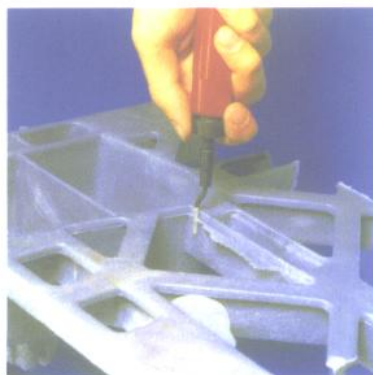


JIXIE LINGJIAN XIUFU XIN JISHU

■ 赵文轸 刘琦云 编著

Zao Wenzhen Liu Qiyun Bianzhu

机械零件修复新技术



 中国轻工业出版社

ZHONGGUO QINGGONGYE CHUBANSHE

机械零件修复新技术

赵文轶 刘琦云 编著



中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械零件修复新技术/赵文轶, 刘琦云编著. —北京: 中国轻工业出版社, 2000. 4

ISBN 7-5019-2799-5

I. 机… II. ①赵…②刘… III. 机械元件 - 机械
维修 - 新技术 IV. TH13

责任编辑: 王 淳

策划编辑: 王 淳

责任终审: 劳国强

封面设计: 崔 云

版式设计: 刘 静

责任校对: 燕 杰

责任监印: 徐肇华

*

出版发行: 中国轻工业出版社(北京东长安街6号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

印 刷: 中国人民解放军第1201工厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2000年4月第1版 2000年4月第1次印刷

开 本: 850×1168 1/32 印张: 10.5

字 数: 220千字 印数: 1—4000

书 号: ISBN 7-5019-2799-5/TH·055 定价: 30.00元

· 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 ·

前 言

购置一台机器设备需要花费资金，而要维持其正常运转，维修是不可避免的。维护的经费投入已经引起人们的重视，因为在不少情况下，维修的费用可超过购置时的投入。这类例子是很多的，如造纸机中的辊筒，发动机中的阀门，火力发电厂中的风机叶轮、叶片，锅炉器管及水力发电中的过水部件等。

随着科学技术的进步，机械设备向着高精度、高自动化、高智能化发展，服役条件更加苛刻，因而对于机械零件的修复要求更高。传统的机件修复法主要依靠电焊或气焊，但许多精密件对强韧性、尺寸精度都有严格要求，焊接工艺往往不能满足要求。而昂贵的配件的更换（例如模具）会大幅度增加成本，减少经济效益。何况许多配件并无现成的备件，因此更需要对机件修复技术水平的提高。

改革开放以来，我国从国外引进许多昂贵的大型成套设备。这些设备一般是没有备件的。一旦损坏，整个生产线就会停止运行。如果向国外求购配件，不仅需要时间，还要花费超过原价许多倍的价钱。因而，高质量的修复是企业所渴望的。但高质量的修复用传统的手段一般是达不到要求的，这就需要借助现代先进的修复技术。

因为有着巨大的经济效益，所以机械设备维修在世界上引起广泛的重视。近几年不少大学开设有关课程，联合国教科文组织于1974年把机械维修正式列入技术科学学科分类目录中。

现代维修技术是一个多学科的综合技术学科，领域十分广泛。本书介绍的新的修复技术是指近几十年来出现的、或发展起

来的修复技术，也是目前为全球企业界所关注的修复技术。

机件的损坏多缘于表面，然后向纵深发展，直至丧失精度、铰合、过变形甚至断裂。而一旦断裂，“起死回生”是比较困难的，因此修复要尽可能在失效的初期或中期进行。因而，新的修复技术中，包含着大量的表面工程技术。

本书由西安交通大学赵文轸，西北纺织工学院刘琦云编著，具体分工如下：赵文轸：第一章、第三章、第四章、第九章；刘琦云：第二章、第五章、第六章、第七章、第八章。全书由赵文轸统稿，周康宁审阅。

