

# 杭氧高压板翅式换热器技术现状

毛央平, 王金宏

(杭州杭氧股份有限公司, 浙江省杭州市东新路 388 号 310004)

**摘要:** 板翅式换热器是空分设备中的关键部机, 是空分设备节能降耗的关键设备之一。文章介绍杭氧板翅式换热器厂的装备现状, 展示杭氧高压板翅式换热器技术; 指出杭氧已有大量 8.0 MPa 铝制板翅式换热器的应用业绩, 并具备了设计制造 10.0 MPa 高压铝制板翅式换热器的技术条件。

**关键词:** 高压板翅式换热器; 真空钎焊炉; 翅片冲床; 真空干燥

**中图分类号:** TB657.5 **文献标识码:** B

## Technical state of Hangyang high-pressure plate-fin heat exchanger

Mao Yangping, Wang Jinhong

(Hangzhou Hangyang Co., Ltd., 388 Dongxin Road, Hangzhou 310004, Zhejiang, P. R. China)

**Abstract:** The plate-fin heat exchanger is the key device in air separation plant and is also one of key units for saving energy and lowering consumption of air separation plant. Here, the current state of equipment of Hangyang Plate Fin Heat Exchanger Factory and the technical features of Hangyang high pressure plate-fin heat exchanger are described. Hangyang created many use achievements of 8.0 MPa aluminum plate-fin heat exchanger and reaches the technical conditions for design and manufacture of 10.0 MPa high pressure aluminum plate-fin heat exchanger.

**Keywords:** High pressure plate-fin heat exchanger; Vacuum brazing furnace; Fin press; Vacuum drying

### 1 杭氧铝制板翅式换热器技术现状

板翅式换热器是空分设备中的关键部机, 是空分设备节能降耗的关键设备之一。高压板翅式换热器技术含量高, 产品附加值高, 国际市场价格也很高。而国产高压板翅式换热器价格优势明显, 不仅是国内空分设备大型化发展的迫切需求, 也能成为国际热销产品, 成为国家新的出口增长点。

杭州杭氧股份有限公司板翅式换热器厂, 是生产铝制板翅式换热器的专业工厂。自 20 世纪 70 年代开始生产铝制板翅式换热器以来, 铝制板翅式换热器的设计、制造技术以及产量、质量始终处于国

内领先地位, 是目前世界上板翅式换热器制造产量最大的板翅式换热器生产厂家。2009 年 8 月, 杭氧实现了企业整体搬迁, 通过引进技术和自主创新, 已成功地研制完成了各种具有复杂流道结构的大、中型产品及高压板翅式换热器, 已制造了最大钎焊尺寸为 6700 mm × 1300 mm × 1350 mm (长 × 宽 × 高)、重达 11.5 t 的大型铝制板翅式换热器, 高压铝制板翅式换热器最高设计压力已经达到 8.0 MPa。

随着真空铝钎焊技术的不断发展与完善, 杭氧板翅式换热器厂主要实现了三次大的腾飞。配套于

收稿日期: 2010-08-13

作者简介: 毛央平, 女, 1965 年生, 教授级高级工程师, 1988 年毕业于华中科技大学制冷与低温技术专业, 现为杭州杭氧股份有限公司设计院副院长。

空分设备的大型板翅式换热器, 由于产品大型化、质量要求高及结构复杂等一系列因素, 过去使用的盐浴钎焊工艺已不能满足产品高质量、高水平的要求。1991年, 杭氧引进美国斯图华脱·华纳公司大型真空钎焊炉及铝制板翅式换热器的设计、制造技术, 1992年建成并且开始试炉, 1993年试生产, 1994年正式大批量生产, 1997年关闭了盐浴炉。杭氧板翅式换热器的钎焊工艺由盐浴炉转向真空钎焊炉的速度在世界上也为数不多, 而且 $6000\text{ mm} \times 1200\text{ mm} \times 1250\text{ mm}$ 的大单元在国内率先实现了批量生产。这是第一次腾飞。

2003年4月, 杭氧完成浙江省重点项目——大型空分设备国产化基地二期技术改造项目之大型真空钎焊炉研制。该大型真空钎焊炉为当时亚洲之最(可钎焊工件最大尺寸: $7800\text{ mm} \times 1300\text{ mm} \times 1500\text{ mm}$ )。2003年4月9日首次试钎成功, 2003年6月正式投产, 当年收回全部设备投资, 实现了工艺技术、产品质量与世界接轨, 从而使杭氧的真空钎焊设备制造能力达到亚洲第一, 钎焊制造技术水平步入世界前列。经过技术引进和自主创新, 杭氧将设计程序规范化, 并大胆地应用在设计整体式大单元上。至今,  $6100\text{ mm} \times 1300\text{ mm} \times 1350\text{ mm}$ 的大单元已生产了数百台, 最早的产品已安全运行5年多。这种整体式大单元把制氧运行指标又提高了一个档次, 使杭氧的空分设备设计、制造水平跻身于国际同行业先进之列, 成为一家很有竞争力的空分设备制造企业。这是第二次腾飞。

