

农业拖拉机齿轮失效模式分析

王静 (东营职业学院工业工程系, 山东东营 257091)

摘要 研究了农业拖拉机齿轮的失效方式、失效原因, 并通过试验从材料的选择上给出了农业拖拉机不同齿轮类型的常用材料以及热处理方法, 在农业拖拉机齿轮的设计中具有一定的参考价值。

关键词 拖拉机齿轮; 失效分析; 材料; 热处理

中图分类号 S232 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)06-01881-02

1 零件的失效分析

零件丧失其规定功能的现象称为失效。零件失效的主要形式可归纳为3类: 强度失效、刚度失效、磨损。从分析失效形式出发, 采取对策, 这是零部件工作能力设计的合理思路。失效的原因主要在设计、材料、工艺、安装使用4个方面, 所以失效分析中的试验研究也应该主要集中在这些方面。要充分利用各种宏观测试和微观观察手段, 有系统、有步骤地分析失效零件中的变化, 以便从中找到机械零件失效的真正根源。为保证零部件的工作能力, 避免失效, 一般可采取以下措施: 控制零件尺寸。按强度、刚度等工作能力准则计算零件尺寸, 在满足工作要求条件下尽量使尺寸紧凑。合理选择材料和热处理。从考虑强度出发选择强度极限较高的材料, 同样尺寸的零件可承受更大载荷而不致破坏; 从考虑刚度出发选择弹性模量较大的材料, 在相同工作条件下可减少变形量; 提高硬度或合理选配磨擦副材料可大大减少磨损。确定合理的结构。结构合理是保证零部件正常工作能力的重要因素。如带传动用张紧装置保证初拉力, 才能防止打滑而维持正常工作。合理使用和维护。齿轮传动工程中的维护, 如润滑都将直接影响其工作能力。

失效分析是一门边沿的、交叉的、综合性的新兴学科, 它包括逻辑推理和试验研究2个方面。在实际应用中, 应把它们结合起来, 以确定零件失效的原因, 并制定相应的补救和预防措施, 以防同类事故的再次发生。这里主要谈及试验研究方面。应足够重视零件失效及有关失效分析在材料选用中的重要地位, 以养成在分析零件实际工作条件时结合零件常见失效形式, 找出最主要的失效形式, 从而为正确地确定零件最关键的性能要求奠定正确的思路。

2 农业拖拉机齿轮失效的原因

断裂是齿轮失效的主要形式。轮齿折断的主要原因有: 材质、硬度。齿轮的硬度过低, 导致使用弯曲应力不够, 无法保证齿轮的弯曲疲劳强度。齿根过度半径过小或者划痕引起的应力集中。表面粗糙度超过使用要求, 加工带来的损伤(如磨削烧伤、滚切拉伤)。过载, 使齿根危险截面的工作弯曲应力过大。

疲劳点蚀是又一重要失效形式。齿轮表面发生点蚀和剥落的原因主要是齿轮的接触疲劳强度不足所致。这种点蚀和剥落与磨损的不同之处在于, 金属不是以微粒形式被磨损掉, 而是以成块的形式发生剥落, 造成齿面凹坑, 严重地破

坏了齿型的正确性。其破坏过程是: 首先在齿面产生微小裂纹, 润滑油进入疲劳裂纹, 再经过多次反复的啮合作用, 使裂纹不断扩展和延伸, 润滑油随着裂纹的扩展与延伸不断向裂纹深部充满, 直到有一小块金属剥落而离开齿面。这种现象破坏了齿轮的正常啮合性能。齿面发生点蚀的主要原因有:

材质、硬度和缺陷。齿轮的材质不符合要求; 影响齿轮接触疲劳强度的主要因素是热处理后的硬度较低, 无法保证齿轮应有的接触疲劳强度; 此外, 齿表面或内部有缺陷, 也是接触疲劳强度不够的原因之一。齿轮精度较差。齿轮加工和装配精度不符合要求, 如啮合精度、运动精度较差等。还有圆弧齿轮的壳体中心距误差太大。润滑油不符合要求。使用的润滑油的牌号不对, 油品的粘度较低, 润滑性能较差。油位过高。油位过高, 油温上升较高, 降低了润滑油的粘度, 破坏了润滑性能, 减少了油膜的工作厚度。

