

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2015.08.018

基于 SolidWorks 的塑料瓶盖加热仓 设计及流场仿真

徐敏珍, 杭维明, 叶 鹏, 余益君

(杭州娃哈哈集团有限公司 研究院, 浙江 杭州 310018)

摘要:针对塑料瓶盖在低温环境下脆性增加,导致生产过程中出现连接桥断裂、高歪盖等现象的问题,开展了塑料瓶盖加热仓的设计与应用研究,对国内目前的瓶盖加热方法进行了分析归纳,提出了一种采用热风机进行在线加热的瓶盖加热仓装置。利用流体仿真软件 SolidWorks Flow Simulation 建立了加热仓的流体模型,得到了热空气温度分布图和流场分布图。仿真结果表明,加热仓设计合理、温度分布均匀,无加热死角。研究表明,该加热仓设计简单合理,可显著减少生产中由于瓶盖引起的饮料质量问题,具有很好的经济效益。

关键词:塑料瓶盖;加热仓;SolidWorks 流体仿真

中图分类号:TH122;TP24

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2015)08-1100-04

Design and flow simulation of the heat container for plastic bottle caps based on SolidWorks

XU Min-zhen, HANG Wei-ming, YE Peng, YU Yi-jun

(Institute, Hangzhou Wahaha Group Co., Ltd., Hangzhou, 310018, China)

Abstract: Aiming at the problem that plastic bottle caps' brittleness will be increased in low temperature environment, which leads to the broken bridge and twisting cap in production, the design and application of the heat container for plastic bottle caps were researched. A heat device by air heater was later on presented after an exploration of cap-heating methods. With the assistance of CFD software SolidWorks flow simulation, the heat container fluid model was established and based on which the distributions of the temperature field and streamline were obtained. Furthermore, the simulation results indicate that the heat container is reasonably designed with uniform temperature distribution. The results indicate that the design of the heat container is concise and reasonable, and it can significantly reduce the quality problem caused by caps in production and has very good economic benefits.

Key words: plastic bottle caps; heat container; SolidWorks Flow Simulation

0 引 言

自 2000 年以来,中国的饮料行业得到了快速发展,其中,PET 塑料瓶作为当今使用量最大的饮料包装,被广泛用于包装碳酸饮料、饮用水、果汁和茶饮料等食品饮料包装领域。每年中国生产的 PET 塑料瓶数达百亿只。同时与之相配合使用的是塑料瓶盖,内

部主要包括防盗圈、连接桥和密封螺纹等几个部分。塑料瓶盖的主要优点在于能够保证塑料瓶内饮料产品的质量不被恶意破坏,而且可以通过注塑、压塑等工艺成型,加工方便、使用简单^[1-3]。但是该种塑料瓶盖的使用要求比较高,当在低于 18 °C 的环境温度下使用时,材料的脆性增加,导致了连接桥断裂和封盖不良率提高等问题^[4-5]。如何在饮料生产中改进瓶盖质量,避

免上述问题,提高封盖优良率,已经成为相关行业迫切需要解决的问题。

目前瓶盖加热方法主要是以下两种:

方法一。在瓶盖投入使用之前,先将其在高于 18 ℃ 的恒温仓库中放置 24 h 甚至更长的时间,通过提高塑料防盗瓶盖仓储环境温度来提高瓶盖温度。

方法二。在瓶盖投入生产线使用之前,采用热水浸泡或冲淋的方法来提高塑料防盗瓶盖的温度。

上述两种瓶盖加热方法在饮料生产线中都有一定的应用,并且也能取得较好的效果。但是这两种方法存在着一定的不足,限制了其大面积推广应用。方法一需要建立恒温仓库,占用空间大,且需长期维持一定的温度,因此能耗较高,而且瓶盖温度也不容易控制;方法二的水冲淋加热,存在水质不洁净造成塑料瓶内饮料产品二次污染的风险,并且瓶盖冲淋之后还需要进行除水处理,增加了工艺。

针对上述瓶盖加热方法的缺点,本研究设计一种新型瓶盖加热装置,该装置具有结构简单、安全可靠、节省空间等优点,能更好地解决瓶盖连接桥断裂和封盖不良问题。

1 瓶盖加热仓的结构设计

瓶盖加热仓采用循环热风机产生热风,热风通过进风口进入盖仓本体内部,然后由夹套上的网孔进入夹套内部,从而对夹套中的瓶盖进行加热处理。加热后的余风通过上方的出风口流出,由循环热风机进行循环利用。而加热后的瓶盖在振动机构作用下,通过出盖口被输送到后续工序进行应用。

