

陶瓷烹调器抗热震性检测关键技术的改进

徐大余^{1,2}, 邹文杰^{1,2}, 文圆^{1,2}, 敖敏^{1,2}, 戴亚鹏^{1,2*}

(1. 中国轻工业陶瓷研究所, 景德镇 333000;

2. 江西省陶瓷检测中心, 国家陶瓷产品质量检验检测中心(江西), 景德镇 333000)

摘要: 目的 改进陶瓷烹调器抗热震性温度检测技术, 提高检测效率。**方法** 分别使用红外测温仪和紧凑型点追踪红外热像仪两种测温工具, 进行陶瓷烹调器的抗热震性检测, 分别从实验的步骤和结果进行比较分析。**结果** 使用红外测温仪检测样品底部温度时, 需人工手持操作, 安全性较低, 检测重复性差; 使用紧凑型点追踪红外热像仪检测样品温度时, 可与电脑连接实现自动化、温度可视化, 且操作简便、安全, 检测结果可靠。**结论** 实验表明, 使用红外热像仪为陶瓷烹调器抗热震性检测提供了安全、可靠的技术支持, 本实验为改进陶瓷烹调器产品的质量提供技术指导。

关键词: 陶瓷烹调器; 抗热震性; 紧凑型点追踪红外热像仪

Improvement of key technologies for resistance to thermal shock of ceramic cookware products

XU Da-Yu^{1,2}, ZOU Wen-Jie^{1,2}, WEN Yuan^{1,2}, AO Min^{1,2}, DAI Ya-Peng^{1,2*}

(1. Ceramic Research Institute of Light Industry of China, Jingdezhen 333000, China; 2. Ceramic Testing Center of Jiang Xi Province, National ceramics product quality Inspection and Testing center (Jiangxi), Jingdezhen 333000, China)

ABSTRACT: Objective To improve temperature check technology for resistance to thermal shock of ceramic cookware products and to enhance the work efficiency. **Methods** By using different temperature testing tools of infrared thermometer and compact spot finder infrared camera to test resistance to thermal shock of samples, and the experimental steps and results were compared and analyzed. **Results** For infrared thermometer, manual handheld operation is required to detect the bottom temperature of a sample, which has low safety and poor detection repeatability; For the compact spot finder infrared camera, it can be connected to a computer for automation to detect temperature of sample, which can achieve the temperature visualization, easy to operate, more safety and reliable. **Conclusion** The experimental data shows that the compact spot finder infrared camera provides safe and reliable technical support for the detection of resistance to thermal shock of ceramic cookware. This experiment provides technical guidance for improving the quality of ceramic cookware products.

KEY WORDS: ceramic cookware products; resistance to thermal Shock; compact spot finder infrared camera

基金项目: 景德镇市科技计划项目 (20224GY009-02)

Fund: Jingdezhen Science and Technology Plan Project (20224GY009-02)

*通信作者: 戴亚鹏, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 陶瓷检测与标准。E-mail: 524731382@qq.com

*Corresponding author: DAI Ya-Peng, Master, Engineer, Ceramic Research Institute of Light Industry of China, Jingdezhen 333000, China. E-mail: 524731382@qq.com

0 引言

陶瓷烹调器是可用于明火加热制备食物的陶瓷烹饪器皿^[1-2],具有聚热、保温、避免食物营养流失以及健康环保等优点,因而深受人们的喜爱。随着社会现代化不断推进,人们的生活水平不断提高,陶瓷烹调器逐渐成为人们日常生活必不可少的烹饪器具之一^[3]。陶瓷烹调器在加热过程中,会经常出现汤汁或水烧干后加入冷水的情况,此时烹调器会因冷却收缩或加热膨胀受阻产生热应力,当热应力超过其固有强度极限时,会产生机械强度降低、开裂和破碎等现象^[4-5]。抗热震性即为材料及其制品抵抗温度激烈变化而不发生损坏或破坏的能力,其本质是抵抗由热应力引起的裂纹产生和扩展的能力^[6-8]。随着消费者对消费权益的重视,越来越多的人对陶瓷烹调器的抗热震性也很关注,因而陶瓷烹调器的抗热震性指标是否符合国家标准的要求显得尤为重要^[9]。

