

高校食品工程教学丛书

食品机械设备的修理、维护与使用

宋人楷 姜 深 姜大伟 主 编

江苏工业学院图书馆
藏书章

吉林摄影出版社

吉新登字 14 号

高校食品工程教学丛书
食品机械设备的修理、维护与使用
宋人楷 姜 深 姜大伟 主编

责任编辑:吴 菲

封面设计:吴晓

吉林摄影出版社出版、发行

长春市二道商务彩印厂印刷

787×1092 1/16 11.625 印张 2000 年 12 月第 1 版

232 千字

2000 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 7-80606-021-9/G.6

定价:16.00 元

编 委 会

主 编
副主编
编 者

宋人楷
王 戡
郑华艳
宋人楷
王 戡
郑华艳
糕同友

姜 深
李延辉
王英臣
姜 深
李延辉
王英臣
明 哲

姜大伟
李春艳
姜大伟
李春艳
赵 伟

前 言

食品机械与设备是食品工业企业的重要生产手段,也是生产力的重要要素。随着对外开放和经济改革政策方针的贯彻,我国食品工业和食品机械工业迅速发展,产品品种和产量、质量都大幅度提高。特别是近 20 多年来,我国成套引进了大批食品机械设备,不仅大大促进了国内技术水平的提高,缩小了和世界先进水平的差距。同时也对强化设备管理,提高广大工程技术人员和技术工人的素质,起到了促进和提高的积极作用。

食品机械与设备是食品工业生产的重要物质基础,是实现食品工业生产机械化、自动化和现代化的重要手段,是保证食品工业安全、稳定、连续、节奏性生产的重要工具。然而要实现食品机械与设备的上述作用,必须保证食品机械与设备经常处于良好状态。为此必须作好食品机械与设备的修理、维护与使用工作。

食品工业行业有自己的行业特点,其生产过程是在高温、高压、深冷、真空、潮湿、酸碱等条件下进行,相对其他行业,工艺条件更苛刻和恶劣。机械设备的零部件更容易遭受到变形、断裂、磨损和腐蚀而失效最终导致机械设备的损坏和停产,严重者会导致工厂危险事故的发生,使生命和财产受到威胁。日常的维修使用管理、特别是动态管理更为重要。为此食品机械与设备的修理、维护与使用必须满足:1、生产设备的安全、稳定、满负荷运行;2、生产设备的高运转率;3、延长机械设备的寿命,可靠性较大;4、不断改进,应用新技术。

《食品机械设备的修理、维护与使用》一书较系统地介绍了食品机械设备修理、维护的基本理论与基本知识和修理过程;食品机械设备修理中的零件测绘设计和材料选用;食品机械设备的修复技术与腐蚀防护;食品机械设备的故障诊断技术;食品机械电器与液压传动的使用、维护和常用食品机械设备的使用、维护与故障排除。本书既介绍了传统的、一般的修理、维护技术,又涉猎了现代的和最新的修理、维护技术,增强了本书的实用性和新颖的特点。所介绍的修理、维护和故障排除方法是经过多厂多年广大技术人员的实践而总结出的。本书是食品工业行业中从事设备管理人员、机械工程师、电气工程师、技术工人、设备使用操作人员和食品工程、农畜特产品加工等大专院校师生必不可少的阅读专业书籍。

由于编写水平有限,难免有不适合之处、甚至错误,欢迎广大读者批评、指正。

在编写过程中得到了全国同行和专家的专业指导、支持和帮助,在此谨向他们表示衷心的感谢。

编者

2000 年 6 月

目 录

第一章 食品机械设备修理与维护的基本知识	1
第一节 食品机械设备零件的失效	1
第二节 食品机械设备零件的磨损	5
第三节 食品机械设备修理前的准备工作	10
第二章 食品机械设备的拆卸与装配	14
第一节 食品机械设备的拆卸	14
第二节 食品机械设备零件的清洗和检验	17
第三节 食品机械设备零部件的装配	19
第四节 食品机械设备零件的装配方法	26
第三章 食品机械设备的材料	28
第一节 食品机械设备对材料的一般要求	28
第二节 食品机械设备常用的金属材料	29
第三节 食品机械设备常用的非金属材料	33
第四章 食品机械设备修理中的零件测绘设计	37
第一节 食品机械设备零件测绘设计工作过程和一般方法	37
第二节 食品机械设备一般零件的测绘方法	41
第三节 食品机械设备标准件和标准部件的处理方法	45
第五章 食品机械设备失效零件的修复技术	46
第一节 食品机械设备零件修复工艺概述	46
第二节 食品机械设备零件的修复工艺	47
第三节 食品机械设备的热喷涂技术	51
第四节 食品机械设备的堆焊修复技术	55
第五节 食品机械设备的特种电镀技术	57
第六节 食品机械设备的激光修复技术	59
第七节 食品机械设备的胶接修复技术	60
第八节 食品机械设备的渗漏型机件修复	63
第六章 食品机械设备的腐蚀原理和腐蚀防护	66
第一节 金属腐蚀作用和腐蚀现象	66
第二节 腐蚀基本理论	67
第三节 金属腐蚀的速度与金属材料的耐蚀性	79
第四节 金属腐蚀防护和非金属防腐蚀材料	87
第七章 食品机械设备故障诊断	93
第一节 食品机械设备故障诊断概述	93
第二节 食品机械设备故障诊断的一般思维方法	95
第三节 食品机械设备故障的振动诊断	96
第四节 食品机械设备故障诊断的油样分析技术	103