瓶盖加热仓的结构示意图如图 1 所示。从图中可以看出,瓶盖加热仓的主要组成部分有:盖仓本体、夹套、循环热风机、风管等部件,各主要部件的功能及设计如下:

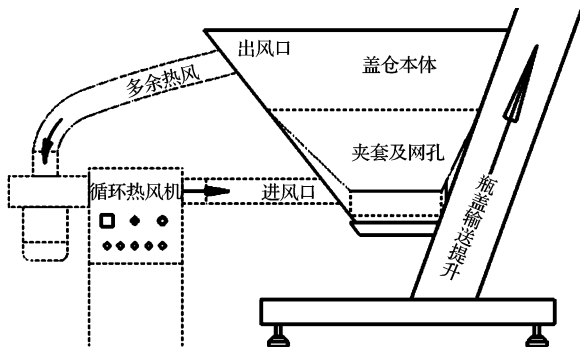


图 1 加热仓结构示意图

(1) 盖仓本体的设计。三维模型如图 2 所示,盖

仓本体用于存储瓶盖,并对其进行加热处理。盖仓本体为倒立的四棱台结构,其底部设有瓶盖出槽口,与输送带对应。当需要加热的瓶盖在盖仓本体内部达到预定的温度后,通过出槽口输送到提升输送带上,转运到下一个工位进行后续加工处理。

(2) 夹套的设计。夹套与盖仓本体有一定的配合,从而便于瓶盖的加热和输出。夹套上设有网孔,热风通过夹套上的网孔对夹套内的瓶盖进行加热处理,让被加热瓶盖有一个合理的受热梯度,把热风集中于即将输出的瓶盖,使得新注入瓶盖快速达到均匀加热并实现连续输出的效果。同时,热风集中于输出口附近,自然也会有少部分热风泄漏而沿着瓶盖输送管道上升,起到了不错的保温作用。因此,网孔的排列规律直接影响到夹套内瓶盖的加热效果。一般情况下,夹套上的网孔采用上密下疏布置。

(3) 循环热风机的设计。循环热风机的作用是提供瓶盖加热所需的热风,同时将加热后的余风进行循环利用,节省能耗。实际应用中,考虑到热风损失以及加热效果,笔者初步选择盛驰热风机,型号为 HAM-R3A-11,电热功率为 3 kW,最大风量为 6.8 m³/min,具体参数如表 1 所示。

表 1 循环热风机具体参数

性能参数	参数数值
电热功率/kW	3
进风温度/℃	常温~230
最高出风温度/℃	350
风机功率/W	180
最大风量/(m ³ /min)	6.8
最高风压/Pa	458

另外,循环热风机设有温度调节器,加热控制装置和急停开关。温度调节器用来控制循环热风机的出风温度,加热控制装置用于启动循环热风机的风机转动和空气加热功能,以及调节出风量。

2 瓶盖加热仓三维流场仿真

考虑到瓶盖加热效果以及优化循环热风机的功率,需要对加热仓装置进行一定的仿真分析。本研究采用数值模拟方法,该方法可以对加热仓装置中的流场、温度场等进行分析研究,能够较好地预测各种因素对流场分布以及热传导的影响,有利于后续加热仓装置综合性能的提高以及优化改进^[6-9]。

SolidWorks 作为一款主流的三维建模软件,其自带 SolidWorks Flow Simulation 插件,使用该插件可以很好地利用 SolidWorks 的建模功能,无需转换三维模型,

直接进行流体分析,节省了大量的时间与成本^[10-11]。为此,本研究首先通过 SolidWorks 软件对加热仓进行三维建模,然后使用 SolidWorks Flow Simulation 模拟热风在加热仓中的三维流场,为后续瓶盖加热仓的优化设计提供参考^[12]。

2.1 模型的建立

根据上述瓶盖加热仓的结构示意图,本研究使用 SolidWorks 建立盖仓装置的三维模型。考虑到后续仿真计算地简便,本研究对原始模型进行了简化处理,简化后的模型如图 2 所示。