目前,国内关于陶瓷烹调器的抗热震性检测标准有企业标准 QB/T 2579-2018《普通陶瓷烹调器》以及 QB/T 2580-2018《精细陶瓷烹调器》,标准规定分别为普通陶瓷烹调器 300°C/20°C 热交换一次胎不裂、精细陶瓷烹调器 450°C/20°C 热交换一次胎不裂^[1-2]。在陶瓷烹调器的抗热震性检测中关键点在于加热时样品底部一旦达到预设温度,需快速加入 (20±2)°C 的水,从而实现热交换。为检测陶瓷烹调器底部的温度,目前常用的工具是红外测温仪测量。红外测温仪是利用普朗克黑体辐射定律,根据辐射体的辐射特性与温度的关系来测量辐射体的表面温度^[10],具有检测速度快、非接触、测量数据精度高的优点。但红外测温仪在检测温度时,不同的测量距离和不同测量角度均会影响检测结果,因而人为因素较大^[11-12]。此外,红外测温仪在同一时刻只能测量一个点的位置,因此测量范围小,且陶瓷烹调器在加热时其底部温度不均匀,红外测温仪不能兼顾底部整体温度,容易导致抗热震性检测结果失真。因此,精确测量陶瓷烹调器底部整体范围的温度成为检测其抗热震性的关键。

本文主要采用紧凑型点追踪红外热像仪,实现了实时监控陶瓷烹调器底部的整体温度。通过对比分析,研究了两种检测工具:紧凑型点追踪红外热像仪和红外测温仪的异同,提高了陶瓷烹调器抗热震性检测的精度和效率。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

陶瓷烹调器:陶瓷烹调器按用途分为陶瓷煲、陶瓷炒锅、烹饪器具陶瓷内胆等,按外口径或容量大小分为小、中、大型。本试验选用样品为不同型号和不同品牌的煲类普通陶瓷烹调器,且作为对比实验的样品,均为同型号同品牌同批次生产的产品。

燃料:液化石油气。

陶瓷烹调器抗热震性测试仪,型号 JXT001350500;可保持 (20±2)°C 循环水,

红外热像仪:欧普士 Xi400,精度 ±2°C,测温范围:150°C~900°C,需连接 Windows 8 或 Windows 10 的工控机或办公电脑。陶瓷烹调器抗热震性测试仪的外观结构如图 1,红外热像仪如图 2。

红外测温仪:测温范围:-50°C~800°C,精度 ±2°C,如图 3。

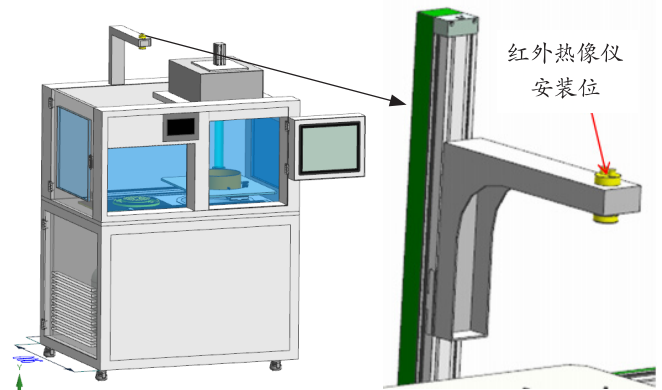


图 1 陶瓷烹调器抗热震性测试仪

Fig.1 Resistance to thermal shock equipment of ceramic cookware Products



图 2 紧凑型点追踪红外热像仪

Fig.2 Compact spot finder IR camera



图 3 手持式红外测温仪

Fig.3 Handheld infrared thermometer

1.2 实验方法

本试验使用液化石油气为气源,采用“干烧”的方式^[13]将样品置于陶瓷烹调器抗热震仪中,用明火对样品底部进行干烧。试验时燃气压力为 (2800±100) Pa,控制火焰热负荷为 (4.2±0.1) kW。当样品内底部三点(中心点、边缘点、介于中心和边缘中间点)中任一点达到指定温度时熄火,并在 5 s 内将容

