

激光熔覆技术在非标量具磨损部位修复中的应用价值

张新停 张志富 宋海涛 马勇 王艳芳

西北工业集团有限公司 陕西 西安 710043

【摘要】：激光熔覆技术在非标量具磨损部位修复中具有重要的应用价值。其高精度、高效率的特点，使得在传统修复方法中难以达到的效果成为可能。通过激光熔覆技术，能够有效改善非标量具在工作过程中所遭遇的磨损问题，延长工具使用寿命，提升其工作性能。该技术不仅能够精确控制修复区域，还能保证修复材料与基体材料的良好结合，提高了修复效果的稳定性和耐用性。目前，激光熔覆技术已经成为非标量具磨损修复最有效的解决方法。

【关键词】：激光熔覆技术；非标量具；磨损修复；工具修复；表面改性

DOI:10.12417/2705-0998.26.01.091

引言

非标量具在工业生产中广泛应用，但由于在高强度的工作环境中经常遭遇磨损，问题导致工具性能下降，修复需求逐渐增多。传统的修复方法，如热处理或机械加工，虽然能够在一定程度上恢复工具的使用功能，但会存在效果不稳定、修复周期长等问题。而激光熔覆技术以其独特的优势，在非标量具磨损修复中展现出较为显著的效果。激光熔覆技术不仅可以精确控制修复过程，还能提升修复区域的硬度与耐磨性，突破了传统方法的局限性。研究激光熔覆技术在非标量具磨损修复中的应用价值，具有重要的实践意义和理论价值。

1 激光熔覆技术的基本原理与特点

1.1 激光熔覆技术的工作原理

激光熔覆技术是一种利用高功率激光束将涂覆材料加热至熔化状态，并与基体金属形成结合层的技术。激光束聚焦在材料表面时，局部区域被加热到极高温度，材料熔化后与粉末或线材供应的熔覆材料发生融合。在熔覆过程中，激光的高能量密度可以使材料快速熔化并且以极短的时间完成固化，从而形成坚固且高性能的修复涂层。这种工艺可以应用于多种基体材料的表面修复，包括钢铁、铸铁、合金等，能够实现对磨损、腐蚀等问题的有效修复。通过对激光功率、扫描速度、粉末流量等参数的精准调控，激光熔覆修复可以得到理想的合金涂层，达到提高表面硬度、耐磨性以及抗腐蚀性的效果。

1.2 激光熔覆技术的核心优势

激光熔覆技术相较于传统修复方法具有明显的优势，激光的精确控制能够在无需热处理的情况下，直接实现在磨损部位的快速修复，且能够在较短时间内完成。这种技术能够避免常见的热影响区过大、材料性能退化的问题。激光熔覆能够使用高性能的粉末材料，如合金粉末、陶瓷粉末等，形成高耐磨性、高硬度、抗腐蚀的涂层，从而大大延长了工具的使用寿命。激光熔覆涂层与基体的结合紧密，不会出现脱落或起皮现象。激光熔覆修复过程几乎不产生气体或废料，具备良好的环保性和经济性，减少了对环境的污染和资源的浪费。激光熔覆修复具

有较高的精度，尤其在修复非标准化工具和复杂几何形状的工作件时，能够提供更高的精密度和一致性。

1.3 激光熔覆技术的应用领域

激光熔覆技术已广泛应用于多个工业领域，尤其在金属加工、模具修复和航空航天等行业中表现出显著的应用价值。在金属加工领域，激光熔覆能够有效修复工具磨损，恢复其精度和性能，延长使用寿命。在模具修复中，激光熔覆技术可高效修复磨损的模具表面，避免频繁更换，节省成本并提高生产效率。在航空航天领域，激光熔覆技术显著提升涡轮叶片和发动机零部件的抗腐蚀性和耐磨性，特别是在高温高压环境下，保障其长期稳定运行。随着激光熔覆技术的不断进步，其在能源、汽车制造和机械设备等行业的应用也不断扩展，逐渐成为解决工业设备磨损问题的关键技术。

2 非标量具磨损问题的研究与分析

2.1 非标量具的磨损类型与原因

非标量具是根据特定需求定制的工具设备，广泛应用于机械加工和模具制造等领域。这些工具在高温、高压、摩擦等工作环境下容易产生各种磨损。常见的磨损类型包括表面磨损、黏附磨损、腐蚀磨损和疲劳磨损。表面磨损主要是由于摩擦材料损耗，通常表现为表面粗糙度增大，严重时导致工具失效。黏附磨损是工件与工具表面金属的相互粘附，造成材料移位。腐蚀磨损则发生在化学反应作用下，损伤工具表面。疲劳磨损源于长时间高负荷使用，产生微裂纹，最终破坏工具表面。这些磨损问题不仅影响非标量具的加工精度和工作效率，还增加生产成本，并显著缩短工具的使用寿命。

