

真空钎焊的特点及发展趋势分析

洪奇乐

(浙江银轮机械股份有限公司, 浙江 天台 317200)

摘要 在机械生产制造领域中, 真空钎焊这一技术应用十分广泛, 可以将多个接头加以焊接, 满足复杂机械构件的生产制造需求。真空钎焊技术在应用过程中需要在真空炉中完成, 在实际应用中具有明显的优势。本文详细分析了真空钎焊技术现状以及在应用过程中的特点, 并介绍了真空钎焊技术的发展趋势, 旨在为扩大真空钎焊技术的应用范围提供一定的参考。

关键词 真空钎焊 钎焊车间流程 控制技术

中图分类号: TG44

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)11-0043-03

真空钎焊技术在最初应用的时候, 主要是应用在电子工业领域中, 随着真空钎焊技术的发展, 目前该技术已经逐步应用在航空工业、汽车工业等多个不同的领域中。同时在石油化工领域、家电领域的冷却器以及换热器中, 也具有真空钎焊技术应用的身影。真空钎焊技术近年来的发展速度很快, 能够保证焊接完成之后的零件具备较强的抗腐蚀性能, 同时由于这种技术在焊接过程中不需要采用钎剂, 故能够节约一定的成本。

本文系统地对真空钎焊的特点及发展趋势进行了分析, 以下进行具体的介绍。

1 真空钎焊的概述

真空钎焊需要在高真空的环境下能应用, 同时在焊接过程中不需要采用钎剂。真空钎焊技术在应用的过程中, 首先要将待焊接零件清洗干净, 之后再在待焊接零件的表面涂上钎料金属。当这些步骤都完成了之后, 就可以将零件放入熔炉当中。等熔炉内的空气都全部排出之后, 还需要采取必要的措施防止零件出现氧化或者污染的情况。真空钎焊技术和其他的焊接技术相比, 在焊接过程中的钎焊温度较低, 这样就不会对母材产生较大的影响, 受焊接热影响的区域较小。^[1]

2 真空钎焊的特点

2.1 真空钎焊技术的优势

真空钎焊技术在应用过程中主要的优势包括以下几点:

一是该技术可以应用在大批量的生产场合中。

二是在焊接过程中, 可以对公差实现更为准确地控制, 并且接头也可以做到很干净, 同时还不需要对零件进行额外的精细加工。

三是利用该技术, 能够将金属材料和非金属材料加以焊接。如可以将不锈钢、碳钢和合金钢加以焊接, 同时还可以焊接铝、钛和铜等有色金属。如果需要生产制造一些特种材料, 则这种焊接技术就显得十分关键。

四是如果需要焊接的零件其横截面很薄或者很厚, 这些特点都会增加在焊接过程中的难度, 而采用真空钎焊技术, 就能够很好地驾驭这些焊接场景。

五是采用真空钎焊技术时, 对加工的零件基材影响较小, 并且可以使得零件在加工过程中受热较为均匀, 这样所产生的应力也相对较小, 零件的形变量也较小, 故在对加工质量要求较高的场合中, 这种焊接技术就较为合适。^[2]

2.2 真空钎焊技术的范围

真空钎焊技术在工业中应用领域很广, 如包括航空航天部件的生产制造、工业燃气轮机部件的生产制造、医疗、科学和通用工程组件的生产制造、汽车零部件的生产制造、电子设备的生产制造、核组件的生产制造以及海上和石化组件的生产制造等。其中当将真空钎焊技术应用在汽车的生产制造领域中时需要采用到热管理系统。在汽车生产热管理系统分为钎焊车间与组装车间, 钎焊车间将原料加工成半成品, 再由组装车间进行成品组装。同时真空钎焊技术在航空发动机的生产制造中也具有重要的应用, 特别是在制造蜂窝结构、叶片、导向器中, 图1为航空发动机中的主要零件。

此外, 在陶瓷基板的生产制造中, 由于陶瓷需要和金属具有良好的结合, 这样就可以使得热阻得到降低, 并且可以使得陶瓷基板在后期的运行过程中更为稳定, 热导率也可以更高。而这些高性能的实现, 都依赖于真空钎焊技术在陶瓷基板生产过程中的应用。

