

团 体 标 准

T/TMAC ×××—202X

玄武岩连续纤维全电熔池窑技术规范

Technical specification for all-electric melting furnace of
continuous basalt fiber

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国技术市场协会 发 布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本作品著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲 23 号城乡华懋大厦 12 层 1217。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：136162004@qq.com

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 系统组成与工艺流程 2

 4.1 系统组成 2

 4.2 工艺流程 2

 4.3 工艺阶段功能说明 3

5 技术要求 4

 5.1 设计要求 4

 5.2 工艺参数要求 4

 5.3 能耗与效率要求 4

 5.4 产品质量要求 4

6 试验方法 4

 6.1 单丝直径测定 4

 6.2 拉伸强度和弹性模量测定 5

 6.3 含水率测定 5

 6.4 可燃物含量测定 5

 6.5 温度均匀性测定 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专利的责任。

本文件由中国技术市场协会提出并归口。

本文件起草单位：通榆中钼玄武岩新材料科技有限公司、郑州登电玄武石纤有限公司、北京中研博采技术服务有限公司。

本文件主要起草人：韩德路、焦志怀、乐志斌、夏卫彬。

玄武岩连续纤维全电熔池窑技术规范

1 范围

本文件规定了玄武岩连续纤维全电熔池窑的术语和定义、系统组成与工艺流程、技术要求、试验方法等内容。

本文件适用于以玄武岩矿石为主要原料，采用全电熔工艺生产连续玄武岩纤维的池窑系统。

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 7690.5 增强材料 纱线试验方法 第5部分：玻璃纤维纤维直径的测定
GB/T 9914.2 增强制品试验方法 第2部分：玻璃纤维可燃物含量的测定
GB 29450 玻璃纤维单位产品能源消耗限额
GB/T 38111 玄武岩纤维分类分级及代号
JC/T 493 玻璃熔窑用熔铸锆刚玉耐火制品
YS/T 1312 钼电极

3 术语和定义

GB/T 38111界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

玄武岩连续纤维 continuous basalt fiber (CBF)

以玄武岩矿石为主要原料，经高温熔融、拉丝制成的连续纤维。

3.2

全电熔池窑 all-electric melting furnace

采用电极浸入熔体内部直接通电，利用熔体电阻产生的焦耳热进行加热的熔窑。

3.3

冷顶 cold heading

在窑炉运行过程中，覆盖在熔体表面、处于未熔化或半熔化状态的固态原料层。具有保温与隔绝空气的作用，有助于维持熔池内部的温度稳定并减少热量散失。

3.4

熔池深度 molten pool depth

池窑内部从熔池底部至玄武岩熔融体液面的垂直距离，是熔窑核心结构尺寸指标。

4 系统组成与工艺流程

4.1 系统组成

玄武岩连续纤维全电熔池窑系统由以下子系统构成：

- a) 原料预处理系统：包括称量、混合、输送设备。
- b) 熔制系统：包括窑炉本体（熔化池、均化澄清池、作业通道）、电极系统（钼/氧化锡电极）、加热控制系统。
- c) 成型拉丝系统：包括铂铑合金漏板、拉丝机、冷却喷雾系统。
- d) 辅助系统：包括冷却水循环系统、废气处理系统、自动加料系统。

