

使用维修

柴油机曲轴断裂失效的影响因素及预防措施

徐立华

(武汉船舶职业技术学院, 湖北武汉 430050)

摘要: 介绍了柴油机曲轴断裂失效的基本特征, 从材料、加工工艺及使用等方面分析了曲轴断裂失效的影响因素, 并据此提出了防止柴油机曲轴断裂失效的预防措施。

关键词: 柴油机; 曲轴; 断裂失效

中图分类号: TK423.3⁺1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4357(2011)06-0052-02

0 引言

柴油机作为一个复杂的动力系统, 由上千种大、小机械零件组成, 曲轴作为一个最重要的部件, 在生产制造及服役过程中, 失效事件常有发生, 特别是近几年随着各种强化机型的研发、生产及使用, 各种大小失效事故更是频繁出现。由于曲轴在发生断裂之前往往没有先兆, 是一种突发性事故, 在日常运行管理中很难预测或发现, 所以危险性很大, 一旦发生将造成极大的损失和危害。因此, 为了减少柴油机曲轴失效现象的重复发生, 提高产品质量, 延长使用寿命, 开展对曲轴断裂失效分析和研究, 并提出针对性地改进和预防措施是十分必要的。

1 曲轴断裂失效的基本特征

工程构件在交变应力作用下, 经一定循环周次后发生的断裂称作疲劳断裂。曲轴断裂失效可以由多种原因引起, 而冲击疲劳失效是曲轴失效中最普遍的原因。疲劳断裂是瞬时发生的, 因此它的危害性很大, 甚至会造成机毁人亡的重大损失。工程上疲劳断裂占大多数, 约占失效总数的80%以上, 疲劳裂纹往往起始于某些应力集中区域, 这些应力集中是由于存在着表面不连续性所造成的。

曲轴疲劳断裂的一般特点为:

(1) 疲劳断裂是低应力循环延时效断裂, 即具有寿命的断裂, 其断裂应力水平往往低于材料抗拉强度, 甚至屈服强度。

(2) 疲劳断裂是脆性断裂, 在疲劳断裂前不会

发生塑性变形, 没有形变预兆, 它是在长期累积损伤过程中, 经裂纹萌生和缓慢亚稳扩展到临界尺寸时才突然发生的。因此, 疲劳断裂是一种潜在的突发性断裂。

(3) 疲劳对缺陷如裂纹、缺口、组织缺陷十分敏感。由于疲劳破坏是从局部开始的, 所以它对缺陷具有高度的选择性。缺口和裂纹因应力集中而增大了对材料的损伤作用; 组织缺陷(夹杂、疏松、脱碳、不良组织等)降低材料的局部强度, 三者都加快疲劳破坏的开始和发展。

2 曲轴断裂失效的影响因素

曲轴断裂失效的影响因素主要有以下几类:

(1) 曲柄与轴颈交接的圆角处是曲轴工作中受弯曲、扭转应力最大的地方, 由于过渡圆角较小且加工困难, 所以, 该处也是最容易产生应力集中的部位, 曲轴早期断裂失效的裂纹源大部分产生于此。

(2) 轴颈油孔也是曲轴的一个薄弱部位, 曲轴油孔开口处的加工质量和形状尺寸是影响曲轴疲劳强度的重要因素之一, 油孔如果加工不当, 刀痕明显或形状不规则都容易造成应力集中, 诱发疲劳裂纹的产生。

(3) 曲轴原材料的纯净度是影响曲轴工艺和使用性能的重要因素。当原材料中氢含量大于 2×10^{-6} , 材料的脆性倾向明显增大, 极易导致曲轴早期断裂失效。

(4) 曲轴材料42CrMoA钢与35CrMoA钢相比, 42CrMoA钢的热工艺性较差, 在热加工操作中比较

收稿日期: 2011-05-26

作者简介: 徐立华(1964—), 男, 副教授, 主要研究方向为内燃机制造与维修技术, E-mail: xlh8888@126.com。

容易产生开裂现象。曲轴材料的致密度差也是造成热处理淬火开裂的重要因素,当 42CrMoA 原材料低倍组织中的一般疏松或锭型偏析 5 级,同时碳含量达到或超过 0.44% 时,曲轴在波美度 3~3.5 的水玻璃水溶液中冷却开裂的危险性是比较大的。

(5) 曲轴热处理不当,淬火冷却不足形成大量的铁素体和上贝氏体组织是导致曲轴早期失效破坏的重要因素。曲轴组织中存在大量铁素体及上贝氏体,不仅影响曲轴的静态性能指标,使强度、硬度、冲击韧性降低,还会造成曲轴疲劳强度等动态性能指标大大降低,严重影响曲轴的使用寿命。