第五节	食品机械设备故障诊断的温度监测方法	104
第六节	食品机械设备无损检测技术	105
第七节	食品机械设备故障诊断的最新进展	107
第八章	食品机械设备电气、电子设备的使用与维修	109
第一节	电子仪器设备的日常维护和维修基础知识	109
第二节	电子仪器设备的运行使用注意事项	116
第三节	维修电子仪器设备的一般程序	117
第四节	常用低压电器的使用及维修	121
第五节	熔断器	125
第六节	接触器	125
第七节	继电器	126
第八节	主令电器	129
第九节	食品机械电气控制设备的维护及检修方法	131
第九章	食品机械设备液压传动系统的使用与维护	138
第一节	液压系统的调试	138
第二节	液压系统常见故障分析及排除	139
第三节	食品机械液压传动所用油液的要求和选用	142
第十章	常用食品机械设备的使用、维护与故障排除	144
第一节	物料输送机械与设备	144
第二节	清理机械与设备	148
第三节	谷物干燥机械与设备	149
第四节	果汁加工成套设备	153
第五节	循环水泵	155
第六节	管壳式换热器	158
第七节	板式换热器	161
第八节	QHS-15000 型饮料混合机	162
第九节	SSC 型三足式人工上卸料离心机	164
第十节	LB 系列单螺杆浓浆泵	165
第十一节	DY-8 型液体等压自动灌装机	166
第十二节	XP 系列雪糕膨化机	169
第十三节	GT6F10 型打浆去渣机	172
第十四节	塔类设备的安装与修理	174
第十五节	活塞式压缩机的安装与修理	178

第一章 食品机械设备修理与维护的基本知识

第一节 食品机械设备零件的失效

一、零件的变形

一个结构或零件、特别是基础零件在外加载荷的作用下发生变形,使零部件之间相互位置精度遭到破坏,影响了各组成零件的相互关系,据估算变形对零部件寿命的影响在30%左右。至于食品机械设备,由于精度要求高,变形的影响更加突出。在修理实践中,发现修理质量低、大修周期短的一个重要原因就是零部件的变形。

1、零件变形的原因

材料的变形可分为弹性变形和塑性变形。弹性变形是可以恢复的变形,应力消除后,变形消失;应力超过材料屈服强度,则产生塑性变形,应力消除后,变形不能完全恢复,被保留下来的部分就是塑性变形。机械零件的变形有以下四个方面的原因。

(1)毛坯制造 铸造、锻造、焊接等热加工零件由于温度差异、冷却和组织转变的先后不一都会形成残余的内应力,经热处理的零件也存在内应力。尤其是铸造毛坯,形状复杂,厚薄不均,在浇铸后的冷却过程中,形成拉伸、压缩等不同的应力状态,内应力可引起变形和短裂。毛坯的内应力是不稳定的,通常在12~20个月的时间内逐步消失。但随着应力的重新分布,零件会产生变形。

(2)机械加工 在切削加工过程中,由于装夹、切削力、切削热的作用,零件表层会发生塑性变形和冷作硬化,因而产生内应力,也会引起变形。如果毛坯是在有内应力的状态下就进行加工,切除一部分表面后,破坏了内应力的平衡,由于内应力重新分布,零件将发生变形。对毛坯虽然安排了消除内应力的工序,在加工中也达到了精度要求,然而制成后的零件经过一段时间,在残余应力的长期作用下,会发生内应力松弛而变形(就是弹性极限降低,且产生减少内应力的塑性变形)。特别是箱体类零件和长而大的基础零件,因厚薄过渡很多,极易产生残余应力,而发生内应力松弛的变形。

(3)操作使用 食品加工机械设备在较恶劣的工况下工作,其工作零部件在极限载荷或超载的情况下运行,温度有时很高使屈服强度降低,均会使零件产生变形。由于操作不当使设备过载或产生高温,从而使零部件变形,直至因变形过大而使零件失效。

(4)修理质量 在设备修理过程中,如果不考虑被修零件已经变形,常常会造成零件更大的变形或增加变形的危害。例如用机械方法修复零件,制定修复工艺、确定定位基准和安装夹紧零件时,不考虑零件原来变形的情况,或修理操作不当,均会引起零件形位误差加大。特别是采用焊接、热处理、塑性变形等修复工艺方法修复工具时,没有考虑热应力、相变应力的作用,压力加工没有考虑弹性后效(应变逐渐恢复而落后于应力的现象),以及内应力松懈等,都将会产生应力和变形。

2、零件的变形失效

零件产生变形后,如果出现不能承受规定的载荷、不能起到规定的作用、或与其他零件的运转发生干扰等情况时,零件则产生了变形失效。变形失效可以是弹性变形失效,也可以是

塑性变形失效。变形失效主要有两个特征,即体积发生变化和几何形状的变化。这种由于尺寸的变化和几何形状的变化而引起的变形失效在机械零件的失效中是经常发生的。

(1)弹性变形失效分析 当一个零件没有明显的永久变形或涉及到复杂的应力场时,必须考虑弹性变形失效,因为变形失效不仅包含一次加载屈服,而且大部分零件在载荷的作用下将发生弹性弯曲。例如一个曾经用高弹性模量合金制成的零件,如果改用低弹性模量的合金制作,那么在给定载荷的条件下零件的弯曲量将比用高弹性模量合金制作的要大得多。这在食品机械主轴的刚度计算时尤为重要,因为零件材料弹性模量的高低反映了零件工作时的刚度条件,零件的材料弹性模量高则零件工作时的刚度高,反之则零件工作时的刚度低。

