



高等职业教育港口机械专业规划教材（试用）

港口机械修理

GANGKOU JIXIE XIULI

■ 马乔林 主编 ■ 陈 川 主审



人民交通出版社
China Communications Press

高等职业教育港口机械专业规划教材（试用）

内燃机构造与原理

孙建新 主编 马乔林 主审

港口机械修理

马乔林 主编 陈 川 主审

计算机绘图基础教程

汪诚强 主编 殷 航 主审

港口起重机械

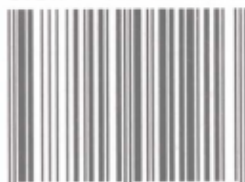
李谷音 主编 常 红 主审

港口输送机械与集装箱机械

汪诚强 主编 常 红 主审

■ 责任编辑 / 赵履榕 ■ 美术编辑 / 孙立宁

ISBN 7-114-05191-3



9 787114 051913 >

ISBN 7-114-05191-3

定 价：28.00 元

高等职业教育港口机械专业规划教材(试用)

Gangkou Jixie Xiuli

港口机械修理

马乔林 主编

陈 川 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书的主要内容包括:港口机械修理的基础知识;曲柄连杆机构的修理;发动机各系统主要零件的修理;发动机的总装、磨合与试验;发动机常见故障的分析和异响诊断;装卸搬运车辆底盘传动装置的修理;转向、制动装置的修理;叉车工作装置的故障分析与修理;车辆液压系统的故障分析;起重输送机械的修理等。

本书为高等职业教育港口机械专业规划教材,也可供技术培训和有关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

港口机械修理/马乔林主编. —北京:人民交通出版社, 2004.9

ISBN 7-114-05191-3

I. 港... II. 马... III. 港口机械-修理-高等学校:技术学校-教材 IV. U653

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 083964 号

高等职业教育港口机械专业规划教材(试用)

书 名:港口机械修理

著 作 者:马乔林

责任编辑:赵履榕

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)85285656, 85285838, 85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:三河市海波印务有限公司 一宝日文龙印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:15.25

字 数:373 千

版 次:2004 年 10 月 第 1 版

印 次:2004 年 10 月 第 1 版 第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-114-05191-3

印 数:0001—3000 册

定 价:28.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言

交通职业教育教学指导委员会交通工程机械学科委员会自1992年成立以来,对本学科港口机械、筑路机械两个专业的教材编写工作一直十分重视,把教材建设工作作为学科委员会工作的重中之重,在“八五”和“九五”期间,先后组织人员编写了十多种专业急需教材,供港口机械和筑路机械两个专业内部使用,解决了各学校专业教材短缺的困难。

随着港口和公路建设事业的不断发展,港口机械和公路施工机械的更新换代速度加快,各种新工艺、新技术、新设备不断出现,对本学科的人才培养提出了更高的要求。另外,根据目前职业教育的发展形势,多数重点中专学校已改制为高等职业技术学院,中专学校一般同时招收中专和高职学生,本学科教材使用对象的主体已经发生了变化。为适应这一形势,交通工程机械学科委员会于2000年5月在云南交通学校召开了二届二次会议,制定了“十五”教材编写出版规划,并确定了“十五”教材编写的原则为:

1. 拓宽教材的使用范围。本套教材主要面向高职,也可用于相关专业的职业资格培训和各类在职培训,亦可供有关技术人员参考。

2. 教材内容难易适度,改变了以往教材偏多、偏深、偏难的现象,注重理论联系实际,便于学生自学。

3. 在教材内容的取舍和主次的选择方面,照顾广度,控制深度,力求针对专业,服务专业,对与本专业密切相关的内容予以足够的重视。

4. 教材编写立足于国内工程机械使用的实际情况,结合典型机型,系统介绍工程机械设备的基本结构和工作原理,同时,有选择地介绍一些国外的新技术、新设备,以便拓宽学生的视野,为学生进一步深造打下基础。

“十五”期间公开出版的港口机械专业教材共5种,包括《内燃机构造与原理》、《港口机械修理》、《计算机绘图基础教程》、《港口起重机械》和《港口输送机械与集装箱机械》。

《港口机械修理》是高等职业教育港口机械专业规划教材之一,主要内容包括:港口机械修理的基础知识,发动机修理,底盘修理,起重输送机械修理。

参加本书编写工作的有:南通航运职业技术学院马乔林(编写第一、二、三篇)、李谷音(编写第四篇),全书由马乔林主编,上海海事大学高等技术学院陈川主审。

本教材在编写过程中得到交通系统各院(校)领导和教师的大力支持,在此表示感谢!

