

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.04.012

太阳能热水器塑料储热水箱成型技术

王国伟¹, 韩红民², 姜志祥¹, 尧克光¹, 杨献金¹

(1. 太阳雨太阳能有限公司研发中心, 江苏连云港 222000; 2. 洛阳市质量技术监督检验检测中心, 河南洛阳 471003)

摘要: 分析了太阳能热水器储热水箱的特点, 介绍了储热水箱内胆常用塑料的特性及改性方法, 对全塑内胆和钢塑内胆的加工工艺和设备进行了总结, 提出了太阳能热水器塑料储热水箱的发展方向。

关键词: 储热水箱; 聚丙烯; 改性; 注塑机

中图分类号: TQ325.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2012)04-0045-03

Molding Technology of Plastic Heat Storage Tank of Solar Water Heater

Wang Guowei¹, Han Hongmin², Jiang Zhixiang¹, Yao Keguoguang¹, Yang Xianjin¹

(1. R&D Center, Sunrain Solar Energy Co.Ltd, Lianyungang 222000, China;

2. Test Center, Luoyang Bureau of Quality and Technical Supervision, Luoyang 471003, China)

Abstract: The characteristics of the heat storage tank of solar water heater were analyzed. Characteristics of plastic commonly used in liner of heat storage water tank and its modification method were introduced. Processing technology and equipment of plastic liner and steel / plastic liner were summarised. The development directions of plastic heat storage tank in solar water heater was presented.

Keywords: heat storage tank; polypropylene; modification; injection machine

太阳能热水器作为一种环保节能的产品, 逐渐和白色家电一样成为日常生活用品。作为储水部分的水箱及其内胆是关系到其使用寿命的关键部件, 其材质的选用和加工工艺对热水器整机的寿命具有至关重要的影响。

目前, 市场上的储水箱基本为不锈钢内胆^[1], 搪瓷内胆则是承压系统的首选。但是, 不同区域使用太阳能热水器时的水质差别极大, 同样的防腐标准得到的效果会大为不同。其次, 使用承压搪瓷水箱过高的成本限制了其推广范围, 且搪瓷内胆水箱还必须添加镁牺牲阳极来保证其耐腐蚀性。针对不锈钢类、搪瓷类水箱的上述不足, 塑料有着无可比拟的应用潜力, 其通过选用不同改性方法、复合工艺及加工手段, 也能够制作成非承压和承压类的储热水箱内胆, 且加工工艺简单, 成本更低, 对酸碱水质腐蚀均不敏感, 导热系数更低 $[0.236 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{k})]$, 非常符合太阳能热水器储热水箱环境的要求。由此逐步开发出了全塑内胆、钢塑内胆等应用形式, 并显现出塑料材料独有的优势。

1 塑料储热水箱选材

塑料制品现已经成为日常生活、工农业生产过程中不可缺少的材料种类。其作为储水容器时, 极

为耐酸碱腐蚀。因此结合太阳能热水器储热水箱长期储水、夏季甚至能够烧开的特性, 可选用的常用塑料材料应为聚丙烯(PP)、聚碳酸酯(PC)等。

1.1 原材料及性能

PP密度为 $0.90 \text{ g}/\text{cm}^3$, 熔点高达 167°C , 耐化学药品腐蚀, 制品可在 $100 \sim 120^\circ\text{C}$ 长期使用。PP加工制作的热水容器在生活中应用极为广泛, 如最高工作温度可达 95°C 的PP-R管、可微波加热的保鲜盒、可蒸煮杀菌的医疗器具等^[2]。

PC可在 $-60 \sim 120^\circ\text{C}$ 下长期使用, 具有良好的耐热性和耐低温性, 在 $220 \sim 230^\circ\text{C}$ 才会呈熔融状态。耐冲击, 尺寸稳定性好, 常见用于热水杯、奶瓶等容器。从目前看来, PP和PC材质应用于非承压太阳能热水系统中均具有可操作性。但为了消除其原有的耐老化性差、后收缩等缺点, 需要进行改性才能达到实用要求。通过其基本的物化性能可以看出, 塑料材质应用在非承压太阳能热水系统中具有可操作性, 这里以研究最多的PP为例展开介绍。

1.2 PP改性方法

目前, 对PP进行改性的措施主要有共聚、共混、

联系人: 王国伟, 硕士, 主要从事光热功能材料研究

收稿日期: 2012-01-12

添加助剂及交联等方法^[3]。PP与乙酸乙烯、苯乙烯、甲基丙烯酸甲酯等进行接枝共聚,可以提高PP的拉伸强度、冲击强度。在PP中添加一定量的玻璃纤维、碳纤维等增强体,能使复合体系具有良好的耐热性和尺寸稳定性。在PP中添加无机填料(滑石粉、碳酸钙)等既能降低成本又能提高冲击强度。

