发动机连杆裂解制造工艺及设备分析

夏清 肖志飞

(承德苏垦银河连杆有限公司 河北 承德 067000)

摘要: 为了提高发动机的运行质量,针对发动机连杆的裂解制造工艺与设备展开讨论。首先,介绍连杆裂解制造工艺,分析工艺原理和应用流程;其次,介绍发动机裂解加工机理和连杆裂解制造设备与加工要点,明确裂解工艺在发动机连杆和相关设备中运用需要关注的内容;最后,总结实操中应重点关注的问题,提出了技术性建议,发挥裂解工艺优势,改善发动机连杆体和连杆盖结合面加工处理效果。

关键词: 发动机; 连杆; 裂解制造工艺; 结合面

0 引言

发动机连杆是重要的零件之一,使用传统制造工艺要求连杆杆身、连杆盖之间的结合面必须进行拉削、铣削、磨削处理,而且连杆盖部位的定位销孔、连杆螺栓孔也需钻、铰,提高连杆体、连杆盖装配的准确性。但是,为了完成以上操作,加工过程中需要用到大量精加工机床,加工工序也非常繁琐。连杆裂解制造工艺的应用对象为连杆杆身、连杆盖结合面,经过无屑断裂剖分加工处理,不仅可以简化加工工序,节省设备投资和制造成本,产品质量和装配精度与传统工艺对比也得到显著提升,而且制造工艺的承载力较强。关于发动机连杆裂解制造工艺和设备的应用,整体来说存在一些问题,为了发挥该工艺在实操中的优势,应结合发动机运行工况全面检查,根据工艺原理与技术要点,促使设备的稳定、安全运转。

1 连杆裂解制造工艺概述

1.1 连杆裂解制造工艺原理

连杆裂解制造工艺是以断裂力学为理论基础,金属材料极有可能发生断裂,常见的断裂现象包括:应力裂纹拉伸断裂;疲劳断裂;塑性变形颈缩断裂(脆性断裂)。在这三种断裂现象中,连杆裂解制造工艺便是以脆性断裂为基础。立足于微观角度分析脆性断裂这一现象,有穿晶断裂、沿晶断裂两种,其中穿晶断裂所需外力通常会超过材料拉伸极限,这必然会导致严重的裂解变形。然而,穿晶断裂裂纹扩展具有良好方向性,加上裂解面质量较好,沿着晶格方向发生的断裂一般会对应力槽提出严格要求,增加裂纹异向扩展几率。裂解力不高,所以也相应地降低了裂解后变形概率。

连杆裂解期间,很多断裂过程均是沿着晶格方向发生断裂,局部也会有穿晶断裂的现象存在。对于裂解质

量的剖析,依然是以沿晶断裂物理模型为理论基础总结应对办法。

1.2 连杆裂解制造工艺流程

发动机连杆裂解制造工艺在实操中的应用,具体流程如下:

- (1) 磨两端面;
- (2) 镗钻大小头孔、倒角、镗小头孔;
- (3) 加工螺栓结合面与螺纹;
- (4) 装配衬套;
- (5) 清洗后进行裂解槽加工,同时按照顺序实施裂解、螺栓装配处理;
- (6) 精磨两端面;
- (7) 阶梯与楔形的加工,随之开展精镗小头孔的加工;
- (8) 清洗后进行测量、分组、打号作业。

发生裂解过程首先需要连杆大头孔位置进行应力集中槽的对称加工,也称裂解槽。随后裂解夹具部位可采用裂解拉杆推动裂解涨套处理,实现零件的裂解工作,待最后结束裂解装配即可。

2 发动机裂解加工操作机理

2.1 脆性断裂

因为连杆裂解制造工艺的该理论基础为断裂力学脆性断裂理论。按照断裂力学理论,可以将断裂裂纹表面发生位移的形式分为3种,分别是张开型、滑移型和撕开型,依次对应为I型、II型、III型。如果断裂平面垂直的正应力拉力对物体本身存在作用力,那么这种现象便属于张开型断裂,也是发生脆性断裂的必要形式与条件。除此之外总结脆性断裂特征如下:

- (1) 一旦发生断裂,通常可承受工作应力低,而且相比材料屈服强度也比较低,导致塑性变形小;
- (2) 断裂很容易受到温度的干扰;

(3) 断口方向和正应力为垂直关系。

按照脆性断裂上述特点, 连杆裂解制造工艺利用连杆大头内侧挖出V型槽, 向垂直于预定断裂面施加正应力, 判断是否与脆性断裂发生条件一致, 保证没有发生塑性变形的情况下连杆体、盖塑性不会分离。为此, 在连杆裂解制造工艺实操中需要重点关注连杆材料、V型槽形状和应力的联系、操作环境温度等因素。

2.2 连杆材料

连杆材料和其金相组织会直接干扰到产品性能、切削性、可裂开性和断面质量, 是裂解工艺使用效果的决定性因素。为了保证符合裂解加工在质量方面的要求, 连杆材料必须在确保自身强韧综合性能指标基础上, 对连杆韧性指标加以限制, 促使断口显现出脆性断裂特征。当今裂解加工领域使用的连杆材料包括粉末冶金材料、锻钢等, 以前裂解工艺加工连杆多是以粉末冶金材料为主, 该材料脆性断裂性能较好, 而且粉末锻造毛坯还具有较高精度, 可以省略连杆毛坯粗加工流程, 粉末冶金锻造连杆加工进行到烧结成型阶段, 便可以预压出裂纹槽, 由此省略初始裂纹槽加工这一道工序。

然而粉末冶金连杆制坯需要投入较高成本, 加上抗疲劳强度比锻钢连杆低, 使得工艺本身应用范围受到限制。对比锻钢连杆, 具有较高的尺寸精度、组织结构和力学性能, 对于负荷大、转速高的发动机而言, 锻钢连杆呈现出较强的适应性, 而且还可以在疲劳强度、可靠性要求均比较高的环境下使用。如今, 锻钢连杆材料常用的型号为C70S6高碳微合金非调质钢, 为连杆裂解制造工艺实际操作提供诸多优势。

2.3 初始裂纹槽加工

初始裂纹槽的加工质量决定着连杆裂解加工效果, 初始裂纹槽可以制造出缺口效应, 并且将应力集中系数提高, 从而满足张开型断裂要求, 断裂现象能够按照预期发生在指定位置, 减小裂解加工载荷, 使裂解加工质量得到保障。设计初始裂纹槽, 其几何参数需要重点关注槽深、张角和曲率半径。例如, 加工时使用C70S6高碳微合金非调质钢作为连杆材料, 按照实际情况与需求, 依次设计参数如下:

(1) 槽深应控制在0.4 ~ 0.6mm, 如果槽深不断增加, 那么裂解力将会相应地减小, 若槽深较大, 裂解之后的大头孔精镗余量便会加大, 还有可能会在精加工之后有裂纹槽痕迹的现象;

(2) 曲率半径控制在0.1 ~ 0.3mm, 曲率半径较大的情况下既有可能发生撕裂现象, 同时会增加连杆大头孔变形概率、弱化断裂面啮合性。如果槽深和曲率半径维持不变, 那么在裂纹槽张角增加的情况下, 裂解力增大范围较小。裂纹槽加工既要严格控制槽深、张角和曲率半径这三个参数, 还需检查大头孔中心两侧位置的裂纹槽呈对称关

系, 而且槽深必须保持一致, 方可最大程度地降低槽深偏差。如果两侧位置的槽深不同, 很有可能发生一侧开裂但另外一侧未开裂的现象, 即“单边断裂”。

2.4 断裂剖面

断裂剖面和冲压面一样需要分为三区, 按照断裂源向外的顺序, 依次是纤维区、放射区、剪切唇。如果断面放射区比较宽, 代表材料塑性不好, 具有较大的脆性。相反, 若纤维区大, 则表示材料塑性、韧性良好。由此可见, 调高放射区宽度, 并且将纤维区宽度缩小, 可以满足脆性断裂条件要求。

