

碳纤维生产用高温碳化炉技术条件

Technical specifications of high-temperature carburetor for Carbon Fiber
Production

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX

前 言

本文件按照 GB/T1.1—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。

本文件由中国建筑材料联合会提出并归口。

本文件负责起草单位：威海光威精密机械有限公司、建筑材料工业技术监督研究中心。

本文件参加起草单位：威海光威复合材料股份有限公司、威海拓展纤维有限公司、山东光威碳纤维产业技术研究院、北京化工大学、工业和信息化部威海电子信息技术综合研究中心、威海市计量所。

本文件主要起草人：侯焕斌、王桓、丛宗杰、姜元虎、白贤荣、张月义、高爱君、于洋、侯会文、徐显亮、阮熙仑、孙海铭、李世辉、郭辉、刘清霞、曹进喜。

碳纤维生产用高温碳化炉技术条件

1 范围

本文件规定了碳纤维生产用高温碳化炉的术语和定义、分类和标记、一般要求、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于最高温度标称值在1 200℃~1 800℃的碳纤维连续制备的高温碳化炉。

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 3003 耐火纤维及制品

GB/T 10066.1—2019 电热和电磁处理装置的试验方法 第1部分:通用部分

GB/T 10066.4—2004 电热设备的试验方法 第4部分:间接电阻炉

GB/T 10067.1—2019 电热和电磁处理装置基本技术条件 第1部分:通用部分

GB/T 10067.4—2005 电热装置基本技术条件 第4部分:间接电阻炉

3 术语和定义

GB/T 10066.4—2004界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高温碳化炉 **high-temperature carburetor**

在保护气体低正压条件下,满足碳纤维连续高温碳化工艺要求的电加热装置。

3.2

石墨腔 **graphite cavity**

设置在炉腔内部,以石墨为材料,将碳纤维与炉腔内其它元件间隔开的腔体。

3.3

有效宽度 **effective width**

高温碳化炉设计时规定并在图样上标明的石墨腔的宽度空间尺寸。

3.4

工作区尺寸 **dimensions of working zone**

石墨腔内部的标称加热范围。加热区长度为高温碳化炉设计时规定并在图样上标明的炉内布置加热元件的纵向范围，宽度为石墨腔的内宽度尺寸，高度为石墨腔的内高度尺寸。

4 分类和标记

4.1 分类

高温碳化炉（THL）按最高温度标称值和有效宽度分类，常用炉型见表1，特殊规格尺寸由供需双方协商确定。

表1 常见炉型

序号	最高温度标称值 ℃	有效宽度 mm
1	1 600	1 000
2		1 500
3		2 000
4		3 000
5	1 800	1 000
6		1 500
7		2 000
8		3 000

