

DOI: 10.13957/j.cnki.tcx.2019.05.019

基于三维扫描技术陶瓷扁平制品表面积的计算方法

徐大余^{1,2}, 陈峰³, 张侃^{1,2}, 敖敏^{1,2}, 戴亚鹏^{1,2}

(1. 中国轻工业陶瓷研究所, 江西 景德镇 333000; 2. 国家陶瓷产品质量监督检验中心(江西),
江西 景德镇 333000; 3. 北京欧诺嘉科技有限公司, 北京 100035)

摘要: 陶瓷扁平制品铅、镉迁移量的检测涉及到制品与食物模拟物接触面积的计算, 此接触面积计算的精确度关系到检测结果的准确性。对一些圆形规则的扁平制品其表面积能够容易获得, 但对一些不规则的扁平制品比如勺、筷类其表面积不容易通过常规测量工具测得。本文以勺子为例, 提出采用三维扫描技术测量其表面积, 通过对勺子制品的三维扫描建立三维模型, 然后通过软件 Artec Studio 对三维模型进行数据计算, 从而获得勺子表面积, 该计算结果精确可靠。通过本文研究, 为不规则陶瓷扁平制品的表面积提供了一种可行的测量方法。

关键词: 陶瓷扁平制品; 表面积测量; 三维扫描技术; 铅镉迁移量

中图分类号: TQ174.73

文献标志码: A

文章编号: 1000-2278(2019)05-0670-05

Measurement of Surface Area of Ceramic Flatware Based on 3D Scanning Technology

XU Dayu^{1,2}, CHEN Feng³, ZHANG Kan^{1,2}, AO Min^{1,2}, DAI Yapeng^{1,2}

(1. Ceramic Research Institute of Light Industry of China, Jingdezhen 333000, Jiangxi, China; 2. National Quality Supervision and Inspection Center for Ceramic Products of China (Jiangxi), Jingdezhen 333000, Jiangxi, China;
3. Beijing Enrol Technology CO., Ltd., Beijing 100035, China)

Abstract: The detection of the release of lead and cadmium from ceramic flatware involves the calculation of the reference surface area in contact with food simulant. The accuracy of the surface area calculation is related to the accuracy of the detection results. The surface area of some round and regular flatware can be easily obtained, but the surface area of some irregular flatware such as spoons and chopsticks cannot be easily measured by conventional measuring tools. Taking the spoons as examples, this paper proposes to measure the surface area by using the 3D scanning technology, establish a three-dimensional model through the 3D scanning of spoon products, and then calculate the data of the three-dimensional model through the software Artec Studio, thus obtaining the surface area of the spoons. The calculation results are accurate and reliable. Through the research in this paper, a feasible measurement method is provided for the surface area of irregular ceramic flatware.

Key words: ceramic flatware; calculation of the reference surface area; 3D scanning technology; release of lead and cadmium

0 引言

根据《中华人民共和国食品安全法》及其实施条例的要求, 国家卫生健康委员会先后组织开展了食品包装材料清理、食品标准清理整合(包括食品相关产品标准清理整合)和标准立项、制修订等工作, 逐步形成了一套较为完善的食品接触材料及制品国家标准体系。通过标准的清理整合与

制修订, 我国现已发布了一系列与食品接触材料及制品基础标准和产品标准中各项指标的配套检测方法标准 50 余项^[1]。日用陶瓷领域的标准 GB 4806.4-2016《食品安全国家标准 陶瓷制品》^[2]也在此次食品安全国家标准清理、整合中被制定。

陶瓷制品中的扁平制品铅、镉迁移限量在标准变更前为铅(Pb)≤5.0 mg/L、镉(Cd)≤0.50 mg/L(非特殊装饰产品)^[3], 变更后的标准 GB 4806.4-2016

收稿日期: 2019-04-11。

修订日期: 2019-06-21。

基金项目: 景德镇市科技计划项目(2017GYZD020-01)。

通信联系人: 徐大余(1983-), 男, 硕士, 工程师。

Received date: 2019-04-11.

Revised date: 2019-06-21.

Correspondent author: YU Dayu(1983-), male, Master, Engineer.