3 有效避免齿轮失效的方法——合理选择材料

从上面分析可以看出, 齿轮的材料是导致齿轮失效的最根本的原因, 齿轮材料应具备下列条件: 齿面具有足够的硬度, 以获得较高的抗点蚀、抗胶合和抗塑性流动的能力; 在变载荷和冲击载荷下有足够的弯曲疲劳强度; 具有良好的加工和热处理工艺性; 价格较底。最常用的材料是钢, 钢的品种很多, 且可通过各种热处理方式获得适合工作要求的综合性能。

机床类齿轮由于工作条件较好(无强烈冲击, 工作平稳), 大多可选调质钢(45、40 G 等)制造, 经调质(或正火)处理+高频淬火、低温回火, 这是一般规律。特例: 当高速且承受冲击载荷较大时(如立式车床上的重要齿轮)宜选20 G MnTi(20 G)等渗碳钢制造, 经渗碳+淬火+低温回火处理。但农业拖拉机的传动齿轮, 由于承载较重, 受冲击频繁, 其耐磨性、疲劳强度、芯部强度以及冲击韧度等, 均要求比机床齿轮高, 故一般均采用渗碳钢制造, 经渗碳+淬火+低温回火处理, 表层碳含量大大提高, 保证淬火后高硬度、高耐磨性和高的接触疲劳抗力。由于合金元素提高淬透性, 所以经淬、回火后可使工件芯部获得较高的强度和足够的冲击韧度。但其中对于农业拖拉机的油泵齿轮等承载轻、受冲击小的场合, 亦可选调质钢经调质处理使用(这是特例)。

4 应用举例

有一农用车变速箱齿轮, 使用中受一定冲击, 负载较重, 齿表面要求耐磨, 硬度为58~63 HRC, 齿芯部硬度33~45 HRC, 其余力学性能要求为: $\sigma_b = 1000 \text{ MPa}$, $\sigma_{-1} = 440 \text{ MPa}$, $a_K = 95 \text{ J/cm}^2$ 。试从所给材料中选择制造该齿轮的合适钢种, 制订工艺流程, 分析每步热处理的目的及其组织。

4.1 分析 由题意可知,此农用车变速箱齿轮在工作时负荷较重,每个齿受交变弯矩的作用,因此要有高的强度和高的疲劳强度。齿轮还受到较大的冲击,故要求有高的冲击韧度。齿表面为防止磨损,要求具有高硬度和高耐磨性(58~63 HRC)。每个齿除受较大的弯矩外,齿表面还承受较大的压力。因此不仅要求齿表面硬度高、耐磨,还要求齿的芯部具有一定的强度和硬度(33~45 HRC)。根据以上分析,可知该农用车齿轮的工作条件比机床齿轮要求苛刻,因此在耐磨性、疲劳强度、芯部强度和冲击韧度等方面的要求均比机床齿轮要高。调质钢45钢不能满足使用要求(表面硬度只能达50~56 HRC)。38CrMoA为氮化钢,氮化层较薄,适合应用于转速快、压力小、不受冲击的使用条件,故其不适合做此农用车齿轮。渗碳钢20CrMnTi经渗碳热处理后,齿表面可获得高硬度(58~63 HRC)、高耐磨性。由于该钢淬透性好,齿芯部可获得强韧结合的组织,具有较高的冲击韧度,故可满足使用要求。因此该变速箱齿轮选用20CrMnTi钢制造。

4.2 结论

制造该齿轮的适宜钢种为20CrMnTi,其加工工艺路线

为:下料 锻造 正火(950~970 空冷) 机加工 渗碳(920~950 渗碳6~8 h) 预冷淬火(预冷至870~880 油冷) 低温回火 喷丸 磨齿。

其中每一步热处理的目的及相应组织为: 正火。细化、均匀组织,改善锻造后组织,提高其切削加工性。经正火后的组织为F+S。 渗碳。表面获得高碳,保证经淬火后得到高硬度、高耐磨性。渗碳温度下对应的组织为A+K。

预冷淬火。齿表面获得高硬度、高耐磨性,其对应的组织为高碳M+碳化物+残余A;齿芯部强、韧结合,对应的组织为低碳M+F+T。再经低温回火后,减少淬火应力、稳定组织,其相应组织为:表面 $M_{\text{回}}+K+A_R$,芯部 $M_{\text{回}}+F+T$ 。

参考文献

- [1] 林清安. PRO ENGINEER 2001 零件设计[M]. 北京: 北京大学出版社, 2001.
- [2] 忘忠保. 疲劳设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1991.
- [3] 何世禹. 机械工程材料[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1990.
- [4] 蔡春源, 蒋尊贤, 李自治. 机械设计手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1990.