4.2 标记

高温碳化炉的标记按产品名称、最高温度标称值、有效宽度和本文件号的顺序依次标记。

示例：最高设计温度 1 800℃，有效宽度 1 000 mm，产品符合 JC/T XXXX-20XX 的高温碳化炉标记为：

THL-1800-1000-JC/T XXXX-20XX

5 一般要求

5.1 总体要求

5.1.1 高温碳化炉应符合 GB/T 10067.4—2019 中 5.1 和 5.2 的规定。

5.1.2 在正常工作条件下，炉衬的使用期限，对耐火纤维制品使用期限应不小于 1 500 d；对碳素纤维隔热材料的使用寿命期限应不小于 750 d。

5.1.3 满足设计要求的正常工作条件下，加热元件的使用期限应符合表 2 的规定。

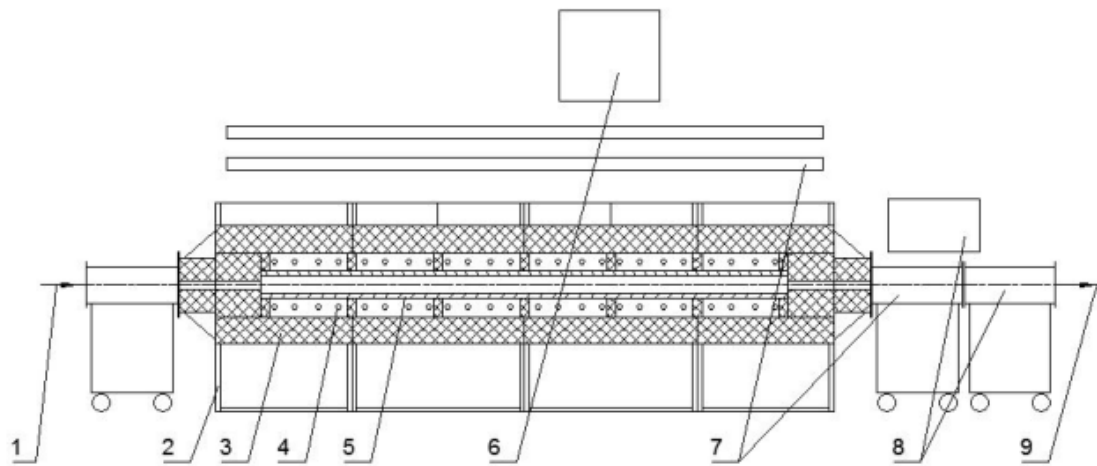
表2 加热元件使用期限

序号	工作温度 ℃	使用期限 h
1	≤1 600	≥15 000
2	>1 600, ≤1 800	≥10 000

5.2 设计

5.2.1 结构

高温碳化炉主要由炉体和控制器组成（见图1）。炉体为卧式结构，两端为敞开式，以通过经高温碳化处理后的碳纤维。炉体由炉壳、炉衬、加热元件、石墨腔、冷却系统和保护气体系统等部分组成。控制器由测量、控制和记录部分组成。



标引序号说明：

- 1——输入纤维；
- 2——炉壳；
- 3——炉衬；
- 4——加热元件；
- 5——石墨腔；
- 6——控制器；
- 7——冷却系统；
- 8——保护气体系统；
- 9——输出碳纤维。

图 1 高温碳化炉示意图

5.2.2 总体设计

5.2.2.1 高温碳化炉各部分应布局合理，且为易损件的维修和更换留有足够的空间。

5.2.2.2 炉体上应根据生产工艺设计废气排放口，排出的废气必须经废气处理装置处理并达到相关排放标准后方可排至大气。

5.2.2.3 高温碳化炉应按运行在 50Hz、三相四线 380V 交流电网下设计，控制电路供电 220V 设计。

5.2.2.4 高温碳化炉每个区段应根据其有效宽度分别设置不同数量的测温传感器来实时监控炉内温度。

5.2.2.4.1 对于最高工作温度不超过 1 500℃的区段，应采用热电偶作为测温传感器，根据有效宽度的不同，每区段设置热电偶的数量见表 3。

表 3 热电偶设置数量

序号	有效宽度 mm	每区段热电偶数量 个
1	≤1 000	1
2	>1 000, ≤1 500	2
3	>1 500, ≤2 000	2
4	>2 000, ≤3 000	3

5.2.2.4.2 对于最高工作温度超过 1 500℃的区段，除设置低温阶段测温热电偶外，还应根据有效宽度设置若干红外测温传感器，根据有效宽度的不同，每区段设置热电偶的数量见表 4。

表 4 热电偶及红外测温传感器设置数量

序号	有效宽度 mm	每区段热电偶数量 个	每区段红外测温传感器数量 个
1	≤1 000	1	1
2	>1 000, ≤1 500	1	1
3	>1 500, ≤2 000	1	2
4	>2 000, ≤3 000	1	2

5.3 制造

5.3.1 炉壳

5.3.1.1 炉壳由型钢、管材和钢板焊接而成。有气密性要求的部位应采用连续焊接。密封焊缝应进行渗透检测（PT），所有缺陷应修补。整个炉壳结构性焊缝应可靠焊接。在壳体内壁上不应使用穿透炉衬的紧固件。