2009年, 第三台大型真空钎焊炉(可钎焊工件最大尺寸: $8000\text{ mm} \times 1400\text{ mm} \times 1800\text{ mm}$ )投产运行, 2009年6月25日首次试钎成功, 杭氧板翅式换热器的制造能力又得到了第三次飞跃。2009年, 杭氧从国外引进了数控快速成形设备, 完成了高密度翅片研制。目前杭氧已经具备设计、制造设计压力为 $10.0\text{ MPa}$ 的高压板翅式换热器的技术、装备和能力, 已经开发完成的各种传热翅片达60多种, 特别是为石油化工、天然气液化等设备研制了多种高效率和高强度的翅片, 进一步提升了杭氧的国际竞争力。

截至2009年6月底, 杭氧已按ASME规范和CE规范制造铝制板翅式换热器数百台, 并出口到美国、德国、意大利、西班牙、伊朗等国家和地区。从1994年到2009年底, 已累计完成各种规格

真空钎焊铝制板翅式换热器数万台, 累计产品钎焊吨位达17500多t, 产量位居世界第一。

## 2 杭氧高压铝制板翅式换热器应用业绩

大型板翅式换热器是空分设备及乙烯冷箱的核心产品, 特别是乙烯冷箱国产化使我国摆脱了该项技术完全依赖进口的局面, 促进了我国生产技术的进步和制造水平的提高。现在杭氧已自主掌握了国产空分设备及乙烯冷箱的设计、制造技术, 国产空分设备设计、制造能力达到 $80000\text{ m}^3/\text{h}$ , 乙烯冷箱设计、制造能力也已提升到百万吨级(2008年完成了天津石化100万t/a乙烯冷箱的研制任务, 2009年先后完成了上海赛科石化119万t/a乙烯冷箱和镇海炼化100万t/a乙烯冷箱的研制任务), 特别是为上海赛科石化119万t/a乙烯冷箱配套的设计压力为 $8.0\text{ MPa}$ 的高压板翅式换热器的研制得到了突破(过去制造的 $8.0\text{ MPa}$ 高压板翅式换热器实际压力为 $7.6\text{ MPa}$ ), 这个突破标志着杭氧板翅式换热器技术在国内领先的地位进一步巩固, 为正在进行的设计压力为 $10.0\text{ MPa}$ 的高压板翅式换热器的研制工作打好了基础。

## 3 杭氧铝制板翅式换热器制造基地装备实力

2009年, 杭氧实现了企业的整体搬迁, 制造能力得到了很大提升, 新增加了一批先进的工艺制造装备。

(1) 板翅式换热器厂在为空分设备配套板翅式换热器的生产基础上, 提高产品的生产等级, 配备相应的生产设备, 以满足生产 $80000\text{ m}^3/\text{h}$ 等级空分设备配套大型板翅式换热器(包括内压缩流程的中压板翅式换热器)和大型乙烯冷箱板翅式换热器(包括多股流、高压板翅式换热器)的要求。

(2) 新建厂房位于临安开发区, 厂房建筑面积约 $23000\text{ m}^2$ (其中全封闭空调厂房 $1700\text{ m}^2$ ), 按照板翅式换热器制造工艺优化布置生产厂房, 缩短和优化厂房内、外物流线路, 以最短的运输路线实现产品的生产。将部装车间(空调厂房)和真空钎接车间(全室通风厂房)分开布置, 确保产品质量, 同时有利于节约能源。

(3) 大型真空钎焊炉是钎接板翅式换热器的关键设备, 具有低耗、高效、安全等优点, 是一种理想的环保型生产设备。2009年增添了国产ZH-

2220 型大型真空钎焊炉, 可钎接板翅式换热器单元的最大尺寸为 8000 mm × 1400 mm × 1800 mm (长 × 宽 × 高), 是目前国内容积率最大的真空钎焊炉。该设备真空系统配备德国扩散泵、美国进口罗茨泵、真空插板阀等, 以提高真空机组抽真空能力以及设备的可靠性、安全性和密封性能, 保证设备整体满足对真空密封和钎焊质量的要求。系统配备具有国际先进水平的美国 Honeywell 最新控制系统, 具有温度集群控制、设备程序控制、联锁控制等功能。同时, 完成了 ZH-2060 型大型铝制板翅式换热器真空钎焊设备 (可钎焊工件最大尺寸: 7800 mm × 1300 mm × 1500 mm) 的搬迁改造和改造后的引进真空钎焊炉 (可钎焊工件最大尺寸: 6000 mm × 1200 mm × 1250 mm) 的搬迁工作。另外, 杭氧板翅式换热器厂还拥有中型不锈钢真空钎焊炉 1 台 (可钎焊工件最大尺寸: 1500 mm × 600 mm × 600 mm)。这些构成了杭氧板翅式换热器厂铝合金和不锈钢板翅式换热器的制造体系。

