

# 基于贴胀技术优化换热器性能以降低能耗损失的研究

覃业幸 胡荣玲

荆门宏图特种飞行器制造有限公司 湖北 荆门 448124

**摘要:** 本研究聚焦于利用贴胀技术优化换热器性能,以降低能耗损失。通过精细调控贴胀参数、优选高性能贴胀材料并优化制备工艺,实现换热器内部结构的优化与强化。实验结果表明,优化后的换热器在换热效率上显著提升,同时降低了流体流动阻力,有效减少能耗损失。本研究不仅为换热器性能提升提供新的技术路径,也为工业节能降耗提供有力支持。

**关键词:** 贴胀技术; 换热器性能; 降低能耗损失

**引言:** 随着工业化进程的加速,能源消耗与环境污染问题日益严峻。换热器作为工业系统中不可或缺的热交换设备,其性能优劣直接影响整个系统的能效与环保水平。如何优化换热器性能以降低能耗损失成为研究热点。本研究旨在探索贴胀技术在换热器性能优化中的应用潜力,通过该技术提升换热器的热传递效率与流体流动性能,为实现工业节能降耗提供新策略与技术支持。

## 1 贴胀技术概述

贴胀技术是一种利用材料在高温下膨胀的特性进行结构修复或加固的先进方法。其核心原理在于,通过加热特定材料至其膨胀状态,随后将其紧密贴合于待修复或加固的部件表面,冷却后形成稳固的新层,从而达到增强结构完整性和密封性的目的。该技术具有操作简单、成本相对较低、时间短等显著优势,广泛应用于建筑、航空、航天、汽车等多个领域。特别是在换热器制造与维护中,贴胀技术能够有效提升热交换效率,防止管壳漏水,确保设备稳定运行。通过在换热器管道内壁贴附金属膜,不仅增强管道的导热性能,还避免热点集中,使得热分布更为均匀。贴胀技术还强调对贴胀材料加热温度与时间的精准控制,以确保修复效果与安全性。尽管其应用广泛,但针对不同材料和结构的修复需求,仍需谨慎选择适用的贴胀方法和材料,以实现最佳修复效果。

## 2 换热器性能及能耗损失的分析

### 2.1 换热器的工作原理

换热器作为热交换系统中的核心组件,其工作原理基于热力学第二定律,即热量不能自发地从低温物体传向高温物体,但在有温差存在且存在热传导介质的情况下,可以实现热量的有效转移。换热器通过两个或多个流体通道(通常是固体壁面分隔)的相互作用,使得热量从一种流体(称为热流体)传递到另一种流体(称为

冷流体),而不使两种流体直接混合<sup>[1]</sup>。热流体在换热器内流动时,将其携带的热量通过壁面传递给冷流体。这一过程依赖于流体的流动状态(层流或湍流)、流体的物理性质(如比热容、导热系数、粘度等)、壁面的热传导性能以及流体与壁面之间的换热系数。为了增强换热效率,换热器设计常采用增大换热面积、优化流体流动路径、使用高效换热材料等措施。

### 2.2 贴胀技术在换热器中的应用现状

贴胀技术作为一种创新的热交换强化手段,近年来在换热器领域得到了广泛关注和应用。该技术通过在换热器内部或外部特定位置贴附一层或多层膨胀材料,利用材料在高温下的膨胀特性,实现与换热器壁面的紧密贴合,从而改善换热性能。在换热器内部,贴胀技术常用于增强管内壁的导热性能,减少热阻,提高流体与壁面之间的换热系数。通过在管道内壁贴附金属膜或其他高效导热材料,并利用贴胀技术确保膜层与管壁的紧密接触,可以有效降低流体在管内的流动阻力,同时增强热量的传递效率,贴胀技术还可用于修复因腐蚀、磨损等原因导致的换热器壁面损伤,延长设备使用寿命。在换热器外部,贴胀技术则更多地应用于增强热辐射或热对流效果。例如,在换热器外壳表面贴附高辐射率材料,通过贴胀技术确保材料层与外壳的紧密贴合,从而提高换热器的热辐射效率,将更多热量散发到环境中,对于采用空气冷却的换热器,贴胀技术还可用于优化翅片结构,提高空气侧的换热性能。目前,贴胀技术在换热器中的应用仍处于不断探索和完善阶段。随着材料科学、制造工艺以及热交换理论不断发展,贴胀技术有望在更多类型、更高要求的换热器中得到应用,为提升换热效率、降低能耗损失提供有力支持。