E-mail: dy_xu@163.com

中规定铅(Pb)≤0.8 mg/dm²、镉(Cd)≤0.07 mg/dm²[4]。主要区别在于标准变更前检测结果直接取浸泡液铅、镉迁移量的测得值,单位为 mg/L;标准变更后检测结果考虑了与浸泡液接触面积的因素,通过浸泡液的铅、镉测得值和浸泡液体积及与试样接触面积换算得到检测结果,单位为 mg/dm²。在检测活动中,准确测量与试样接触面积是一项重要工作,特别是当检测结果接近允许极限值时,准确测量试样接触面积就显得尤为重要,这涉及到产品的合规性判定。在标准 GB 5009.156-2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验预处理方法通则》中给出了扁平圆形制品面积的测量计算方法,但是对一些异形、不规则扁平制品的接触面积的计算则需要寻求其他准确测定面积的方法[4]。

三维扫描技术是一项新兴的测绘技术,将传统的单点测量转变为面域点云数据测量,可以对各种复杂、不规则物体的表面积进行全方位快速非接触式扫描,同时获取大量点云数据,进而精确高效地建立物体三维模型,基于建立的三维模型可以获得所想要区域的表面积[5]。本文采用 Artec Space Spider 三维扫描仪,精确获取不规则扁平制品表面点云数据,进而得到物体的三维模型,并通过 Artec Studio 软件计算特定范围的表面积。三维扫描技术作为现代测绘技术,可以将其应用到陶瓷扁平制品铅、镉迁移量检测的表面积计算当中,为检测活动提供一种准确的测量方法。

1 三维扫描仪工作原理及工作参数

本文采用 Artec Space Spider 三维扫描仪进行扫描,Artec Space Spider 扫描仪实物图如图 1 所示。Artec Space Spider 扫描仪的工作原理是:Artec 三维扫描系统技术将特殊的光带以成一个视差角的方式投射在物体表面,利用物体表面对光源所造成的光程差的原理精确计算每个三维数据点的坐标,这些数据点可形成基本的小三角面,然后转换成可建立的三维空间格式。扫描时,同时匹配获取表面纹理的相机,可与 3D 扫描相机同步,达到 3D 数据与表面纹理画面互相结合的应用。此技术支撑是基于曲面重构算法技术和能精确及实时获取三维物体表面任意拓扑机构的软硬件功能。

Artec Space Spider 扫描仪具有分辨率高、精度高、扫描处理速度快的特点,其 3D 分辨率为 0.1 mm,3D 数据精度为 0.05 mm,数据获取时间为

0.0005 s,数据获取最高速度达 1,000,000 点/秒。其以蓝色 LED 光为光源,相比激光光源具有安全无伤害特性。



图 1 Artec Space Spider 三维扫描仪
Fig.1 3D scanner-Artec Space Spider

2 应用实例

2.1 样品

由于日用陶瓷产品中的羹匙为最常见的不规则扁平制品,其与食物接触的表面积不易准确获得,所以选取陶瓷羹匙为试验对象,通过三维扫描技术来测量其表面积,测得值对陶瓷羹匙铅、镉迁移量的检测结果换算具有实用性。本文选取具有典型代表的 10 个调羹作为扫描对象,10 个样品的特征尺寸及实物图见图 2 和表 1。

2.2 三维扫描

采用 Artec Space Spider 扫描仪分别对每个样品进行扫描,在扫描前对样品光亮釉面进行适当地处理,采用 DPT-5 显像剂轻微喷涂光亮釉面,以保证在扫描采集数据时样品各部位数据点都能很好地被采集到。为了便于扫描操作,将样品置于可旋转载物台上,扫描时保持最佳的扫描仪与被扫物体的距离和角度,扫描进行中仪器会实时将被扫描到的点云数据进行记录储存。当扫描过程中需要中断操作或扫描后发现被扫描对象有数据不完整的地方,可以进行补扫操作。本文以样品 3#为例,图示三维扫描及数据处理操作。

2.3 点云数据处理

获得原始点云数据后,需要对其进行配准操作,首先对所获取的数据进行细微配准,通过细

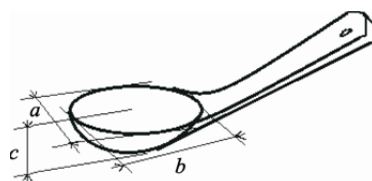


图 2 调羹特征尺寸示意图
Fig.2 Diagram of spoon feature sizes

表 1 10 个调羹样品实物图及特征尺寸值
Tab.1 Photographs and feature sizes of the 10 spoon samples

