

喷丸强化对连杆的优化以及影响

骆春阳

(浙江跃进机械有限公司 浙江湖州 313000)

摘要: 本文研究了喷丸强化技术对连杆的优化以及影响,介绍了喷丸强化技术的原理和应用,详细阐述了喷丸强化对连杆的优化作用,包括提高连杆的表面硬度、改善表面质量、增强抗疲劳性能等方面,并指出了一些应注意的问题。本文对连杆的制造工艺,包括材料选择、加工工艺也做了一系列的介绍。通过分析研究,可以说本文的研究结果对于提高连杆的性能和延长使用寿命具有重要意义。

关键词: 喷丸强化; 连杆; 疲劳寿命; 优化; 抗疲劳性能

引言

喷丸强化技术在连杆制造中的应用情况非常广泛。通过喷丸强化技术,可以显著提高连杆的表面硬度和耐磨性能,从而增强其抗疲劳性能和使用寿命。在实际应用中,喷丸强化技术可以应用于各种类型的连杆制造,包括汽车发动机连杆、船舶发动机连杆、工程机械连杆等。可以说,喷丸强化技术在连杆制造中的应用具有重要的实际意义,可以为提高连杆的使用寿命和可靠性做出重要贡献。

1. 喷丸强化技术

1.1 喷丸强化技术的原理

喷丸强化技术是一种通过高速喷射金属颗粒或其他硬质颗粒来改善材料表面性能的方法。其原理是利用高速喷射的颗粒在材料表面形成一定深度的压痕和塑性变形,从而改善材料表面的硬度、强度和耐磨性等性能。喷丸强化技术可以应用于各种材料,包括金属、陶瓷、塑料等,其应用范围广泛。在喷丸强化技术中,喷丸材料的选择和喷丸参数的控制是非常重要的。通常情况下,喷丸材料应该具有高硬度、高密度和良好的耐磨性能,以确保其能够在材料表面形成足够深度的压痕和塑性变形。同时,喷丸参数的控制也非常关键,包括喷丸速度、喷丸角度、喷丸距离等,这些参数的选择应该根据具体的材料和应用情况进行优化。

喷丸强化技术在连杆制造中的应用非常广泛。通过喷丸强化技术可以显著提高连杆的表面硬度和强度,从而增强其抗疲劳性能和耐磨性能。喷丸强化技术还可以改善连杆表面的质量,减少表面缺陷和裂纹的产生,从而提高连杆的使用寿命。喷丸强化技术在连杆制造中的应用前景非常广阔,可以为连杆的性能提升和使用寿命延长提供有效的技术支持。

1.2 喷丸强化技术的应用

在连杆制造中,喷丸强化技术可以显著提高连杆的性能和延长使用寿命,可以提高连杆的表面硬度,使其更加耐磨损和耐腐蚀,可以改善连杆表面的质量,消除表面缺陷和裂纹,提高表面光洁度和平整度。喷丸强化还可以增强连杆的抗疲劳性能,减少疲劳裂纹的产生和扩展,提高连杆的疲劳寿命。经过喷丸强化处理的连杆在疲劳试验中表现出更好的性能和更长的寿命。因此,喷丸强化技术在连杆制造中具有广阔的应用前景,可以提高连杆的性能和可靠性,降低维护成本和故障率,为工业生产带来更大的经济效益和社会效益。

2. 连杆的制造工艺

2.1 喷丸强化技术对连杆的重要性及有益效果

连杆是内燃机内关键的零部件,对结构尺寸限制严格、力学性能要求高,在其运行中不能保证其疲劳寿命高于内燃机的整体寿命,所以内燃机可能会因为连杆的疲劳失效而导致整机破坏性事故发生。但随着喷丸强化技术的发展,越来越多的连杆开始采用喷丸强化技术来提高其性能。喷丸强化技术可以通过在连杆表面喷射高速流动