3 发动机连杆裂解制造设备与加工要点

发动机连杆使用裂解制造技术, 其中加工连杆核心流程是加工裂解槽、有控裂解和定转矩装配螺栓。为了使相关设备能够稳定运转, 下面分别从加工裂解槽、有控裂解和装配螺栓三方面展开讨论。

3.1 加工裂解槽

裂解技术在使用之前, 应用在结合面指定位置制造出裂解槽, 且该裂解槽要保证较高的缺口敏感性, 为开始产生裂纹以及迅速扩展后发生脆性断裂创造条件。设计裂解槽时, 保证设计有效性可以改善参数, 如缺口效应、应力集中系数, 还能够降低裂解力、提升断裂效率。检查裂解槽形状、尺寸参数, 可以从张角、曲率半径、槽深和槽长等方面着手。如今在发动机运行中可选择的裂解槽加工法, 以机械拉削和激光加工两种最为常见。如果是粉末烧结锻造连杆, 通常烧结、锻造阶段便可以形成裂解槽。

根据实操经验, 机械拉削“V型”裂解槽不需要过高的成本, 加工环节的参数和制造精度具有较强可控性, 然而加工时拉刀磨损之后可能会变钝, 继而出现裂解槽曲率半径增加的情况, 该现象很大概率会使裂解发生缺陷, 所以加工过程务必要及时更换刀具, 或者由技术人员组织修刀。裂解槽是窄缝盲槽的一种, 通常会提出槽面质量的严格要求, 应用普通二氧化碳激光器一般不能够满足加工要求。

对比YAG固体激光器这一设备, 在加工裂解槽时, 不仅效率较高, 而且还具有切缝窄、不会磨损刀具、容易裂解和重复精度高等优势, 能够有效控制大头孔裂解变形这一现象, 并优化裂解力。但是, 激光器在加工时表现出来的参数和材料特性均会影响槽宽均匀度、槽面质量和深度的一致性, 所以在加工之前必须科学选择激光器, 调整好输出功率、输出模式、重复频率、切割速度、焦点部位和光束入射角等相应的加工参数。

3.2 有控裂解

裂解流程是技术应用的关键, 裂解期间需要提高裂解槽启裂效率, 裂纹定向扩展直至闭合, 从而快速形成

脆性断裂面,通过裂解操作也可以发现,载荷施加方法、载荷大小、速度等,均会直接影响到断裂的实际情况。应用“背压”裂解法,同时应施加瞬态阶跃裂解主动载荷,可以改善裂解质量。这种“背压”裂解法联系下拉式楔形裂解机构同时使用,对背压力、裂解主动力之间比例的调整有良好控制效果,提高裂解过程的精度、质量和效率,保证断裂面性能。

裂解机床是操作中非常重要的设备,对于该设备而言连杆定位、压紧和裂解三项功能非常关键,还需对装配螺栓予以考虑,裂解机床的复位准确度高,可使裂解之后连杆本体、连杆盖复位精度得到保证,而且断裂面啮合度满足规范,为后续的加工操作创造条件。

3.3 装配螺栓

机械加工是相对重要的环节,为了使机械加工得以有序进行,连杆裂解之后应运用螺栓达到连杆杆身、连杆盖的装合效果,根据技术规范施加扭矩。因为断裂面形态呈现为犬牙交错状,所以装配螺栓时,裂解之后的连杆杆身、连杆盖必须完全啮合,而且不能出现错位现象。以免发生错位、施加扭矩差异等问题,建议两侧位置螺栓装配同时展开。装配螺栓环节的重点,在于螺栓预装配、定扭矩装配。其中螺栓预装配的作用是加强断裂面,在预装配之后,扭矩卸载便可以分离连杆杆身、连杆盖。断裂面随之进行吸尘处理,或是利用高压气体清渣,根据连杆技术规范重新装配螺栓,直到满足要求扭矩即可结束。