5.3.1.2 壳体除采用不锈钢板或经表面处理的钢板制造的部分外，其内表面应喷涂耐热防锈漆，外表面应喷涂防锈漆及面漆。

5.3.2 炉衬

工作温度在 1 200℃以下的区段可采用轻质耐火砖和耐火纤维作为内衬，工作温度超过 1 200℃的区段应采用碳素纤维隔热材料作为内衬。

5.3.3 加热元件

5.3.3.1 加热元件宜采用细颗粒石墨材料。

5.3.3.2 加热元件的设计应满足高温碳化炉的加热要求，元件与炉衬、壳体和石墨腔之间在正常工作条件下不得接触，应在加热元件与炉衬、壳体和石墨腔之间设置绝缘件。

5.3.4 石墨腔

5.3.4 石墨腔宜采用中粗颗粒石墨。

5.3.5 石墨腔宽度小于 400 mm 可采用石墨整体加工，宽度不小于 400 mm 宜采用石墨板拼接而成。

5.3.5 冷却系统

5.3.5.1 冷却系统采用水作为冷却液，冷却水的水质应符合 GB/T 10067.1—2019 中 5.1.4.4 的要求。

5.3.5.2 冷却系统应根据电热装置使用要求采用循环给水系统，循环给水系统有单回路循环给水系统和双回路循环给水系统两种方式。

5.3.5.3 冷却系统应设置适当支路，并能集中控制、分别调节和便于检测各支路的出水情况。高温碳化炉各需要冷却的部分应能均匀冷却。各部分进出水接管的位置要适当，以保证通水后系统中不存在空气层。

5.3.5.4 冷却系统主要参数见表 5。

表 5 冷却系统参数

参数	单回路循环给水系统	双回路循环给水系统	
		外回路	内回路
工作压力/MPa	0.2~0.3 (表压)		0.2~0.5 (表压)
进水温度/℃	10~35	5~35	10~35
出水温度/℃	≤55		
允许温升/℃	≤20 (在最高进水温度下)		
总硬度(CaO/H ₂ O)/(mg/L)	<10 (对带电体) <60 (对不带电体)	<60	<2.5

5.3.5.5 对正常供水有可能中断的情况，应设置备用应急水源。

5.3.6 保护气体系统

5.3.6.1 保护气体系统宜采用高纯度的氮气作为保护气体，气源中氮气的体积分数应不低于 99.995%，氧气的体积分数应低于 2 μL/L，露点应低于-20℃。

5.3.6.2 保护气体管路宜采用不锈钢管或铜管。

5.3.6.3 保护气体管路安装完毕后应对管路进行清理、吹扫，按 1.1 倍设计压力进行气压试验。

5.3.6.4 应根据需要在炉腔设置保护气体进入接口，每处接口均应配备流量控制装置。

5.3.6.5 炉体两端应配备气体密封装置，阻止炉外及夹杂在纤维中的氧气和水分进入炉内。

5.3.6.6 应在高温碳化炉的产品说明书中规定，对正常保护气体有可能中断的情况，用户应设置备用应急气源，备用气体宜采用液态形式存储。

5.3.7 测量、控制和记录

高温碳化炉的测量、控制和记录应符合GB/T 10067.4—2005中5.2.9除5.2.9.3和5.2.9.14以外各条的规定还应满足以下条件：

- 高温碳化炉应配备准确度不低于0.2级的仪表，仪表中应具有热电偶基准端温度的自动补偿；
- 高温碳化炉应配备分辨力不低于1℃的带有微处理器的数字显示程序控温仪表。数字显示应清晰可见。仪表应备有连接记录仪或打印机的外接接口；
- 高温碳化炉应配备测量精度不低于0.2 μL/L的微氧仪和精度不低于0.2℃的露点仪。