由于我们水平有限，难免有许多不足之处，希望读者批评指正。

编著者
2000年1月

目 录

第一章 绪 论

第一节 概述	(1)
第二节 修复工艺	(2)
一、修复工艺的分类	(2)
二、修复工艺的选择原则	(2)

第二章 机件失效分析基础

第一节 概述	(6)
一、失效	(6)
二、失效的类型	(7)
三、失效判据	(9)
第二节 金属断裂失效分析	(11)
一、现场调查	(11)
二、残骸分析	(12)
三、实验研究	(13)
四、综合分析	(19)
第三节 断口分析	(20)
一、金属断口的基本类型	(20)
二、断口基本特征	(22)
三、断口的宏观分析	(23)
四、断口的微观分析	(26)
五、延性破坏的断口特征	(27)

六、解理断裂的断口特征	(31)
七、沿晶断裂的断口特征	(32)
八、疲劳断口的宏观形貌特征	(35)
九、疲劳断口的微观形貌特征	(37)
第四节 表面损伤失效分析	(42)
一、磨损失效分析	(42)
二、腐蚀失效分析	(47)
第五节 金属零件失效分析实例	(56)
第六节 机械设备修复原则	(64)
一、可靠性和维修度	(64)
二、可修复系统的可靠度及其平均寿命	(67)

第三章 热喷涂技术

第一节 概述	(70)
一、热喷涂方法的分类	(70)
二、热喷涂技术的特点	(72)
三、热喷涂技术与其它修复技术的比较	(73)
四、热喷涂技术的发展	(74)
五、各种热喷涂方法比较	(75)
第二节 热喷涂的一般原理	(77)
一、粒子流的特点	(77)
二、涂层的形成	(80)
三、喷涂粒子与基体的结合强度	(81)
第三节 火焰喷涂	(84)
一、线材火焰喷涂	(84)
二、粉末火焰喷涂	(85)
三、基体表面预处理	(86)
四、火焰喷涂的应用	(88)



第四节 等离子喷涂	(89)
一、等离子的形成及其特点	(89)
二、等离子弧喷涂原理	(91)
三、等离子喷涂设备	(92)
四、等离子喷涂工艺	(95)
五、等离子喷涂的应用	(97)
六、等离子喷涂法的新进展	(98)
第五节 爆炸喷涂和超音速喷涂	(99)
一、爆炸喷涂	(99)
二、超音速喷涂	(101)
第六节 热喷涂用材	(106)
一、金属、合金及陶瓷喷涂线材	(106)
二、非复合型热喷涂用粉末	(108)
三、复合型热喷涂用粉末	(113)
第七节 热喷涂涂层的特性	(116)
一、热喷涂涂层的基本特点	(116)
二、防锈防蚀性能	(119)
三、耐磨性能	(121)
四、耐高温性能	(121)
五、热喷涂涂层的改质	(123)
第八节 涂层设计	(123)
一、喷涂工艺的选择原则	(124)
二、根据使用条件设计热喷涂层	(124)
三、喷涂材料的选择原则	(129)

第四章 堆焊修复技术

第一节 概述	(133)
一、堆焊概念	(133)

二、熔焊金属组织的一般规律	(135)
第二节 异种金属熔焊(堆焊)理论	(137)
一、熔合区的形成与结构	(137)
二、扩散过渡层的产生	(139)
三、碳化物形成元素对扩散层的影响	(141)
四、非碳化物形成元素对扩散层的影响	(143)
五、液相合金元素向固相中的扩散	(144)
第三节 埋弧自动堆焊	(145)
一、埋弧自动堆焊原理	(145)
二、埋弧自动堆焊设备	(146)
三、堆焊材料	(147)
四、堆焊材料的选择	(152)
五、埋弧自动堆焊用材	(156)
六、埋弧自动堆焊工艺规范	(157)
第四节 振动电弧堆焊	(157)
一、振动电弧堆焊基本原理	(157)
二、振动电弧堆焊主要设备	(158)
三、振动电弧堆焊工艺规范	(158)
第五节 等离子喷焊与氧 - 乙炔粉末喷焊	(160)
一、等离子喷焊	(160)
二、氧 - 乙炔火焰金属粉末喷焊	(163)
第六节 其它堆焊方法	(164)
一、气体保护堆焊法	(164)
二、电渣堆焊法	(166)
三、低真空熔敷修复法	(166)