编写高职教材,我们尚缺少经验,书中不妥和疏漏之处,敬请读者指正。

交通职业教育教学指导委员会
交通工程机械学科委员
2004年3月

目录

第一篇 港口机械修理的基础知识

第一章 零件的失效	1
第一节 摩擦与润滑的基本概念	1
第二节 零件的磨损	3
第三节 零件的断裂	7
第四节 零件的腐蚀	10
第五节 零件的变形	11
第二章 零件的清洗、检验与分类	13
第一节 零件的清洗	13
第二节 零件的检验与分类	15
第三章 零件的修复工艺	22
第一节 机械加工修复法	22
第二节 零件的焊修	25
第三节 零件的电镀修复	29
第四节 零件的电刷镀修复	33
第五节 零件的金属喷涂和喷焊修复	38
第六节 零件的粘接修复	41

第二篇 发动机修理

第四章 气缸体、气缸盖和曲柄连杆机构的修理	46
第一节 气缸体和气缸盖的修理	46
第二节 气缸的修理	48
第三节 活塞连杆组的修理	55
第四节 曲轴飞轮组的修理	63
第五节 轴承的修理	67
第五章 配气机构的修理	71
第一节 气门组零件的修理	71
第二节 气门传动组零件的修理	74
第三节 配气机构的装配与调整	76
第六章 燃料供给系的修理	78

第一节	喷油器的修理	78
第二节	喷油泵的修理	79
第三节	化油器的修理	84
第七章	点火系的修理	88
第一节	火花塞的修理	88
第二节	点火线圈的检修	88
第三节	分电器的检修	89
第八章	润滑、冷却系的修理	91
第一节	润滑系的修理	91
第二节	冷却系的修理	93
第九章	发动机的总装、磨合与试验	96
第一节	发动机的总装	96
第二节	发动机的磨合	99
第三节	发动机的试验	101
第四节	发动机的验收	102
第十章	发动机常见故障的分析及异响诊断	104
第一节	发动机常见故障及检查分析	104
第二节	发动机异响的诊断	109

第三篇 底盘修理

第十一章	离合器的修理	113
第一节	离合器主要零件的检修	113
第二节	离合器的装配与调整	114
第三节	离合器常见故障的分析	117
第十二章	变速器的修理	120
第一节	变速器主要零件的检修	120
第二节	变速器的装配与试验	122
第三节	变速器常见故障的分析	123
第十三章	万向传动装置的修理	128
第一节	万向传动轴主要零件的检修	128
第二节	万向传动轴总成的装配	129
第三节	万向传动轴常见故障的分析	130
第十四章	驱动桥的修理	132
第一节	驱动桥主要零件的修理	132
第二节	驱动桥的装配、调整与试验	134
第三节	驱动桥常见故障的分析	138
第十五章	转向桥和转向机构的修理	141
第一节	转向桥和转向机构主要零件的检修	141
第二节	转向机构的装配与调整	143
第三节	转向桥、转向机构常见故障的分析	146

第十六章	制动装置的修理	154
第一节	车轮制动器的检修.....	154
第二节	气压制动机构的修理.....	157
第三节	液压制动机构的修理.....	159
第四节	制动器制动效能试验.....	161
第五节	制动机构常见故障分析.....	162
第十七章	叉车工作装置的拆装工艺与故障分析	169
第一节	叉车工作装置的拆装工艺.....	169
第二节	叉车工作装置常见故障的分析.....	170
第十八章	装卸搬运车辆液压系统故障的诊断	174
第一节	液压系统的故障率与故障预兆.....	174
第二节	液压系统故障的检测.....	176
第十九章	车辆的总装、检验与试车	180
第一节	总装.....	180
第二节	行驶检验.....	180

第四篇 起重输送机械的修理

第二十章	起重机的修理	182
第一节	起重机主要零部件的检验与修理.....	182
第二节	起升机构修理.....	198
第三节	变幅机构修理.....	202
第四节	回转机构修理.....	206
第五节	运行机构修理.....	211
第六节	金属结构修理.....	217
第二十一章	带式输送机修理	223
第一节	带式输送机主要零部件的检验和修理.....	223
第二节	输送带跑偏及防偏.....	226
第三节	输送带损伤原因及维修.....	229
第四节	带式输送机试运转调试.....	231
参考文献		233

第一篇 港口机械修理的基础知识

第一章 零件的失效

第一节 摩擦与润滑的基本概念

一、摩擦的产生及危害

任何零件的表面,无论采用何种加工手段,总是凸凹不平的,其放大的情况如图 1-1 所示。

当两个零件在自重和外载荷作用下压紧并在外力作用下发生相对运动时,其凸凹不平的部分必然要发生机械咬合和碰撞,出现摩擦阻力而阻碍运动,使接触表面产生摩擦。

如果不采取任何技术措施,零件在摩擦过程中将迅速磨损和发热,严重时会使咬死或烧熔,这是因为:

- (1)两摩擦表面实际上是凸点接触,接触点上的负荷大约是平均负荷的 1000 倍,接触点的金属在高负荷下发生变形,使机械咬合部位的凸点由于碰撞而脱落。
- (2)脱落的金属微粒夹在两摩擦面之间,起到磨料作用而使磨损加剧。
- (3)摩擦产生的机械能转变为热能,使凸点的温度升高,机械强度降低,导致磨损加剧。当温度上升到超过金属的熔点时,金属熔化使两机件咬死和摩擦面烧毁。

