边缘平整、无毛刺。

4.1.2 生坯尺寸偏差应不大于 ± 2 mm，同批次生坯尺寸一致性误差应不大于 1%。

4.1.3 生坯密度均匀性系数应不大于 0.02，孔隙率控制在 15% ~ 25% 范围内；若为高精度要求制品，生坯灰分应不超过 0.01%。

4.2 辅助材料

4.2.1 坩埚采用金属钢材质制作，材质应符合 GB/T 700-2006 中 Q235B 及以上的要求；坩埚形状需根据等静压石墨制品的形状和尺寸匹配制作，内壁光滑无锈蚀、无划痕，清洁无油污及杂质；坩埚壁厚应均匀，偏差不得超过 ± 1 mm，确保承载强度满足焙烧过程要求。

4.2.2 填充料可采用两种配方，配方一为冶金焦粒配细粉，其中冶金焦粒颗粒度为 1 mm ~ 5 mm，细粉添加量为冶金焦粒重量的 5% ~ 8%；配方二为清洗后烘干的黄河沙配 40% 重量份的冶金焦粒，黄河沙需经(40~60)目筛筛选，杂质含量不超过 2%；两种填充料均需干燥无结块，含水率不大于 0.5%。

4.2.3 顶部密封材料油毡应符合 GB/T 326-2007 中 I 型品要求，厚度不小于 3 mm；钢板材质为 Q235，厚度不小于 8 mm，表面无锈蚀；耐火砖应符合 GB/T 3994-2013 中 MU15 等级要求，抗压强度不低于 15 MPa，体积密度不小于 2.3 g/cm³。

5 设备要求

5.1 敞开式焙烧炉

5.1.1 炉体外壳采用钢板焊接而成，内壁铺设耐火材料，耐火材料应符合 GB/T 17911 要求，耐高温性能不低于 1 200 °C。

5.1.2 炉体温度控制精度为 ± 3 °C，炉内不同区域温度均匀性误差不超过 ± 10 °C，配备数显温度控制系统，可实时显示炉内温度。

5.1.3 炉体应设置通风排气装置，确保焙烧过程中产生的挥发性气体顺畅排出，避免局部积聚；排气口应连接废气处理装置，应满足 GB 37822-2019 排放标准。

5.2 辅助设备

5.2.1 天车应配备吸料装置，吸料行程精度为 ± 10 mm，吸料量可调节，满足每次吸料 180 mm ~ 220 mm 高度填充料的要求；天车运行平稳，起升、下降及移动速度可调控，避免操作过程中对坩埚及制品造成冲击。

5.2.2 烘干设备用于烘干填充料，烘干温度可控制在 100 °C ~ 120 °C，烘干后填充料含水率不大于 0.5%，烘干效率满足生产节奏要求。

5.2.3 筛分设备用于筛选黄河沙和冶金焦粒，筛网目数应符合(40~60)目(黄河沙)和 1 mm ~ 5 mm (冶金焦粒)要求，筛分精度高，杂质去除率不低于 98%。

6 工艺要求

6.1 前期准备操作

按下列操作进行：

- a) 坩埚准备：根据制品尺寸制作匹配坩埚，采用高压水枪清洗坩埚内壁，并用无尘布擦拭干净，检查坩埚无变形、裂纹后备用；

- b) 生坯清洁：采用压缩空气吹扫生坯表面粉尘，若表面有油污，用无水乙醇擦拭清洁，晾干后备用；
- c) 填充料准备：按选定配方混合填充料，若采用黄河沙配方，需先将黄河沙清洗至水清澈，在 100 °C ~ 120 °C 下烘干 4 h ~ 6 h，再与冶金焦粒混合均匀。