(2)累积应变失效分析 当某一零件在承受稳态载荷时,还承受与主动方向不同的方向叠加一个循环变化的载荷,循环变化的载荷所产生的应变使零件的两端每半周一次交替发生超过屈服点的应变。塑性应变将随循环周次的增加而累积。这种累积将一个构件或零件的总体尺寸沿稳态应力方向更均匀地变化,累积应变的结果是最终导致构件或零件的韧性断裂或低周疲劳断裂。有些材料具有循环应变软化现象,即当叠加一个在比例极限和屈服强度之间的交变应力时,弹性极限或弹性模量出现连续下降的趋势。

(3)过载变形失效分析 每一个构件或零件都有一个承载极限,当承载载荷超过此极限时则称为过载,机械零件在过载情况下会引起变形或断裂。在强度理论定量设计中以及零件强度极限分析中,大多数情况是将应力完全限制在弹性范围内,并把材料屈服强度作为结构或零件变形失效的合理依据。

3、减轻零件变形危害的措施

零件变形是不可避免的,我们只能根据其规律,采取相应的措施,减轻其危害。

(1)在机械设计中不仅要考虑零件的强度,还要考虑零件刚度和制造、装配、使用、拆卸修理等有关问题。合理选择零件的结构尺寸,改善零件的受力状况,使零件的壁厚尽量均匀,以减少毛坯制造时的变形和残余应力。同时在设计中还应注意应用新技术、新工艺和新材料。

(2)在机械加工中要采取一系列工艺措施防止和减小变形,对毛坯要进行时效以消除其残余内应力。时效可以进行自然时效(在自然条件作用下,即把毛坯在露天存放1~2年,内应力逐渐消失)也可以进行人工时效(将毛坯高温退火、保温缓冷而消除内应力),还可以利用振动的作用消除内应力。在制定零件机械加工工艺规程或在机械加工过程中,均要在工序和工步安排上、工艺装备和操作上采取减少变形的工艺措施,如采用粗精加工分开的原则等。在加工中和修理中减少基准的转换,保留加工基准留给修理时使用,如保留轴类零件的中心孔等。

(3)加强生产技术管理,制定并严格执行操作规程,不超负荷运行,避免局部超载和过热,加强设备的检查和维护。

(4)在设备修理中,不仅要恢复零件的尺寸、配合精度、表面质量等,还要检查和修复主要零件的形状和位置误差,制定出与变形有关的标准和修理规范。尤其是要注意铸件的修理,进行必要的时效处理以消除其残余应力,防止变形的危害。机械加工修复零件时,注意定位基准表面本身的精度,并要注意切削加工时和装夹的变形。采用热加工和压力加工工艺修复零件时,要采取相应措施来减小应力和变形,如施焊时,尽量减小热影响区,非施焊表面采取降温措施等。

二、零件的断裂

断裂是指在外力的作用下发生几个原子间距的正向分离与切向分离,断裂是材料或零件的一种复杂现象,在不同的力学、物理和化学环境下会有不同的断裂形式。例如,机械零件在

循环应力作用下会发生疲劳断裂,在高温持久应力作用下会发生蠕变断裂,在腐蚀环境下会发生应力腐蚀或腐蚀疲劳。在实际工程应用上常根据工程构件或机械零件的断口的宏观形态特征分为韧性断裂和脆性断裂,或按载荷性质分为一次加载断裂和疲劳断裂。

1、韧性断裂 韧性断裂是超过强度极限前发生韧性变形后而发生断裂,多数为穿晶断裂,即裂缝是割断晶粒而穿过,一般是在切应力作用下发生,又称为切变断裂。

2、脆性断裂 脆性断裂一般发生在应力达到屈服强度前,没有或只有少量的塑性变形,多为沿晶界扩展而突然发生,又称为晶界断裂,断口呈结晶状,平滑而光亮,称为解理面,因此这种断裂也称为解理断裂。低温、高应变速率、应力集中、晶粒粗大和脆性材料均有利于解理,由于裂纹扩展速率快,往往造成严重的破坏事故。

3、一次加载断裂 一次加载断裂是在一次静拉伸、静压缩、静扭转、静弯曲或一次冲击下的断裂。

4、疲劳断裂 疲劳断裂为反复加载断裂,即经历反复多次的应力作用或能量负荷循环后才发生断裂的现象。据估计,机械的断裂失效总和中疲劳断裂失效占 80% 左右。下面将重点讨论零件疲劳断裂的有关问题。

(1) 零件疲劳断裂的基本原理

零件承受循环载荷时,在局部将出现很大的塑性变形,表面将出现一些滑移线或滑移带,滑移带中产生一些缺口峰,峰底处将产生高度应力集中,在持续反复载荷作用下,经过一定周期,发展成微观裂纹,称为疲劳核心,一般由晶界与表面相交处开始。材料表面层有夹杂物、零件表面加工痕迹、表面划伤及其它缺陷也可认为是一些微观裂纹。形成微观裂纹后,进一步加强了滑移带的应力集中,在循环负荷作用下,裂纹将继续向内部发展。在通常情况下,裂纹的扩展占据了大部分的疲劳寿命,这一阶段叫疲劳裂纹的亚临界扩展。很多裂纹的深度增加,连接成为一个主导裂纹,当其达到临界长度后,发生突然断裂,称为疲劳裂纹的临界扩展。根据疲劳裂纹的扩展的规律,应用断裂力学的原理计算,可以定量判别某种裂纹会发展,某种裂纹不会发展,已经有裂纹的零件还能安全工作多少时间。

