

激光焊接技术的应用研究进展

张瑞杰

石家庄高新区湘江道150号

DOI: 10.12238/jpm.v5i1.6496

[摘要] 激光焊接技术作为一种高效、高精度的连接方法，在近年来得到了广泛的研究和应用。其具有焊接速度快、热影响区小、焊缝质量高等优点，被广泛应用于金属材料和非金属材料的焊接领域。然而，随着科技的不断进步和需求的日益增长，激光焊接技术的应用研究也在不断推进，涉及新材料、新工艺和新应用领域。

[关键词] 激光焊接技术；应用；进展

Research progress on the application of laser welding technology

Zhang Ruijie

No.150, Xiangjiang Road, Shijiazhuang High-tech Zone

[Abstract] As an efficient and high-precision joining method, laser welding technology has been widely studied and applied in recent years. It has the advantages of fast welding speed, small heat-affected zone and high weld quality, and is widely used in the welding field of metallic and non-metallic materials. However, with the continuous progress of science and technology and the growing demand, the application research of laser welding technology is also constantly advancing, involving new materials, new processes and new application fields.

[Key words] laser welding technology; Apply; progress

引言

激光焊接技术是一种高能量密度的焊接方法，可以在短时间内将材料加热至熔点以上，使其熔融并形成焊缝。随着科技的不断进步和应用需求的增长，激光焊接技术得到了广泛的关注和研究。通过持续的研究和创新，激光焊接技术在焊接质量控制、材料适应性和工艺优化等方面取得了重要的应用研究进展。激光焊接技术的发展不仅提高了焊接效率和质量，还为创新产品的研发和生产提供了新的可能性。随着科技的不断进步，激光焊接技术将继续发展，并在更多领域发挥重要作用。

1 激光焊接技术概述

激光焊接技术是一种应用激光束将金属材料加热至熔点，并使用高能密度的激光束进行熔化和连接的技术。它在工业制造领域得到了广泛应用，因其高精度、高效率、无污染、无接触等优点而备受青睐。激光焊接技术可以分为连续激光焊接和脉冲激光焊接两种类型。连续激光焊接适用于较大厚度和持续焊接的工件，其激光束连续且功率较大，可以高效率地加热金属材料。而脉冲激光焊接适用于较薄的工件和需要更精细焊缝

的情况，其激光束以脉冲形式照射，可控制功率和时间，实现高精度的焊接。激光焊接技术具有许多优点。激光焊接过程对工件的热影响较小，减少了变形和破裂的风险。其次，激光焊接速度快，焊缝质量高，焊接强度也较好。由于激光是一束高能密度的光束，因此可以在难以到达的地方进行焊接，提高了焊接的灵活性和适用性。此外，激光焊接无需电极和填充材料，操作简单，并且不会引入杂质。然而，激光焊接技术也存在一些挑战和限制。激光设备的成本较高，对于一些小型企业或个人来说较为昂贵。其次，在焊接过程中，激光束容易被杂质、气体和液体等干扰，需要采取适当的措施保证焊接质量。此外，激光焊接的工作环境要求较高，需要保持干净、无尘的环境，以避免对焊接质量产生不良影响。激光焊接技术是一种高效、精确、灵活的焊接方法，广泛应用于汽车制造、航空航天、电子设备、光学器件等领域。随着激光技术的不断发展和改进，相信激光焊接技术在未来会得到更广泛的应用和发展。

2 激光焊接技术的基本原理

激光焊接技术是利用激光束的高能量密度和高能量浓度

来实现材料的熔化和连接的一种焊接方法，激光焊接技术使用的激光源一般是由激光器产生的高能量激光束。常用的激光器有CO₂激光器、光纤激光器等。这些激光器能够产生一束高能量密度的激光束，具有较强的穿透力和聚焦能力。激光束通过透镜进行聚焦，使其能量密度进一步提高。通常情况下，焦点越小，能量密度就越高。激光束照射到材料表面后，被材料吸收并转化为热能。吸收激光的能力取决于材料的光学性质，如反射率、吸收系数等。常用的金属材料对激光有较高的吸收能力。激光束的高能量密度使得材料迅速升温并熔化。随着激光束的移动，熔化区域逐渐延伸，形成一条熔化线。当激光束停止照射时，熔化区域迅速冷却凝固，形成焊缝。激光焊接过程中，需要对激光的功率、聚焦方式、焦距等参数进行控制。不同的焊接参数会影响焊接质量和效率。通过合理调整这些参数，可以实现对焊接过程的精确控制。激光焊接技术具有焊缝窄、热影响区小、焊接速度快等优点。它广泛应用于各种金属材料的焊接，尤其适用于高反射率和高热导率的材料。同时，激光焊接技术还可以实现多种焊接方式，如传统的点焊、缝焊、圆焊，以及最近发展的激光深熔焊等。这些特点使得激光焊接在汽车、航空航天、电子器件等领域得到广泛应用。