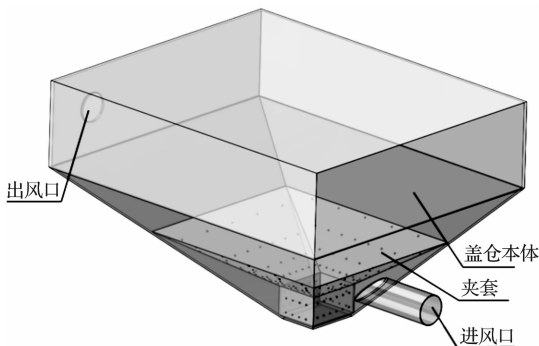


图 2 加热仓的三维模型

2.2 网格划分及边界条件设置

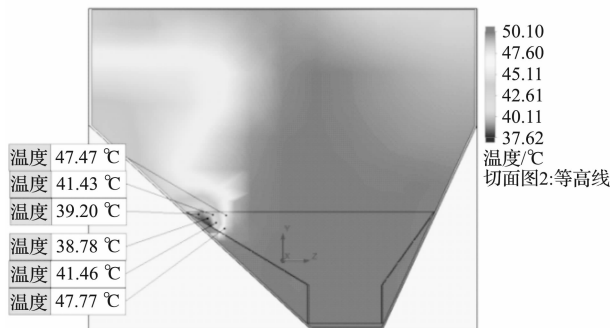
SolidWorks Flow Simulation 采用自适应直角网格,该模型结构简单,最终可得 194 755 个流体网格、137 845 个固体网格以及 207 551 个部分网格。

本研究针对加热仓的流场仿真,设置分析类型为内部流动、固体内热传导、流体介质为空气,环境温度为 10 ℃。加热仓底部设有进风口,热空气以 50 ℃, 0.113 m³/s 的流量由进风口流入;上方设有出风口,出风口边界保持静压。

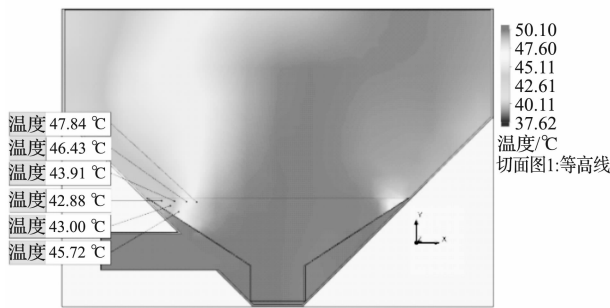
2.3 仿真结果分析

(1)温度场分布。加热仓温度场的截面图如图 3 所示。从图 3 中可以看出,加热仓中的瓶盖都进行了充分地加热处理,并且各个位置处的瓶盖温度差别不大,即使温度较低的局部也达到了 38 ℃,满足瓶盖加热的预期目的。因此该装置可以对加热仓中的瓶盖进行充分有效加热,并且可以很好地控制瓶盖温度,从而达到预期的加热效果。

(2)速度矢量场。速度矢量分布如图 4 所示。从图 4 中可以看出热空气进入盖仓装置时速度比较快,遇到夹套阻挡之后速度变慢,并且热空气从夹套上的网孔流入夹套内部,对瓶盖进行加热。图 4 还可以比较直观地显示热空气进入盖仓装置之后的流动轨迹,由流动轨迹可以得知该装置的设计比较合理,不存在



(a) 前视基准面剖视图



(b) 左视基准面剖视图

图 3 温度分布图

热空气无法抵达的死角。

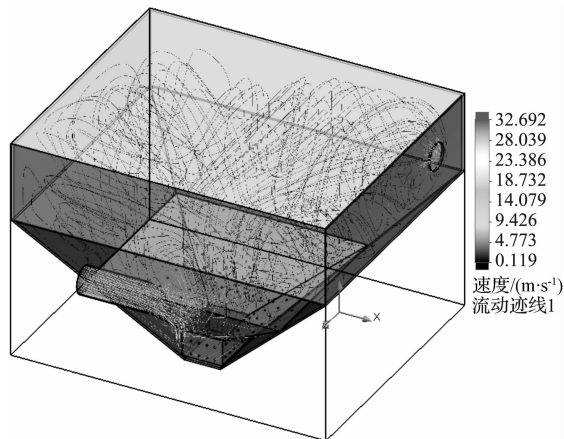


图 4 速度矢量分布图

3 生产试验及结果分析

笔者将本研究设计的瓶盖加热仓投入到某条饮料生产线中进行生产试验,试验季节为冬季。该生产线的生产速度为 2 万瓶/h,试验对比时间为 24 h,分别对未使用瓶盖加热仓和使用瓶盖加热仓的生产数据进行统计,计算由瓶盖断环、高歪盖引起的废品比例,具体数据如表 2 所示。

