

Structural Design and Motion Characteristics Research of Up-Down Alternating Extensible Electronic Board Pressing Machine

Fuyu Tan

Southern Medical University, Luoding, Guangdong, 510515, China

Abstract

In the electronics manufacturing sector, the electronic board pressing process directly impacts product quality and production efficiency. Traditional pressing equipment suffers from issues such as insufficient cycle time utilization and prolonged workstation switching times during operation, which limit capacity expansion potential. To address these challenges, this study proposes an alternating-up-and-down telescopic electronic board press structure. By implementing alternating extension and retraction mechanisms between upper and lower components, the design enables continuous multi-station pressing while synchronizing material handling operations. Through production cycle analysis and motion process modeling, systematic research was conducted on equipment structural composition, transmission mechanisms, and motion coordination systems. Results demonstrate that this innovative structure effectively reduces idle travel time, enhances equipment utilization rates, and significantly improves production efficiency without compromising pressing quality. The research findings provide valuable insights for optimizing electronic board pressing equipment design.

Keywords

electronic board press; alternating telescopic structure; motion characteristics; beat optimization; automated design

上下交替伸缩式电子板压合机结构与运动特性研究

谭福宇

南方医科大学, 中国 · 广东 罗定 510515

摘要

在电子制造领域中, 电子板压合工序直接影响产品质量与生产效率。传统压合设备在运行过程中存在节拍利用率不足、工位切换耗时较长等问题, 限制了产能提升空间。基于此, 提出一种上下交替伸缩式电子板压合机结构方案, 通过上下机构交替伸出与回缩, 实现多工位连续压合与取放同步进行。结合生产节拍分析与运动过程建模, 对设备结构组成、传动方式及运动协调机制进行系统研究。结果表明, 该结构能够有效减少空行程时间, 提高设备利用率, 并在保证压合质量的前提下显著提升生产效率。研究成果为电子板压合设备的优化设计提供了参考。

关键词

电子板压合机; 交替伸缩结构; 运动特性; 节拍优化; 自动化设计

1 引言

随着电子产品向高精度与高密度方向发展, 电子板压合工艺对设备性能提出更高要求。传统压合设备多采用单向往复或单工位作业模式, 存在等待时间较长、生产节拍不连续等问题, 导致设备利用率不高。相关研究指出, 通过减少工序间空闲时间与优化操作流程, 可有效提升产量。在此基础上, 引入上下交替伸缩结构, 使压合与装卸动作实现空间与时间上的交错, 是提升效率的重要路径。同时, 已有实践表明, 通过多工位协同与节拍压缩, 可显著降低生产过程中

的无效时间, 从而提高整体产能。围绕这一思路, 对上下交替伸缩式电子板压合机的结构与运动特性进行系统分析, 对于实现设备高效运行具有重要意义。

2 上下交替伸缩式压合机的结构设计原理

2.1 整体结构组成与功能划分

上下交替伸缩式电子板压合机在结构构成上体现出模块化与协同化特征, 上压机构与下压机构分别布置于不同空间层级, 通过导轨与滑动副实现稳定的垂直往复运动。输送定位系统承担物料在各工位之间的转移与精确对位任务, 使电子板在进入压合区域前具备良好的位置一致性。控制系统以程序逻辑为核心, 对各执行单元进行统一调度, 使压合、转移与取放动作形成连续衔接关系。各子系统之间通过时序

【作者简介】谭福宇(1990-), 男, 本科, 工程师, 从事机械工程研究。

配合构建完整的作业链条,使设备在运行过程中维持较高的协同效率。结构设计强调空间的立体利用,通过上下机构在不同位置同时作业,使单一设备具备多工位处理能力,从而有效压缩非生产时间并提升整体运行效率。

2.2 上下交替伸缩机构的工作机理

该装置的运行机理建立在上下执行单元的时序交替基础之上,通过对运动阶段进行精确划分,使压合与准备过程在不同时间段交替展开。当上部压合机构完成施压任务时,下部机构处于待机或回程状态;随着上部机构退出工作区域,下部机构迅速进入压合位置,实现作业的连续衔接。一个完整周期内,各阶段在时间轴上呈现错位分布,使设备始终处于动态运行状态。工艺节拍表明,电子板在短时间内完成工位转移,并在随后的持续时间内完成压合过程,这种时间配置使运动过程具有良好的节奏性与连贯性。通过合理安排各动作的起止时刻,可使设备在不增加额外负荷的情况下实现高频运行,从而体现出交替结构在时间利用方面的优势。

