

关于发动机起动齿圈非正常失效原因的思考

丁洁

昆明云内动力股份有限公司 云南昆明 650214

摘要: 发动机作为机械、载具等提供动力的重要构成, 若在运行过程中, 起动齿圈出现各种不正常失效, 不仅会对发动机造成不良影响, 更会阻碍各类生产行为的有序进行。本文着重分析了导致发动机起动齿圈非正常失效的原因, 并提出了一些具有可行性的优化措施, 期望能够为相关企业精进技术、保证起动齿圈稳定提供一些有效参考。

关键词: 发动机; 起动齿圈; 非正常; 失效原因

Consideration on the causes of abnormal failure of engine starting gear ring

Jie Ding

Kunming Yunnei Power Co., Ltd., Kunming City, Yunnan Province, 650214

Abstract: The engine is an important component of a machine and vehicle to provide power. If various abnormal failures of the starting gear ring occur during operation, it will not only cause adverse effects on the engine but also hinder the orderly progress of various production behaviors. This paper analyzes the causes of abnormal failure of the engine starting gear ring and puts forward some feasible optimization measures, hoping to provide some effective references for related enterprises to improve their technology and ensure the stability of starting gear ring.

Key words: engine; Starting gear ring; abnormal; Failure reason

引言

发动机作为当下时代非常重要的动力枢纽之一, 在生产领域, 确保发动机稳定运行, 生产活动才可以顺利开展, 在汽车领域, 发动机稳定运行, 才可以确保汽车平稳行驶。而起动齿圈作为发动机的核心构成, 若在发动机运行过程中, 起动齿圈出现一系列非正常失效现象, 会对发动机造成直观的破坏, 并影响依托发动机进行工作设备的正常运行。不同于正常损耗等问题, 非正常失效具备极为明显的随机性, 其发生没有任何征兆, 但造成的后果会极为严重。对此, 有必要获悉各类非正常失效的形成原因, 并进行针对性改善, 从而维持发动机及其各类零部件的稳定性。

一、发动机起动齿圈概述

发动机起动齿圈, 即指安装在发动机飞轮最外围的金属齿轮零件, 其在发动机中最重要的作用是将齿轮与起动电机进行啮合, 继而使起动电机能够将电能有效转化为机械能, 带动发动机飞轮开始运转, 是将势能转化为动能的重要构成。

通常情况下, 发动机的作业环境都存在一定的复杂性, 因为发动机需要承载的设备通常都具备一定的体量, 所以在进行势能传导时, 起动齿圈要在极短时间内承受极大的冲击力, 这无疑对起动齿圈本身的质量有着极高

的要求, 在运行过程中, 起动齿圈只有具备不俗的韧性, 才能有效消化轮齿间啮合所产生的冲击能量, 避免齿轮崩坏, 所以起动齿圈对工艺、材料、设计等方面均有着非常高的要求。

二、发动机起动齿圈非正常失效现象产生的原因

观察起动齿圈的外部形状可以看出, 起动齿圈属于环形结构的一种, 其在工作过程中, 所有接触面均会受到持续的冲击与摩擦, 所以随着运行时间的间距, 齿轮间隙必然会不断扩大, 直至无法正常啮合, 导致势能无法有效传导, 启动总成整体失效。但是这一现象是发动机运行过程中必然会出现的问题, 即使发动机处于完美的的工作环境, 各材料均为最优质的材料, 这样的问题也无法避免, 故此属于正常失效范畴。然而, 起动齿圈在运行过程中, 经常还会出现裂纹、打齿、折断等问题, 且问题产生的时间不能确定, 具备突发性特征, 这样的问题即为不正常失效。相较于正常失效, 非正常失效的原因、形式更加庞杂, 只有获悉各类不正常失效现象产生的根本原因, 才能形成有效的控制。

(一) 裂纹问题的实际原因

发动机根据应用环境的不同, 制造起动齿圈的材料也会完全不同, 譬如柴油发动机普遍会选择 45 钢作为起动齿圈的主要材料。尽管此材料能够满足相应的质量要求, 但是制造工艺非常复杂, 尤其是在高频淬火环节,

若无法对工艺进行有效控制,材料非常容易出现裂缝问题,在投入使用后,必然会导致一系列非正常失效问题。由此可见,裂纹问题的原因是极为复杂的,淬火等热处理工艺、材料自身原因,都会导致启动齿圈出现裂纹,尤其是在启动齿圈齿根等位置,不仅容易出现裂纹,更会出现开裂问题^[1]。从材料角度来看,这与启动齿圈原材料含碳量过高有着直接的原因,因为启动齿圈对刚性的需求一般,更需要的是极强的韧性,而若材料含碳量过高,必然会导致启动齿圈刚性超标,启动齿圈若以这样的形式投入使用,极容易出现应力集中问题,最终因为受力过载而出现非正常失效问题。总的来看,该类问题的形成与多方存在密切关系,所以在控制时,难以确定控制的要点,所以经常容易出现疏忽现象,导致启动齿圈以一种有损的现象投入使用,埋下诱发非正常失效的隐患。