几乎所有的零件,由于冶炼、加工和使用等种种原因,均有宏观或微观裂纹,只是裂纹的大小不同而已。断由裂发展而来,断裂事故的后果是严重的,所以目前修理中发现裂纹都要加以修复或更换,重要零件一旦发现裂纹则立即报废。有裂纹的零件不一定立即就断,都有一段亚临界扩展时间,一定条件下,裂纹还可以不发展,就是说有裂纹的零件也可以不断。当知道零件现有裂纹尺寸后,计算亚临界扩展的速率,可以推断出零件达到使用期限前的剩余寿命。例如英国 50 万 KW 发电机转子运行 3500h 后,发现其惯性槽底普遍存在深度达 200mm 左右的裂纹,按断裂力学方法进行疲劳剩余寿命估算,最保守估计还可安全运行 7000h,实践已证明该电机在转子严重带伤条件下可继续运行。又如我国刘家峡化肥厂一个高压桶,发现一处严重裂纹,当时没有备用高压桶,通过断裂力学分析,确认可安全使用六个月,在此期间买到了该部件,把停产损失减到了最小程度。

(2) 减轻断裂危害的措施

影响断裂的因素是多方面的,要减轻断裂的危害,只有深入研究断裂的机理,充分认识断裂的规律之后,才能提出减轻断裂危害的有效措施。

1) 在机械设计中要尽量减少应力集中 如焊缝通常是疲劳断裂失效的起源区域,对 T 型焊接接头,采取适当的几何形状,焊后打磨圆角或钻孔,均能减轻应力集中的程度。零件截面改变处采用组合圆角比单一半轻圆角的疲劳寿命能成倍增加。选择适当的材料也十分重要,

应全面考虑材料的力学性能,尤其是设计重载荷结构或零件时往往倾向于选择高强度材料。材料屈服强度提高会大幅度降低材料对脆性断裂的抗力,因此不应片面追求强度储备。为防止裂纹的发生和扩展进而防止断裂失效,设计时可以采用“裂纹防止结构”,如设计金属结构采用组合肋板。

2)在机械制造工艺方面 延长零件疲劳寿命的最有效途径是引入残余压应力,如喷丸强化处理、冷滚压加工等。利用金属纤维在不同方向上力学性能的差别提高疲劳寿命,如锻造螺柱是机械加工螺柱的疲劳寿命的三倍,滚压螺纹的寿命也可延长很多。对零件进行表面热处理和化学处理,提高零件表层的强度和硬度,也能延长其疲劳寿命。

3)机械设备在使用中注意事项 要注意早期发现零件裂纹,定期进行无损探伤;尽量减轻零件的腐蚀损伤,因为腐蚀会增加裂纹扩展的速率;尽可能减少设备运行中各部分的温差,如发动机启动时各部分温差很大,如果立即高速大负荷运转,会加大温差,由热应力引起应力集中加速有关零件疲劳损坏;设备使用中还要严格避免设备超载和减少冲击。

4)机械设备在修理中注意事项:

(1)注意断裂零件的断口分析,以区别零件断裂的形式、原因、起源和超载程度等。断口分析以宏观分析为主,还可利用光学显微镜进行微观分析。分析前要注意断口的保护,对断口要进行清洗和防锈,避免损伤。疲劳断口一般都有两个明显的区域,比较光滑的区域和比较粗糙的区域。疲劳裂纹发生、发展中,在循环载荷作用下多次发生撞击和研磨,形成外表光滑的疲劳区。断裂区表面粗糙,韧性材料呈纤维状,脆性材料呈结晶状。一次加载断裂则没有光滑区。从疲劳源(应力集中较大点)找出原因,减少局部应力集中(如材料缺陷、加工痕迹、表面粗糙、圆角过小、碰伤等)往往是防止疲劳断裂的有效措施。断口光滑程度大,说明载荷不大,正常工作时间长。瞬间断裂区偏心小说明疲劳源多、载荷大。

(2)裂纹和断裂零件要修复,如焊接、粘接、铆接等方法。对不重要零件上的裂纹,可以钻止裂孔以防止或延缓其扩展,也可以采用裂纹防止结构,如附上加强件。或者采用局部更换法,去除疲劳部分,再在去除部分处焊一块金属或进行堆焊。也可只去除疲劳裂纹部分,如疲劳裂纹往往发生在紧固件周围,可将紧固件加工去除所有裂纹部分,换用较大的紧固件,但只有全部去除裂纹部分才有效,此法也称“去皮修理”。

(3)注意修理操作对零件断裂的影响。如修理中对零件的拆装、存放、加工时均要力求避免零件表面的损伤,并保证达到零件表面要求的表面质量。对螺纹固定连接的旋紧力矩要适当,过大的旋紧力矩和过小的旋紧力矩均会降低零件的寿命。螺柱与螺钉对装配表面的相互位置精度也十分重要,螺柱斜度大小不仅造成应力集中,还造成附加弯曲力矩,其寿命会大大降低。