量为样品的有效容积 1/10, 温度为 (20±2)°C 的水一次性倒入样品内, 试验结束后, 检查样品有无胎裂。抗热震性温度检测方法对比详见表 1。

表 1 温度检测方法对比

Table 1 Comparison of temperature test methods

仪器名称	方法对比
紧凑型点追踪红外热像仪	陶瓷烹调器抗热震仪设置为自动模式, 红外热像仪检测到样品底部整体的温度, 当任意一点达到指定温度时熄火, 并完成自动浇水。然后检查样品底部是否有胎裂。
红外测温仪	陶瓷烹调器抗热震仪设置为手动模式, 用手持式红外测温仪快速检测样品底部三点(中心点、边缘点、介于中心和边缘中间点)的温度, 当任意一点的温度达到指定温度时熄火, 并完成浇水。然后检查样品底部是否有胎裂。

注: 样品的有效容积为注水至样品盖沿处的用水量。

2 结果与分析

2.1 普通陶瓷烹调器产品抗热震性指标结果与讨论

将不同规格型号和品牌的普通陶瓷烹调器分别按照红外测温仪和紧凑型点追踪红外热像仪作为测温工具进行实验, 实验结果见表 2。从表 2 可以得出以下结论:(一) 使用红外测温仪进行试验, 8 种不同规格型号和品牌的样品均能符合产品要求的 300°C/20°C 热交换一次胎不裂, 但只有 2 种能达到高于标准的 350°C/20°C 热交换一次胎不裂的要求。(二) 对于采用紧凑型点追踪红外热像仪的实验方法, 8 种不同规格型号和品牌的样品同样均能符合产品要求的 300°C/20°C 热交换一次胎不裂, 并且有 7 种能达到高于标准的 350°C/20°C 热交换一次胎不裂的要求。这说明在高温(350°C 及以上)下, 红外测温仪检测温度要严于紧凑型点追踪红外热像仪。

以上实验结果产生的主要原因有两点:(1) 由于样品加热过程中, 底部因受热不均匀导致不同位置温度不同。在使用红外测温仪检测温度时只能检测到底部的一个温度点, 当第一次检测到 350°C, 可能有局部温度会高于 350°C, 而样品在这个温度下急冷而发生开裂现象。(2) 紧凑型点追踪红外热像仪是通过红外热成像系统捕捉红外辐射能量从而计算被测物体的表面温度, 具有检测范围大、灵敏性高和实时性强等特点^[14-15], 可实时观察到样品底部的整体温度。如图 4 所示, 在监测温度时, 区域内成像的颜色越白说明温度越高, 点击不同位置会显示该点的温度。图 4 中样品底部最高温度已达到 300.9°C, 但仍有区域温度为 281.5°C, 这也说明样品底部温度不均匀。由以上分析可知, 紧凑型点追踪红外热像仪可以监控的温度范围大, 一旦检测到 300°C 以上就可立即熄火, 根据标准 QB/T 2579-2018《普通陶瓷烹调器》^[1] 要求“当样品内底部三点(中心点、边缘点、介于中心点和边缘点中间点)任意一点达到 300°C~310°C 时熄

