

⑦ 17-18

热处理炉温度均匀性测量及误差分析

李义军

(航天部一院 211 厂计量所, 北京 100076)

TG155.1

摘要 本文阐述了测试热处理炉炉温均匀性的必要性, 提出了炉温均匀性测试过程中应注意的几个问题, 并对测量误差产生的原因进行了分析。

关键词 热处理炉 炉温均匀性 测量 误差分析

一、引言

炉温均匀性是热处理炉的主要性能指标, 是保证热处理产品质量的重要工艺参数。在对工件进行热处理时, 虽有温度仪表指示及控制温度, 但控温仪表只能显示及控制某一点处的温度, 对于除此点之外的炉膛其它空间温度则无法显示并控制, 而热处理工艺所需要的却是某一工作空间的温度, 且要求在工作空间内的温度分布均匀, 并能长时间保持稳定。当控制设备完好, 操作完全按照工艺技术条件时, 被处理的产品质量直接取决于炉子有效工作区内炉温均匀性的好坏, 因此, 产品质量要求较高的企业必须进行炉温均匀性测试。炉温均匀性测试不但可以确定炉子有效使用面积, 也可及时了解炉子保温层的不均匀或加热丝的布局存在的问题。实践中, 一般对炉温均匀性测量重视不够, 对新购进及大修后的炉子很少进行此工作; 对长期在用的热处理炉, 测量更少, 这是造成热处理产品质量不稳定的主要原因之一, 致使有时产生过烧或加热不足, 留下质量隐患。本文从炉温控制方式、热量传递及控温

热电偶的放置位置等三个方面, 结合三种常用炉型实例进行分析。

二、测量中应注意的几点

炉温均匀性测量属于现场测量, 工作条件及环境都较差, 为此测量前需认真做好以下准备工作:

1. 测量仪器及热电偶的选用

炉温均匀性测量中所用热电偶较多, 一般 5~9 支, 多则 14~40 支, 为保证在同一时间、同种状态下测得炉内各测点的温度, 要求读数一周, 时间越短越好, 若采用常规的转换开关, 其采样速率是很难做到的, 建议改用数字温度巡回检测仪, 如美国吉时利仪器公司生产的 KEITHLEY 2000, 并配置十通道扫描卡 2000-SCAN。该仪器具有快速扫描功能, 并可将来测量数据自动存入内存, 最多可接入 10 支热偶, 内存可存 1024 个数据。

热电偶最好选用铠装热电偶, 在测点较多时, 铠装热电偶引线方便, 且相互间绝缘, K 型偶测温上限为 900℃, 可用来测量箱式中温炉及部分可从侧面引出传感器的大井式炉。对于

2. 从理论计算, 采样周期为 250μs, 一周期内允许最大位移为 2mm, 则允许最高速度为

$$2/250 = 8000(\text{mm/s}) = 240(\text{m/min})$$

精度取决于 A/D 和 D/A 芯片的分辨力, 用廉价的 ADC0804 和 DAC0832 精度可达 1μm。

3. 由于硬件和软件都比原微机鉴幅型同

步感应器数显表简单, 并采用容错和故障诊断技术, 使仪表的可靠性大大提高。

参考文献

- [1] 方建滨. 感应同步器数显装置及其应用. 上海市电气自动化所, 1982
- [2] 唐泳洪. 机械数控系统设计基础. 机械工业出版社, 1984

部分小井式炉及炉门密封较严的箱式炉，可用 $\phi 0.5\text{mm}$ 的K型偶丝自制热电偶。从炉内引出热偶时，注意炉门口附近偶丝间相互绝缘，炉门关闭后应密封。

测量前还应根据具体炉膛形状及尺寸做好测量用框架。

2. 炉内温度的时间分布及读数方法

在热平衡状态下，炉内温度的时间分布与控温方式和热电偶保护管的惰性有关，同一台炉子，当采用PID控温方式时，温度波动不大；若采用位式控温方式，则温度波动较大，且呈周期性波动。热电偶保护管惰性越大，温度波动也越大。箱式电炉（位式控制）内不同区域温度的时间分布如图1所示。

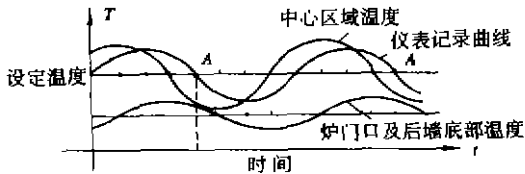


图1

读数应在热处理炉升到设定温度并达到热平衡时开始（一般炉子保温2小时以上，带强制空气循环的炉子达热平衡的时间约需1小时），为保证在相同状态下读数，选择读数起始点很重要，最好选择炉子保温断电后（位式控制），指示指针从上向下降温过程中，指针恰好指向设定温度时读数（图1A点），此时，炉中心区域、炉门口及后墙处的温度相对稳定，且

表1

设定温度 450℃

测点		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
测温 误差 (℃)	用原6支偶控温	-3	+7	+3	+4	+6	+8	+2	-5	-10	+28	+4	+16
	6号用铠装偶	-4	+2	+2	+5	+3	+5	0	-4	-10	+3	+4	+2
	6号换用热偶芯	-5	+2.5	+2	+4.5	+4	+9	0	-3	-9	-1	+4.5	-1.5