(4)采用延长零件寿命的修复方法。如表面去皮修理,将螺旋桨、发动机涡轮叶片等零件定期去除一薄层金属可以大大延长其使用寿命。修磨阶梯轴、曲轴等注意减小表面粗糙度,尤其是过度圆角部分的表面粗糙度,并采用组合圆角。在产生疲劳裂纹前,用热处理方法恢复零件性能。在零件发生疲劳损伤前,采用表面喷丸强化处理,可延长其使用寿命。

(5)对容易产生断裂的重要零件实行状态监测,如定期进行无损检测,利用闪频仪在零件运转中监测等。

第二节 食品机械设备零件的磨损

组合件的动配合副(或称为摩擦副),其工作表面,由于相互接触面之间的摩擦作用,零件工作表面逐渐磨损,其尺寸几何形状逐渐起变化,变化量增长到配合副的工作出现异常现象,这就是零件已经磨损的具体表现。比如,气缸与活塞产生磨损后,它们的工作表面都会出现尺寸和几何形状变化,即缸孔与活塞之间的间隙增大,并沿径向有椭圆度,沿轴向有不柱度(锥度),因而使缸壁与活塞产生敲击响声。

一、磨损的过程

动配合副工作表面有摩擦必然有磨损,自然磨损是不可避免的。磨损过程的情况很复杂,除了它本身具有物理、机械、化学等综合作用外,还有外界的影响,如:食品机械运行的情况,载荷大小,速度高低,温度变化及润滑条件等,对磨损程度都有很敏感的影响。要从磨损现象中得到具体的理论分析,因受试验条件的限制,到目前还未获得验证的结论。一般认为磨损情况可分为以下三个过程:

1、摩擦表面相互作用

加工后的零件表面不可能绝对平整光滑,两零件的工作面互相接触时,微观凸凹不平的地方,必然产生相互啮合(嵌入)的现象。在接触紧密的地方,其接触压强非常大(如滑动轴承的工作表面化的计算压强,实际接触点的压强可达到每平方米 3000 公斤以上),接触距离非常小(几乎等于晶格原子之间的距离),因而产生分子与分子相互吸引的作用。

由于接触面之间的啮合和吸引的两种物理现象,使摩擦表面在相对运动时产生一定的阻力,即所谓摩擦力。

2、摩擦表面产生变化

摩擦副工作表面作相对运动时,其相互接触之处,由于压强大,工作温度高(特别在转速高和润滑不良情况下),产生一定程度的弹性与塑性变形:金属的相变与软化等,因而在变化区层形成脆性氧化物。

3、摩擦表面出现破坏

摩擦副表面在变化过程中,如承受交变载荷或循环载荷,处于变化区层的金属由于内应力或疲劳的影响,导致破坏。在局部高温点(450~1000℃,即 723~1723°K),产生熔接粘附以致撕破。

上述磨损的三个过程,只是一手中假说,没有验证的实据,但对磨损的研究和认识很有意义,在实际现象上也是如此。要得到进一步认识,还要通过实践,认识、再实践的过程。

二、磨损的种类

磨损的三个过程,可以说明摩擦表面磨损的基本情况,从磨损的实际现象来看,又可以划分为如下四类形式:

1、粘附与熔着磨损

相互摩擦表面的金属,从强度较弱的表面转移粘附或熔接在强度较大的表面上。粘附磨损和熔着磨损的变化过程与实质基本相同,所不同者:

(1)粘附磨损 主要由于摩擦表面的固态塑性变形所引起的。当摩擦表面的相对运动速度较小,而实际接触部位的压强超过金属屈服点时,使接触部位产生塑性变形,其接触距离很小(可达几个埃),分子之间的吸引作用,将强度较小的金属表面挖走,或被塑性变化所强化的

金属表面擦伤。

(2)熔着磨损 主要由于摩擦表面的熔态金属所引起的。当摩擦表面的相对运动速度和较高接触压强很大(特别在润滑不良的条件下)时,摩擦表面由于塑性流动,温度急剧增长(可达 1500°C 即 1773°K),因而引起表面金属产生回火,软化直至熔化,致使耐热性弱的表层熔接在耐热性强的表面,并将熔接的金属撕裂。因此金属的耐热性对零件耐磨损具有重要作用。

粘附与熔着磨损常常出现在曲轴轴颈,凸轮轴凸轮,气缸和齿轮等的摩擦表面,特别在发动机处于高速、高温和润滑不良条件下,最容易出现这类磨损,如呈现“咬死”,“抱瓦”等现象。

2、化学蚀损

摩擦表面之间的氧和酸类物质,在摩擦过程中对金属起着一定的化学变化,形成一种腐蚀膜层。受切向力(如滑动摩擦)或正压力(如流动摩擦)的作用,呈颗粒状而脱落成硬质微粒(如同磨料)。这种蚀损可分为下三种情况:

(1)氧化磨损

由于摩擦表面产生塑性变形,在变形层的滑移面处,形成氧的固溶体薄膜,受摩擦力作用而剥落成微粒。当氧继续向变形层深处扩散,便生成脆硬的金属氧化物(FeO 、 Fe_3O_4 、 Fe_2O_3),这些脆弱的氧化物是周期性生成和压溃。因此氧化的磨损量大,凡零件摩擦表面塑性变形容易,抗氧化能力差,根据其工作条件(如负荷、温度、润滑等),都最容易产生不同程度的氧化磨损。