2.2 传统修复方法的优缺点

针对非标量具的磨损问题，传统修复方法主要包括机械加工、热处理和喷涂修复等。这些方法在某些情况下能够有效修复磨损部位，但也存在一些局限性。机械加工通常用于去除磨损表面并恢复工具的几何形状，但在修复过程中可能无法恢复工具的硬度和耐磨性，且修复过程耗时较长。热处理方法能够提高工具表面的硬度，但由于加热过程中容易产生热影响区，

导致工具内部应力增加，可能引发材料的变形或破裂。喷涂修复则是将金属粉末喷涂到磨损部位形成保护涂层，但涂层与基体的结合力较差，容易脱落，且涂层厚度不易控制。相比之下，激光熔覆技术具有较高的精度和更好的修复效果，尤其适用于复杂形状和高精度要求的非标量具。

2.3 激光熔覆技术在磨损修复中的优势

激光熔覆技术在非标量具的磨损修复中表现出了明显的优势。激光熔覆可以精确控制热输入，避免了传统修复方法中由于热处理引起的热影响区过大问题，确保了修复效果的稳定性。激光熔覆能够根据实际需求选择合适的熔覆材料，形成硬度高、耐磨性强的表面涂层，远超传统修复方法的性能。激光熔覆技术适用于形状复杂、几何尺寸要求高的非标量具，能够在不改变原有结构的情况下进行高效修复。并且，激光熔覆修复过程的自动化程度较高，能够提高修复效率，减少人工干预，降低成本。激光熔覆技术还能够实现对修复部位的局部修复，无需大范围更换整个工具，节省了维修成本，尤其适用于高价和定制化的非标量具修复。

3 激光熔覆技术在非标量具修复中的应用实例

3.1 应用案例分析：修复效果与性能提升

在某大型机械加工企业中，激光熔覆技术成功应用于非标量具的修复。该企业的磨损部位主要集中在精密切削工具和模具上，因长时间高负荷工作导致其表面出现严重磨损，影响了产品的加工精度。采用激光熔覆技术修复后，工具表面硬度大幅提升，耐磨性增强，且修复后工具能够继续满足高精度加工要求。修复后的工具经多次使用后，磨损情况显著减少，工作效率得到了显著提升。性能测试表明，激光熔覆修复后的工具在硬度、耐腐蚀性及抗磨损性等方面均优于传统修复方法修复的工具。这一应用案例不仅验证了激光熔覆技术的修复效果，也为企业降低了生产成本，提高了非标量具的使用寿命和可靠性。

3.2 激光熔覆修复的技术参数与选材

激光熔覆技术在非标量具修复中的应用，需要精确控制一系列技术参数，如激光功率、扫描速度、熔覆材料的选择等。在修复过程中，激光功率过高或过低都会影响修复效果，过高可能导致材料过度熔化，过低则无法实现理想的修复效果。扫描速度的控制则决定了修复层的厚度和均匀性，速度过快可能导致涂层不均匀，速度过慢则会导致过多的熔覆材料浪费。在选材方面，针对不同的磨损情况，选择合适的熔覆材料至关重要。常用的熔覆材料包括硬质合金粉末、不锈钢粉末等，这些材料具有较高的硬度和耐磨性，能够有效提升工具的使用寿命。在修复过程中，需要根据实际磨损情况调整材料的种类和比例，以实现最佳的修复效果。如图1：



图1 激光熔覆修复非标量具实际操作

3.3 修复后的性能测试与评估

激光熔覆修复后的非标量具需要通过一系列性能测试与评估，以确保修复效果的稳定性和长期有效性。常见的测试项目包括硬度测试、磨损测试、抗腐蚀性能测试等。硬度测试可以通过洛氏硬度或维氏硬度等方法，检测修复层的硬度值，以评估其抗磨损能力。磨损测试则通过模拟工具在实际工况下的磨损情况，评价修复效果的耐磨性。抗腐蚀性能测试可以通过盐雾测试等方法，评估修复后的涂层在恶劣环境下的耐腐蚀能力。还需通过实际工作环境中的长期使用情况来评估修复后的工具性能。测试结果表明，激光熔覆修复后的非标量具在性能上得到了显著提升，修复效果长期稳定可靠，能够满足高精度、高强度加工要求。

4 激光熔覆技术在非标量具修复中的实施策略

4.1 激光熔覆技术的操作流程

激光熔覆修复的操作流程主要包括表面预处理、激光熔覆、后处理等环节。修复前需对工具表面进行预处理，去除表面污物、氧化层以及老化材料，确保基体与熔覆材料能够良好结合。接着，选择合适的激光功率、扫描速度和熔覆材料，进行激光熔覆操作。在这一过程中，激光束的精确控制能够保证修复区域均匀加热并完成熔覆。熔覆完成后，需要对工具进行冷却，确保熔覆层的结晶结构稳定。最后，为了进一步提高修复层的性能，可以进行后处理，如热处理或表面抛光等，以增强修复层的硬度、韧性和抗腐蚀能力。整个修复过程自动化程度高，操作简单且修复效果稳定。