2.3 多工位协同布局与空间优化

在空间布局方面,多工位协同设计使压合区与装卸区形成相对独立又相互联系的功能区域,通过滚动或滑移结构实现物料在各工位之间的顺畅转移。上下两组压合机构分别对应不同工位位置,其运动路径经过优化后互不干扰,使设备在有限空间内实现多任务并行处理。该布局方式不仅提高了空间利用率,也使生产过程更加紧凑有序。电子板在不同工位之间按照既定路径循环流动,逐步完成各阶段加工任务,形成稳定的生产节奏。通过减少搬运距离与重复定位过程,可有效降低时间损耗并提高作业连续性,使设备在长期运行中保持较高效率与良好稳定性。

3 关键结构与参数分析

3.1 传动系统与执行机构设计

在上下交替伸缩式压合机中,传动系统的设计直接关系到运动精度与运行稳定性。通过电机驱动与凸轮或连杆机构的组合,可将旋转运动转化为具有特定规律的往复直线运动,从而实现压头在不同阶段的精准位置控制。传动比的合理匹配有助于协调速度与力的输出,使压合过程在启动、加速与减速阶段均保持平稳过渡。运动曲线的优化能够有效降低冲击载荷对电子板及设备本体的影响,减少因瞬时应力集中引发的结构损伤。执行机构在设计中需兼顾刚度与质量分布,使其在高频往复运动中仍保持良好的动态响应特性。通过设置缓冲结构与限位装置,可对极端工况下的运动进行约束,避免因行程过冲或误动作引发安全隐患。整体结构在满足功能需求的基础上,强调运动连续性与力学稳定性,使设备能够在长时间运行中保持较高的可靠性。

3.2 压合机构力学特性分析

压合机构在工作过程中承担主要载荷,其力学特性对产品质量具有决定性影响。通过对压头与电子板接触界面的

受力分析,可以明确压力传递路径及应力分布特征。在理想状态下,压合力应均匀作用于接触区域,以避免局部应力过大导致材料变形或结构损伤。压头结构的形状与材料性能需要根据实际工艺要求进行优化设计,使其在受力过程中具备良好的刚性与适度的缓冲能力。压合力的控制需结合材料强度与连接要求,通过理论计算与试验验证相结合的方式确定合理范围,使连接强度与结构稳定性达到平衡。动态加载条件下,还需考虑惯性力与附加振动对受力状态的影响,通过调整运动参数与结构形式,使压合过程更加稳定。对力学特性的系统分析,有助于提升产品一致性,并为设备参数优化提供依据。

3.3 定位与夹持结构优化设计

定位与夹持结构在压合过程中承担着保障精度与稳定性的关键作用,其设计水平直接影响装配质量与生产效率。通过导向机构对电子板进行初步定位,再结合夹持装置实现精确固定,可有效减少位置偏差带来的影响。在结构设计中,需要兼顾定位精度与操作效率,使装卸过程简便且稳定,避免复杂操作增加人为误差。夹持机构的设计应具备一定柔性,以适应不同尺寸及形状的电子板,同时在夹持过程中提供稳定支撑,防止压合时产生位移。通过优化夹持力分布,使受力更加均匀,从而减少局部变形的可能性。定位元件与夹持机构之间的协同设计,有助于提高系统整体刚度与重复定位精度,使设备在连续作业中保持稳定性能。该类结构的优化不仅提升压合质量,也为设备高效运行提供重要保障。

4 运动特性与节拍优化分析

4.1 交替运动的时序特性

上下交替伸缩结构的本质在于通过时间维度的重新组织,实现不同执行单元之间的有序接续与重叠运行。基于工艺流程可将一个完整循环划分为压合阶段、转移阶段与装卸阶段,各阶段在时间轴上呈现出交错分布关系。在该结构中,上部机构完成压合作用的同时,下部机构处于回程或准备状态,当上部机构退出工作区间,下部机构迅速进入压合位置,从而形成连续的作业链。通过对各动作持续时间与转换时间进行量化分析,可建立周期性运动模型,使设备在运行过程中始终维持较高的占空比。与传统串联式流程相比,这种时序组织方式有效压缩了动作之间的间隙,使原本分散的工序在时间上实现耦合。由于各执行环节在不同阶段承担不同功能,系统整体呈现出稳定的节奏结构,不仅提升了时间利用效率,也增强了运行过程的可预测性,为后续节拍优化提供了基础。

4.2 节拍匹配与效率提升机制

在多工位压合系统中,节拍匹配直接决定整体生产效率与运行稳定性。交替伸缩结构通过将各工位的作业时间进行统一规划,使压合时间、物料转移时间与装卸时间之间形成相对稳定的比例关系,从而避免局部环节出现拥堵或空闲现象。通过对节拍进行系统分析,可发现设备效率的提升并

非依赖单一环节的加速,而在于各环节之间的协调程度。当压合周期与输送周期实现匹配时,物料在工位之间的流动呈现连续状态,系统整体运行趋于平衡。该机制通过减少无效等待时间,使单位时间内的有效作业比例显著提高。在实际运行中,节拍匹配还能够降低人为操作波动对系统的影响,使生产过程更加稳定。通过持续优化各阶段时间分配,可进一步压缩非生产时间,使设备在高负荷条件下仍能保持良好效率表现,从而实现产能的稳步提升。