(2)腐蚀磨损

由于燃油、混合气、废气中所含酸类物质(如氮、氢、氧、硫等)与蒸气或冷凝水的作用形成有机酸和无机酸,使摩擦表面产生腐蚀的脆弱膜层,此膜层易受外力作用而剥落成微粒。

(3)气蚀

气蚀的机理是当零件与液体接触并有相对运动时,接触处局部压力低于液体蒸发压力时,形成气泡,溶解的气体也会析出形成气泡,这些气泡运动到高压区,气泡被迫溃灭的瞬间,产生极大的冲击力和高温,称为水击现象。气泡形成与破灭的反复作用,使零件表面材料产生疲劳而逐渐脱落,呈麻点状,逐渐扩展成泡沫海绵状,这种现象称为气蚀。气蚀严重时,可扩展为 20mm 的孔穴,直到穿透或裂纹而破坏,因此又称为穴蚀。

气蚀破坏是近年来才发现的突出问题,由于设备向高参数化发展,如发动机有效压力和转速不断提高,结构日益紧凑,缸套壁厚减薄,耐磨性提高,有时磨损仅有 $0.01\sim 0.03\text{mm}$,而穴蚀已经很深,甚至超过壁厚的一半。因此,更换缸套常常不是由于内壁磨损而是外壁穴蚀。其减轻穴蚀危害的措施有:

1)减少与液体接触表面的振动,以减少水击现象的发生。如增强刚性、改善支承、采取吸振措施等。

2)选用耐穴蚀的材料,如铸铁最容易穴蚀的是片状石墨,球状或团状石墨耐穴蚀性好,珠光体比铁素体耐穴蚀。不锈钢、尼龙耐穴蚀。

3)零件表面涂防穴蚀材料,如塑料、陶瓷、表面镀铬,减小表面粗糙度也有利于减轻穴蚀。

4)改进零件结构,减少液体流动产生涡流的现象。

5)水中添加乳化油,可减小气泡爆破时的冲击力,以减轻穴蚀。

以上三种化学蚀损,都不是单纯的腐蚀,必须与机械作用相结合,前两种是由摩擦力来剥落腐蚀层,后一种是由冲击波击溃腐蚀层。腐蚀与剥落是逐步深入的。

3、磨料磨损

摩擦表面之间所生成和进入的磨料,起着研磨切削作用,使摩擦表面受到机械性的磨损,其磨料来源以下两方面:

(1)剥落的机械杂质

由于前面所述各种磨损所剥落下来的氧化物和强化物,它们都是硬质微粒,具有强烈研磨作用,甚至嵌入较软的金属表层。比如曲轴的轴瓦合金层,由于嵌积磨料过多,因而失去原有光彩,应进行更换。

(2)外来的磨料

如尘砂、炭渣、滑油内的杂质和机械加工表面所残留的切屑与磨屑等。

4、麻点磨损

麻点磨损一般产生在零件的滚动摩擦表面,如滚动轴承的滚道与滚子,齿轮的齿面等,其接触部位的实际承压面很小,压强很大,当接触压力超过表面金属的屈服点时,则在接触的表层金属产生显微塑性变形,从而形成表面强化(冷作硬化),应力集中,在循环负荷下,产生疲劳的微观裂纹,渗入裂纹中的滑油,起着油楔作用,使裂纹不断扩展成网状,被强大的接触压力压溃成磷片脱落,其磨损面呈麻点状。

在麻点磨损过程中,同时具有氧化磨损的条件(如显微塑性变形),即麻点磨损与氧化磨损往往在同一表面同时存在。

从上述四种磨损形式看,都有足以说明零件摩擦表面的磨损是符合磨损过程理论的,其中最基本论点是摩擦表面的金属塑性变形,从而产生金属强化、氧化、应力集中和疲劳,甚至发高热,导致金属表层被破坏,剥落和转移。同时剥落的机械杂质,又形成磨料磨损,属于酸类蚀损的零件,为数不多,如气缸及气门等。

三、影响磨损的外在因素

以上所述零件磨损情况,其最基本的因素是零件本身存在不同程度的物理、机械和化学综合作用的结果。尽管零件材料和工艺性质不同,这些基本作用仍然存在,不过其作用程度有所不同。这种基本作用,可认为是零件磨损的内因。

零件磨损的快慢,主要取决于外因,但必须通过内因而起作用。因此要减轻磨损,应充分重视以下外因因素:

1、摩擦副之间的介质

减摩介质,一般是应用各种润滑油,使滑油在摩擦面之间形成一层油膜或油楔,以减少两接触面之间的固体与固体直接接触,而用油层的液体摩擦代替固体摩擦,因而大大降低摩擦阻力和磨损。

(1)油膜与油楔

润滑油能以油膜形式吸附在任何形状的摩擦表面上,并能渗透到摩擦表面的显微孔隙中贮存。因此油膜能承受很大的工作压力,这种支承能力,称作油膜强度。

圆柱形的摩擦表面所吸附的油层在运动中呈楔形,所以称之为“油楔”。比如滑动轴承与轴颈,由于其内外直径之差,在摩擦表面之间形成楔形间隙,当轴颈(或轴承)转动时,因滑油吸附作用,油层在轴颈面上,其圆周速度与轴颈相等,而在轴承面上的几乎等于零。滑油沿着断面逐渐缩小的楔形间隙流动,其通过的断面越来越小,而滑油的压缩性很小,一部分滑油沿轴颈轴向挤出,另一部分由于吸附和表面阻力的作用,仍保留成油楔形。油楔的流体动压力,随着轴承间隙缩小,轴颈转速升高而增大。当油楔动压力达到一定值时,能将轴颈浮起来,使轴颈与轴承表面分离,并形成一定厚度的油膜,这种情况称为理想的液体摩擦。