4.2 工艺流程

玄武岩连续纤维全电熔池窑生产流程应符合图1所示的工艺流程。典型全电熔池窑纵剖面结构示意图参照图2结构。

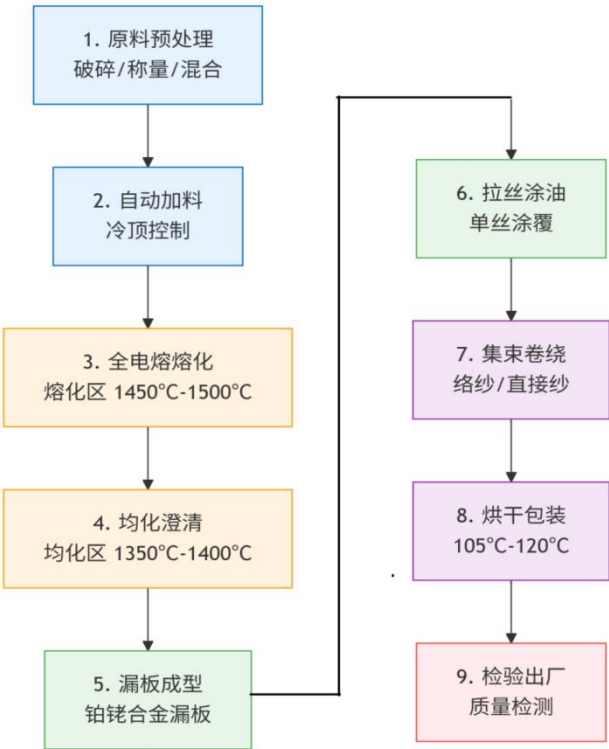


图1 全电熔池窑法玄武岩连续纤维工艺流程图

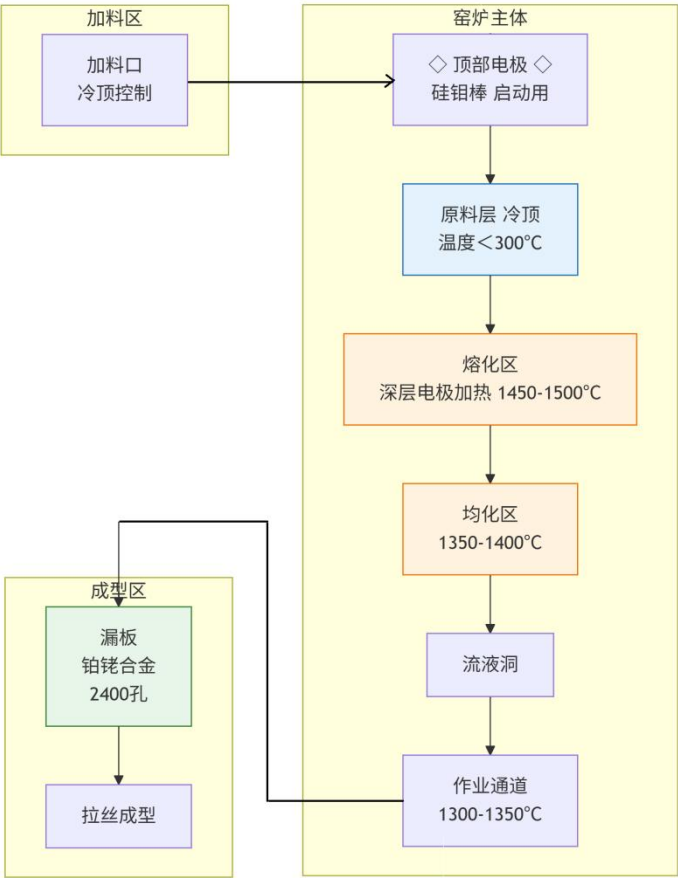


图2 典型全电熔池窑纵剖面结构示意图

4.3 工艺阶段功能说明

工艺阶段功能应参照表1的内容。

表1 工艺阶段功能说明

阶段	工艺名称	功能说明
1	原料预处理	将玄武岩矿石破碎至5mm~20mm粒径，按配方称量混合，确保成分均匀性。关键控制指标为Fe ₂ O ₃ 含量波动 ≤ ±0.5%。
2	自动加料	采用变频加料机将混合料均匀投入窑炉，维持冷顶厚度在50mm~150mm，液位控制精度±5mm。
3	全电熔熔化	熔池深度≥ 1200mm，通过多层电极控制垂直温度梯度，熔化区温度 1450℃-1500℃，完成矿石熔融和气泡初排。
4	均化澄清	熔体流经均化区，温度降至1350℃-1400℃，进一步排除微气泡（气泡率 ≤ 0.5%），均匀成分。
5	漏板成型	熔体经铂铑合金漏板（如2400孔）流出，在拉丝机牵引下形成连续纤维，单丝直径控制精度 ±0.5 μm。
6	拉丝涂油	在纤维表面涂覆浸润剂，保护纤维并赋予后续加工性能，涂油均匀度 ≥ 95%。
7	集束卷绕	将多根单丝集束成原丝，通过络纱机或直接纱机卷绕成筒。
8	烘干包装	在105℃~120℃下烘干去除水分（含水率 ≤ 0.1%），按规格包装。
9	检验出厂	按GB/T 38111分级检测，合格品出厂。