6.2 焙烧过程操作

按下列操作进行：

- a) 生坯装炉：将清洁后的生坯缓慢放入坩埚中心位置，确保生坯垂直放置，与坩埚内壁间距均匀，测量生坯顶部至坩埚顶部高度，确保 ≥ 30 cm；
- b) 填充料填充：将混合好的填充料缓慢倒入坩埚，边倒入边用振捣棒轻微振捣，确保填充料密实无空隙，填充至与生坯顶部平齐后，继续填充至坩埚顶部下方 5 cm 处；
- c) 顶部密封：先在坩埚顶部铺设一层油毡，油毡边缘超出坩埚边缘 5 cm ~ 10 cm；再铺设钢板，钢板覆盖整个坩埚顶部；最后在钢板上铺设耐火砖，耐火砖采用错缝排列，确保密封严实；
- d) 焙烧升温：启动焙烧炉，按照 (8~15) °C/h 的升温速率升温，每小时记录一次炉温，若温度偏差超过 ± 5 °C，及时调整加热功率；
- e) 驻火保温：当炉温升至 880 °C 时，进入驻火阶段，保持温度稳定，每 30 min 记录一次温度，确保温度波动不超过 ± 3 °C，保温 8 h ~ 12 h；
- f) 降温操作：保温结束后，启动降温程序，每次用天车吸料装置吸除顶部 180 mm ~ 220 mm 高度的填充料，立即覆盖同等厚度的冷却焦粒（温度 ≤ 50 °C），重复操作直至炉内温度降至 180 °C 以下。

6.3 后期处理操作

按下列操作进行：

- a) 坩埚出炉：采用天车吊起坩埚，缓慢移出焙烧炉，吊运过程中避免坩埚碰撞炉体或其他设备，将坩埚放置在预先清理好的车间冷却区；
- b) 制品冷却：坩埚在车间内自然冷却，冷却期间保持环境通风良好，避免阳光直射或风吹雨淋，每天记录冷却环境温度和湿度，冷却 3 d 后打开坩埚；
- c) 制品取出：拆除坩埚顶部耐火砖、钢板、油毡，倒出填充料，采用专用夹具缓慢取出制品，避免制品碰撞、摔落。

7 质量检验

7.1 检验项目与指标

具体要求见表 1 所示。

表 1 检验项目与指标

项目	要求	检验方法
外观	表面无裂纹、缺角、夹杂，边缘平整，无明显变形	目视检验
尺寸偏差	$\leq \pm 2$	采用激光测径仪测量
体积密度，(g/cm ³)	≥ 1.72	按 GB/T 24203 的规定进行
抗压强度，MPa	≥ 58	按 GB/T 1431 的规定进行
抗折强度，MPa	≥ 32	按 GB/T 3074.1 的规定进行

表 1 检验项目与指标 (续)

项目	要求	检验方法
热导率 (室温), W/(m·K)	≥105	按 GB/T 8722 的规定进行
灰分, %	≤0.008	按 GB/T 1429 的规定进行

7.2 检验规则

7.2.1 每批次产品随机抽取 3 件作为试样, 每件测试 3 个点位, 取平均值。

7.2.2 所有项目均合格则判定该批次合格; 若有 1 项不合格, 加倍抽样复检, 复检合格则判定合格, 否则不合格。

7.2.3 型式检验每半年进行 1 次, 包括 7.1 规定的全部检验项目。

8 安全要求

8.1 操作人员需经专业培训考核合格后上岗, 上岗前穿戴耐高温工作服、防护手套、防护面罩、防滑鞋等防护用品。

8.2 焙烧炉运行前, 检查炉体、温控系统、排气系统是否正常, 天车限位、制动装置是否灵敏, 确认无异常后方可启动。

8.3 焙烧过程中, 严禁打开炉门, 禁止在炉体周围堆放易燃易爆物品; 若发现炉温异常、气体泄漏等情况, 立即停机, 切断电源、气源, 启动应急预案。

8.4 坩埚吊运过程中, 设置警戒区域, 禁止人员进入吊运范围; 操作人员与坩埚保持安全距离, 防止高温灼伤。

8.5 焙烧产生的挥发性气体经废气处理装置处理后排放, 排放浓度符合 GB 37822-2019 中 VOCs 排放限值。