表1为分别用三支不同的热偶代替6号控温偶得到的测量结果，第一种情况，用原设计的6支热偶控温，测点19、21号误差很大，原因是炉顶绝热层较薄，6号控温偶保护管上部散热严重，导致管内空气温度降低，空气的自

与设定值之间的差值最小，每一设定温度各点都应测量五次以上，且每次读数均应在相同状态下（如A点）。

三、测量实例及误差分析

1. RHWG-700W型台车式箱式电炉测量结果分析

炉膛尺寸为3600mm×3600mm×1000mm，炉体结构很大，采用6支热偶分陆区控温，控温仪表为欧陆818数学温度表，控制方式为PID，控制精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ ，最高使用温度1100℃，常用温度450℃。控温热电偶6支布置位置如图2所示，测温热电偶12支，分布如图3所示。

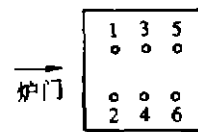


图2

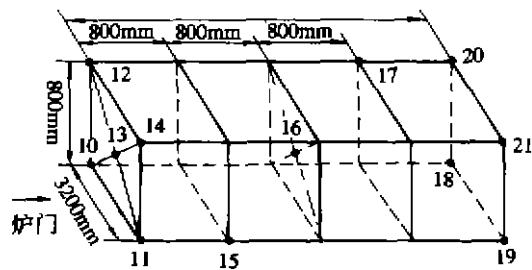


图3

然循环又导致热偶测量端附近温度低于保护管头部实际温度，造成炉内6号控温偶附近测点19、21号误差偏高。

采用铠装热偶代替原6号热偶控温后，消除了19、21号测点的误差。第3次改换热偶芯，

即采用热偶芯较长的热偶,使得测量端能接触到保护管头部,减少传热误差,同时在保护管上部添加一层厚厚的珍珠岩绝热,如图4所示,减小热量损耗,测量结果完全能满足要求(±10℃)。

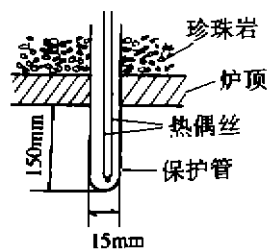


图4

2. 井式电炉 I 70 测量结果分析

该电炉炉膛尺寸为 $\Phi 600\text{mm} \times 2500\text{mm}$, 直径较小, 限制了热电偶插入深度, 控温采用三支热电偶分区控制, 控制方式为PID, 控温精度为 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。其测量结果见表2。其测点位置见图5。

表2 用三支热电偶分区控制后测试误差值

单位(℃)

设定温度	测点								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
500℃	+28	+28.5	-36	+35	+31	+29	-21	+20	+11
700℃	+10	+12	+23	+23	+23.5	+22	+17	+17	+10
850℃	-3	-1	-8	+9	+16	+14	+13	+12	+6

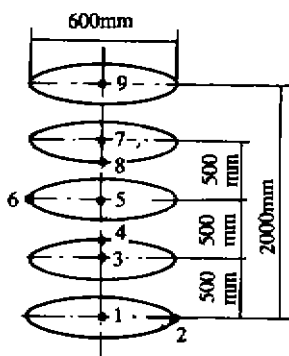


图5

测量结果表明, 炉内温度比仪表设定温度明显偏高, 其原因是控温偶插入深度不够, 应改用铠装热电偶。

3. 盐浴炉测量结果分析

该盐浴炉测点见图6, 用三支热电偶控温测量结果见表3。

表3 对盐浴炉各测点测量误差值 (℃)

设定温度	测点					
	1	2	3	4	5	6
330℃	-18	-24	+1	+3	+1	+1
360℃	-7	-12	+2	+3	+2	+1
410℃	-19	-25	+1	+4.5	+4.5	+2.5

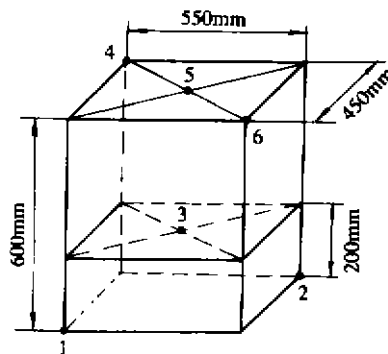


图6

从表3知, 测点1、2号误差很大, 因炉底150mm以下无加热丝, 造成1、2号温度明显偏低, 应禁止使用底部150mm以下区域。

四、结论

1. 热处理炉因炉型不同及使用状况不同, 炉温均匀性相差很大, 应定期进行测量, 并纳入周检计划。

2. 经过测量的热处理炉, 应根据测量结果给出有效工作区, 待处理的工件必须放置在有效工作区内。

3. 若测量结果显示炉温均匀性存在较大系统误差, 应设法消除, 当无法消除时, 可给出修正值, 修正方法为:

$$\text{仪表设定温度} = \text{工艺规定温度} + \text{修正值}$$

参考文献

[1] 《国标 GB 9452—88 热处理炉有效加热区测定方法》
 [2] 《航天部标准 QJ 1428—88 热处理炉温度控制与测量》
 [3] 宋扶轮. 热处理炉温度测量与控制, 国防工业出版社, 1984年11月