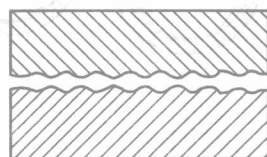


图 1-1 零件表面的放大情况

二、摩擦的分类

1. 干摩擦

摩擦表面之间没有任何润滑剂而直接接触时所产生的摩擦称为干摩擦。干摩擦的摩擦系数最大,对机械零件产生的磨损也最大,港口机械零件运转中应尽量避免发生干摩擦。

2. 液体摩擦

液体摩擦是指两个摩擦表面完全被润滑剂隔开的摩擦。它避免了金属表面的直接接触,当两表面发生相对滑移时,摩擦只发生在液体润滑剂的分子之间,因而液体摩擦的摩擦系数很小,摩擦功的损耗和零件的磨损都很小。

图 1-2 所示为轴与轴颈之间液体润滑油膜的形成过程。图 1-2a)表示轴静止时,轴颈在自重作用下与轴承在最下方接触,在两侧形成楔形间隙,润滑油充满在此间隙中。当轴开始旋转时,由于润滑油具有粘性,附着在轴颈表面,因而被轴颈带着一起转动,从上部较宽的进油空间携带到狭窄空间,如图 1-2b)所示。此层润滑油在楔形空间互相挤压,由于润滑油的可压缩性极小,挤压的结果使楔形油膜压力骤增,产生了使轴颈向上抬起的力。楔形油膜的压力随轴颈

转速升高而增加,当轴颈转速升高到一定值时,液体油膜的压力使轴微微向上抬起,与轴承分开,在轴颈与轴承之间便形成了完整的液体油膜,这时轴与轴承即形成液体摩擦,如图 1-2c)所示。在油膜厚度最小处,油膜压力最大。

3. 边界摩擦

边界摩擦是指两摩擦表面被一层极薄的润滑油膜隔开的摩擦,这层油膜的厚度通常小于 $1\mu\text{m}$ 。边界膜主要是由吸附在零件工作表面上润滑介质的物理吸附膜构成的,其形成机理是:当界面存在吸附膜时,吸附在金属表面的极性分子形成定向排列的分子栅,当分子吸附膜达到饱和状态时,紧密排列的分子所具有的内聚力使吸附膜具有了一定的承载能力,当摩擦表面相对滑动时,理论上只是在吸附油膜外层分子间滑动,零件表面被牢固的吸附油膜分子所隔开。图 1-3 为分子吸附膜的作用模型。

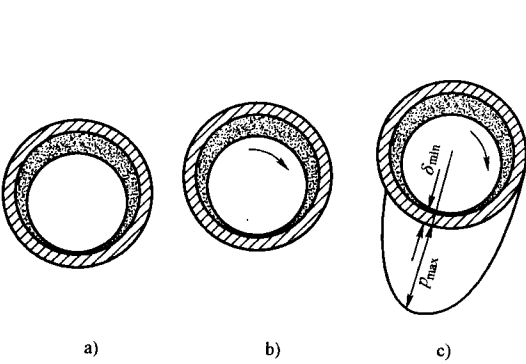


图 1-2 楔形油膜的形成

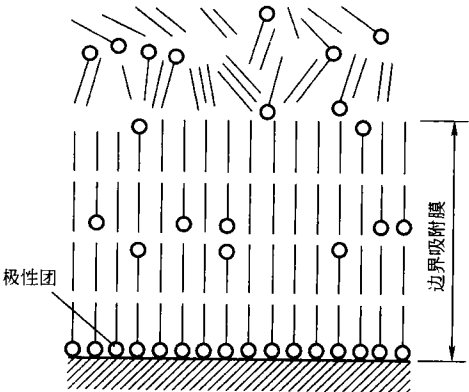


图 1-3 分子吸附膜的润滑作用模型

4. 混合摩擦

混合摩擦是指在摩擦表面同时存在着干摩擦、液体摩擦和边界摩擦的情况。

金属零件在工作中,其表面的摩擦状态并不是一成不变的,有时是一种摩擦状态,有时又变成另一种摩擦状态,有时几种摩擦状态混合存在。例如,发动机曲轴的轴颈与轴瓦,在正常工作状态下,能够达到比较理想的液体润滑,即能够形成象图 1-2 所示的具有一定厚度的完整的液体油膜,但在起动之初或在曲轴承受冲击载荷时,油膜难以形成或受到破坏,即会出现边界摩擦甚至干摩擦。又如,活塞与气缸之间正常工作中可以形成边界摩擦,但当气缸过热时,吸附膜被烧坏,就会出现干摩擦。

三、减少摩擦的有效措施——润滑

1. 润滑的目的

在摩擦表面形成均匀连续的润滑油膜,是减少摩擦的有效措施。润滑的主要目的是:减少机件的磨损量,延长使用寿命;减少摩擦功的损失,提高机械效率。此外,润滑还能起以下作用:

- (1)冷却散热。润滑油可以带走摩擦所产生的热量,使机件不致因过热而损坏。
- (2)冲洗清洁。润滑油可以带走摩擦中掉下来的金属微粒,减少或防止磨料磨损。
- (3)密封防漏。在发动机中,缸壁与活塞环之间的润滑油膜,能使活塞环的密封性增加,减

少漏气损失。

(4)防止腐蚀。润滑油膜隔绝了空气及酸性物质与零件表面的直接接触,减少了机件受氧化、腐蚀的程度。

(5)消振减声。利用润滑油膜的缓冲作用,能使发动机的振动减弱,运转平稳。由于润滑油膜的隔离,使运动副的摩擦和冲击声减弱。

2. 形成良好润滑的主要条件

(1)合适的润滑油粘度。若润滑油粘度过小,润滑油不易被轴颈携带,容易从轴承的轴向两边流出,难以建立如图 1-2 所示的楔形油膜。但粘度太大时,润滑油难以进入零件间隙,油膜也不易建立。

(2)较高的转速。转速高,楔形油膜压力也高,容易形成均匀连续的油膜。发动机和其他运转机械起动和低速运转时,要比正常工作时的零件磨损大得多。

(3)轴承负荷不能太高。轴承负荷越高,形成楔形油膜所需的油压也高,油膜难以建立;当承受冲击性负荷时,还可能将已经建立好的楔形油膜破坏。

(4)适当的零件间隙。零件间隙过小,润滑油难以进入间隙内;间隙过大时,则润滑油容易漏泄。当轴颈表面出现过大的圆度和圆柱度误差时,同样不利于油楔的形成。另外,若在轴承油楔的最大压力区内不合理地开挖油槽,也会大大降低油楔压力,不利于油膜的建立。

(5)摩擦表面的粗糙度要小。对于精加工的摩擦表面,只需很薄的油膜即可隔开两摩擦面;若表面粗糙,则要很厚的油膜才能形成完全的液体润滑。

第二节 零件的磨损

在港口机械的使用过程中,尽管我们按照各种机械的技术要求和使用规范进行正确的管理、使用和保养,港口机械零件的正常配合状态仍然不可避免地会遭到破坏。产生这种现象的主要原因,是各配合零件在相对运动中总会有摩擦,使接触面产生磨损,结果,改变了零件的形状、尺寸和表面组织,最后使零件丧失工作能力。

如果港口机械的零件磨损过快,将使机械的检修次数增加,大修周期缩短,维修费用增加。因此,减少零件磨损对于提高港口机械的工作可靠性和延长使用寿命具有特别重要的意义。我们应该了解零件磨损的一般规律,以便在使用过程中采取合理的技术措施,防止零件出现早期磨损;在修理过程中正确的选用材料,确定合理的修理工艺,以保证零件的使用寿命。

一、磨损的产生

摩擦和磨损是载荷作用下相互接触的两个物体作相对运动时,在接触表面上所发生的同一现象的两个方面,或者说,磨损是伴随着摩擦而产生的。

摩擦表面在发生相对运动的过程中,金属表面的相互接触,主要产生两种作用:一是机械性的相互嵌入作用,二是分子间的相互吸引和粘附作用。嵌入就是由于金属表面存在微观不平,在相互接触中,其凸起和凹进的部分将相互嵌入和咬合,在相对运动中,凸起的部分金属发生变形而导致机械剥落;分子间的吸引和粘附作用,是指摩擦件在相对运动中,表层金属相互接近,分子间的相互吸引力将使接触处产生粘附现象,当相对运动继续时,金属表面那些发生粘附的地方将被撕裂,产生机械性破坏。

此外,由于摩擦介质的化学腐蚀作用,金属的表面氧化,形成金属脆性氧化物,这些氧化物

在摩擦过程中脱落,也是产生磨损的原因之一。

二、磨损的分类

1. 粘着磨损

在零件的摩擦表面上,由于粘着作用,使一个零件表面的金属转移到另一个零件表面所产生的磨损称为粘着磨损。零件表面的负荷越大,表面温度越高,粘着磨损也越严重。

如前所述,金属表面经过机械加工后,总会留下宏观及微观的不平度(见图 1-1)。当零件在外载荷作用下相互摩擦时,实际的表面接触面积很小,接触应力很大,往往使接触点上的金属产生弹性或塑性变形,在继续的相对移动中,接触点上产生大量的热量,使表面发生相变、转化以至熔化焊合,导致一个零件表面的金属被部分地转移到另一个零件表面,形成金属瘤,金属瘤又在随后的摩擦中被撕裂而脱落,从而形成了粘着磨损。