第五章 特种电镀技术

第一节 电镀理论基础	(168)
-------------------------	--------------



一、概述	(168)
二、电沉积的基本原理	(170)
三、金属的电结晶	(178)
四、影响电镀层质量的基本因素	(184)
第二节 低温镀铁	(186)
一、低温镀铁原理	(186)
二、低温镀铁工艺	(188)
三、镀层性能及影响因素	(189)
第三节 电刷镀技术	(191)
一、电刷镀技术的原理、特点和应用范围	(192)
二、电刷镀的基本设备	(193)
三、电刷镀技术的工艺过程及要点	(196)
四、电刷镀技术应用实例	(200)
第四节 非金属电刷镀技术	(202)
一、非金属材料表面金属化	(203)
二、非金属刷镀镀层的结合机理	(204)
三、非金属刷镀技术的基本工艺过程	(206)
四、典型非金属材料的刷镀工艺	(206)

第六章 激光修复技术

第一节 激光技术的理论基础	(211)
一、激光的产生	(211)
二、激光的特性	(215)
三、激光修复技术的基本原理	(219)
第二节 激光修复技术的应用	(219)
一、激光焊接	(219)
二、表面激光熔敷	(220)
三、激光相变硬化	(223)

第七章 胶接修复技术

第一节 胶接与胶粘剂	(227)
一、胶接	(227)
二、胶粘剂必须具备的条件	(228)
三、胶粘剂的分类及常用胶粘剂	(229)
第二节 胶接强度	(238)
一、粘接胶层应力分析	(238)
二、粘接接头设计	(241)
第三节 破断型机件的胶接修复	(242)
一、全胶接涂敷修复法	(242)
二、辅助加强胶接修复法	(243)
三、波浪键胶接扣合修复法	(246)
四、加强块胶接扣合法	(249)
五、零件损坏后的胶接修复	(250)
第四节 磨损型机件的胶接修复	(252)
一、胶粘剂直接填补法	(252)
二、喷涂法	(253)
三、镶嵌塑料板法	(255)
第五节 渗漏型机件修复	(257)
一、不停车粘堵专用胶粘剂	(258)
二、顶压粘接式法兰堵漏的方法及工具	(259)

第八章 修复件的加工新技术

第一节 修复层的切削加工	(262)
一、修复层切削加工的特点	(262)
二、修复层的车削加工	(263)
三、修复层的磨削加工	(268)

第二节 电解磨削	(273)
一、电解磨削原理	(273)
二、电解磨削的工艺特点	(276)
三、影响电解磨削生产率和加工质量的因素	(277)
四、电解磨削电解液的选择	(280)
五、电解磨削用设备	(282)
六、电解磨削的工艺参数	(285)
第三节 超声加工技术	(286)
一、热喷涂涂层的超声振动车削	(286)
二、超声焊接	(296)
第四节 电泳磨削	(297)
一、电泳磨削的工作原理	(297)
二、电泳磨削实例	(298)
第五节 磁力研磨抛光	(299)
一、磁力研磨的工作原理	(299)
二、磁性磨料	(299)
三、研磨参数对抛光质量的影响	(300)
四、磁力研磨的应用	(301)

第九章 典型零件的修复

一、曲轴的修复	(302)
二、花键轴的修复	(306)
三、滑动轴承的修复	(307)
四、气缸体和气缸盖的修复	(308)
五、齿轮的修复	(311)
六、阀门密封面的修复	(312)
七、斗齿、刀片的修复	(314)
八、机床导轨的修复	(316)

九、轧辊的修复	(319)
参考文献.....	(323)