(6) 由于曲轴的正火不充分或过热而形成的奥氏体大小不匀且晶界异常平直以及具有方向性的上贝氏体、铁素体,也是导致曲轴综合性能较差的主要原因;同时使曲轴断口在裂纹扩展的过程中有明显的解理花样、人字形花样及河流状花样,呈现明显解理断口的特征。

(7) 曲轴锻造过程中,在轴颈圆角处形成的较深折叠层是曲轴致命的缺陷,成品曲轴圆角处一旦保留有锻造折叠层,曲轴使用后会迅速开裂失效。

(8) 轴颈圆角处的加工质量也是影响曲轴疲劳强度的关键因素。当曲轴制造或大修磨削时,如果在此留下明显的加工刀痕,将会造成明显的应力集中效应,大大降低曲轴的疲劳寿命。

(9) 柴油机在船舶上使用,其运行相对于陆地来说是不平稳的,轴系的振动非常大,自由端处一般没有载荷作用,此时整个轴系的扭振结点较易集中在此。扭振会使此处的表面应力明显加大,从而产生原始裂纹,导致曲轴早期断裂失效。

3 曲轴断裂失效的预防措施

根据曲轴的结构特点和制造工艺过程,提出以下针对性的预防措施:

(1) 曲柄圆角处是曲轴最薄弱也是受力最大的部位,90% 以上的失效事故都发生于此,加工磨削时应确保圆角过渡圆滑,粗糙度指标合格,以利于缓解此处的应力集中效应,提高柴油机曲轴的疲劳强度。

(2) 对于强化柴油机而言,应采取必要措施提高曲轴油孔孔口和其内表面的加工质量,如可采取专用成形工具加工油孔。孔口处研磨抛光时应小心谨慎,同时,应严格控制孔口椭圆长轴与最大主应力方向平行,这种取向对曲轴的疲劳强度最为有利。

(3) 严格规范锻造工艺,重点控制好终锻温度及模具尺寸精度,杜绝曲轴圆角处产生无可修复的折叠层。曲轴锻造后正火要充分,正火组织中不允许保留有未充分转变的锻造组织,以避免由于组织遗传造成淬火组织缺陷的产生。

(4) 曲轴原材料炉次、热处理炉次应进行批(炉)次管理,使曲轴热处理能根据原材料化学成分的具体情况有针对性地进行工艺操作,以减少曲轴淬火开裂概率,大锻件曲轴按材料化学成分的高低分类进行热处理是必要的。

(5) 曲轴淬火出现的开裂集中于曲轴的一端,原材料低倍组织的级别偏高是重要因素,所以希望钢厂能加大钢锭冒口和底部的切除量,保证切除量大于钢锭重量的 15%,降低曲轴原材料纵向的组织、性能差异;同时要减小锭型偏析的方框尺寸及偏析区宽,这样有利于改善曲轴表层范围的组织,为曲轴热加工提供合适的冶金质量基础。

(6) 优化曲轴热加工工艺,保证得到比较理想的金相组织,避免曲轴过热。锻造后应充分正火,细化晶粒并彻底消除锻造粗大组织,这样可以避免曲轴出现相对过热现象。如果曲轴已经发生过热或调质后力学性能偏低,须返工淬火时,必须对淬火回火状态的曲轴先进行一次重新正火处理,得到平衡组织后,再以正常温度加热淬火,这样可以改善组织、细化奥氏体晶粒,在奥氏体重结晶后获得正常的淬火组织。

(7) 柴油机曲轴返修时,应严格磨削、抛光工艺操作,特别是对圆角处磨削抛光应更加慎重,严禁造成磨削微裂纹及渗氮层被大量磨掉。另外,返修后应对渗层厚度进行估测,若渗氮层的损耗严重,应对曲轴重新进行氮化处理,确保曲轴表面得到符合要求的渗氮层。

(8) 完善有关管理制度,提高操作人员的质量意识和操作技能。质检人员的严格把关和责任意识也是重要的环节;同时,应严格规范柴油机使用现场操作管理,认真执行柴油机使用、维护、修理的相关标准与规定。

参考文献

- [1] 陈黄浦. 大型柴油机曲轴断裂失效分析[J]. 机械材料, 2007(9): 76-78.
- [2] 程绍桐, 王致钊, 程淑颖. 某四缸柴油机曲轴断裂失效分析及改进[J]. 内燃机配件, 2009(5): 26-29.