港口机械零件所发生的粘着磨损,多数是由于配合间隙过小,运动零件表面加工纹理尚未磨合好,就过早的增大负荷,导致零件的工作温度过高而形成的。

2. 磨料磨损

摩擦表面在相对滑动时,若在摩擦表面之间存在着磨料,摩擦表面便会在磨料的作用下产生显微变形或切割,形成磨料磨损。

磨料磨损仅与摩擦表面是否存在磨料物质有关。它可以存在于任何滑动速度和单位压力作用的摩擦面上。摩擦表面的磨料可能是外界落入的(如空气中的尘埃、润滑油中的杂质等),也可能是磨损过程中的产物(如摩擦表面掉下的金属颗粒)。还有些磨料是早已存在于摩擦表面上的,如铸铁、镀铬、金属喷镀的零件表面都可能存在有磨料磨粒。磨料磨损的速度取决于摩擦表面的性质、磨料的性质、摩擦表面的滑动速度和单位压力。

对港口机械进行正确的管理维护可以减少零件的磨料磨损。如空气中的尘土和砂粒在随新鲜空气进入发动机后,可以导致发动机气缸的磨料磨损,因而在发动机上要配备有良好滤清效果的空气滤清器;燃油和润滑油中的杂质会导致气缸和轴承的磨料磨损,因而对燃油、润滑油也要进行有效的过滤。管理维护中要保证空气滤清器及燃油、润滑油滤清器处于良好的工作状态,从而减少摩擦零件的磨料磨损。

3. 表面疲劳磨损

表面疲劳磨损是指在纯滚动或同时带有滑动的滚动摩擦条件下,发生在表层的疲劳破坏现象。出现疲劳磨损的零件,其材料一般硬度较大而磨合性能较差,在较大的循环交变载荷作用下,由于接触面很小,接触应力大,当应力超过材料的屈服极限时,在零件表面产生瞬间显微塑性变形。由于材料硬度较高,这种瞬间显微变形会向四周扩散,形成网状裂纹。摩擦表面的润滑油在工作压力作用下向裂纹深处扩张、延伸,连续不断的载荷又会将其压成鳞片状而脱落,使零件表面出现麻点或凹坑,故又称为麻点磨损。这种磨损容易发生在滚动轴承的滚珠与弹道、齿轮的齿面等零件表面上。

疲劳磨损可分为两大类:非扩展性和扩展性。

(1)非扩展性疲劳磨损 在某些新的摩擦表面上,因单位接触应力很大,容易产生小麻点,经磨合后,接触面积扩大,单位接触应力降低,小麻点就停止扩展。对于塑性较好的材料,因加工硬化作用,使小麻点不能继续扩展。

(2)扩展性疲劳磨损 当材料塑性较大或润滑不当时,在接触表面作用有较大的压应力和切向力,使表面产生小裂纹并扩展而使金属脱落,形成小麻点或扩展成凹坑,使零件迅速失效。

4. 腐蚀磨损

腐蚀磨损是指摩擦表面与酸、碱、盐等特殊介质接触时,其工作表面发生腐蚀,使表面金属呈颗粒状剥落,使零件的表面形状变化,造成早期磨损。如在滑动轴承中,若轴承合金中含有锡、铅等元素,就容易被润滑油中的酸性物质腐蚀,在轴瓦上形成黑点,逐渐扩展为松软组织而脱落。另外,在发动机气缸的燃烧室内壁、气门与气门座圆的接触面上都程度不同的存在着腐蚀。

腐蚀磨损是一种机械化学磨损,单纯的腐蚀现象不能定义为腐蚀磨损,只有当腐蚀现象与机械磨损相结合时才能形成,腐蚀磨损经常发生在高温或潮湿的环境中,更容易发生在有酸、碱、盐等特殊介质条件下。

腐蚀磨损可分为氧化磨损、微动磨损和化学腐蚀磨损。

(1)氧化磨损 金属与空气中的氧作用形成氧化膜,当生成的氧化膜与基体结合牢固时,它起到保护作用,可以提高摩擦副的耐磨性能。若在摩擦过程中,氧化膜被磨掉,摩擦表面与氧介质反映速度很快,立即又形成新的氧化膜,然后又被磨掉,这就是氧化磨损,磨损的特征是金属的摩擦表面沿滑动方向呈均匀细磨痕,磨损产物为红褐色。

(2)微动磨损 两个接触物体作相对微幅振动而产生的磨损称为微动磨损。零件过盈配合的结合面虽然没有宏观的相对移动,但工作过程中会产生微小的相对滑动,接触压力使结合面上实际承载的微凸体产生塑性变形而发生粘着。微振幅振动使粘着点受剪脱落,造成零件的氧化磨损。从零件表面脱落的氧化物粉末存在于结合面间,将引起磨料磨损。若振动应力足够大,微动磨损点形成应力源,使疲劳裂纹扩展,最终将导致表面疲劳破坏。由此可见,微动磨损是粘着、腐蚀、磨料、疲劳磨损综合作用的结果,它经常发生在相对静止的摩擦副中,如过盈配合的结合面、链传动的链接处和受振动影响的联接螺纹结合面处。

(3)化学腐蚀磨损 由于零件直接与腐蚀性介质作用,发生化学腐蚀而产生的磨损称为化学腐蚀磨损。零件在液体或腐蚀性气体环境中工作时,其表面的金属将与腐蚀性介质发生各种化学反应,使零件表面形成一层化学反应膜,该反应膜与基体的结合强度较低,零件相对运动时由于切向摩擦力的作用而引起反应膜的脱落,形成零件的化学腐蚀磨损。