(2)油膜厚度与间隙关系

根据液体力学的润滑理论计算分析,认为轴承间隙越大,油膜厚度越薄,轴颈与轴承磨损增大;相反,轴承间隙小,油膜厚度大,有利于润滑,但间隙过小,滑油流量及冷却作用下降,滑油的温度升高,粘度降低,因而油膜的厚度反而薄弱。试验证明,合理的轴承间隙为理想油膜厚度的四倍,这由设计制造厂考虑,在修理中应保证其应有的间隙要求。

此外,轴承与轴颈表面微观凸起之和及滑油中的机械杂质的尺寸都应小于规定的轴承间隙。因此对轴颈和轴承加工的表面几何形状及粗糙度应符合技术条件的要求,并做好机件清洗和机油滤清工作。

(3)摩擦种类

油膜的厚薄与强弱,除滑油本身质量条件外,随摩擦面之间的工作温度、压力、间隙和转速而变化。因此摩擦副之间的油膜变化状态,是决定摩擦表面相接触的不同程度,完全不接触时,称为液体摩擦(湿摩擦),完全接触时,称为干摩擦,在摩擦面之间只有一层很薄(0.1微米以下)的油膜称为边界摩擦,在液体摩擦与边界摩擦之间的摩擦称为半液体摩擦,在干摩擦与边界摩擦之间的摩擦称为半干摩擦。

润滑油的主要作用是减摩、散热和清洗磨料,是摩擦副中不可缺少的介质。但认识事物总是要一分为二,当摩擦表面具有显微裂纹时,在润滑油的极性分子的活性作用下,力图向裂纹内渗透扩散产生很大楔形压力,使裂纹扩展,加剧零件的破损。因此零件表面的细微裂纹,容易导致断裂,除了由于裂纹加剧应力集中的因素外,滑油也助长了破坏作用。

2、摩擦副运动的形式、速度和压力

摩擦表面的相对运动形式有两种,一种是以滚动面相接触为主(如滚动轴承和齿轮齿面),其摩擦阻力小,接触压力大,散热能力强,因此磨损慢,而以麻点磨损为主;另一种是以滑动面相接触(如滑动轴承和活塞与气缸配合副),其情况与前者相反。滑动摩擦面的磨损种类,须由其工作条件决定。

摩擦表面的温度随相对运动速度的增大而提高。当温度到达 $150 \sim 200^{\circ}\text{C}$ ($423 \sim 473^{\circ}\text{K}$) 时,滑油的粘度大大降低,吸附能力大大削弱,油膜便遭破坏,摩擦性质改变,如边界摩擦变为干摩擦。当速度一定,如果接触压力增加,油膜被挤破,磨损也随着增加。

3、摩擦副的材料和表面性质

(1)材料塑性变形的影响

摩擦表面各种形式的磨损,主要由于相接触的金属表层产生塑性变形而引起强化、发热、相变、熔化等破坏作用。因此在一定载荷下材料的屈服极限大,表面硬度高,热稳定性好,其耐磨性得到提高。碳钢的耐磨性随表面硬度提高而提高,此外还随含碳量提高而提高。

高转速的摩擦副,为了提高其磨合性与耐磨性,使摩擦表面的宏观与微观几何形状,能迅速相适应,有的两摩擦表面采用不同性质的金属和硬度相配合(如钢质活塞销与铜质衬套相配合,曲轴轴颈与巴氏合金轴瓦相配合)。这种情况是提高摩擦副的磨合性与耐磨性的另一个方面。

(2)摩擦表面粗糙度的影响

粗糙的摩擦表面,其凸起点互相啮合和挤压,是增加零件磨损重要因素之一。因此提高摩擦表面粗糙度,可以大大降低磨损。但粗糙度过高,润滑油对零件表面的适油性(油膜的吸附与贮存作用)降低,油膜不易保存,磨损反而增加。从润滑条件来看,表面粗糙度应根据润滑方式采用适当。

配合副表面粗糙,不仅要加剧磨损,还会在静配合副中,使不平表面的凸起受挤压剪切后,改变了表面几何形状和尺寸,破坏了过盈,导致在使用中容易松动。此外,粗糙表面,容易引起应力集中和腐蚀,降低零件疲劳强度。

四、磨损特性与配合副表面质量

1、零件磨损特性

食品机械零件所处的工作条件不相同,引起磨损的程度和因素也不完全一样。比如:气缸壁的磨损,在同一工作面上,缸孔上部比下部磨损大;气门头的锥形工作面是以腐蚀磨损为主;曲轴的连杆轴颈是以失圆磨损为主。这说明各个零件的磨损都有其个性的特点。但在正常磨损过程中,任何摩擦副的磨损都具有一定的共性规律,遵循这种磨损变化规律,称之为磨损特性。该特性划分以下三个阶段:

第一阶段为磨合时期:此时期的特点,零件磨损很快,这由于新加工零件表面较粗糙,不平凸起产生啮合性磨损,所剥落下来金属或氧化物,形成严重的磨料磨损。因此大修后的主要总成和整机,必须按照一定的工艺程序和技术要求进行磨合和更换润滑油等。此阶段的磨损量决定于修理质量和使用规范。

第二阶段为正常工作时期:此时期的特点是零件磨损缓慢均匀。这是因为通过磨合阶段后,零件的表面粗糙度及强化提高,对润滑油的适油性增强,因而转变为缓慢的自然磨损阶段。如果这个阶段使用合理,可以大大延长零件的使用寿命。