的金属颗粒,使其表面形成一层厚度为几百微米的压缩应力层,从而提高其抗疲劳性能和耐磨性能。喷丸强化技术还可以改善连杆表面的形貌和微观组织,从而提高其整体性能。连杆的主要损坏形式是疲劳断裂和过量变形。通常疲劳断裂的部位是在连杆上的三个高应力区域。因此,连杆的工作条件要求连杆具有较高的强度和抗疲劳性能;又要求具有足够的钢性和韧性。因而,连杆抛喷丸强化已经成为目前发动机制造业中必不可少的工艺环节。

2.2 连杆的材料选择

连杆是发动机中重要的零部件之一,其材料的选择对于发动机的性能和寿命具有重要的影响。在材料的选择方面,目前常用的连杆材料包括铸铁、钢材、铝合金等。其中,铸铁具有良好的耐磨性和低成本的优点,但其强度和韧性相对较低;钢材具有较高的强度和韧性,但其耐磨性相对较差;铝合金具有较高的强度和轻量化的优点,但其耐磨性和抗疲劳性相对较低。因此,在选择连杆材料时需要综合考虑其性能和成本等因素。

2.3 连杆的喷丸强化工艺

连杆是发动机中重要的零部件之一,其质量和性能直接影响着发动机的可靠性和使用寿命。为了提高连杆的性能,喷丸强化技术被广泛应用于连杆的制造过程中。喷丸强化技术是一种通过高速喷射金属颗粒或磨料颗粒来改善材料表面性能的方法。在连杆制造中,喷丸强化技术可以有效地提高连杆的抗疲劳性能和耐磨性能。

喷丸强化技术的基本原理是利用高速喷射的金属颗粒或其他硬质颗粒对材料表面进行冲击和磨削,从而改善材料表面的性能。在连杆制造过程中,喷丸强化工序通常是在连杆机加工之前完成。喷丸强化前,需要对连杆表面因锻造(热处理)所产生的氧化皮进行清理,且进行磁粉探伤和外观检查,确保连杆没有锻造瑕疵,如锻造裂纹、折叠、缺肉等。且连杆的修复工作需在喷丸强化前进行,应避免二次喷丸强化。连杆经喷丸强化且机加工后,需要对连杆进行清洗和检测,防止喷丸残渣或粉尘附着在连杆上,以确保连杆的清洁度和性能。喷丸强化技术在连杆制造中的应用可以显著提高连杆的性能。喷丸强化可以改善连杆表面的形貌和微观组织,从而提高连杆的表面硬度和耐磨性,可以消除连杆表面的细小缺陷和应力集中,从而提高连杆的抗疲劳性能。喷丸强化还可以增加连杆表面的粗糙度,从而提高润滑油膜的附着性和润滑性能。

2.3.1 连杆毛坯的锻造工艺现状

连杆毛坯锻造工艺是制造连杆的重要工艺之一。目前,国内外学者对于锻造工艺的研究已经取得了一定的进展。在材料方面,研究者们通过对不同材料的性能和特点进行分析和比较,确定了适合连杆毛坯锻造的材料,如高强度合金钢、铝合金等。在模具设计方面,研究者们通过对连杆毛坯的形状和尺寸进行分析和计算,设计出了适合的模具,以保证锻造过程中的精度和稳定性。在锻造工艺

参数方面, 研究者们通过数值模拟和实验验证, 根据不同的原材料确定了最佳的锻造温度、锻造速度和锻造压力等参数, 以保证连杆毛坯的质量和性能。研究者们还对锻造后的连杆毛坯进行了检测和评估, 以确保其符合相关标准和要求。