三、影响磨损的因素

1. 摩擦运动形式和摩擦速度的影响

摩擦运动形式有滚动摩擦和滑动摩擦两种,在其他条件相同的情况下,滚动摩擦的阻力小,散热能力强,因而磨损较慢,而滑动摩擦则磨损较快。

当其他摩擦条件一定时,摩擦副相对移动速度的变化不仅使磨损过程产生量的变化,而且产生质的变化。摩擦表面的温度随速度的增加而提高,当摩擦表面温度达到 $150 \sim 2000^{\circ}\text{C}$ 时,摩擦表面的润滑油膜即遭到破坏,摩擦性质即从边界摩擦转变为干摩擦,使磨损加剧。在更高一些的温度下,表面金属层软化,从而促进表面滑动,磨损速度进一步加快。当温度进一步升高,使表面金属处于热塑状态时,便会产生粘着磨损。

2. 润滑油的影响

摩擦零件的表面,一般以润滑油作介质,润滑油的性质对磨损过程起着很大的影响。理想的润滑油,应具有适当的粘度和足够的化学稳定性,不含酸类和机械杂质,以保证在摩擦表面形成具有一定承载能力的润滑油膜。

3. 摩擦副的材料和表面性质的影响

一切磨损的产生和发展,都是由材料的塑性变形开始的,硬度高的材料,抗塑性变形能力强,因而比较耐磨。对材料表面采取镀铬、表面强化处理等工艺措施,可以提高零件的耐磨性。

摩擦表面的宏观和微观几何形状对磨损过程也产生很大的影响。在每一个具体的摩擦条件下,都有一个磨损量最小的微观几何形状的配合问题。在实际工作中,我们常使摩擦副的表面粗糙度等级达到一致,以使磨损量限制在适当的范围内。

四、零件的磨损特性

港口机械在工作过程中,各种机械的零件工作条件各不相同,引起磨损的原因和磨损的程度也不完全一样,但是在正常的磨损过程中,大多数零件的磨损具有共性的规律。一般来说,零件的磨损可以分为三个时期。

1. 磨合期

磨合期的特点是磨损速度较快。这是由于新加工的零件表面的微观不平产生了啮合性摩擦,造成凸起部分的峰尖脱落,脱落下来的金属颗粒如不能及时被润滑介质带走,又会造成严重的磨料磨损。在各种车辆上也把这一段时期称为走合期,在走合期内应该严格按照有关的运行规范,减速减载,从而避免零件的早期磨损或事故性损伤。

2. 正常工作期

过了磨合期后,零件表面经过走合,配合表面互相适应,表面粗糙度有所改善,对润滑油的适应性也有所增强,零件配合间隙处于最佳范围内,因而这一阶段的磨损是缓慢而均匀的。在正常工作时期内,只要认真执行各种维护管理规范,保持各摩擦零件处于良好的润滑状态,就可以使零件的磨损速度控制在最低限度,从而有效地延长零件的使用寿命。

3. 极限磨损期

这一阶段由于零件的磨损已达到极限,零件的配合间隙已达到最大限度,运动副工作中由于松动而产生冲击,使零件承受冲击所产生的附加应力,有时会伴随振动与噪声。又由于配合间隙增大,润滑油容易漏泄,油压下降,油膜不易形成或形成后又很快被冲击所破坏,因此使零件的磨损速度急剧上升,并容易转化和引发事故性损伤。此时,应及时采取措施,组织修理,调整或更换磨损零件,以防技术状况恶化而影响其他机件正常工作。

五、减少磨损的方法与途径

1. 正确选择材料

正确选择材料是提高耐磨性的关键之一。应选择疲劳强度高、防腐性能好、耐磨耐高温的新材料,配合副零件应尽量采用不同的材料制造,注意配对材料的互溶性。

2. 进行表面强化

通过适当的表面强化处理,如表面热处理(钢的表面淬火等)、表面化学热处理(钢的表面渗碳、渗氮等)、喷涂、喷焊、镀层、滚压、喷丸等,使配合副零件具有不同的表面性质,提高零件表面的耐磨性。

3. 改善工作环境

选用合适的润滑剂和润滑方法,尽量建立液体摩擦条件,尽量避免过大的载荷、过高的运动速度和工作温度,创造良好的环境条件。

4. 合理的结构设计

正确合理的结构设计是减少磨损和提高耐磨性的有效途径。正确合理的结构设计有利于

摩擦副表面保护膜的形成和恢复压力的均匀分布,有利于磨屑的排出和防止外界磨粒、灰尘的进入等。

5. 提高零件的加工质量

零件的加工质量,是指表面粗糙度和几何形状误差。

几何形状误差过大,将造成零件工作过程中受力不均,或产生附加载荷,使磨损加剧。表面粗糙度过大,会破坏油膜的连续性,造成零件表面凸起点的直接接触,使磨损加快。在一般情况下,磨损速度随零件表面粗糙度的减小而减小,但表面粗糙度减小到一定程度后,磨损速度反而随表面粗糙度的减小而增大,如图1-4所示。这是因为,表面粗糙度过小,使零件表面的含油性降低,不利于油膜的形成,润滑条件变差,磨损加剧。由此可见,对于不同条件下工作的零件,都应有适当的表面粗糙度。