表 2 加热仓使用前对比

	灌装(瓶)	瓶盖断桥(瓶)	高歪盖(瓶)	废品率
使用前	454 886	759	434	2.6‰
使用后	465 250	23	30	0.11‰

以上数据表明,使用了瓶盖加热仓后废品比例从 2.6% 下降到了 0.11%,很好地解决了低温环境下因瓶盖引起的废品问题。

针对该条饮料生产线,若使用瓶盖加热仓装置,每天节约的饮料瓶总量为:

$$(759 + 434) - (23 + 30) = 1\ 140 \text{ 瓶}$$

按 100 天/年的低温天气计算,则全年可节约饮料总量为:

$$1\ 140 \times 100 = 11.4 \text{ 万瓶}$$

如按每瓶产品的成本 1.5 元计算,则可节约费用为:

$$11.4 \times 1.5 = 17.1 \text{ 万元}$$

由此可见,使用了瓶盖加热仓后,该条饮料生产线每年可节约 17.1 万元,具有较好的经济效益。

4 结束语

本研究设计了一种塑料瓶盖加热仓,在气温低时采用热空气对塑料瓶盖进行加热,提高瓶盖质量。通过采用 SolidWorks Flow Simulation 软件进行仿真分析,确定该加热仓具有热空气流动效果好,瓶盖温升均匀,无加热死角等优点。

通过实际的生产试验,确定了采用瓶盖加热仓装置,能够有效地减少饮料生产中塑料瓶盖连接桥断裂的现象,饮料瓶高歪盖数量也明显降低,验证了仿真分析的结果。同时,采用加热仓,不仅改善了饮料次品和废品问题,节约了饮料消耗,而且饮料瓶盖包装的完善,能够防止饮料瓶漏液导致饮料接触空气而产生霉变等现象,提高了饮料质量,保证了食品安全。

使用该瓶盖加热仓装置,一方面可以使企业降低

生产成本,减少质量问题;另一方面,该加热装置也可推广到其他需采用塑料瓶包装的行业,例如日化用品行业等,具有很好的经济和社会效益。

参考文献(References):

- [1] 程园虎. 高速塑料瓶盖压塑模具设计与加工[D]. 杭州: 浙江大学机械工程学院, 2012.
- [2] BRANDAU O. Bottles, Preforms and Closures: A Design Guide for PET Packaging[M]. Germany: PET planet Publisher GmbH, 2012.
- [3] 罗达, 梁文杰. 低磨损 HDPE 饮料瓶盖压塑成型模具设计[J]. 机电工程, 2013, 30(4): 447-449.
- [4] 刘建文, 何士雯. 塑料瓶盖封口扭力矩对封口质量影响的研究[J]. 饮料工业, 2005, 17(6): 28-33.
- [5] 严欣. 谈尺寸公差与尺寸极限偏差在塑料包装成型品中的应用[J]. 中国包装工业, 2013(10): 87.
- [6] 李健民, 李长友, 徐凤英, 等. 批式循环粮食干燥机换热器的三维流场模拟——基于 Solidworks[J]. 农机化研究, 2013, 35(1): 18-21.
- [7] 张仁亮. 基于 SolidWorks 的风力机叶片三维建模及模拟分析[D]. 湘潭: 湘潭大学土木工程与力学学院, 2012.
- [8] 李金, 袁巍. 对转风力机的设计及流场数值模拟[J]. 流体机械, 2013, 41(5): 22-28.
- [9] 彭军. SolidWorks Flow Simulation 在气流纺纱机中的应用[J]. CAD/CAM 与制造业信息化, 2012(11): 55-56.
- [10] Ds. SolidWorks 公司. SolidWorks Flow Simulation 教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.
- [11] 贾宝贤, 赵万生. SolidWorks 在工业造型设计中的应用[J]. 机械设计与制造, 2003(4): 116-117.
- [12] 刘宏伟. SolidWorks Flow Simulation—企业成功的助推器[J]. CAD/CAM 与制造业信息化, 2012(6): 51-53.

[编辑: 洪炜娜]

本文引用格式:

徐敏珍, 杭维明, 叶鹏, 等. 基于 SolidWorks 的塑料瓶盖加热仓设计及流场仿真[J]. 机电工程, 2015, 32(8): 1100-1103.

XU Min-zhen, HANG Wei-ming, YE Peng, et al. Design and flow simulation of the heat container for plastic bottle caps based on SolidWorks[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2015, 32(8): 1100-1103. <http://www.meem.com.cn>