(二) 点蚀问题的实际原因

启动齿圈在传导势能时,齿轮理论上会以线接触的形式进行,但通过实际情况可以看出,因为启动齿圈具备不俗的韧性,所以齿轮在工作时会出现弹性变形,故此齿轮之间的接触会非常有效,而接触面过小,接触应力就会变大。同时,又因为接触应力会从零不断增加至最大值,又会逐渐减小到最小值,所以启动齿圈长期均处于接触应力的反复作用下,继而会导致齿圈表面出现裂纹。实际上,这样的裂纹可以归属到正常失效的范畴内,但是若并未对此现象进行及时解决,导致润滑油通过裂纹进行渗透,那在接触应力的不断作用下,会产生极高的油压,继而使裂纹不断扩充放大,最终导致齿圈表层金属块脱落形成凹坑。此类问题通常会出现在齿圈的齿根处,因为这部分齿的滑动速度相对较慢,但摩擦力会更大啮合时齿轮的对数会更少,所有接触应力会更大。点蚀问题分为很多种,譬如启动齿圈运行过程中,齿轮工作时,若出现齿面接触不良问题,就会产生麻点,但当齿圈后续恢复后,接触应力会变得均匀,麻点会自动消失。这种点蚀问题属于非常正常的现象,并不会对启动齿圈的运行造成恶劣的影响,属于可控范畴。但是,启动齿圈若出现上述凹坑状点蚀问题,则会瞬间导致启动齿圈传动失效^[2]。

(三) 齿圈磨粒磨损问题的实际原因

齿圈磨损主要是指启动齿圈在传导势能过程中,材料的正常磨损现象。依照启动齿圈的实际运行情况来看,正常磨损并不会对启动齿圈的工作造成影响,这类磨损均属于正常失效。但是,启动齿圈在运行过程中,若不慎落入铁屑等磨料物质后,齿圈则会发生磨粒磨损,这一现象会直接导致启动齿圈齿廓受损,继而使势能传导出现不平稳现象,当产生这一现象后,发动机会产生巨大的噪声,且势能传导的冲击力不会再被有效消解,最终导致齿圈折断。

(四) 新齿断裂问题的实际原因

启动齿圈在制造时,均会接受热处理工艺处理,这是确保启动齿圈质量的重要工序。依照目前启动齿圈制造过程中的热处理工艺来看,普遍都会选择高频淬火工艺,通过这样的工艺可以确保启动齿圈的齿面被完全淬透,且在工艺无误的情况下,齿根可以获得有效的韧性,继而在后续使用过程中有效吸收传导势能过程中的冲击力,保持齿圈的完好性。但依照目前的实际情况来看,热处理环节并没有得到有效的控制,所以存在大量新齿投入使用就发生断裂的问题,归根结底这一问题的产生就是因为是在热处理环节,齿根未能得到充分的处理,继而齿面会留有参与应力,启动齿圈的抗弯曲能力会大幅降低,继而在运行过程中频繁出现齿根断裂问题。热处理作为启动齿圈制造最为关键的环节,是为齿圈赋予足够刚性、韧性的重要工艺,一旦此环节出现失误,启动齿圈在投入使用后必然会出现非正常断裂问题^[3]。

(五) 加工问题的实际原因

通常情况下,启动齿圈在接受加工工序时,在完成常规加工后,通常还需要进行倒角加工以及滚齿加工,在这一系列过程中,工件被刀具反复滚过后,就会出现积痕,若不能及时清除而直接投入使用,积痕处会自动形成应力集中区。而当出现应力集中区后,齿圈正常运行时,所有的磨损、消耗问题都会优先透过积痕区开始,当超出积痕区承受范围后就会出现崩断问题。

(六) 过盈配合问题的实际原因

启动齿圈在运行过程中会与飞轮装配形成过盈配合,实际过盈量的大小,将决定启动齿圈与飞轮接触面的应力大小。两者在进行过盈配合时,所有零部件受到的压力会随着过盈量额变化而不断变化,若不能对过盈量进行有效控制,压力超过零部件实际承受范围,则会出现一系列非正常失效问题。过盈配合问题的产生,主要与质量控制管理工作密不可分,因为过盈量控制本就是质量管理的重要环节,譬如磁粉探伤、含碳量等均隶属于质量控制管理范畴,过盈量也是如此。若生产质量控制体系,无法对启动齿圈过盈配合进行有效控制,则必然会导致其过盈量出现问题,继而诱发非正常失效问题。

三、发动机启动齿圈非正常失效改进策略

(一) 持续优化启动齿圈设计

设计是保证启动齿圈合理性的先决条件,在当今时代背景下,越来越多技术可以应用在启动齿圈实际环节,例如 BIM 技术,将启动齿圈的结构方案,强度参数等各项数据确定后,可以先通过 BIM 技术进行模拟预演,当确保此方案启动齿圈模拟表现无误后,则可将其确立为最佳设计方案^[4]。同时,还可以通过计算机高效计算出启动齿圈齿根的弯曲应力,并以此为标准选择合适的工艺,使齿根的弯曲应力能够被有效分散,提升齿根的整体强度。在完成启动齿圈设计后,还应对其制造工艺进