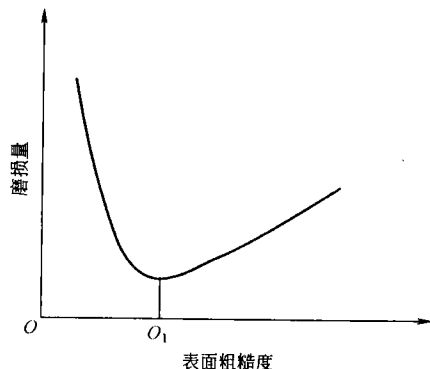


图 1-4 表面粗糙度对磨损的影响

第三节 零件的断裂

断裂是零件在机械力、热、磁、声响、腐蚀等单独或联合作用下,发生局部开裂或分成几部分的现象。断裂是零件破坏的重要原因之一,而且是零件使用过程中的一种最危险的破坏形式,关键零件的断裂往往导致重大的机械事故。

一、断裂的分类

根据对断口的不同观察方法和形状特征,断裂可以有不同的分类方法。

1. 按零件断裂后的自然表面特征分

(1)塑性断裂 是指零件断裂前发生显著的塑性变形的断裂。零件在外力作用下引起的应力超过弹性极限时发生塑性变形,外力继续增加,当应力超过强度极限时,零件在发生塑性变形后造成断裂。在塑性变形过程中,首先使某些晶体局部破裂,最终导致金属的完全断裂。断口的宏观状态呈杯锥状或鹅毛绒状,颜色发暗,边缘有剪切唇,断口附近有明显的塑性变形。

(2)脆性断裂 断裂前几乎不产生明显的塑性变形,多为沿晶界扩展而突然发生。脆性断裂总是从零件内部存在的宏观裂纹开始的,这种裂纹常发生在低于材料屈服强度的部位,并逐渐扩展,最后导致突然断裂。它的断口呈结晶状,常有人字纹或放射状花纹,平滑而光亮,且与正压力垂直,断口附近的截面收缩很小,一般不超过3%。

2. 按断口的微观特征分

(1)晶间断裂 这种断裂的裂纹沿着晶界扩展,多发生于脆性断裂,有时也发生于塑性断裂。

(2)穿晶断裂 这是指裂纹穿过晶粒内部的断裂,可以是脆性断裂,也可以是塑性断裂。

3. 按零件断裂前所承受的载荷性质分

(1)一次加载断裂 零件在一次静载荷(缓慢递增的或恒定的载荷)下,或一次冲击能量作用下的断裂称为一次加载断裂。包括静拉伸、静压缩、静弯曲、静扭转、静剪切、高温蠕变和一次冲击断裂等。

(2)疲劳断裂 零件在较长的时间内,在交变载荷作用下发生的突然断裂称为疲劳断裂。机械零件的断裂,绝大多数是由疲劳引起的,疲劳断裂占整个断裂的 70% ~ 80%,它的类型很多,包括拉压疲劳、弯曲疲劳、扭转疲劳、接触疲劳、振动疲劳等。疲劳又可根据循环次数的多少,分为高周疲劳和低周疲劳。

二、疲劳断裂

疲劳断裂的特点是零件破坏时的应力远低于零件材料的抗拉强度,甚至低于材料的屈服强度。不论是塑性材料还是脆性材料,疲劳断裂时,都不产生明显的塑性变形,均表现为脆性断裂。

1. 疲劳裂纹的产生

疲劳裂纹的产生取决于交变应力的大小、交变应力的循环次数和材料的疲劳强度。

零件产生疲劳破坏的原因,是由于交变载荷反复作用,在应力集中的部位,使材料发生塑性变形,产生微观裂纹,成为零件进一步损坏的原因。金属材料的内部结构缺陷和零件的结构设计不当,是零件产生应力集中的原因。在金属晶粒间存在极小的空隙和其他的非金属夹杂物,这些缺陷本身就构成了许多微小裂纹,零件在交变载荷作用下,这些部位就形成了微小的应力集中点。零件过渡圆角过小或孔、键槽的所在部位,都能引起应力集中,在应力集中部位,应力可能远远大于零件材料的屈服强度而引起塑性变形。随着交变应力的不断增加,材料所能承受的载荷次数达到极限,零件就产生疲劳裂纹。

零件产生最初的微观裂纹还与金属本身结晶的各向异性和加工不均匀度有关,在外力作用下,这些部位产生的应力大,发生塑性变形,于是在最薄弱处首先产生微观裂纹,一般情况下,疲劳裂纹发生在零件表面层的应力集中部位。