(4) 2009 年引进了数控快速成形设备, 进口冲床冲制速度快, 冲制宽度大, 能够冲制现阶段国产冲床不能冲制的多种“高密”翅片; 同时, 自动化控制程度高, 实现开卷、冲压、成形、切断一次完成, 大大降低操作工的生产劳动强度, 提高了产品质量。

(5) 设计与技术更新改造相结合。在充分利用原有设备的基础上, 完善、填补必要的生产设备, 新增一批导流片切割机床; 新增的 1 台数控锯齿翅片冲床样机已经通过验收, 准备完善后再购买一批。

(6) 采用清洁、环保的生产工艺, 淘汰能耗高、污染大的落后工艺。零件 (翅片、复合板等) 清洗除油工艺, 采用节能、环保的清洗工艺——超声波清洗工艺, 代替能耗高、污染大的化学除油工艺。2009 年, 新建了板翅式换热器铝合金复合板自动化清洗生产线和翅片自动清洗生产线, 实现程序控制, 减轻了工人的劳动强度, 符合环保要求。

(7) 产品的总装焊接台位与试压台位分开, 确保安全生产, 提高生产管理, 保证产品质量。

(8) 新建了 1 套新型大型干燥设备, 采用特殊的真空干燥新工艺, 由 PLC 程序控制, 自动完成整台设备的控制和运行, 其干燥能力为 5000 t/a 板翅式换热器, 可干燥的板翅式换热器最大工件尺寸为 8000 mm × 1300 mm × 1800 mm (长 × 宽 × 高),

最大负荷为 25 t。过去传统的产品干燥, 采用电加热炉加热压缩空气对产品进行加温烘干的方法。这种方法对于中、小型产品还勉强可以应付, 但是对于为大型空分设备和大型乙烯冷箱等配套的结构复杂的板翅式换热器就不行, 需要花费很长时间, 消耗大量电能才能完成, 有的产品甚至要 8 个工作日才能达到露点 - 5 °C 的要求。这不仅浪费时间, 影响产品的交货周期, 更重要的是能耗大。新型大型干燥设备采用板翅式换热器的内部加温与真空干燥有机结合的新工艺技术, 经过实际测试, 产品干燥效率提高了 8 倍, 能耗降低 70%, 特别是干燥效果达到国内最好水平, 甚至能达到露点 - 37 °C 的要求, 目前国内其他干燥设备达不到这个要求, 只能达到露点 - 15 °C。

(9) 新增 2 台 8 m 产品配套的部装液压升降台, 与原来的 2 台组成了 4 台产品配套的部装液压升降台, 以满足生产需要。

(10) 与浙江大学合作开发的翅片气阻试验设备已完成, 目前正在板翅式换热器厂应用, 以便从源头上做好翅片零件制造时的气阻控制。

(11) 对于钎焊整体质量, 杭氧板翅式换热器厂与浙江大学联合开发建立了新的换热器变风量阻力特性测控系统, 通过自动调节变频器频率, 达到在系统设定的测试工况下进行换热器气阻性能的检测。测控设备由风量测量系统、变频控制系统和计算机采集监控系统组成, 采用高精度数据采集仪和高精度传感器, 确保测试过程的可靠性和测试数据的精度与试验过程的可重复性。通过测试, 了解板翅式换热器的流动性能, 满足板翅式换热器产品研发和质量性能检测的要求。测控系统的再现性好, 不再需要人工读数、人工整理数据, 提高了数据精确度, 可以验证同批次换热器钎焊整体的一致性。该测控设备现在已经正式投入生产。

#### 4 结束语

杭氧铝制板翅式换热器技术经过几十年的发展, 特别是随着临安制造基地的建设, 引进了一批高速翅片冲床, 通过技术攻关, 又经过大型乙烯冷箱配套板翅式换热器的应用实践, 8.0 MPa 等级高压铝制板翅式换热器技术已成熟, 性能和质量得到了有效保证, 并具备了设计、制造 10.0 MPa 等级高压铝制板翅式换热器的条件。□