火”, 采用紧凑型点追踪红外热像仪作为陶瓷烹调器抗热震性检测温度测量工具更符合标准要求, 检测技术更先进。

表 2 普通陶瓷烹调器实验对比结果

Table 2 Experiment Comparison result of ordinary ceramic cookware

样品名称	红外测温仪 (“×”代表开裂, “√”代表未开裂)			紧凑型点追踪红外热像仪 (“×”代表开裂, “√”代表未开裂)		
	250°C	300°C	350°C	250°C	300°C	350°C
	1.2 L 养生煲	√	√	√	√	√
3.2 L 养生煲	√	√	×	√	√	×
2.5 L 养生煲	√	√	√	√	√	√
3 L 闷煲	√	√	×	√	√	√
4.5 L 闷煲	√	√	×	√	√	√
6 L 南瓜煲	√	√	×	√	√	√
2.5 L 药膳煲	√	√	×	√	√	√
6 L 火锅	√	√	×	√	√	√

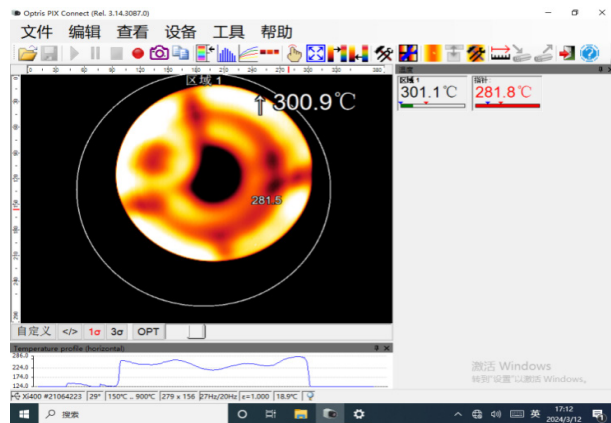


图 4 紧凑型点追踪红外热像仪采集温度图

Fig.4 Detect temperature screenshot by compact spot finder IR camera

2.2 温度检测仪稳定性试验结果与讨论

将 2 种规格型号的普通陶瓷烹调器在不同温度下各测试 5 件, 分别使用红外测温仪和紧凑型点追踪红外热像仪作为测温工具进行实验, 实验结果见表 3。从表 3 中可以看出,(一) 对于 3 L 闷煲样品, 采用红外测温仪的试验方法时, 5 件样品均符合标准要求的 300°C/20°C 热交换一次胎不裂, 但只有 3 件样品达到 350°C/20°C 热交换一次胎不裂。对于采用紧凑型点追踪红外热像仪的实验方法, 5 件样品均能达到 350°C/20°C 热交换一次胎不裂。(二) 对于 2.5 L 药膳煲样品, 采用红外测温仪的试验方法时, 5 件样品均符合 300°C/20°C 热交换一次胎不裂, 但只有 2 件样品达到 350°C/20°C 热交换一次胎不裂。对于采用紧凑型点追踪红外热像仪的实验方法, 5 件样品均能达到 350°C/20°C 热交换一次胎不裂。

由此实验结果表明, 在检测样品抗热震性时, 紧凑型点追踪红外热像仪比红外测温仪监测样品底部温度的稳定性高、重复性好。主要原因有两点:(1) 使用红外测温仪检测样品底部时, 需要检测人员手持仪器检测, 通过手臂和手腕的运动来调整测

温仪的姿态,在人眼视觉和主观判断下完成瞄准、重复性测量等一系列操作。因此,在检测同批次同规格不同样品时,因人为因素及手持红外测温仪距样品底部的距离、角度不同,从而导致温度检测有差异,致使检测随意性大、重复性差、效率低等缺点。林君等从红外测温仪的测温原理、测温误差分析,说明了其受到物体的发射率、测温距离、环境中的水汽和烟尘等外界因素的影响,测量误差较大^[16],这与本实验的结论一致;(2)使用紧凑型点追踪红外热像仪检测样品底部时,红外热像仪固定在检测样品的正上方,排除了人为因素的干扰,实现自动化、智能化检测温度,从而检测结果的一致性较好,可靠性高。

表3 温度检测仪稳定性实验对比结果

Table 3 Experiment Comparison result of stability for temperature check technology