第一章 绪 论

第一节 概 述

一台机械设备，即使是最先进的，也不可能是无限寿命的，其中难免有相当数量的零件，经过一定时间的运转，会因磨损、腐蚀、氧化、刮伤、变形等原因而失效。对此，最简单的处理方法是报废并更换新件。这无疑会造成材料和资金的消耗，更何况许多引进设备的零部件，一旦损坏很难迅速找到合适的配件，不得不使整机设备停工。因此，采用合理的、先进的工艺对废旧机件进行修复会有许多好处：

- ①减少原材料及新备件的消耗，取得直接的节材效果；
- ②减少机械设备运转过程中的修理成本；
- ③可以解决备件缺乏的问题。

实际上有许多失效的、甚至报废的金属零部件是可以采用传统的或现代的工艺加以修复的，许多情况下，修复后的机件质量和性能不仅可以达到甚至可能超过新件。如采用热喷涂技术修复的曲轴，寿命可以赶上和超过新轴；采用埋弧堆焊修复的轧辊寿命远超过新辊；采用等离子堆焊修复的发动机阀门，寿命可达到新品的 2 倍以上；采用低真空熔敷技术修复的发动机排气阀门，寿命相当新品的 3 ~ 5 倍；等等。

不过，并非所有废旧零件都适于修复，一般来说，可修复件应满足下述条件：

- ①修复成本明显低于新件制造成本是基本的经济原则，而低

成本易耗件往往是不值得修复的；无备件的零件多为引进设备部件，为解决有无问题，通常不把成本放在首位。一般修复成本应把零件寿命考虑在内，即：

$$\frac{C_R}{T_R} < \frac{C_N}{T_N}$$

式中 C_R ——修复费用
 T_R ——修复件寿命
 C_N ——新件费用
 T_N ——新件寿命

②修复件能达到原件的尺寸精度、粗糙度、硬度、强度、刚度等技术条件。

③修复件的寿命至少能维持生产中允许的一个最小修理时间间隔。

废旧机件的修复涉及到许多学科的基础理论，诸如金属材料学、陶瓷及高分子材料学、焊接学、胶接学、电化学、应用力学、摩擦学、腐蚀与防理论以及多种机械制造工艺理论。废旧机件的修复也是一个实践性很强的专业，其工艺技术内容相当繁多，包括清洗、检验、焊接、胶接、加工及多种表面覆层覆膜技术等。实践中不存在一种万能技术可以对各种零件进行修复。不仅如此，对于一个具体的修复件，往往要把几种技术复合应用才能取得良好的效果。