5 技术要求

5.1 设计要求

设计要求应符合表2的规定。

表2 设计要求

项目	技术指标	备注
窑炉设计寿命	≥ 5年	无
熔池深度	≥ 1200 mm	无
电极材质	钼（Mo）或氧化锡（SnO ₂ ）	YS/T 1312
耐火材料	电熔锆刚玉（AZS）、熔融石英	JC/T 493
保温结构	多层复合（重质+轻质+纳米微孔）	窑顶外表面温度≤60℃

5.2 工艺参数要求

工艺参数要求应符合表3的规定。

表3 工艺参数要求

参数名称	单位	技术指标	控制精度
熔化区温度	℃	1450~1500	±10℃
均化区温度	℃	1350~1400	±5℃
作业通道温度	℃	1300~1350	±3℃
熔体液位波动	mm	——	±5mm
冷顶表面温度	℃	≤ 300	——
冷顶厚度	mm	50~150	——
熔体停留时间	h	20~48	——

5.3 能耗与效率要求

能耗与效率要求按照GB 29450规定的要求计算，应符合表4的规定。

表4 能耗与效率要求

参数名称	单位	技术指标	备注
系统热效率	%	≥ 60	无
单位产品电耗	kWh/t	2800~3500	13 μm纤维折算值
单线年产能	t/年	1200~3000（成熟技术）/ 6000（设计值）	-
窑炉连续运行周期	月	≥ 36	两次冷修间隔

5.4 产品质量要求

产品质量要求应按照GB/T 38111的规定，符合表5的要求。

表5 产品质量要求

性能指标	单位	CBF-1（优等品）	CBF-2（合格品）	试验方法
单丝直径	μm	7~17，偏差±0.5以内	7~17，偏差±1.0以内	6.1
拉伸强度（原丝）	MPa	≥ 1800	≥ 1500	6.2
弹性模量	GPa	≥ 85	≥ 80	6.2
断裂伸长率	%	2.8~3.2	2.6~3.4	6.2
含水率	%	≤ 0.1	≤ 0.2	6.3
可燃物含量（浸润剂）	%	0.3~1.2	0.2~1.5	6.4

6 试验方法

6.1 单丝直径测定

按GB/T 7690.5的规定执行。采用光学显微镜测量，每个样品随机测量不少于 20 根单丝，取算术平均值。

6.2 拉伸强度和弹性模量测定

按 GB/T 7689.5的规定执行。采用浸胶纱条法，浸胶树脂选用环氧树脂体系，固化条件为 120℃×30min，测试速度为 10mm/min，夹持距离 200mm。弹性模量取应力-应变曲线 0.2%~0.8% 应变区间的割线模量。

6.3 含水率测定

按 GB/T 9914.1的规定执行。称取约 10g 试样，置于 105℃±2℃ 烘箱中干燥 2h，取出放入干燥器中冷却至室温后称量。含水率按以下公式（1）计算：

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式（1）中：

W—— 含水率，%；

m₁—— 干燥前试样质量，g；

m₂—— 干燥后试样质量，g。

6.4 可燃物含量测定

按GB/T 9914.2的规定执行。称取约 5g 试样，置于 625℃±20℃ 马弗炉中灼烧 30min，冷却后称量。可燃物含量为灼烧前后质量差与灼烧前质量的百分比。同一试样进行两次平行测定，绝对偏差不超过 0.1%，取算术平均值。

6.5 温度均匀性测定

在同一水平截面（距池底 500mm 高度）不少于 5 个测点（中心、四角），采用 B 型热电偶（铂铑30-铂铑6）测量，差值不超过±5℃。