交联改性能够从结构上根本改变塑料的性能,线型聚合物经适度交联后,其力学强度、弹性、尺寸稳定性、耐溶剂性等均有改善。如中国石化燕山石化公司开发的交联PP材料,其维卡软化点能够达到135℃,密度达到了945 g/cm³,拉伸强度为32.0 MPa,断裂伸长率为892%,冲击强度达到17.9 kJ/m²,强度、耐温性明显提高,完全满足太阳能塑料内胆的技术要求。

上海交通大学材料及化工学院提出的硅烷催化方法对PP进行交联改性,改性后的PP再通过“滚塑”工艺一次性整体成型来实现“以塑代钢”,该方案进入“耐高温热水器塑料内胆”的产业化攻关阶段^[4]。

2 全塑非承压内胆设计及加工

全塑内胆可应用于国内最为普遍的紧凑式非承压热水器上,该类热水器需求量极大(每年约千万台),市场应用前景看好。且全塑内胆在水质适应性、简化加工工艺、降低成本等方面表现出的优势,令不少制造厂家向往。

2.1 全塑内胆设计

目前市场上已经出现如图1所示的全塑内胆,该类内胆尚无法脱离原来非承压不锈钢内胆的设计原则,但由于塑料材料的性质特点,其在中还要注意一些要点。

首先是PP的强度不够,因此开孔间距不易过小,从目前来看,孔距80 mm是比较极限的尺寸,同时要求壁厚不易低于2.5 mm,否则会导致内胆水平中部下垂力过大,对发泡产生不利影响,空晒时,水箱中部区域还易出现软化塌陷的现象。

目前看来,全塑内胆设计孔数以16,18管为宜,便于一次吹塑或滚塑成型,超过20管时,为方便加工,可采用分开加工再热熔焊的工艺,如桶身成型后热熔焊两头端盖,或者非左右对称成型后热熔焊为图1所示的整体。

其次为进一步增加内胆径向强度,加强筋的设计要求有一定技巧,在保证内胆强度较好的同时又能够方便地注射成型和脱模。由于塑料的热膨胀系

数较大,配套使用的硅胶圈在厚度、挡水线结构等方面都要进行适当的修改,才能保证其方便插管的同时漏水概率极小。

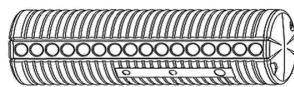


图1 全塑内胆设计图

2.2 全塑内胆加工及设备

全塑内胆一般采用塑料容器常用的挤出、中空吹塑、滚塑和注塑成型等加工方法^[5]。从目前看,中空成型挤出吹塑机极为普及,吹塑工艺也较为成熟。这里以一次吹塑成型为例,其基本工艺流程为:挤出机加料→加热→储料→注塑模具→吹胀→成型→制品取出→修正→打孔→包装→入库。

注塑压力较高的可多段控制的注塑机稍加改造可以用于制造该类制品。由于塑料内胆为细长形制品,一般小规格的16管制品长度就达1500 mm以上,所以一定要充分考虑安装模具的空间问题,以便安装更多规格的模具。对于整机的结构及控制系统,也可以适当简化一些结构与动作,比如:预夹、扩张、侧吹、顶吹等功能。这样可使设备动作更敏捷,控制更优化,减少了故障点,提高设备可靠性。要注意的是,增强等方法改性后的PP会使螺杆的寿命缩短。因此为了提高产量并得到良好的塑化效果,有必要配备带双金属合金螺杆或者氮化处理螺杆的PP专用挤出机。陕西秦川机械发展股份有限公司在生产该类专用设备方面积累了丰富的经验,其SCJ230T1型内胆专用中空成型机在皇明太阳能等公司运行多年,故障率低,成品率高^[6]。

2.3 加工工艺参数

PP的分解温度为350℃,吹塑加工时温度设定不宜超过275℃,熔融段温度最好在240℃,因为其在高温下(270~300℃)长时间与热金属长期接触易分解。最好采用先造粒,再挤出吹塑成型的方式。但大多数厂家为降低成本,多会选择按配方拌匀即用于生产的方式,但其挤出产量会降低不少。

