论坛与资讯

玻璃包装制品成型过程中的 CCD 甄别原理及条件

尹中会1,2、李春1

(1. 上海理工大学, 上海 200093; 2. 安徽理工大学, 淮南 232001)

摘要:对高温玻璃包装制品和其周围景物的单色辐射特性和 CCD 的光谱响应特性进行了分析,可知 CCD 对高温玻璃包装制品及其周围景物的辐照响应谱曲线存在交点,该交点为临界波长,且当波长大于临界波长时,高温玻璃包装制品对 CCD 的辐照响应大于其周围景物对 CCD 的辐照响应。由此可利用大于临界波长部分的辐照响应产生的高温玻璃包装制品与景物图像的灰度差的原理,来甄别高温玻璃包装制品及其边界。同时提出了采用灰度差原理甄别高温玻璃包装制品的条件,其为高温玻璃包装制品图像的灰度值大于其周围所有景物图像的灰度值,且只有临界波长位于 CCD 的感光区间内,才能满足高温玻璃包装制品的甄别条件,临界波长越小甄别效果越好。

关键词:玻璃包装制品; CCD; 临界波长; 辐射响应: 灰度差; 甄别

中图分类号: TB484.5 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2013)19-0114-04

Principle and Condition of CCD Discrimination of Glass Packaging Product in Forming Process

YIN Zhong-hui^{1,2}, LI Chun¹

(1. University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: The monochrome irradiation response characteristic of high temperature glass packaging product and its surrounding scenery was analyzed as well as the irradiation response characteristic of CCD. The result showed that intersection point, which is critical wavelength, exists in the monochrome irradiation response characteristic curves of CCD to the glass packaging product and the surrounding; when wavelength is longer than the critical wavelength, monochrome irradiation response of high temperature glass packaging product will be greater than that of the surrounding scenery. It was put forward that the principle of discriminating high temperature glass packaging product from its surrounding scenery is the pixel gray difference in the wavelength longer the critical wavelength; the condition of discriminating high temperature glass packaging product greater than that of all the sceneries; in order to discriminating high temperature glass packaging product in CCD image, critical wavelength must locates in the photosensitive area of the CCD; the shorter the critical wavelength is the better the discriminating effectiveness.

Key words: glass packaging product; CCD; critical wavelength; irradiation response; gray difference; discrimination

玻璃具有化学稳定性高、气密性好、可回收利用等特性,已广泛用于药品、饮料和食品的包装[1]。对玻璃包装制品的尺寸测量是提高其质量和产品率的重要技术保证。目前对玻璃酒瓶等包装制品的非接触检测主要集中在缺陷检测上[2],而对玻璃包装制品

的尺寸测量主要集中在对其成型后的厚度测量上,并存在滞后检测的缺点,当发现尺寸超标时,只能作为废品处理^[3-5]。由此,实时、快速、精确的在线远程测量对处在成形过程中的高温玻璃包装制品的结构尺寸非常必要。CCD测量方法因其具有可远程、快速、

收稿日期: 2013-04-24

基金项目:上海市重点学科建设资助项目(J50501)

作者简介: 尹中会 (1970-), 女, 安徽六安人, 上海理工大学博士生, 安徽理工大学副教授, 主要研究方向为动力机械工程。

高精度、价格远低于激光扫描法等特点,非常适用于处在成形过程中的高温玻璃制品非接触快速在线尺寸测量。采用 CCD 技术进行尺寸测量的基础是将CCD 图像中的高温玻璃包装制品边界从周围景物中甄别出来,故笔者提出玻璃包装制品成形过程中的CCD 甄别原理及条件,为采用 CCD 技术进行高温玻璃包装制品在线尺寸测量提供基础。

1 玻璃包装制品成型过程中的 CCD 甄别原理

为使 CCD 图像中的高温玻璃包装制品从其周围景物中识别出来,需要高温玻璃包装制品图像与其周围的景物图像存在区别。根据物体的辐射特性可知,高温玻璃包装制品与景物在 CCD 中感光成像的因素主要有其自身的辐射波和对照明光的反射光波^[6]。由于高温玻璃包装制品温度很高,可近似将其视为黑体,则其自身辐射较强,而其反射辐射很弱,可以忽略,故 CCD 对高温玻璃包装制品的单色辐照响应为:

$$M_{\text{ccd}, \lambda}^{\text{gla}} = f_{\text{ccd}}(\lambda) \times E_{\lambda}^{\text{gla}} = f_{\text{ccd}}(\lambda) \times d_{\text{ccd}}^{\text{gla}} \times C_{1} \lambda^{-5} \left(e^{\frac{C_{2}}{\lambda T_{\text{gla}}}} - 1\right)^{-1}$$
(1)