### 2.3 能耗损失的影响因素

换热器在运行过程中,能耗损失是一个不可忽视的

问题。这些损失不仅影响设备的整体效率，还直接关系到能源消耗和环境保护。能耗损失的影响因素众多，主要包括几个方面：（1）流体性质与流动状态：流体的物理性质（如比热容、导热系数、粘度等）以及流动状态（层流或湍流）直接影响换热效率。高粘度流体和低导热系数的流体往往导致更高的热阻和能耗损失，流体在换热器内的流动路径和速度分布也是影响能耗的重要因素。（2）换热器设计与制造：换热器的结构设计、材料选择以及制造工艺直接决定了其换热性能和能耗水平。不合理的设计可能导致流体分布不均、热应力集中等问题，进而增加能耗损失，制造过程中的缺陷和误差也可能对换热器的性能产生负面影响。（3）操作条件与环境因素：换热器的操作条件（如温度、压力、流量等）以及环境因素（如空气质量、湿度等）也会影响其能耗损失<sup>[2]</sup>。（4）维护与管理：换热器的定期维护和管理对于保持其良好性能和降低能耗损失至关重要。长期运行可能导致换热器内部结垢、腐蚀等问题，从而降低换热效率并增加能耗。（5）贴胀技术的影响：在换热器中应用贴胀技术时，贴胀材料的选择、贴胀工艺的控制以及贴胀效果的评估等因素都会对能耗损失产生影响。合理的贴胀技术可以有效降低热阻、提高换热效率并减少能耗损失，如果贴胀材料选择不当或贴胀工艺控制不当，则可能导致贴胀层与换热器壁面之间出现间隙或脱落等问题，从而增加能耗损失并降低设备性能。

### 3 贴胀技术在换热器中的优化设计

#### 3.1 贴胀技术的原理

贴胀技术，作为一种先进的材料加工与应用技术，其核心原理在于利用特定材料在高温或特定条件下发生的体积膨胀特性。这种膨胀特性使得材料能够紧密贴合于目标表面，形成一层或多层具有特定功能的增强层。在换热器领域，贴胀技术通常应用于换热器内部管道、翅片或外壳等关键部位，通过贴附一层高效导热、耐腐蚀或具有特殊热性能的材料，以提升换热器的整体性能。贴胀技术实施过程中，首先需选择与目标换热器材料相容且具备所需性能的贴胀材料。随后，通过精确控制加热温度、时间以及压力等参数，使贴胀材料达到其膨胀状态，并紧密贴合于换热器表面。在冷却固化后，贴胀材料层与换热器基体之间形成牢固的结合，共同承担换热过程中的热应力与机械应力。

#### 3.2 贴胀技术对换热器性能的影响

贴胀技术在换热器中的应用，对换热器性能产生了显著而积极的影响，从换热效率的角度来看，贴胀技术通过增强换热器壁面的导热性能，降低了热阻，使得

热量能够更快速地从热流体传递到冷流体，从而提高了换热效率。这对于提升整个热交换系统的能源利用率具有重要意义。贴胀技术还有助于改善换热器的耐腐蚀性能，在化工、石油等行业中，换热器常需处理腐蚀性介质，导致壁面易受侵蚀。通过贴附一层耐腐蚀材料，并利用贴胀技术确保其紧密贴合，可以有效隔绝腐蚀性介质与换热器基体的直接接触，延长设备使用寿命。贴胀技术还能在一定程度上优化换热器的流动特性，通过调整贴胀材料的厚度、形状及分布位置，可以引导流体在换热器内的流动路径，减少流动阻力，提高流体分布的均匀性，从而进一步提升换热效率。

#### 3.3 贴胀技术在换热器中的应用案例分析

案例一：石油化工行业中的管壳式换热器；在石油化工行业中，管壳式换热器是处理高温高压腐蚀性介质的关键设备之一。传统管壳式换热器在运行过程中常面临管内壁腐蚀、结垢等问题，导致换热效率下降。某石油化工企业采用贴胀技术，在管内壁贴附了一层耐腐蚀且导热性能优良的特殊合金材料。通过精确控制贴胀工艺参数，确保了合金材料层与管内壁的紧密贴合。改造后，换热器的耐腐蚀性能显著提升，换热效率提高了约10%，同时减少了因腐蚀导致的停机维修次数，降低了运行成本。案例二：空调系统中的翅片式换热器；在空调系统中，翅片式换热器负责将室内热量传递到室外环境中。为提高换热效率并降低能耗，某空调制造商引入贴胀技术。他们在翅片表面贴附一层高导热系数的纳米材料，并利用贴胀技术实现了纳米材料层与翅片基体的紧密结合。实验结果表明，采用贴胀技术的翅片式换热器在相同工况下，换热效率提高了约15%，且制冷/制热速度更快，用户体验更佳，纳米材料层的引入还增强了翅片的抗结霜性能，延长了设备的使用寿命<sup>[3]</sup>。案例三：核电站中的大型板式换热器；核电站中的大型板式换热器承担着冷却反应堆核心部件的重要任务。由于工作环境极端恶劣，对换热器的性能要求极高。某核电站采用贴胀技术，在板式换热器的关键部位贴附了一层具有优异耐高温、耐辐射性能的特殊陶瓷材料。通过精确控制贴胀工艺参数，确保了陶瓷材料层与换热器基体的牢固结合。改造后，板式换热器的耐高温、耐辐射性能显著提升，有效保障了核电站的安全稳定运行，由于换热效率的提高，核电站的发电效率也得到了提升。以上案例充分展示了贴胀技术在换热器优化设计中的广泛应用和显著效果。