4.3 运动协调控制策略

为实现交替结构的高效运行,需要构建以时序控制为核心的协调控制体系,对各执行机构的运动状态进行统一调度。控制系统通过预设运动逻辑,对上、下压合机构以及输送装置进行精确控制,使各动作在既定时间窗口内完成并顺利衔接。传感器系统用于采集关键位置与状态信息,为控制决策提供实时依据。当检测到位置偏差或节拍异常时,系统能够根据反馈信号进行动态调整,确保整体运行保持在稳定区间。控制策略中还需考虑各机构之间的耦合关系,通过优化控制参数,使运动过程平稳过渡,避免冲击与振动对设备性能产生影响。在复杂工况下,该协调机制能够有效抑制误差传递,使局部偏差不会扩散至整个系统。随着控制技术的发展,引入数据分析与预测算法,可对设备运行状态进行提前判断,从而实现更加精细化的调度与管理,使压合设备在高效运行的同时保持较高的可靠性与稳定性。

5 性能评价与应用效果分析

5.1 生产效率提升效果

在实际应用过程中,上下交替伸缩式压合结构通过对传统工序节拍的重构,实现了时间维度与空间维度的协同利用。压合作与取放动作在不同空间位置同步展开,使设备运行由间歇式转变为连续式,有效压缩了因等待与切换产生的非生产时间。结合节拍分析可知,单位循环中装卸与压合不再串联,而是形成交错关系,使单周期有效工作时间占比明显提升。该结构在多工位协同条件下,可实现电路板在不同工位之间的连续流转,避免重复定位与往返搬运带来的时间损耗。在相同工作时长内,设备完成的压合次数明显增加,产出能力呈现稳定增长趋势。同时,由于操作流程简化,对人工干预依赖程度降低,使生产节拍更具稳定性与可预测性,从而为批量化生产提供了可靠支撑。整体来看,该结构通过减少空行程与冗余动作,使时间资源得到充分利用,体现出较高的生产效率优势。

5.2 设备运行稳定性与可靠性分析

从运行特性来看,上下交替伸缩式结构在动力分配与

载荷传递方面表现出较好的均衡性。上下机构在不同时间段承担压合任务,使单一执行单元的连续受力时间得到有效分散,降低了局部疲劳积累风险。结构设计中通过导向装置与限位机构对运动轨迹进行约束,使压头在往复运动过程中保持较高的重复定位精度,从而保证压合质量的一致性。控制系统通过对各执行单元的协调调度,实现动作之间的精确衔接,避免因时序失配引起的干涉或卡滞现象。长期运行条件下,设备各关键部件的磨损速率相对均匀,维护周期得到延长,运行可靠性随之提升。综合结构刚度、传动稳定性与控制精度等因素,该类设备能够在高频作业环境中保持稳定性,具备良好的工程适应性。

5.3 应用推广与技术发展前景

在电子制造行业持续向高效率与高精度方向发展的背景下,上下交替伸缩式压合机具有明显的应用拓展潜力。该结构通过对传统压合流程的重组,使设备在有限空间内实现更高的产出能力,适用于对节拍要求较高的生产场景。在技术发展层面,随着自动控制与信息技术的融合,设备可进一步引入传感检测与数据采集功能,对压合压力、位置偏差及运行状态进行实时监测,从而形成闭环控制体系。通过数据分析,可对设备运行参数进行动态优化,使生产过程更加稳定可控。在系统集成方面,该类设备能够与自动输送系统及生产管理系统形成联动,实现生产线整体协同运行。由此可见,该结构不仅在当前生产实践中具备显著优势,也为压合设备向智能化与柔性化方向发展提供了重要支撑。

6 结语

上下交替伸缩式电子板压合机通过结构创新与运动优化,实现了压合过程的连续化与高效化。在保证产品质量的前提下,该结构有效减少了生产过程中的无效时间,提高了设备利用率。通过对结构与运动特性的系统分析,可以看出该设备在提升生产效率方面具有明显优势。未来,随着技术不断进步,其在电子制造领域的应用将更加广泛,为行业发展提供有力支撑。

参考文献

- [1] 李华聪,谢伦魁,黄俊,等.含凹腔印制电路板制作工艺研究[J].印制电路信息,2025,33(12):35-39.
- [2] 吉祥书,柴喜,何升伟,等.高多层板压合铜箔起皱的工艺分析[J].集成电路应用,2025,42(11):50-51.
- [3] 杨单,罗旭晖,丘威平.高导热金属基覆铜板压合树枝状流胶因素分析[J].印制电路信息,2025,33(06):37-40.
- [4] 袁永祺,沈勇.2-氨基苯并咪唑在微蚀超粗化中的应用及作用机理分析[J].表面技术,2025,54(20):135-145.