6 要求

6.1 外观和尺寸偏差

6.1.1 高温碳化炉外表面应平整光滑、无裂缝、无毛刺、无锈蚀，无明显划痕、碰伤和凹凸不平等缺陷。

6.1.2 漆膜表面应色泽均匀，无明显的刷痕、伤痕、修整痕迹和机械杂质。电镀件和发黑件等的色调应一致，保护层不应有脱落现象。

6.1.3 冷却系统及保护气体管路安装应牢固、排列应整齐、美观。

6.1.4 面板上的装配件应布局合理，调节旋钮及开关应灵活可靠，指示或显示装置应清晰。

6.1.5 炉口有效宽度、炉口高度和炉体长度的允许偏差见表6。

表6 炉口有效宽度、炉口高度和炉体长度的允许偏差

序号	名称	允许偏差	
1	炉口有效宽度/ (mm/m)	±3	
2	炉口高度/ (mm)	±2	
3	炉体长度	mm/m	±5
		mm	±25

6.2 最高温度标称值

最高温度标称值应符合标牌额定值。

6.3 有效宽度

有效宽度应符合标牌额定值。

6.4 碳化区有效宽度允许偏差

碳化区有效宽度允许偏差应符合表6。

6.5 炉温均匀度

高温碳化炉的温度均匀度应符合表7的规定。

表7 炉温均匀度

序号	最高温度标称值 ℃	炉温均匀度 ℃			
		有效宽度 ≤1 000 mm	有效宽度 >1 000 mm, ≤2 000 mm	有效宽度 >2 000 mm, ≤3 000 mm	有效宽度 >3 000 mm
1	≤1 600	±6	±9	±12	±15
2	>1 600, ≤1 800	±8	±12	±16	±20

6.6 炉温稳定度

高温碳化炉的炉温稳定度应符合表8的规定。

表8 炉温稳定度

序号	最高温度标称值 ℃	炉温稳定度 ℃
1	≤1 600	±2
2	>1 600, ≤1 800	±5

6.7 表面温升

高温碳化炉在最高工作温度下的热稳定状态时，炉体的表面温升应不超过50℃。

6.8 炉内含氧量

炉内含氧量不大于15 μL/L。

6.9 炉内露点

炉内露点不大于-20℃。

6.10 变压器噪声

变压器噪声不大于85 dB。

6.11 绝缘电阻

按GB/T 10066.1—2019中9.3的规定，石墨化炉的炉衬经室温下充分干燥后，各相加热元件对壳体、炉衬、石墨腔和各相之间的绝缘电阻不应低于0.5MΩ。控制电路对地（在电路不直接接地时）的绝缘电阻应不低于1 MΩ。

7 试验方法

7.1 外观和尺寸偏差

7.1.1 外观采用目测法，自然光线下，视距1.0 m。

7.1.2 尺寸允许偏差用最小分度值不大于1 mm的钢卷尺测量，精确到1 mm。

7.2 最高温度标称值

按GB/T 10066.4—2004中6.9的规定进行。

7.3 有效宽度

用最小分度值不大于1 mm的钢卷尺测量，精确到1 mm。

7.4 碳化区有效长度允许偏差

用最小分度值不大于1 mm的钢卷尺测量，精确到1 mm。

7.5 炉温均匀度

7.5.1 对于单温区高温碳化炉，其试验温度为1 200℃。

7.5.2 对于多控温区段的高温碳化炉，最高工作温度不超过1 200℃的区段，其试验温度为该区段的最高工作温度；最高工作温度超过1 200℃的区段，其试验温度为1 200℃。

7.5.3 各区段的温度上升至试验温度并经过2 h的保温后，记录炉内各温度传感器的测量值，以各点所测温度的算术平均值作为基准。

7.6 炉温稳定度

各区段的温度上升至试验温度并经过24 h的保温后，每20 min记录1次炉内各温度传感器的测量值，对于设置多个温度传感器的区段，以2h范围内各点所测温度的算术平均值作为基准。

7.7 表面温升

在高温碳化炉最高工作温度下的热稳定状态时按GB/T 10066.1—2019中7.2.1的规定用精度为1℃表面温度计或其它能给出可靠读数的测温装置，先测出高温碳化炉的表面温度，然后减去测量时的环境温度即得到表面温升。