第二节 修 复 工 艺

一、修复工艺的分类

目前比较常用的修复工艺可按图 1-1 进行分类。

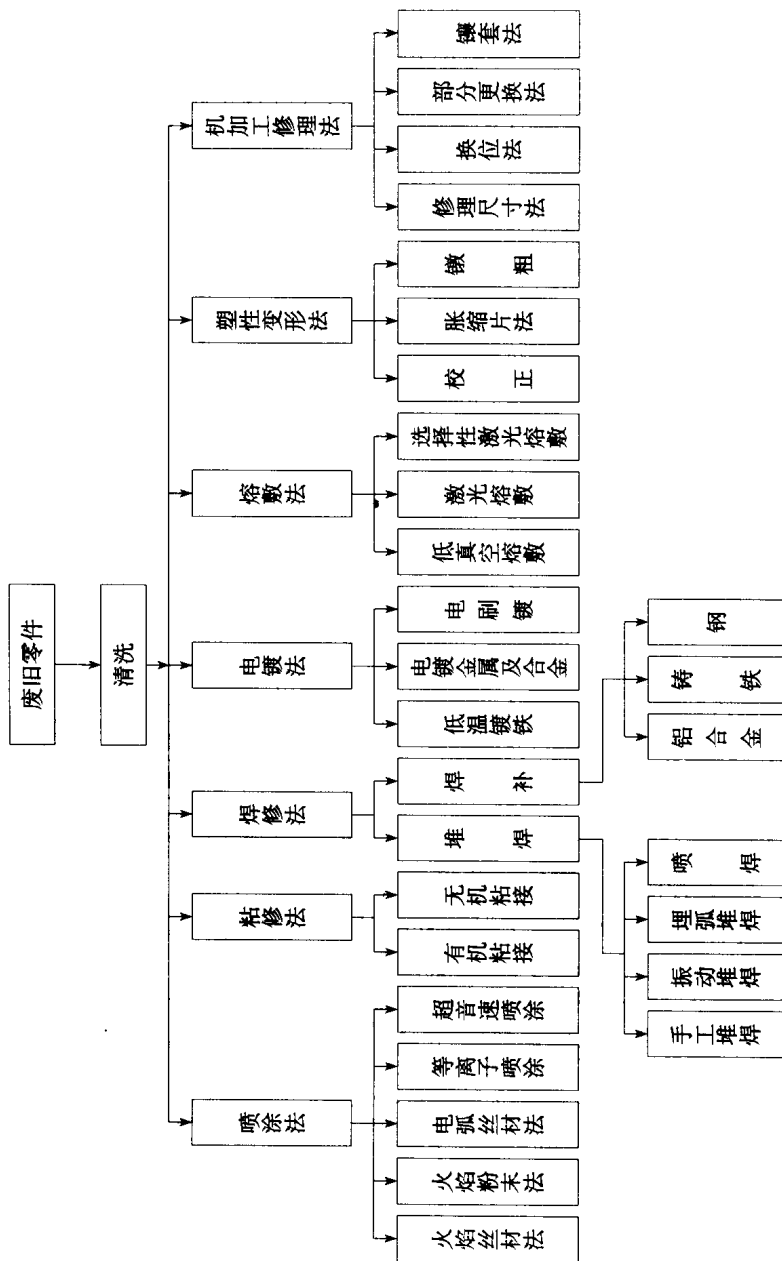


图 1-1 废旧机件常用修复工艺分类

二、修复工艺的选择原则

修复工艺选择的基本原则是工艺的合理性。所谓合理是指在经济允许、条件具备的情况下,所选工艺要尽可能满足对修复工件的尺寸及性能要求。

1. 修复工艺对零件材质的适应性

常用修复工艺对零件材质的适应性见表 1-1。

表 1-1 常用修复工艺对零件材质的适应性

序号	修复工艺	低碳钢	中碳钢	高碳钢	合金结构钢	不锈钢	灰铸铁	铜合金	铝
1	镀铬	良	良	良	良	良	可	可	可
2	低温镀铁	良	良	良	良	良	可		
3	气焊	良	良		良		可	可	可
4	手工电弧堆焊	良	良	可	良	良	可		
5	埋弧堆焊	良	良	可	良	可	可		
6	振动堆焊	良	良	可	良	可	可	良	可
7	钎焊	良	良	良	良	良	可		
8	氧乙炔焰喷焊	良	良	可	良	良	可		
9	等离子堆焊	良	良	可	良	良	可		
10	喷涂	良	良	良	良	良	良	良	良
11	粘接	良	良	良	良	良	良	良	良
12	塑变修复	良	良			良		良	良

2. 各种修复用覆层工艺可修补的厚度

各种修复用覆层工艺可修补的最佳厚度见表 1-2。

表 1-2 覆层工艺可修补的最佳厚度及结合强度

覆层工艺	镀铬	镀铁	刷镀镍	金属热喷涂	陶瓷热喷涂	高分子热喷涂	振动堆焊	埋弧堆焊	火焰喷焊	等离子喷焊
最佳厚度/mm	0.04 ~ 0.1	0.1 ~ 3	0.04 ~ 0.2	0.2 ~ 3	0.2 ~ 0.5	0.5 ~ 3	0.3 ~ 3	5 ~ 20	0.1 ~ 3	0.1 ~ 5
结合强度/Mpa	490	300	400	30	20	30	500	740	500	500