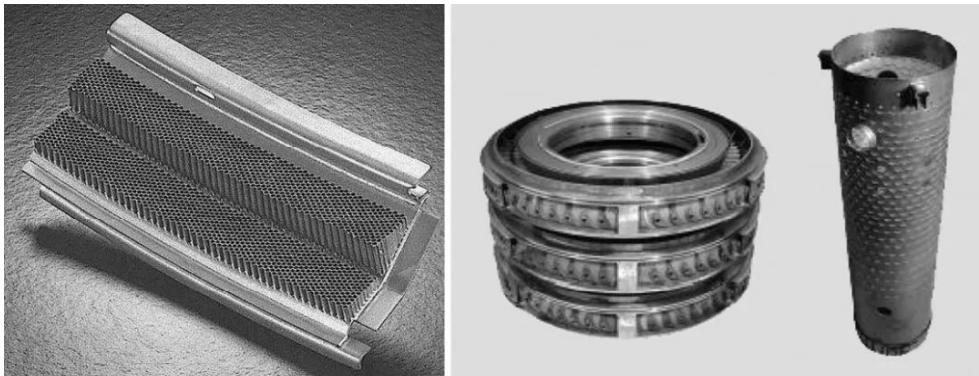


图1 真空钎焊技术在航空发动机零件制造中的应用

3 钎焊车间流程的现状分析

3.1 钎焊车间的流程分析

在目前的钎焊车间流程程序当中，主要的流程包括以下几步：（1）预清洗分拣；（2）运往下一步；（3）清洗机清洗；（4）运往预组装区；（5）LCC接头与LCC钎焊组件铆压；（6）运往下一步；（7）五通、歧管钎焊板与LCC组件铆接；（8）运往下一步；（9）歧管与歧管钎焊板组装；（10）运往下一步；（11）ACC罐组装；（12）运往下一步；（13）总成间隙检测；（14）运往下一步；（15）钎焊炉上料；（16）等待进行热处理；（17）热处理；（18）热处理下料；（19）焊模拆解；（20）运往下一步；（21）检验；（22）运送至T6处理区储存；（23）运送至T6炉；（24）T6处理；（25）运往下一步；（26）硬度及平面度检测；（27）运往下一步；（28）视觉检测；（29）运往下一步；（30）X光检测；（31）运往下一步；（32）氦检；（33）运往下一步；（34）高压吹气1；（35）半成品储存；（36）运送至二楼；（37）高压吹气2；（38）运往下一步。

3.2 钎焊车间流程程序改进

在钎焊车间流程当中，对其程序进行改进，按照下述程序进行：预装-焊模人工上线；预装-LCC接头与LCC钎焊组件铆压；预装-五通、歧管钎焊板与LCC组件铆接；预装-歧管与歧管钎焊板组转；预装-ACC罐组装；预装-总成间隙检测，可以取得较好的效果。同时铆接一次性放置不到位（是否可以防错，一次性放好），工具无定位（工具无定位，便于拿取），焊模工装位置靠前不便于放置。

4 真空钎焊的应用及发展趋势分析

4.1 不锈钢真空钎焊技术的应用

随着真空钎焊技术的发展，不锈钢真空钎焊技术今后在实际焊接领域中将会得到更为重要的应用。在

采用该技术时，需要将母材表面的氧化膜加以去除，这一点对于后期的焊接质量具有明显的影响。当在真空加热的环境下，不锈钢氧化膜可以得到很好的去除。其基本的去除原理主要包括以下几种：

一是氧化膜的分解作用，氧化膜在真空的环境下会产生相应的分解反应。

二是氧化物的挥发。

三是碳的还原作用。碳这种元素在高温的条件下，其具备较强的还原能力，如果是在真空的环境下，则其还原能力还能够有所提高，此时就会发生相应的还原反应。^[1]

当采用不锈钢真空钎焊技术时，需要使用到相应的真空钎焊设备，这类设备在结构组成上主要包括真空系统以及真空炉等两个部分。其中对于真空炉，在结构组成上包括控制系统、真空室和加热器等几个主要组成部分，其中控制系统发挥着关键作用，能够对整个真空炉系统进行合理的控制。对于控制系统，需要采取合适的控制算法，这样才能够保证真空炉在运行过程中得到稳定的控制。真空炉在实际应用中，可以分为热壁和冷壁等两种类型的真空炉，这两种不同类型的真空炉需要根据实际的应用场合来加以选择，保证真空炉能够正常发挥出相应的作用。其中对于热壁真空炉，主要是在真空钎焊技术的早期应用相对较多，对于其加热部分，包括真空室和箱式炉等两个部分。当采用该技术进行焊接操作时，需要将待焊接的机械零部件放置到真空室当中，当达到了真空的条件之后再待焊接的机械零部件放置到箱式炉当中。当完成了焊接操作之后，再将焊接完成之后的零部件加以冷却。这种类型的真空炉适合生产一些小型零部件，并且也不能进行大批量的生产。