2. 疲劳断口形貌

典型的疲劳断口按断裂过程有三个区域,即疲劳源区、疲劳区、瞬时断裂区,如图 1-5 所示。

(1)疲劳源区 这是疲劳裂纹最初形成的地方,用肉眼或低倍放大镜能大致判断其位置,它一般发生在零件的表面,但若材料表面进行了强化或内部有缺陷,疲劳源区也可发生在皮下或材料内部。疲劳破坏好似以它为中心,向外散射呈海滩状的疲劳弧或贝纹线。

(2)疲劳扩展区 疲劳扩展区是在微纹的产生及扩展过程中形成的。该区域是疲劳断口上最重要的特征区域,呈宏观的疲劳弧带和微观的疲劳纹,断口比较光亮。疲劳弧带大致以疲劳源为核心,似水波形式向外扩展,形成许多同心圆或同心弧带,其方向与裂纹的扩展方向相垂直。每一条疲劳纹代表一次载荷循环,疲劳裂纹数与循环次数相等。是否出现疲劳纹,决定于应力状态、材料性质及环境因素。通常疲劳断面愈光滑,说明零件在断裂前经历的循环次数愈多,承受载

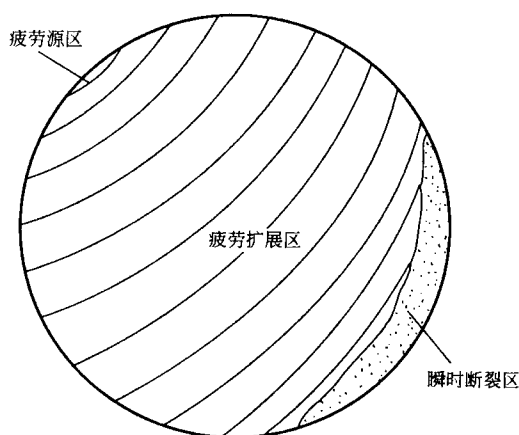


图 1-5 疲劳断口的宏观形貌

荷愈小。

(3)瞬时断裂区 瞬时断裂区是最后瞬间突然折断的连接部分,它是由于应力超过了材料的强度极限而造成的,其宏观特征与静载拉伸类似,断面比较粗糙。

三、断口分析

断口分析的目的是通过对断口的宏观和微观形态以及化学成分、显微结构、冶金缺陷、力学性能与零件的制造工艺、表面质量、几何形状和使用条件等方面进行分析,以判断断裂的性质、类型和原因,研究断裂的机理,进而提出防止断裂的措施。

零件断裂的原因往往是非常复杂的,故断口分析也是多方面的。

1. 现场分析

零件断裂后,对于断口和断裂时产生的碎片,应严加保护,避免氧化、腐蚀和污染。在未查清断口的重要特征和照相记录之前,不允许清洗断口。对零件的工作条件、运转情况及周围环境等,应作好调查研究。

2. 宏观分析

用肉眼或 20 倍以下的放大镜,对断口进行观察和分析。分析前先用汽油清洗断口的油污,对腐蚀比较严重的断口,可用化学法或电化学法去除氧化膜。宏观分析是整个破断分析的基础,主要观察分析破断全貌,裂纹和零件形状的关系,断口与变形方向的关系,断口与受力状态的关系,能初步判断裂源位置、破坏性质及原因,缩小进一步分析研究的范围,为微观分析提供线索和依据。

3. 微观分析

用金相显微镜或电子显微镜对断口进行观察和分析。主要观察和分析断口形貌与显微组织的关系,断裂过程中微观区域的变化,裂纹的微观组织与裂纹两侧夹杂物性质、形状和分布,以及显微硬度裂纹的起因等。

4. 金相组织、化学成分、力学性能的检验

金相组织检验主要是研究材料是否有宏观或微观缺陷,裂纹分布与走向以及金相组织是否正常等。化学分析主要是检验金属的化学成分是否符合零件要求,杂质、微量元素的含量和大致分布等。力学性能检验主要是检验金属材料的常规数据是否合格。

四、避免零件疲劳断裂的措施

金属零件由于各种原因会产生宏观或微观裂纹。有裂纹的零件不一定立即就断,都有一段扩展时间。在一定条件下,裂纹还可不发展,有裂纹的零件也可不断,但是断是由裂发展而来的。断裂事故后果严重,目前在维修中一旦发现裂纹,都要加以修复或更换,重要零件则予以报废。减少或避免零件断裂的措施主要有以下几点。

1. 减少局部应力集中

金属零件的疲劳断裂大部分是由局部的应力集中引起的,因此,减少局部应力集中是减少零件断裂的最有效措施之一。在选择零件材料时,应尽量减少材料内部缺陷,在设计和加工等过程中要注意尽量减少引起应力集中的因素,如零件截面变更处的圆角形状和大小,油孔油槽的位置和尺寸等。

2. 金属表面的强化处理

对金属表面进行强化处理,可以提高表层金属的强度改变表面内应力的分布,从而提高零