Sample 1 [#]	Sample 2 [#]	Sample 3 [#]	Sample 4 [#]	Sample 5 [#]
				
a:4.2 mm b:6.0 mm c:1.5 mm	a:3.9 mm b:5.6 mm c:1.8 mm	a:3.9 mm b:5.9 mm c:1.6 mm	a:4.3 mm b:5.8 mm c:1.5 mm	a:3.9 mm b:6.4 mm c:1.3 mm
Sample 6 [#]	Sample 7 [#]	Sample 8 [#]	Sample 9 [#]	Sample 10 [#]
				
a:4.2 mm b:6.8 mm c:1.3 mm	a:4.1 mm b:6.4 mm c:1.6 mm	a:3.9 mm b:6.2 mm c:1.7 mm	a:4.5 mm b:5.9 mm c:2.1 mm	a:4.0 mm b:7.3 mm c:2.0 mm

微配准操作对数据单站进行多次重复迭代累积计算,用来提升数据精度,如果噪点比较多,还需要进行去噪命令,把多余离散的数据噪点进行去除。细微配准、去噪后再进行整体配准,通过整体配准算法能够得到更小的校正距离,并且可以同时对比几站数据进行配准计算。点云数据经过配准完成后,如果有分层的部分,进入帧显示状态,找到分层的站点,将分层部分进行删除。通过对点云数据的细微配准、去噪、整体配准和分层站点地剔除就得到了比较准确的三维点云数据^[6]。图 3、图 4 和图 5 分别为样品 3[#]正面、背面和包含正面和侧面两部分的三维点云经过处理后数据图。

2.4 点云数据三维建模

点云数据经过处理后还需要通过拟合、拼接、

整体配准操作后才能得到整体的三维模型。通过拟合操作,在两站数据中分别找到公共部位,点

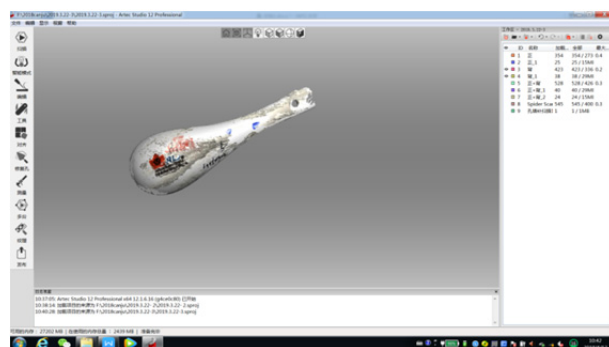


图 4 样品 3[#]背面三维点云经处理后数据图

Fig.4 3D point cloud data of the back of sample 3[#] after processing

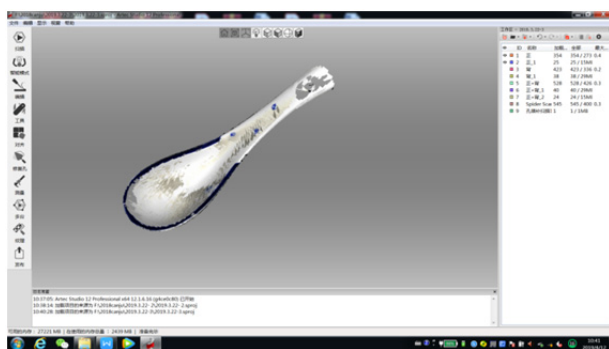


图 3 样品 3[#]正面三维点云经处理后数据图
Fig.3 3D point cloud data of the front of sample 3[#] after processing

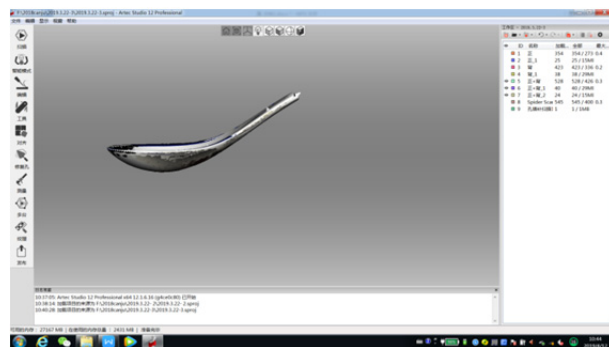


图 5 样品 3[#]含正面和侧面两部分的三维点云经处理后数据图
Fig.5 3D point cloud data of both the front and back of sample 3[#] after processing