由于热壁真空炉的这种缺点，故在实际中还可以采用冷壁真空炉，在这种真空炉当中，包括加热器、

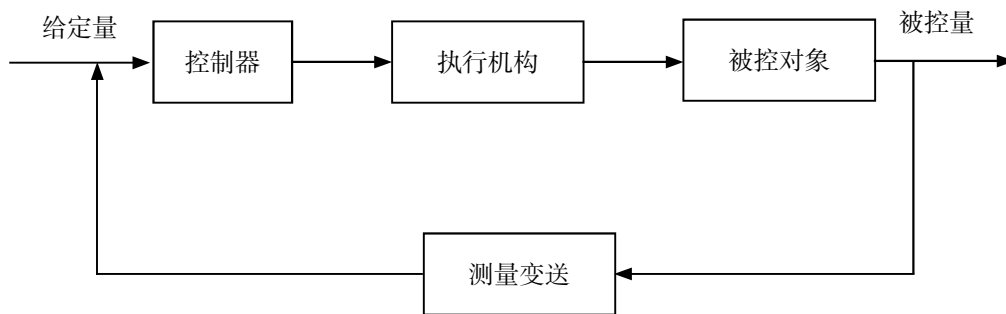


图2 电子自动化控制系统原理图

炉壁，并且采用双层循环的冷却系统结构。采用这种类型的真空炉，可以显著提高零部件的加工效率，同时还能够有效降低零部件在加工过程中产生的形变量。

4.2 真空钎焊技术中先进控制技术的应用

真空钎焊技术在应用过程中，钎焊的温度控制较为关键，也是影响焊接产品质量的关键。如果钎焊的温度得到了很稳定的控制，则可以在最大程度上降低待加工零部件产生的形变量，并且使得焊接的质量得到明显的提高。由于钎料内部的化学组成存在着较大差异，每一种化学材料的熔化温度也有所不同，故控制好温度十分关键。同时控制好钎焊的间隙也较为关键，如果钎焊的间隙相对比较大，则容易使得扩散距离增大，此时扩散这个过程就不能很好地完成。故该技术在应用过程中，也需要很好地控制钎焊的间隙。^[4]

在控制系统的设计中，可以引入更为先进的控制技术，如模糊控制技术、卷积神经网络控制技术等，图2为电子自动化控制系统原理图。

通过采取这些控制技术，能够有效提高控制系统的控制性能。在对控制系统进行设计的过程中，可以借助MATLAB软件进行辅助设计，这样先进的控制技术才能够应用起来。该软件具备以下特点：

一是这种类型的软件可以高效地对矩阵数据进行处理，并且在MATLAB软件当中，也嵌入了很多功能强大的函数。在函数的调用方面也较为方便，可以有效地实现各类分析和计算。

二是在MATLAB软件当中，可以和很多种不同类型的程序设计语言相互配合。

三是在MATLAB当中的应用界面较为良好，能够方便地进行设计和开发，在模型的建立上也较为直观。

4.3 新型钎料在真空钎焊技术中的应用

真空钎焊技术目前在很多领域中都得到了应用，包括家电领域、汽车工业以及机械电子工业领域。对于家电领域，空调、冰箱等家电的生产制造都需要采

用真空钎焊技术。随着真空钎焊技术的发展，可以开发出新型的钎料，以便更好地提高真空钎焊技术的焊接质量。对于新型的钎料的开发，则需要合理控制好各个材料的组成配方和新型的钎料加工工艺。目前无银、低银钎料技术的研究已经取得了较大的进展，并且在实际中得到了应用。同时低锡和无铅等类型的钎料，也在真空钎焊技术中得到重要的应用。这些新型材料的应用，对于推动真空钎焊技术的发展发挥了重要的作用，同时还能够很好地改善材料的力学性能，防止焊接头出现断裂的情况。同时非晶态的材料技术也具有较大的提升，可以保证材料在组织结构上较为均匀，解决传统材料各个材料熔点不一致的问题。

5 结论

真空钎焊技术是焊接技术领域中的关键技术之一，本文系统地分析了真空钎焊技术的特点以及其今后主要的发展趋势，包括钎料在真空钎焊技术中的应用、真空钎焊技术中先进控制技术的应用以及不锈钢真空钎焊技术的应用，对于推动真空钎焊技术水平的提高具有一定的意义。

参考文献：

- [1] 高泽, 刘博, 郑立彦, 等. 硬质合金与结构钢钎焊结构低温力学性能试验 [J]. 南京航空航天大学学报, 2022, 54(03):404-410.
- [2] 钟素娟, 刘攀, 秦建, 等. 钛合金板翅式散热器钎焊的研究进展 [J]. 电焊机, 2022, 52(06):1-9.
- [3] 朱光辉, 刘超, 刘谦文, 等. 液冷壳体真空钎焊工装的结构优化 [J]. 机械管理开发, 2022, 37(03):91-92.
- [4] 赖迎庆, 谢建红, 石剑, 等. 环状高温合金真空钎焊零件的超声检测 [J]. 无损检测, 2022, 44(07):42-45.