2.3.2 连杆的机加工工艺

连杆的机加工工艺主要包括锯断式和胀断式这两种工艺。它们在机械加工领域中应用广泛, 尤其是在汽车、工程机械和其他需要往复运动装置的制造中。锯断式工艺的主要特点是通过锯切对连杆大头进行切割。锯断式工艺可以快速地将工件切割成所需形状, 从而提高了加工效率。同时由于锯切方式比较稳定, 可以保证加工出来的工件尺寸精度较高, 从而提高了产品的质量。锯断式工艺加工简单, 设备成本较低, 适用于大批量生产。胀断式工艺的主要特点是通过胀断使连杆大头裂解来完成加工过程。相比于锯切式工艺, 胀断式工艺可以避免锯切式工艺产生的大量切屑和噪音问题, 从而提高了工作环境的安全性和舒适性; 胀断式工艺能够减轻连杆重量, 提高其动力性能, 但设备和工艺复杂, 成本较高, 适用于对性能要求较高的场合。在实际应用中, 选择哪种工艺需要根据产品的性能要求、生产批量和经济效益等因素综合考虑。

3. 连杆喷丸强化工艺

3.1 工艺参数

连杆喷丸强化工艺操作比较简单, 关键是通过多次试验, 对比确定不同连杆, 不同要求的工艺参数, 包括: 喷丸速度: 转轮式与叶轮转数、气吹式与真空压力成正比; 喷丸强化时间, 指喷丸有效工作时间, 也可以以丸粒流量作为工艺参数; 丸粒大小及均匀度, 一般以直径 0.8-1.2mm 铸钢丸为工作介质, 小碎丸粒数量不大于 20%。

3.2 主要技术指标

主要技术指标包括抛丸强度, 可用弧高值表示; 覆盖率, 强化覆盖面积与零件表面积之比; 表面压应力值, 测定、验收及理论研究用数据, 需大型专用仪器, 如 X 射线应力测定仪, 日常生产中不常用。

4. 喷丸强化对连杆的有益效果及应注意事项

4.1 喷丸强化能提高疲劳强度

金属表层组织结构的变化, 晶粒细化、晶格畸变、位错密度增高, 这三个因素都使金属表层材料的屈服强度增高, 这就意味着晶体在外载作用下滑移更加困难, 即越不易在强化层内形成疲劳源, 从而提高了零件的疲劳性能。在有微裂纹存在的情况下, 强化层的这种组织结构也会起到降低裂纹扩展速率的作用。此外, 喷丸必能促使连杆表面或近表面的残余奥氏体分解, 转变成马氏体, 对强化表层亦是有利的。

连杆表层形成残余压应力, 喷丸所引起的是连杆表层塑性压缩应变变量, 通常可高达 100%, 大量的塑性流动使表层形成较高的残余压应力, 通常认为残余应力是作为平均应力迭加到连杆外加的交变应力上, 从而降低了外载所引起的拉应力水平, 延长了连杆疲劳裂纹成核的寿命。

4.2 喷丸强化提高其服役性能

喷丸强化的零件表面引入的塑性变形对残余应力的影响喷丸在零件表面引入的残余压应力层是实际喷丸效果的重要因素。该零件表层的残余压力层可以抵消外部施加的拉应力, 从而可以使零件在疲劳、腐蚀疲劳和应力腐蚀的环境下提高其服役性能。因此, 任何能够影响表面应力水平的因素都是非常重要的。

4.3 喷丸强化能使连杆表层组织加强

喷丸强化能够有效的改善有表面浅裂纹 ($\leq 0.2\text{mm}$) 连杆的疲

劳强度, 因喷丸引起的残余压应力使裂纹顶端形成压缩应力场, 故而, 外载在裂纹顶端引起的拉伸应力场只有与压缩应力场相抵消, 并超过连杆本身的裂纹扩展界限应力强度因子幅度时, 裂纹才得以扩展。残余压应力也可在缺口和浅裂纹处集中, 连杆在喷丸强化层内组织结构变化的深度小于裂纹深度的条件下, 残余应力的这一作用成了决定性因素。另外, 表面形貌的变化对连杆疲劳强度也有影响。连杆喷丸后, 在其表面造成许多丸坑, 当丸粒合格时, 绝大多数丸坑为球冠状。当破碎丸粒过多时, 造成许多形状尖锐的丸坑, 成了人造类裂纹, 严重影响零件的疲劳强度, 所以应切忌使用破碎丸粒或其它带尖棱角的丸粒。