式中: $M_{\text{ccd},\lambda}^{\text{gla}}$ 为 CCD 对高温玻璃包装制品的单色辐照响应(W/m^3); $f_{\text{ccd}}(\lambda)$ 为 CCD 的响应特性系数; E_{λ}^{gla} 为高温玻璃包装制品对 CCD 的单色辐照度(W/m^3); $d_{\text{ccd}}^{\text{gla}}$ 为高温玻璃包装制品辐射到 CCD 的衰减系数; C_1 为 Planck 第一辐射常数; C_2 为 Planck 第二辐射常数; T_{gla} 为高温玻璃包装制品的绝对温度(K)。

由于景物为常温,其自身辐射较弱,可以忽略,成像主要为其对照明光源的反射和对高温玻璃包装制品发出的热辐射的反射,故 CCD 对景物的单色辐照响应为:

$$\begin{split} M_{\text{ccd}, \lambda}^{\text{sce}} = & f_{\text{ccd}}(\lambda) \times E_{\lambda}^{\text{sce}} = & f_{\text{ccd}}(\lambda) \times D_{\text{sce,ccd}}^{\text{lig}} \times C_{1} \lambda^{-5} (e^{\frac{C_{2}}{\lambda T_{\text{lig}}}} - 1)^{-1} + & f_{\text{ccd}}(\lambda) \times D_{\text{sce,ccd}}^{\text{gla}} \times C_{1} \lambda^{-5} (e^{\frac{C_{2}}{\lambda T_{\text{gla}}}} - 1)^{-1} \end{split}$$

式中: $M_{\text{ccd},\lambda}^{\text{see}}$ 为 CCD 对景物的单色辐照响应(W/m^3); E_{λ}^{see} 为景物对 CCD 的单色辐照度(W/m^3); $d_{\text{see,ccd}}^{\text{lig}}$ 为照明光经景物反射到 CCD 的衰减系数; $d_{\text{see,ccd}}^{\text{gla}}$ 为高温玻璃包装制品辐射经景物反射到 CCD 的衰减系数; T_{lig} 为照明光源的绝对温度(K)。

为获得 CCD 对高温玻璃包装制品和景物的单色辐照响应曲线,以便于进一步分析,对式(1) 和式(2) 中参数进行必要简化。CCD 的响应特性系数 $f_{ccd}(\lambda)$

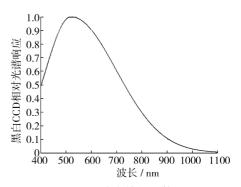


图 1 CCD 的响应特性系数 $f_{ccd}(\lambda)$

Fig. 1 The irradiation response characteristic coefficient of CCD

见图 $1^{[7]}$ 。由于高温玻璃包装制品距离 CCD 较近,因而忽略其辐射衰减,取 $d_{\rm ccd}^{\rm sla}=1$ 。高温玻璃包装制品的温度取 $600\sim800$ °C (约为 $900\sim1100$ K),照明光源取太阳光,其温度为 5762 K,阳光经过路程衰减、房屋遮挡衰减和景物反射衰减后已大大减弱,取 $d_{\rm sce,ccd}^{\rm lig}$ 为 10^{-7} , 2×10^{-7} , 3×10^{-7} 等 3 种情况进行分析。考虑到高温玻璃包装制品辐射经景物反射后的强度与高温玻璃包装制品的直接辐射强度相比可忽略,故取 $d_{\rm sce,ccd}^{\rm lig}$ 包装制品和景物的单色辐照响应曲线,见图 2。

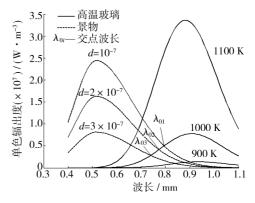


图 2 CCD 对高温玻璃包装制品、景物的辐照响应谱曲线 Fig. 2 The monochrome irradiation response of CCD to high temperature glass and its surrounding scenery