4 连杆裂解制造工艺应用应注意要点

根据发动机连杆裂解制造工艺及相关设备的操作经验,需要重点关注其中一侧裂解槽快速启裂导致的单边裂解现象,裂解时塑性变形明显将导致头孔失圆,连杆外轮廓也会产生大范围掉渣现象。由于裂纹分叉,可能发生断裂面夹渣,断裂面啮合性能差,裂纹扩展偏移也会引发断裂面从指定位置偏移的现象。为了杜绝以上问题,并且保障连杆裂解实际操作的效果,提出以下技术性举措。

(1) 结合实际需求选择裂解连杆材料,尤其要符合连杆机械性能、裂解工艺的使用需求,根据经验发现,连杆材料选择是导致裂解问题的关键性因素,如选择常规42CrMo连杆,即使裂解槽条件优异,也会有很大概率出现无法裂开、塑性变形明显,以及大头孔明显失圆等缺陷。

(2) 制定科学裂解槽设计方案,曲率半径比较小的裂解槽能够提升缺口效应,改善应力集中系数、减小裂解力和裂解变形,保证断裂操作的质量。因为大头孔精镗和珩磨加工余量存在诸多限制性条件,裂解槽深度不能超过0.7mm,圆角半径在0.3mm以下,裂解之后的

大头孔直径平均变化量应该在0.08mm以内。

(3) 采用多元化加工技术,使裂解槽槽面加工效果和两侧部位的裂解槽加工精度有所保障,为两侧部位裂解槽同步启裂、断裂创造条件,还可以避免撕裂以及单边裂解等不良现象。

(4) 裂解时,连杆杆身、连杆盖仅支持反向直线运动,双方的所有相对转动均会威胁到加工质量,致使正常装合受到影响,所以裂解机床工装和卡具设计、制造、装配等流程,必须保证精度。裂解力施加机构强度、耐磨性也是如此。

(5) 工件处于任何工序中,其传送环节的精准度、定位准确性必须得到保障,特别是裂解之后螺栓装配环节,连杆杆身、连杆盖务必完全啮合,不能发生错位,而且两侧位置螺栓扭矩必须相同,这是大头孔精加工质量的关键性条件。

5 结语

综上所述,发动机连杆作为非常关键的零部件,使用裂解工艺不仅可以提高加工精度和效率,还有利于改善发动机设备的运行效果,无论是前期设计还是实操,发挥裂解工艺优势,可以为后续加工环节打好基础。技术人员利用裂解工艺优化连杆体和连杆盖结合面加工效果,并且为今后发动机设备裂解工艺的熟练运用积累经验。

参考文献:

- [1] 黎毅锋,刘智,刘俊,等.基于电火花线切割工艺的发动机连杆裂解槽加工技术综述[J].制造技术与机床,2021(08):108-112.
- [2] 苏培林,程焱,王冠,等.激光加工胀断连杆裂解槽技术研究现状[J].激光与光电子学进展,2021,58(11):59-67.
- [3] 赵静.发动机连杆裂解后大端孔变形量的影响因素分析[J].汽车工艺师,2019(12):37-40.
- [4] 张浩强,覃东强,巩金麟,等.新型连杆裂解机床电气控制系统设计[J].机械研究与应用,2019,32(05):124-126.
- [5] 周飞,苑高辉,胡晓峰.一种工位集成的连杆裂解设备的研制[J].内江科技,2019,40(07):29-31.
- [6] 党林媛,卢耀辉,卢川,等.基于应力强度因子的发动机连杆裂解力数值模拟分析[J].装备环境工程,2019,16(03):106-110.
- [7] 马燕.汽车发动机的剖分式连杆裂解机制和过程[J].汽车科技,2018(04):88-91+95.
- [8] 张冲,王冠,杨志刚,等.脉冲光纤激光加工36MnVS4连杆裂解槽的研究[J].激光与红外,2018,48(03):285-290.