喷丸过程中丸粒高速撞击零件表面, 造成的连杆表面的晶格扭曲变形, 使其表面硬度增高, 随着喷丸循环次数的增加喷丸强度逐渐提高, 当达到饱和点时, 在一倍于饱和点的循环次数下, 喷丸强度增量逐渐减小。对喷丸强化后, 弧高值为 0.35-0.45 连杆的表面及近表面梯度硬度进行分析, 从距离表面 1.5mm 以内, 每 0.3mm 一个区间, 测得每个区间硬度变化值为 0.3-0.5HRC。

4.4 应注意事项

经过喷丸强化后的连杆, 表面硬度可以在原有硬度基础上提高 1.5-2.5HRC。连杆距表面 1.5mm 之后硬度的变化不在显著, 属于正常芯表硬度差衰减范围。而 1.5mm 的硬化层正式大多数连杆毛坯的机加工余量范围内, 过度喷丸或不恰当的喷丸方式, 会增加连杆表面的硬化, 导致增加机加工磨削、切削、钻镗孔工序的难度及刀具损耗。特别是对非调制胀断连杆的胀断工序影响甚大, 表层组织过于致密, 导致胀断后产生断口连皮、台阶状断口等不良现象。

丸粒速度、丸粒大小、入射角度及摩擦力都会影响到最终喷丸残余应力场, 因此喷丸强化时, 需按不同连杆的残余应力、喷丸强度和覆盖率等要求, 选用合适的喷丸设备, 合理设定喷丸工艺参数。喷丸速度对残余应力场分布影响显著, 速度提高, 可以明显提高残余压应力值, 且残余压应力层深度增加。但丸粒速度并非越大越好, 达到一定的临界速度, 喷丸强化效果反而减弱。丸粒大小也并非越大越好, 实际喷丸过程应控制喷丸速度和丸粒大小。

结语

喷丸强化技术在连杆制造中的应用前景和发展趋势十分广阔。随着喷丸强化技术的不断发展, 其应用范围也在不断扩大。在连杆制造中, 喷丸强化技术已经成为了一种不可或缺的重要工艺。未来, 喷丸强化技术的发展趋势将主要集中在自动化、智能化和高效化方向。随着自动化技术的不断发展, 喷丸强化技术将实现全自动化生产, 从而提高生产效率和产品质量。智能化技术的应用将使喷丸强化技术更加智能化和精准化, 从而提高产品的一致性和稳定性。高效化技术的应用将使喷丸强化技术更加高效和节能, 从而降低生产成本和环境污染。相关企业要不断锐意创新, 推动产业做优做强。

参考文献:

- [1] 金属表面薄橡胶铺层对喷丸质量的影响[J]. 范俊锴; 刘帅; 贾增辉; 赵武; 刘伟. 金属热处理, 2023.
- [2] 镍基单晶高温合金表面喷丸强化技术研究综述[J]. 耿永祥; 郑海忠; 李贵发; 肖怡新. 塑性工程学报, 2023.
- [3] 不锈钢锅炉管内表面喷丸强化层硬度检测方法[J]. 罗有心; 杨利杰; 裴敏男; 沈泽豪; 裴敏婕; 钟高武. 焊管, 2021.
- [4] 超声喷丸与传统喷丸对 TC4 钛合金残余应力影响的仿真分析[J]. 刘辉; 蔡晋; 孟庆勋; 朱继宏. 航空发动机, 2020(02).
- [5] 喷丸强度对 316 不锈钢表面完整性及疲劳寿命的影响[J]. 周文龙; 吕成; 李焯; 何声馨. 表面技术, 2020.
- [6] 张晓云 刘建明 连杆的喷丸强化工艺试验 2012 年.