由图 2 可知,CCD 对高温玻璃包装制品、景物的辐照响应谱曲线存在交点 λ_0 ,当 $\lambda < \lambda_0$ 时, $M_{\rm ccd,\lambda}^{\rm gla} < M_{\rm ccd,\lambda}^{\rm sce}$;当 $\lambda > \lambda_0$ 时, $M_{\rm ccd,\lambda}^{\rm gla} > M_{\rm ccd,\lambda}^{\rm sce}$ 。当高温玻璃包装制品温度为 1000 K 时,CCD 对高温玻璃包装制品与景物的单色辐照响应差曲线见图 3。高温玻璃包装制品、景物的图像为 CCD 对所有波长辐照响应,即为其灰度,因此,可以利用 $\lambda > \lambda_0$ 部分的辐照响应使高温玻璃包装制品与景物图像的灰度差达到一定值,从而将

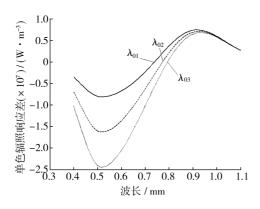


图 3 CCD 对 1000 K 高温玻璃包装制品与 景物的单色辐照响应差曲线

Fig. 3 The monochrome irradiation response difference of CCD between 1000 K glass and its surrounding scenery

高温玻璃包装制品及其边界甄别出来。

2 玻璃包装制品成型过程中的 CCD 甄别条件

根据灰度值与辐照响应的关系^[6],高温玻璃包装制品的灰度值计算公式为:

$$M_{\rm ccd}^{\rm gla} = f_{\rm ccd}(\lambda) \times E_{\rm ccd}^{\rm gla} = \int_0^\infty f_{\rm ccd}(\lambda) \times d_{\rm ccd}^{\rm gla} \times C_1 \lambda^{-5} (e^{\frac{C_2}{\lambda T_{\rm gla}}} - 1)^{-1} d\lambda$$
 (3)

式中: $M_{\rm ced}^{\rm gla}$ 为 CCD 对高温玻璃包装制品的辐照响应(W/m^2); $E_{\rm ced}^{\rm gla}$ 为高温玻璃包装制品对 CCD 的辐照度(W/m^2)。

景物的灰度值计算公式为:

$$M_{\text{ccd}}^{\text{sce}} = f_{\text{ccd}}(\lambda) \times E_{\text{ccd}}^{\text{sce}} = \int_{0}^{\infty} f_{\text{ccd}}(\lambda) \times D_{\text{sce,ccd}}^{\text{lig}} \times G_{1}\lambda^{-5} (e^{\frac{C_{2}}{\lambda T_{\text{lig}}}} - 1)^{-1} d\lambda + \int_{0}^{\infty} f_{\text{ccd}}(\lambda) \times D_{\text{sce,ccd}}^{\text{gla}} \times G_{1}\lambda^{-5} (e^{\frac{C_{2}}{\lambda T_{\text{gla}}}} - 1)^{-1} d\lambda$$

$$(4)$$

式中: $M_{\rm ccd}^{\rm see}$ 为 CCD 对景物的辐照响应(W/m^2); $E_{\rm ccd}^{\rm see}$ 为景物对 CCD 的辐照度(W/m^2)。

高温玻璃包装制品与景物图像之间的灰度差为:

$$\Delta = M_{\rm ccd}^{\rm gla} - M_{\rm ccd}^{\rm sce} = f_{\rm ccd}(\lambda) \times$$

$$(E_{\rm ccd}^{\rm gla} - E_{\rm ccd}^{\rm sce}) = f_{\rm ccd}(\lambda) \times \left[\int_{0}^{\infty} d_{\rm ccd}^{\rm gla} \times C_{1} \lambda^{-5} (e^{\frac{C_{2}}{\lambda T_{\rm gla}}} - e^{\frac{C_{2}}{\lambda T_{\rm gla}}} \right]$$

$$1)^{-1}\mathrm{d}\lambda - \int_0^\infty f_{\mathrm{ccd}}(\lambda) \times d_{\mathrm{sce,ccd}}^{\mathrm{lig}} \times C_1 \lambda^{-5} (\mathrm{e}^{\frac{C_2}{\lambda T_{\mathrm{lig}}}} - 1)^{-1} \mathrm{d}\lambda -$$

$$\int_{0}^{\infty} f_{\text{ccd}}(\lambda) \times D_{\text{sce,ccd}}^{\text{gla}} \times C_{1} \lambda^{-5} \left(e^{\frac{C_{2}}{\lambda T_{\text{gla}}}} - 1\right)^{-1} d\lambda$$
 (5)