3 激光焊接技术的应用领域

3.1 金属材料焊接

激光焊接技术在金属材料焊接领域有着广泛应用，它被广泛应用于汽车制造、航空航天、电子设备、机械制造等行业。因为激光焊接具有高能量密度、小热影响区和高焊接速度等优点，可以实现高质量的金属材料焊接。在汽车制造领域，激光焊接可以用于车身焊接、发动机零部件的焊接，提高焊接质量和生产效率。例如，激光焊接在车身焊接中能够实现更均匀的焊缝，减少薄板金属的变形，并提高焊缝的强度和密封性。激光焊接还可用于汽车零部件的连接，如发动机缸盖、排气管等，可提高连接的强度和耐久性。在航空航天领域，激光焊接可以用于飞机结构件的焊接，提高结构的强度和耐久性。传统的金属焊接方法往往会引入较大的热影响区，导致焊接件的变形和材料性能的降低。而激光焊接由于其高能量密度和小热影响区，可以减少热变形并保持材料的原始性能。这在航空航天领域中对于轻量化设计和结构强度的要求非常重要。

3.2 非金属材料焊接

随着非金属材料在各行业的广泛应用，激光焊接技术也开始应用于非金属材料的焊接领域。例如，在塑料焊接领域，激光焊接可以实现高精度和无损的焊接。它广泛应用于电子产品（如手机、计算机）、医疗器械和包装行业中。传统的塑料焊接方法，如热焊接、超声波焊接等，往往会引入较大的热变形

和局部破坏，且很难进行高精度的焊接。而激光焊接由于其高能量密度、小热影响区和焊接速度快的特点，可以实现精确、高质量的塑料焊接，避免了热变形和局部破坏，且焊接强度高。在医疗器械制造领域，激光焊接被广泛用于各种塑料器械的连接，如输液器、注射器等。激光焊接可以实现无损焊接，不会引入异物、气孔或焊缝缺陷，确保器械的密封性和安全性。同时，激光焊接还具有高精度、稳定性好的特点，能够满足医疗器械对精度和质量的严格要求。在包装行业中，激光焊接可用于食品、药品等包装材料的焊接，实现高强度和完全密封的包装。激光焊接具有快速、精确、无残留焊材的特点，从而确保了包装的完整性、卫生性和保鲜性。

3.3 微焊接和精密焊接

微焊接是指焊接尺寸小于毫米级别的焊接过程，精密焊接是指对焊接件进行高精度定位和焊接的过程。激光焊接技术适用于微焊接和精密焊接，因为它可以实现高精度的焊接，并且对焊接过程中的热影响区较小。在电子器件的制造中，激光焊接可以实现电子元件的精确焊接，并减少组装过程中的热损伤。激光焊接可用于电子元器件封装焊接、电路板的焊接、微细线路的连接等。其高能量密度能够实现快速、稳定的焊接，尤其适用于微细焊点的精确定位和连接。在微器件制造领域，激光焊接广泛用于微通道件的制造。微通道件主要应用于微流控芯片、微机电系统等微器件中，其焊缝精度要求较高。相比传统的焊接方法，激光焊接可以实现微通道件的高精度焊接，并保持其内部结构的完整性和性能。医疗器械制造中的微焊接也可以应用于微电极、微电子导线等微观器件的制造，保证器械的稳定性和准确性，提高医疗器械的治疗效果。

3.4 光纤焊接

光纤焊接是指对光纤进行连接的过程，激光焊接被广泛应用于光纤连接的领域。它可以实现高精度的光纤连接，提高光纤传输的质量和可靠性。在通信领域，激光焊接可以实现单模光纤和多模光纤的连接，保证通信系统的传输质量。激光焊接具有高精度和稳定的特点，可以实现光纤的高精度对接，并减少连接损耗。光纤通信系统要求数据传输的精确性和可靠性，激光焊接作为一种高精度的连接方式，可以满足这些要求。在光纤传感领域，激光焊接可以实现光纤与传感器的连接，提高传感器的灵敏度和响应速度。光纤传感器具有高灵敏度和抗干扰能力，通过光纤焊接，可以实现对光纤传感器的定位和连接，确保传感器的工作性能和参量测量的准确性。在激光加工领域，光纤焊接可用于光纤激光器的组装和连接。光纤激光器具有小体积、高功率和高效率的特点，广泛应用于材料加工、激光打标等领域。激光焊接可实现光纤与激光器的精确连接，确