### 4 基于贴胀技术的换热器性能优化方案

#### 4.1 参数优化设计

在基于贴胀技术的换热器性能优化方案中,参数优化设计是至关重要的一环。这涉及到对贴胀过程中多个关键参数的精确调控,以确保贴胀效果达到最佳,进而提升换热器的整体性能。加热温度是贴胀过程中的核心参数之一,不同材料的膨胀特性随温度变化而异,因此需根据所选贴胀材料的特性,确定合适的加热温度范围。过低的温度可能导致材料无法充分膨胀,无法形成紧密贴合;而过高的温度则可能损坏换热器基体或贴胀材料本身,需通过实验手段确定最佳的加热温度点。加热时间和压力也是影响贴胀效果的重要因素,加热时间的长短直接影响材料膨胀的充分性和均匀性,过短的加热时间可能导致膨胀不足,而过长的时间则可能增加能耗并引发不必要的热应力。适当的压力有助于促进贴胀材料与换热器基体之间的紧密结合,但过高的压力也可能导致材料变形或基体损伤,在参数优化设计中,需综合考虑加热时间和压力的影响,寻找最佳组合。贴胀材料的厚度和分布位置也是影响换热器性能的关键参数,合理的厚度设计可以在保证导热性能的同时,避免过厚的材料层增加热阻;而恰当的分布位置则能更有效地引导流体流动,提高换热效率,在参数优化设计中,还需根据换热器的具体结构和工况条件,对贴胀材料的厚度和分布位置进行精确计算和优化。

#### 4.2 材料选择与制备工艺

基于贴胀技术的换热器性能优化方案中,材料的选择与制备工艺同样至关重要。在材料选择方面,需考虑材料的导热性能、耐腐蚀性、耐高温性、机械强度以及与换热器基体的相容性等多个因素。理想的贴胀材料应具备高导热系数、良好的耐腐蚀性和耐高温性,同时与换热器基体之间应具有良好的结合性能。通过对比不同材料的性能参数和实际应用效果,可以选出最适合的贴胀材料<sup>[4]</sup>。在制备工艺方面,需根据所选材料的特性和贴胀要求,制定科学合理的制备工艺流程。这包括材料的预处理(如清洗、除油、干燥等)、涂覆或沉积工艺(如喷涂、电镀、化学气相沉积等)、以及后续的加热膨胀和冷却固化等步骤。每个步骤都需严格控制工艺参数和操作条件,以确保贴胀材料的性能和质量满足

要求。

#### 4.3 实验验证与性能评估

基于贴胀技术的换热器性能优化方案需要经过实验验证和性能评估才能确定其实际效果。实验验证是检验优化方案可行性和有效性的关键步骤,而性能评估则是评价优化后换热器性能提升程度的重要手段。在实验验证阶段,需搭建相应的实验平台或装置,模拟换热器的实际工况条件进行实验。通过对比优化前后换热器的换热效率、压降、耐腐蚀性等性能指标的变化情况,可以直观地反映优化方案的效果。还需对实验数据进行深入分析和处理,以揭示优化方案对换热器性能影响的内在机制。在性能评估阶段,需根据实验结果和数据分析结果,对优化后的换热器进行综合评价。这包括评估优化方案在提升换热效率、降低能耗、延长设备使用寿命等方面的实际效果;同时还需考虑优化方案的经济性、可行性和可推广性等因素。通过综合评估,可以为进一步优化换热器性能提供有力支持。

#### 结束语

本研究通过深入探索贴胀技术在换热器性能优化中的应用,成功实现了能耗损失的有效降低。优化后的换热器不仅在换热效率上表现出色,而且在长期运行中展现出良好的稳定性和耐用性。这一成果不仅丰富换热器性能优化的理论体系,也为实际应用中的节能减排提供重要参考。未来,将继续深入研究,推动贴胀技术在更多领域的应用,为构建绿色、低碳的工业体系贡献力量。

#### 参考文献

- [1]刘秀峰,张诗,周志杰,郑浩,王成泽,时红远,李梦杰.换热器结构优化与换热性能评价指标研究[J].化工学报,2020,71S1:98-105.
- [2]李双艳.新型螺旋流换热器优化设计[J].河南化工,2019,3606:44-48.
- [3]张枫,张丽娜,白俊文.2020年我国制冷空调行业市场分析[J].制冷与空调,2021,21(08):1-6+53.
- [4]王伟,王小婷.内螺纹管换热性能提升对空调整机影响[C]//2020年中国家用电器技术大会论文集.[出版者不详],2020:562-565.DOI:10.26914/c.cnkihy.2020.032385.