测量点应在炉壳、炉门、操作手柄等外表面的任意点上，但炉口附件，以及距加热元件和热电偶引出孔边缘100 mm的范围内除外。

7.8 炉内含氧量

用测量精度不低于0.2 μL/L的微氧仪测定。

7.9 炉内露点

用精度不低于0.2℃的露点仪测定。

7.10 变压器噪声

噪声测量应使用2型或性能优于2型的声级计或性能相当的其它声学仪器。将声级计置于人耳位置高度且距离炉体表面1 m。测量时，声级计应指向影响较大的声源；若难于判别声源方位，则应将声级计竖直向上。

7.11 绝缘电阻

按GB/T 10066.1—2019中9.3进行。

8 验收

8.1 一般规定

8.1.1 高温碳化炉的检验应按GB/T 10067.1-2005中第7章和**本标准8.2、8.3、8.4的规定进行。**

8.1.2 高温碳化炉的验收形式和要求由制造厂和用户商定。

8.2 出厂检验

8.2.1 高温碳化炉的出厂检验项目可分为一、二两级。一级检验项目在制造厂内进行，二级检验项目在现场进行。

8.2.2 制造厂内检验项目（一级）如下：

- a) 一般检查；
- b) 安全检查；
- c) 石墨腔制造质量的检查；

- d) 炉衬质量的检查;
- e) 加热元件制造质量的检查;
- f) 运动机构动作情况的检查;
- g) 配套件的检查, 包括型号、规格、出厂合格证件的检查;
- h) 供货范围, 包括出厂技术文件完整性的检查;
- i) 包装检查。

8.2.3 用户现场检验项目(二级)如下:

- a) 工作区尺寸的检查;
- b) 加热元件对炉壳短路的检查;
- c) 绝缘电阻的测量;
- d) 炉体气密性检验;
- e) 水路、气路的检验。
- f) 电路试验;
- g) 最高标称温度的测量;
- h) 炉温均匀度的测量;
- i) 炉温稳定度的测量;
- j) 表面温升的测量;
- k) 噪声的测量。

8.3 工艺运行检验

8.3.1 工艺运行检验只在用户要求按工艺检验结果验收产品时进行, 其目的在于确定产品是否符合用户使用工艺要求。

8.3.2 工艺运行检验由设计单位、制造厂和用户协商进行。

有关工艺运行检验的工艺要求、工艺过程、纤维的状态以及检验结果认定等, 由上述三方商定。

8.4 工业运行检验

8.4.1 高温碳化炉应根据用户要求进行工业运行检验。工业运行检验的目的在于考验高温碳化炉在较长时间的实际运行中的适用性和可靠性。

8.4.2 工业运行检验应在高温碳化炉的正常使用条件下进行, 或按用户与制造厂的协议进行。除非在产品标准中另有规定或制造厂和用户另有协议, 高温碳化炉应累计运行 720h 以上。

8.5 判定规则

在检验结果中, 若检验项目完全符合本文件的要求, 则判该产品合格; 若绝缘电阻、最高工作温度和炉内含氧量中有任一项指标不合格时, 判该批产品不合格, 若有两项或两项以下指标不合格时, 应对不合格项一次性调整并复验, 复验结果若仍不符合要求, 则判该批产品不合格, 若有两项以上指标不合格时, 即判该批产品不合格, 不予复检。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 高温碳化炉的标志、包装、运输和贮存应符合 GB/T 10067.1—2019 中第 8 章的规定。

9.2 高温碳化炉铭牌上应标出下列内容：

- a) 产品的型号和名称；
 - b) 电源电压，单位为伏特（V）；
 - c) 电源频率，单位为赫兹（Hz）；
 - d) 电源相数；
 - e) 工作电压，单位为伏（V）；
 - f) 额定功率，单位为千瓦（kW）；
 - g) 加热元件接法；
 - h) 工作温度，单位为摄氏度（℃）；
 - i) 工作区尺寸，单位为毫米（mm）；
 - j) 炉体重量，单位为吨（t）；
 - k) 产品编号；
 - l) 制造日期；
 - m) 制造厂名称。
-