击三到四组公共点，将可移动站点拼接到固定站点上去，通过重复上述操作，将多站数据相互拼接在一起，拼接时还可以通过拼接网格，自动根据模型的几何形状进行计算，提高拼接黏合度。

所有站点拼接完成后，完成模型的拼接，然后进行整体配准和合成操作，完成合成操作后建立了调羹三维模型。后期可以通过编辑、擦除命令、小型对象删除器将多余的面数进行删除。如果模型存在漏扫的小孔洞，可以用补洞功能对小的孔洞进行补洞处理。

建立好的三维模型可以对其进行赋贴纹理，或者将模型导出到第三方软件中进行处理。Export mesh 导出网格，在第三方软件中处理完成后再重新拖进软件中。这时，模型已经处理完成。模型面数较大时赋纹理和打印存在较大的运算，可以使用简化网格对模型进行简化操作。之后使用纹理映射命令将实物纹理赋色到建立的三维模型上。图 6 为样品 3[#]的三维模型图。

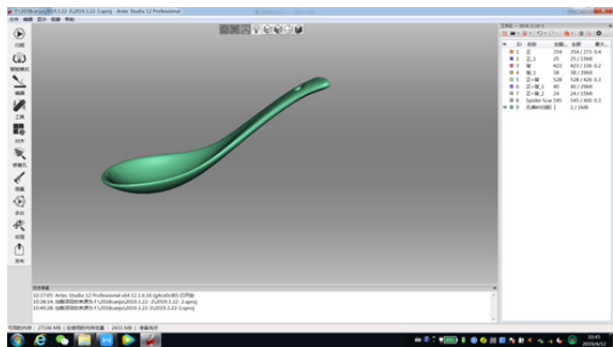


图 6 样品 3[#]三维模型图
Fig.6 3D model diagram of sample 3[#]

采用上述相同的方法，建立了 10 个样品的三

维模型图，见表 2 所示。

2.5 Aretc Space Spider 扫描仪测量验证

为验证 Aretc Space Spider 扫描仪实际观测偏差，实验中选取测量参照对象为一个哑铃状球杆，这个球杆由 Trapet 精密工程公司制造，通过 ISM 3D S.L. 认证(证书号：NO ISM 4.7.2013)。这个哑铃状球杆通常使用 CMM(ZEISS 棱镜导航坐标测量机 900 MASS)用来验证 VDI 2634 激光扫描仪和条纹投影系统。

测量时，始终保持参照物和环境温度为 (20±0.5) °C。测量分两个步骤进行：首先随机选取哑铃状球杆任意一个位置，测量其球直径和两球心距离，然后转换一定角度测量球杆另一个位置，测量其球直径和两球心距离。测量两球心距离的扩展不确定度 U(包含因子 K=2)为 0.8 mkm、球直径的扩展不确定度 U(包含因子 K=2)为 0.5 mkm。测量结果示意图见图 7 所示，图中的测量结果 $-0.019^{14.979}_{14.998}$ 表示扫描测量结果为 14.979 mm，参照物尺寸为 14.998 mm，-0.019 为测量结果与参照物尺寸的差值。表 3 为参照物尺寸与扫描仪所获得的结果和偏差百分数，测量结果的偏差小于 0.2%。

2.6 表面积计算

10 个调羹样品三维数据模型建立完成后，为了得到每个调羹与食物接触的表面积，需要通过软件 Artec Studio 提取三维模型数据计算得到表面积。以样品 3[#]为例，图 8 为样品 3[#]的表面积计算操作界面，表 4 为 10 个调羹样品内表面积的计算结果。如果采用全浸泡方法，则调羹与食物模拟物的接触面积为计算值的两倍。这些测得值在实际检测计算中具有很好的参考性。

表 2 10 个样品的三维模型图
Tab.2 3D model diagrams of the 10 samples

Sample 1 [#]	Sample 2 [#]	Sample 3 [#]	Sample 4 [#]	Sample 5 [#]
Sample 6 [#]	Sample 7 [#]	Sample 8 [#]	Sample 9 [#]	Sample 10 [#]