式中:△ 为高温玻璃包装制品图像与景物图像之

间的灰度差(W/m²)。

设高温玻璃包装制品周围有n个景物,为使高温玻璃包装制品与其周围每一个景物图像之间都有灰度差,应有:

$$\Delta_{i} = M_{\text{ccd}}^{\text{gla}} - M_{\text{ccd}}^{\text{sce},i} = f_{\text{ccd}}(\lambda) \times (E_{\text{ccd}}^{\text{gla}} - E_{\text{ccd}}^{\text{sce},i}) \neq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

$$(6)$$

即:

$$\Delta_i = M_{\rm ccd}^{\rm gla} - M_{\rm ccd}^{{\rm sce},i} = f_{\rm ccd}(\lambda) \times (E_{\rm ccd}^{\rm gla} - E_{\rm ccd}^{{\rm sce},i}) > 0 \quad (i = 1, 2, \cdots, n)$$

$$(7)$$

或

$$\begin{split} \Delta_i = & M_{\rm ccd}^{\rm gla} - M_{\rm ccd}^{{\rm sce},i} = & f_{\rm ccd}(\lambda) \times (E_{\rm ccd}^{\rm gla} - E_{\rm ccd}^{{\rm sce},i}) < 0 \quad (i = 1 \text{ ,} \\ 2 \text{ ,} \cdots \text{ ,} n) \end{split} \tag{8}$$

式中: Δ_i 为高温玻璃包装制品图像与第 i 个景物图像之间的灰度差(W/m^2); $M_{ccd}^{sce,i}$ 为 CCD 对第 i 个景物的辐照响应(W/m^2); $E_{ccd}^{sce,i}$ 为第 i 个景物对 CCD 的辐照度(W/m^2)。

由于高温玻璃包装制品温度分布较均匀,所以其图像的灰度值也基本一致,而周围景物由于材质、表面状况和所处位置等不同,其灰度值也不同,因此,要满足式(8)要求,即高温玻璃包装制品图像的灰度值小于其周围任何景物的灰度值难以实现。应采用满足式(7)的条件来实现高温玻璃包装制品的甄别,即高温玻璃包装制品图像的灰度值要大于最亮的景物图像的灰度值,故式(7)为高温玻璃包装制品的甄别条件。

为有效地甄别出 CCD 图像中的高温玻璃包装制品,由图 2 和图 3 可知必须要求临界波长 λ_0 位于 CCD 感光区域内,且 λ_0 越小有益积分区间越大,对应的灰度差 Δ 越大,甄别效果越好,这为 CCD 图像中高温玻璃包装制品甄别条件的有效实现提供了理论指导。

3 结语

根据高温玻璃包装制品与其周围景物的辐射特性和 CCD 的光谱响应特性,对 CCD 图像中高温玻璃包装制品的甄别原理和甄别条件的研究得出以下结论。

1)CCD 对高温玻璃包装制品、景物的辐照响应 谱曲线存在交点 λ_0 ,即临界波长。当 $\lambda < \lambda_0$ 时, $M_{\mathrm{col},\lambda}^{\mathrm{gla}}$ $< M_{\mathrm{col},\lambda}^{\mathrm{sce}}$,当 $\lambda > \lambda_0$ 时, $M_{\mathrm{col},\lambda}^{\mathrm{gla}} > M_{\mathrm{col},\lambda}^{\mathrm{sce}}$ 。由此,可以利用 $\lambda >$

A。部分的辐照响应使高温玻璃包装制品与景物图像的灰度差达到一定值,从而将高温玻璃包装制品及其边界甄别出来。

2) 将高温玻璃包装制品从其周围景物中甄别出来的条件为高温玻璃包装制品图像的灰度值比其周围所有景物图像的灰度值都大.即.

$$\Delta_i = M_{\text{cccd}}^{\text{gla}} - M_{\text{ccd}}^{\text{sce, }i} > 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