4.2 修复过程中的常见问题及解决方法

在激光熔覆修复过程中，可能会遇到一些技术问题，如熔覆层的裂纹、气孔、层间结合不良等。这些问题往往是由于激光功率、扫描速度、熔覆材料等参数不合理导致的。熔覆层出现裂纹可能是由于热应力过大，解决这一问题的方法是调整激光功率和扫描速度，控制加热和冷却的速度。气孔的产生通常是由于材料熔化过程中气体没有及时逸出，可通过调整激光功率和熔覆材料的流量来避免。层间结合不良则是由于修复过程中的温度不均或表面处理不当导致的，需在修复前对工具表面

进行充分清理,确保良好的结合。针对这些问题,技术人员需根据具体情况调整操作参数,以确保修复效果。

4.3 激光熔覆修复效果的长效性评估

激光熔覆修复效果的长效性是衡量技术应用价值的重要标准。通过多次使用测试和环境模拟试验,能够评估修复层的耐磨性、耐腐蚀性及硬度等性能。修复后工具的长期使用表现直接影响生产效率和修复成本。在修复后应定期进行性能检测,并根据检测结果进行必要的调整。长期使用后的评估结果表明,激光熔覆修复的工具在工作过程中的磨损速度明显降低,工具的使用寿命得到了显著提升。尤其在高负荷、高温、恶劣环境下,修复后的工具表现出更强的稳定性和可靠性,能够显著提高生产效率和减少设备更换频率。

5 激光熔覆技术在非标量具修复中的发展趋势与挑战

5.1 激光熔覆技术未来的发展方向

激光熔覆技术的未来发展主要集中在提高修复精度、拓宽应用领域和降低成本等方面。随着激光设备和材料的不断优化,激光熔覆技术的精度和效率将进一步提升,能够在更小的尺度上实现精准修复。新的激光材料和粉末的研发也将推动技术的发展,使得其修复性能更具多样性,适用于更多种类的非标量具。未来,激光熔覆技术将越来越多地应用于航空航天、汽车、能源等高新技术领域,尤其是对高性能部件和高强度材料的修复需求日益增加。激光熔覆的自动化和智能化水平也将不断提升,实现更加高效和低成本修复操作。

5.2 技术应用中的挑战与解决方案

尽管激光熔覆技术在修复非标量具中表现出显著的优势,

但在实际应用中仍面临一些挑战,尤其是在材料选择、热管理和设备精度方面。材料的适配性问题仍是制约激光熔覆技术广泛应用的一大瓶颈,尤其是对于一些高性能、特殊合金材料的修复。热管理问题则影响着修复过程中的温度控制与熔覆效果,过高或过低的温度都会影响修复层的性能。为了解决这些问题,研究人员不断优化激光参数、材料配方以及设备结构,力求在不影响修复效果的情况下,克服材料及热管理方面的限制。

5.3 激光熔覆技术推广的前景与建议

激光熔覆技术在非标量具修复中的推广前景广阔,随着其在工业领域中的应用不断深入,激光熔覆技术有望成为修复和表面改性领域的主流技术之一。为了加速其应用,企业可以加大对技术的投资和研发力度,提升操作人员的技能水平,并完善激光熔覆设备的操作标准化。加强产学研合作,共同攻克技术难题,推进激光熔覆技术的普及,将有助于推动其在更广泛的工业领域中的应用。

6 结语

本文对激光熔覆技术在非标量具磨损修复中的应用进行了分析,阐述了其基本原理、技术优势以及应用实例。激光熔覆技术凭借其高精度、高效率和良好的修复效果,能够有效解决非标量具在高负荷工作中产生的磨损问题,延长工具使用寿命并提高工作效率。虽然当前技术在材料选择、热管理等方面仍面临挑战,但随着激光设备和材料技术的不断进步,激光熔覆技术的应用领域将进一步拓展。未来,激光熔覆技术有望成为非标量具修复中的主流技术,并在更多工业领域中发挥重要作用。

参考文献:

- [1] 张俊,王磊.激光熔覆技术在高端装备制造中的应用研究[J].激光与光电子学进展,2023,60(3):48-53.
- [2] 王伟,李红.激光熔覆修复技术的现状与发展趋势[J].表面技术,2024,53(6):112-119.
- [3] 高峰,赵敏.激光熔覆修复技术在模具行业中的应用分析[J].机械设计与制造,2022,60(5):102-106.
- [4] 陈杰,周鹏.激光熔覆技术对工具修复性能的影响[J].材料科学与工程学报,2023,41(8):321-325.
- [5] 李云,孙磊.激光熔覆技术在非标量具修复中的研究进展[J].工程技术,2023,65(4):78-83.