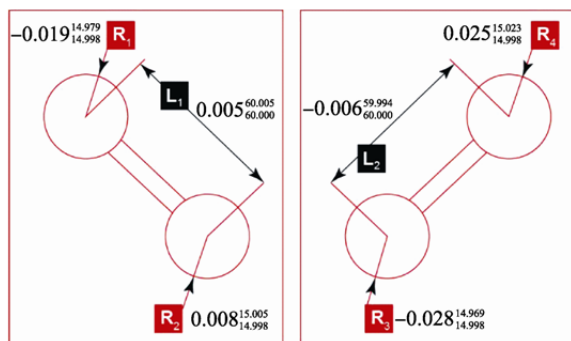


图 7 测量结果示意图

Fig.7 Schematic diagram of measurement results

表 3 参照物尺寸与扫描仪所获得的结果和偏差百分数

Tab.3 The results of the measurements as well as the deviations between the readings taken from the reference object and the results obtained with the scanner

Parameter	Reference	Measured value	Difference	Percentage deviation
L ₁ ,mm	60.000	60.005	0.005	0.008%
R ₁ ,mm	14.998	14.979	-0.019	-0.13%
R ₂ ,mm	14.998	15.008	0.008	0.05%
L ₂ ,mm	60.000	59.994	-0.006	-0.01%
R ₃ ,mm	14.998	14.969	-0.028	-0.19%
R ₄ ,mm	14.998	15.023	0.025	0.17%

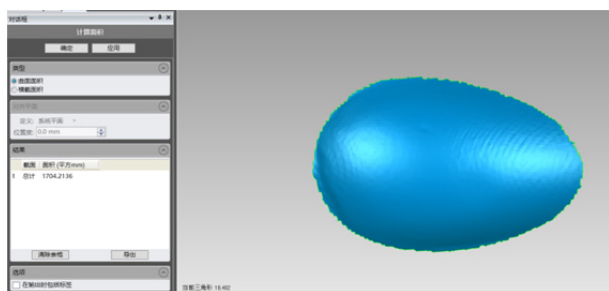


图 8 样品 3# 的表面积计算操作界面

Fig.8 Operating interface for surface area calculation of sample 3#

表 4 10 个调羹样品内表面积计算结果

Tab.4 Calculated internal surface area results of the 10 spoon samples

Sample number	Internal surface area/mm ²	Sample number	Internal surface area/mm ²
1 [#]	1989.9	6 [#]	2115.3
2 [#]	1713.9	7 [#]	1940.7
3 [#]	1704.2	8 [#]	1999.8
4 [#]	2159.0	9 [#]	2429.8
5 [#]	2050.6	10 [#]	2379.7

3 结 论

本文以调羹为例,主要研究了运用三维扫描技术对异形扁平制品的表面积测量,通过三维扫描获取制品点云数据,经过点云数据处理、三维模型建立和模型数据的提取,进而对扁平制品表面积进行计算。通过本文的研究,提出了一种基于三维扫描技术测量陶瓷扁平制品表面积的计算方法,从而解决了陶瓷扁平制品表面积的计算困难问题,该方法在陶瓷扁平制品铅、镉迁移量检测中能够很好地被应用。

参考文献:

- [1] 朱蕾,张俭波. 食品接触材料及制品迁移试验标准实施指南[M]. 北京: 中国标准出版社, 2018: 2-3.
- [2] GB 4806.4-2016 食品安全国家标准 陶瓷制品[S].
- [3] GB 12651-2003 与食物接触的陶瓷制品铅、镉溶出量允许极限[S].
- [4] GB 5009.156-2016 食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验预处理方法通则[S].
- [5] 韩文,王玉涛,徐晗. 三维扫描技术在异形超薄陶瓷雕刻中的应用研究[J]. 陶瓷学报, 2014, 35(3): 314-317. HAN W, WANG Y T, XU H. Journal of Ceramics, 2014, 35(3): 314-317.
- [6] 赵谦,任志奇. 基于点云投影的瓷砖凸包特征点检测[J]. 陶瓷学报, 2018, 39(06): 782-789. ZHAO Q, REN Z Q. Journal of Ceramics, 2018, 39(06): 782-789.