3) 为满足高温玻璃包装制品的甄别条件,必须要求临界波长 λ_0 位于 CCD 的感光区间内,且 λ_0 越小有益积分区间越大,对应的灰度差 Δ 越大,甄别效果越好。

参考文献:

- [1] 王华荣. 玻璃瓶缺陷检测技术综述[J]. 福建电脑,2012 (8);39-41.
 - WANG Hua-rong. Review of the Defects Detection Technique of Glassware [J]. Fujian Computer, 2012 (8):39-41.
- [2] 高翔,谷吉海. 基于 Canny 算法的啤酒空瓶杂质检测方法[J]. 包装工程,2009,30(3):63-65.
 GAO Xiang, GU Ji-hai. Detection Method of Empty Beer Bottle Impurity Based on Canny Arithmetic [J]. Packaging Engineering,2009,30(3):63-65.
- [3] 杜晓强,王伟,王召巴.玻璃厚度在线检测系统的研究

- [J]. 红外,2008,29(12):36-39.
- DU Xiao-qiang, WANG Wei, WANG Zhao-ba. Research on On-line Glass Thickness Detection System [J]. Infrared, 2008, 29(12):36-39.
- [4] MICHELT B, SCHULZE J, 张娜. 玻璃容器厚度非接触检测[J]. 玻璃与搪瓷, 2010, 38(2):38-40.

MICHELT B, SCHULZE J, ZHANG Na. Thickness of the Glass Container Non-contact Detection [J]. GLASS & ENAMEL, 2010, 38(2):38–40.

- [5] 丛赫曦,王书涛,李园园,等. 基于光反射的高温玻璃包装制品厚度在线检测技术[J]. 红外与激光工程,2011,40(7):1356-1359.
 - CONG He-xi, WANG Shu-tao, LI Yuan-yuan, et al. Online Thickness Measurement Technology for High Temperature Glass Based on Light Reflection [J]. Infrared and Laser Engineering, 2011, 40(7):1356-1359.
- [6] 葛绍岩. 热辐射性质及其测量[M]. 北京: 科学出版社, 1989.
 - GE Shao-yan. Thermal Radiation Properties and Its Measurement[M]. Beijing: Science Press, 1989.
- [7] 张萌,林家明,杨隆荣,等. 超高感度 CCD 摄像传感器的特性分析[J]. 光学技术,2001,27(2):106-108.

 ZHANG Meng, LIN Jia-ming, YANG Long-rong, et al. Characteristics Analysis for EXview HAD CCD sensor[J]. Optical Technique,2001,27(2):106-108.

2014年《表面技术》杂志征订启事

《表面技术》杂志由中国兵器工业第五九研究所、中国兵工学会防腐包装分会和兵器工业防腐包装情报网主办,创刊于1972年,是全面介绍金属和非金属表面处理技术的最新科研成果及新技术应用成果等方面,并坚持理论与实践相结合,提高与普及相结合的办刊方针。

本刊为全国中文核心期刊、中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)、中国科学引文数据库来源期刊(CSCD)、RCCSE 中国核心学术期刊、重庆市十佳科技期刊、中国期刊全文数据库全文收录期刊、《中国学术期刊(光盘版)》入编期刊、中国期刊网全文收录期刊等,并被美国《Chemical Abstracts》、《剑桥科学文摘:材料信息》(CSA:MI)收录。主要报道:材料腐蚀,电镀、化学转化、薄膜、涂料涂装和其它防护技术,相关测试分析,三废治理及环保技术等方面的内容。

《表面技术》杂志辟有试验研究、工艺研究、综述与专论、应用技术、隐身材料专题等栏目,并不定期对读者关注的热点问题开设专栏。

本刊为双月刊,逢双月10日出版。定价36.00元/期,全年定价216.00元。如到编辑部联系补订,平寄另加邮资18.00元,共计234.00元。欢迎广大读者订阅。

连续出版物号: $\frac{ISSN\ 1001-3660}{CN\ 50-1083/TG}$ 邮发代号: 78-31 订阅处: 全国各地邮局

地 址:重庆市九龙坡区石桥铺渝州路33号《表面技术》编辑部(400039)

电 话:023-68792193

传 真:023-68792396

网 址:www.bmjs2007.com E-mail:wjqkbm@163.com