保光纤激光器的传输效果和稳定性。

4 激光焊接技术的研究进展

4.1 激光焊接质量控制和监测技术

在激光焊接过程中,焊缝的质量是决定连接强度和可靠性的关键因素。为了实现高质量的焊接,研究人员开发了一系列的激光焊接质量控制和监测技术。一种常见的方法是基于传感器的在线监测系统。通过安装在激光焊接设备上的传感器,可以实时监测焊接过程中的温度、能量密度、电流等参数,并反馈给控制系统。通过对这些参数的监测和分析,可以及时发现焊接过程中的异常情况,如过热、过烧、焊缝不良等,从而采取相应的措施进行修正。另一种常用的方法是图像处理和机器视觉技术。通过使用高速摄像机拍摄焊接过程中的图像,并通过图像处理算法分析和识别焊缝的形态、气孔、裂纹等缺陷。这种技术可以实现非接触式的检测,并且可以在实时监测中提供更详细和准确的信息。此外,还有无损检测技术,如超声检测、X射线检测和磁粉检测等。这些方法可以对焊接接头进行全面的检测,发现可能存在的缺陷,并评估其对连接强度和可靠性的影响。通过无损检测技术,可以及时发现焊接缺陷,并采取适当的修复措施。

4.2 激光焊接过程建模和仿真

激光焊接过程的建模和仿真对于优化焊接参数和工艺方案具有重要意义,通过数值模拟和仿真,可以分析焊接过程中的温度场、应力场和变形等物理现象,帮助理解焊接过程的复杂性和影响因素。建模和仿真可以通过多物理场耦合的模型来描述整个焊接过程。例如,热传导模型可以用于模拟激光照射后的温度场分布;流体动力学模型可以用于模拟焊接过程中的熔池形成和流动;应力分析模型可以用于预测焊接过程中的残余应力和变形。通过建立准确的数值模型,可以优化焊接参数和工艺方案,减少焊接缺陷的发生。例如,通过改变激光功率、焦距、扫描速度等参数,可以控制熔池的尺寸和形状,减少气孔和裂纹的生成。

4.3 材料与激光焊接相互作用研究

材料与激光之间的相互作用对于激光焊接的质量和性能具有重要影响,因此,研究人员致力于探究材料与激光之间的相互作用机制。在激光与金属材料相互作用方面,研究人员关注激光的能量吸收、熔化和熔池形成机制。通过研究不同激光参数对金属材料的影响,可以了解激光焊接过程中的物理现象,如脱气作用、晶格变形、相变等,并优化焊接参数和工艺流程。在激光与非金属材料相互作用方面,研究人员着重探究激光的吸收、熔化和固化机制。非金属材料焊接的关键是实现

高质量的熔池形成和固化过程。通过研究激光在非金属材料中的能量传递,可以优化焊接参数和工艺流程,提高焊接质量和连接强度。

4.4 激光焊接缺陷分析和解决方法

尽管激光焊接技术具有许多优点,但在实际应用中仍可能出现一些缺陷,如气孔、裂纹、夹杂物等。因此,研究人员不断努力解决这些问题。一种常用的方法是通过改变焊接参数来减少缺陷的发生。例如,调整激光焊接的功率、扫描速度、焦距等参数,可以优化熔池的尺寸和形状,减少气孔等缺陷的生成。另一种方法是采用辅助材料或工艺。例如,在激光熔池态焊接中,添加适量的保护性气体或药芯丝,可以有效防止气孔的形成。在激光高能密度焊接中,可以采用预加热、预压力等措施来减少焊缝裂纹的形成。此外,还有一些修复和检测方法可用于解决焊接缺陷。修复方法如焊接补丁和后续加工可以修复焊接缺陷并强化焊接区域。

结束语

综上所述,激光焊接技术作为一种重要的连接方法,其应用研究取得了丰硕的成果,但仍面临挑战。随着新材料和新工艺的出现,未来的研究将专注于进一步提高焊接质量、降低成本,并探索更复杂的应用场景。相信通过持续的创新和合作,激光焊接技术将为各行各业带来更多的机遇和挑战,为现代制造业的进一步发展做出更大贡献。

[参考文献]

- [1]刘浩东,戴京涛.激光焊接技术的应用研究进展与分析[J].电焊机,2022,52(01):95-102.
- [2]胡国庆,管迎春.光谱测量在激光加工在线监测上的应用研究进展[J].光谱学与光谱分析,2021,41(08):2343-2356.
- [3]李志红,黄博,罗志伟.激光焊接技术的研究现状及应用[J].中国设备工程,2020,(23):178-181.
- [4]文杨昊.激光技术在金属材料加工工艺中的应用研究[J].世界有色金属,2020,(23):133-134.
- [5]李苏,张占辉,韩善果等.激光技术在材料加工领域的应用与发展[J].精密成形工程,2020,12(04):76-85.
- [6]马维杰,陈禹.浅谈焊接技术在汽车制造中的应用[J].时代汽车,2020,(11):123-124.
- [7]程德彬,高福洋.钛合金激光焊接技术研究进展及应用情况[J].材料开发与应用,2020,35(02):87-93.
- [8]汪健坤,李强,黄磊等.激光焊接技术最新研究进展及应用现状[J].金属加工(热加工),2020,(03):4-10.