第三阶段为极限磨损时期:此时期的特点,是零件磨损特别快,这是由于配合副的间隙,已超过允许极限,配合副之间产生冲击负荷,润滑油压力降低,油膜遭受破坏零件磨损急剧上升。这时如不及时调整或修理,而继续使用,零件将由自然磨损转化为事故性的损伤。

2、配合副表面质量

要延长零件的使用寿命,应设法降低磨合时期的磨损量。降低磨合磨损量的措施,主要是从加工质量和磨合规范来考虑。如果配合副表面的粗糙度和几何形状都有能符合技术要求,而磨合规范又选用得很合理,这就可以大大降低磨合副的磨损量,提高零件的使用寿命。

五、减少磨损的途径

根据磨损的理论研究,结合生产实践经验,可采取以下的措施来减少磨损。

1、正确选择材料是提高耐磨性的关键,例如对于抗疲劳磨损,则要求钢材质量好,控制钢中有害的杂质。采用抗疲劳的合金材料,如采用铜铬钼合金铸铁做气门挺杆,采用球墨铸铁做凸轮等,可使其寿命大大延长。

2、为了改善零件表面的耐磨性可采用多种表面处理方法,如采用滚压加工表面强化处理,各种化学表面处理,塑性涂层、耐磨涂层、喷钼、镀铬、等离子喷涂等。

3、尽量保证液体润滑,采用合适的润滑材料和正确的润滑方法,采用润滑添加剂,注意密封等。

4、正确的进行摩擦副结构设计是提高耐磨性减少磨损的重要条件。合理的结构设计应该是有利于表面保护膜的形成、压力均匀分布,容易散热、容易排出磨屑、防止外界磨粒进入等。如滑动轴承的油沟不应开在油膜承载区内。设计中可应用置换原理和转移原理。置换原理是允许系统中一个零件磨损以保护重要的配对件,如活塞环与气缸套,允许铸铁的活塞环较快磨损,以保护气缸套,使其磨损较小,活塞环更换也容易。转移原理也是为了保护贵重零件,如软金属合金材料衬套对曲轴,衬套磨损快保护了曲轴,衬套易于变形,可以使轴承挠曲和不对中所引起的局部高载荷重新分布,衬套又能嵌附磨料微粒,甚至在极端工况下,如一时无润滑油

时,衬套材料熔点很低,从而使轴颈在短期内避免损伤。

5、设备的使用与维护正确与否对设备的寿命影响很大,正确的使用和维护与不正确的使用和维护其寿命往往可相差几倍。如设备使用初期正确的跑合、实行状态监测和技术诊断,科学地维护和修理,严格遵守操作规程等。

第三节 食品机械设备修理前的准备工作

一、食品机械设备修理的方式

机械设备的修理主要分为两种情况下的修理:一种是按计划进行的修理,即所谓的“计划预修制”的修理;另一种是机械设备产生了故障,不排除故障则不能进行正常工作,即排除故障的修理工作,这种修理具有一定的随机性。

1、计划预修制

机械设备经过一段时间的使用,其零件表面必然会磨损,从而丧失该机械设备应有的精度,有时这些机械设备看起来还能“正常”运转,但其某些零件已接近稳定磨损期的末期,如果继续运行,会产生急剧磨损,损害整个机械设备的寿命。因此,为了保护设备应有的精度和工作能力,防止设备过早的磨损和意外事故,以延长设备的使用寿命,使设备完好率保持在较高的水平;机械设备要进行计划预修。计划预修的修理类别有:大修、项修、小修和定期精度调整。

(1)大修 机械设备的大修是工作量最大的一种计划修理。大修时,对机械设备的全部或大部分部件解体;修复基准件;更换或修复全部不合格的零件;修理、调整机械设备的电气系统;修复机械设备的附件以及翻新外观等,从而达到全面消除修前存在的缺陷,恢复机械设备的规定精度和性能。

(2)项修 项目修理(简称项修)是根据机械设备的实际技术状态,对状态劣化已达不到生产工艺要求的项目,按实际需要进行针对性的修理。项修时,一般进行部分拆卸、检查,更换或修复失效的零件,必要时对基准件进行局部修理和校正坐标,从而恢复所修部分的性能和精度。项修的工作量视实际情况而定。

(3)小修 机械设备的小修是工作量最小的一种计划修理。

对于实行状态(监测)维修的机械设备,小修的工作内容主要是针对日常点检和定期检查发现问题,拆卸有关的零、部件,进行检查、调整、更换或修复失效的零件,以恢复机械设备的正常功能。

对于实行定期维修的机械设备,小修的工作内容主要是根据掌握的磨损规律,更换或修复在修理间隔期内失效或即将失效的零件,并进行调整,以保证设备的正常工作能力。

(4)定期精度调整 定期精度调整是指对精、大、稀设备的几何精度定期进行调整,使其达到(或接近)规定标准;精度调整的周期一般为1~2年。调整时间最好安排在气温变化较小的季节。如在我国北方,以每年的5、6月份或9、10月份为宜。实行定期精度调整,有利于保持设备精度的稳定性,以保证产品的质量。

2、排除故障修理

机械设备运行一定的时间后,由于某种机理障碍(主要由物理、化学等内在原因或操作失误、维护不良等外在原因引起)而使机械设备出现不正常情况或丧失局部功能的毛病称为“故