行有效的设计,譬如可以通过齿面喷丸工艺提高齿面的弯曲疲劳强度,通过更高水准的起动齿圈设计水准,为起动齿圈的投入运行奠定更好的基础,从根本上降低非正常失效问题的出现。

(二) 选择具备高性能的原材

原材作为决定起动齿圈质量基础的根本,在制造起动齿圈时,一定要根据具体的性能要求,如实际刚性、韧性、抗弯曲强度等参数选择最为契合的起动齿圈材料,从而降低起动齿圈在运行过程中因自身问题出现非正常失效问题的可能性。譬如,低碳合金渗碳钢作为材料,该材料能够有效满足降低起动齿圈的含碳量,继而增强原材的淬透性,使原材在接受热处理时,能够被全面淬透。除此之外,根据发动机的实际应用场景,还可以选择真空脱气精炼钢等杂质更少、韧性更强的材料,为起动齿圈赋予更强的性能。

(三) 不断精进加工工序

在加工启动齿圈时,精度是最为主要的要求,以切齿深度为例,在进行该环节加工时,一定要通过百分表控制实际深度,要将误差控制在零位附近,这是确保起动齿圈投入使用后能够充分啮合的基础工。此外,对起动齿圈的齿形也要进行严格的控制,为了保证齿面本身的粗糙度,可以在确保精度的同时,通过电抛光等技术提升齿面的粗糙度。而为了有效降低齿根应力集中、偏载等问题,则可以引入齿面修形、磨齿、剃齿等技术。

(四) 加强热处理工艺环节控制力度

起动齿圈在运行过程中,始终保持稳定避免非正常失效问题出现,并不是依靠表面刚度就可以做到的,其内层剪应力提供的韧性也会发挥巨大作用,而这些都是透过热处理环节才能得到的,所以必须要对热处理工艺进行强化控制。譬如,在对齿轮进行硬化处理时,应该选用深层渗碳淬火工艺,以此来确保热处理工艺的深度,确保起动齿圈的芯部可以被完全淬透。此外,要在热处理环节解决起动齿圈含碳量过高的问题,要反复进行回火、淬火工艺,将起动齿圈表面硬度控制在 HRC58 ~ 62 之间^[5]。为了达到这一目的,可以积极选用氮碳共渗等热处理工艺,科技的进步使热处理环节的选择性也不断扩增,单以氮碳共渗工艺为例,相较于传统工艺,其能为起动齿圈提供三成以上的极限应力。故此,在对启

动齿圈进行热处理时,不仅要对过程进行严格控制,更要根据实际需求选择最为契合的热处理工艺,从而为起动齿圈提供更强的质量保证。

(五) 强化齿圈表面处理

起动齿圈表面处理是制造加工的最后一项工序,该环节的重点是对齿圈的齿根与齿面进行强化处理。为了提升强化的实际效果,应该选用更为优质的工艺手段,譬如喷丸强化处理,该工艺不仅可以有效提升齿面抗裂纹性能,更能提升齿根的弯曲疲劳强度,使起动齿圈的实际载荷有效降低。此外在该环节,还应注意及时清除积痕等问题,将加工过程中对起动齿圈造成的不良影响全部剔除,继而使起动齿圈能够以完美的姿态投入运行,最大程度降低非正常失效问题的出现。

四、结束语

起动齿圈的质量决定了发动机是否能够有效发挥功能,故此生产企业应不断提升对起动齿圈非正常失效问题的重视程度。要在生产过程中及时剖析不正常失效问题产生的原因,并通过可行措施进行解决,为起动齿圈赋予更强的性能,为发动机持续创造效益提供基础保障。本次研究仍具备一定的局限性,故此只根据各类非正常失效问题的产生原因,提供一些浅薄的改进策略,若想完全避免非正常失效问题的出现,仍需多方投入精力时间进行探讨,期望本此研究可以对各方提供有效的探讨思路。

参考文献:

- [1] 梁娜. 后桥从动齿轮失效原因分析 [J/OL]. 金属功能材料 :1-5[2022-08-11].
- [2] 杨运通. 齿轮传动耐久性分析及优化设计 [D]. 电子科技大学,2022.
- [3] 周旭. 汽车起动机内齿圈异常磨损分析研究 [J]. 内燃机与配件,2021(13):164-166.
- [4] 王春雁,袁晓桐,王芳,等. 发动机起动机驱动齿轮断裂原因分析 [J]. 内燃机与配件,2021(07):156-157.
- [5] 李盛. 工程机械发动机起动齿圈非正常失效原因探究 [J]. 汽车零部件,2019(09):65-67.

作者简介: 丁洁(1985.7.7),女,汉族,江苏金湖人,硕士,高级工程师,研究方向:机械工程。