对于吹塑模具及浇口设计,由于其尺寸要求较高,模具温度控制在50~90℃为宜。为避免收缩痕,使用大而圆的注口及圆形流道,针形浇口长度为1~1.5 mm。

在工艺上,为减少内应力及变形,应选择高速

注射,采用较高注塑压力(150~180 MPa)和保压压力(约为注塑压力的80%),使用较长的保压时间,可保证制品厚薄均匀。

2.4 后加工和成品检验

取出制品进行制品检验,合格的制品要求内外表面光滑,色泽均一,无破洞、褶皱和裂痕等缺陷。为防止后结晶产生的收缩变形,制品可在热水中浸泡处理。

合格制品需要开孔的部位可采用手工机械打孔,累计误差不超过1 mm。为了保证良好的安装精度,还可选择专用机床或者激光打孔方式,保障使用中的可靠密封。打孔后,转入发泡工序。对于采用分开加工再热熔焊的全塑内胆制品,其加工过程和设备基本类似^[7]。

目前,对笔者公司使用的交联改性PP全塑内胆太阳能热水器进行了长期应用情况观测,其在温度110℃,热老化48 h不出现热变形、软化以及制品整体失稳现象,筒体5 m处跌落后无明显破坏,材料力学性能指标总体水平较高;运行两年中结垢极少,未出现腐蚀,水质异味,重金属溶出量超标等现象,基本满足太阳能热水器使用要求。

3 钢塑承压内胆应用情况

常用塑料不能单独加工成承压结构,可行的方法是通过纤维编织增强、钢塑复合等方式形成复合材料体系使其具有一定承压能力。类似于搪瓷水箱的钢衬塑料水箱,将塑料应用扩展到了承压使用的范围,目前受到广泛关注。

在碳钢桶内通过滚塑等工艺均匀覆盖一层塑料层,形成防腐蚀的复合结构,被称为水晶内胆。现已有大量电热水器、热泵热水器企业开始推广应用此类复合内胆,包括海尔、美的等主流厂商在内。如图2所示的剖视图,外层钢体的厚度在1~2 mm,采用碳钢或者不锈钢均可,承压能力较强;塑料层厚度在2~4 mm,防腐效果好。其在降低水箱成本的同时,实现承压使用、水电分离等优点,和搪瓷内胆相比,其烧结温度更低,无碰撞掉瓷的可能,且减少了镁棒防腐要求,在工艺和使用上都大大简化。

而与电热水器和热泵热水器温度一般控制不超过70℃的特点不同,太阳能热水器,特别是紧凑型太阳能热水器在夏天能长期处于90℃以上的高

温状态,内胆滚塑使用的改性PE较高温度时会发软变形。因此,该类PE内衬尚不能在太阳能热水器中使用,需要改用PP等材料及其加工工艺才能使钢塑复合内胆进入实用阶段。

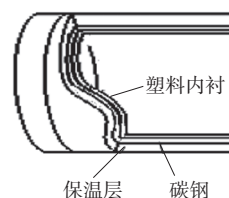


图2 钢塑水晶内胆剖视图

4 结语

采用交联改性PP已经能够制造出应用于非承压式太阳能热水器一定规格、一定使用寿命的全塑内胆。该类全塑内胆拓宽了太阳能热水器的使用范围,其在水质适应性、加工工艺、成本等方面表现出卓越的性能。但就目前看,该类内胆的进一步推广还需要进行大量实验研究,如不同使用环境下使用寿命的确定;特别是对于水质,长期(2 a以上)盛放热水甚至高温热水情况下,塑料中重金属、有害物质等析出物是否符合国家饮用水标准(GB/T 17219)的要求。这些实验标准需要尽快建立起来,塑料内胆才会进一步应用和发展。

同时,随着新材料和新的加工设备、加工工艺涌现,塑料基复合材料、复合内胆设计等方案还会不断涌现。因此光热企业需要紧盯科技前沿,探索新材料在产品上应用的可行性,才能保证太阳能热水器性能的不断提高。

参考文献

- [1] 肖江蓉,张晓黎.太阳能热水器内胆焊缝晶间腐蚀的形成、检测及防护[J].中国建设动态,2008,15(1):52-54.
- [2] 杨鸣波,唐志玉.中国材料工程大典(第六卷)高分子材料工程(上)[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [3] 闫成奎,王少鹏,贾素梅.太阳能热水器水箱塑料内胆的研发[J].家电科技,2011,31(8):70-72.
- [4] 杨淑静,宋国君,余希林,等.高熔体强度聚丙烯的发泡性能研究[J].工程塑料应用,2007,35(12):33-38.
- [5] 安洁,刘海波,伍广彬,等.太阳能热水器塑料内胆加工方式分析[J].太阳能,2010,31(2):32-34.
- [6] 刘军强,王锐红.太阳能热水器塑料内胆的吹塑成型技术[J].塑料机械,2010(1):2-4.
- [7] 张金玲,安洁.分子内胆材料和加工工艺分析[J].中国太阳能产业资讯,2010,5(12):26-27.