样品名称	红外测温仪 (“×”代表开裂, “√”代表未开裂)			紧凑型点追踪红外热像仪 (“×”代表开裂, “√”代表未开裂)		
	250°C	300°C	350°C	250°C	300°C	350°C
3L 闷煲	1号	√	√	√	√	√
	2号	√	√	√	√	√
	3号	√	√	√	√	√
	4号	√	√	×	√	√
	5号	√	√	×	√	√
2.5L 药膳煲	1号	√	√	×	√	√
	2号	√	√	×	√	√
	3号	√	√	×	√	√
	4号	√	√	√	√	√
	5号	√	√	√	√	√

3 结论

本研究通过试验对比分析了红外测温仪和紧凑型点追踪红外热像仪,改进了陶瓷烹调器抗热震性检测的温度监控方法。采用手持式红外测温仪检测陶瓷烹调器的底部温度时,检测范围小,受人为因素的影响较大,检测温度的结果具有随意性大、重复性差和效率低等缺点。采用紧凑型点追踪红外热像仪检测陶瓷烹调器的底部温度时,检测面积大,可实时监控温度,排除了人为因素的干扰,并且与计算机连接后,可实现自动化、智能化,可提高检测效率和提升检测结果的准确度、可靠性和重复性,能更准确地反映陶瓷烹调器的抗热震性能。本研究结果对今后的检验检测和生产企业的质量控制具有积极的指导作用,对提高陶瓷烹调器产品质量、改进检测手段和提升标准水

平均有一定的作用。

参考文献

- [1] QB/T 2579-2018 普通陶瓷烹调器 [S]. 中华人民共和国工业和信息化部, 2018.
- [2] QB/T 2580-2018 精细陶瓷烹调器 [S]. 中华人民共和国工业和信息化部, 2018.
- [3] 林伟河, 许名传, 张银凤, 等. 日用细瓷汤锅热稳定性的研究进展 [J]. 陶瓷, 2021, (11): 77-78.
- [4] 于晓敏, 刘云龙. 陶瓷手模在使用过程中开裂的分析 [J]. 山东陶瓷, 2014, 37(02): 32-33.
- [5] 张银凤, 张校飞. 陶瓷材料的抗地震机理分析 [J]. 湖北理工学院学报. 2018, 34(03): 35-40.
- [6] GB/T 5000-2018 日用陶瓷名词术语 [S]. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2018.
- [7] 吴其胜, 蔡安兰, 杨亚群. 材料物理性能 [M]. 上海: 华东理工大学出版社, 2006, 235-346.
- [8] 关振铎. 无机材料物理性能 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2011, 91.
- [9] 区卓琨, 胡俊, 梁以流. 日用陶瓷抗热震性的检测、影响因素及改善途径 [J]. 中国陶瓷, 2012, 48(05): 36-39.
- [10] 张少华, 姚国瑞, 陈大鹏, 等. 基于热释电效应的非接触式红外测温仪的设计 [J]. 电脑科学与技术, 2021, 17(17): 239-243.
- [11] 孙岩. 浅谈红外测温仪的测量问题 [J]. 技术探析. 2023, 4: 16-18.
- [12] 李东, 吴航, 白枚, 等. 红外测温仪测温影响因素分析 [J]. 中国医学装备. 2021, 18(03): 59-62.
- [13] 张侃, 戴亚鹏, 敖敏, 等. 陶瓷烹调器产品抗热震性指标试验方法的对比分析研究 [J]. 中国陶瓷, 2018, 52(12): 71-74.
- [14] 曹彦鹏, 张圆圆, 杨将新. 非制冷红外热成像测温关键技术研究 [J]. 振动、测试与诊断. 2024, 44(02): 209-214.
- [15] 杨立, 杨桢. 红外热成像 - 测温原理与技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2012, 60-65.
- [16] 林君, 丁宇涛. 热电偶测温与红外测温的比较研究 [J]. 工业加工, 2010, 39(01): 57-60.

作者简介

徐大余, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: 陶瓷产品检测与标准化。