

机 修 手 册

(修 订 第 一 版)

第二篇 设备零件的修复和加工工艺

上 册

中国机械工程学会 主编
第一机械工业部



机械工业出版社

机械制造工厂
机械动力设备修理技术手册

第二篇

设备零件的修复和加工工艺

上册

江苏工业学院图书馆

藏书章

(修订第一版)

《机械修理手册》第二篇修订小组



机械工业出版社

本篇分上、下两册出版。

第一章至第十章为上册,分别介绍主要零件修换的一般规定;修复工艺的选择;焊、补、喷、镀、镶、粘等修理工艺;分度蜗轮副的修复等。

第十一章至第十四章为下册,分别介绍机床、锻压和其他设备的主要零件和易损件的制造工艺。

本篇除了第五章是上海喷涂机械厂编写,第七章是国营首都机械厂编写之外,其余各章均是第一汽车制造厂编写的,顺此一并说明。

第 二 篇

设备零件的修复和加工工艺

上 册

(修订第一版)

《机修手册》第二篇修订小组

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $12^{5/8}$ · 字数 420 千字
1979 年 10 月北京第一版·1979 年 10 月北京第一次印刷

印数 00,001—60,000 · 定价 1.05 元

*

统一书号: 15033 · 4556

修 订 说 明

《机修手册》试用本由于编写出版时间较早，有部分内容已陈旧，不能适应当前生产的需要。为此，尚未出版的少数试用本也就不再出版，而连同已出版的分册一起修订，一律以“修订第一版”的版本出版。

本手册修订后共分七篇。第一篇：设备修理的设计、计算与测绘；第二篇：设备零件的修复和加工工艺；第三篇：金属切削机床的修理；第四篇：铸造、锻压、起重运输设备和工业炉的修理；第五篇：动力设备的修理；第六篇：电气设备的修理；第七篇：设备的保养。

本篇以试用本第二篇“修理技术及其应用”和第一篇有关章节为基础进行修订的。此次修订，作了如下的修改和补充：

第一，零件修理工艺方面，增加了火焰校直、低温镀铁、无电镀镍、工程塑料在设备修理上的应用、用普通低碳钢焊条冷焊修复铸铁件等先进工艺；补充了设备修理用的新的粘接剂品种；

第二，对蜗轮副的修复作了较全面的补充；

第三，针对备件品种多，批量少，机修设备简陋等特点，着重补充一些主要零件和易损件的制造工艺。

此次修订，修订小组和各编写单位在接受广大读者对试用本的合理意见的基础上，还深入生产实践中进行调查研究，广泛听取机修人员的意见。尽管如此，修订本仍难免有不足之处或错误，希望广大读者继续提出意见，以便重版时修正。

本篇的修订工作是在吉林省机械工业局的领导下组成修订小组负责进行的。参加小组的有：第一汽车制造厂，长春市机械工业局，长春拖拉机厂，长春市第一机床厂，长春市机床大修厂，长春市电炉厂等，顺此一并说明。

目 次

第一章 零件修复工艺的选择

一、概述	1-1
二、零件的磨损极限和修换的一般规定	1-2
(一) 零件的磨损极限	1-2
1. 对机床精度的影响	1-2
2. 对完成预定使用功能的影响	1-3
3. 对机床性能和操作的影响	1-3
4. 对机床生产率的影响	1-3
5. 对零件强度的影响	1-3
6. 对磨损条件恶化的影响	1-4
(二) 零件修换的一般规定	1-4
1. 床身、箱体等主要铸件	1-4
2. 主轴及轴瓦	1-4
3. 花键轴	1-5
4. 光杠	1-5
5. 一般轴类零件与轴套	1-5
6. 丝杠、闸瓦、丝杠螺母	1-6
7. 齿轮	1-6
8. 蜗轮与蜗杆	1-7
9. 离合器	1-7
10. 皮带轮	1-7
11. 液压元件	1-7
12. 其它零件	1-8
三、修复工艺的选择	1-8
(一) 修复工艺的分类	1-8
(二) 修复工艺的选择	1-10
1. 选择工艺时应考虑的因素	1-10

2. 典型零件修复工艺的选择	1-12
----------------------	------

第二章 金属扣合和塑性变形修复法

一、修复大型铸件的金属扣合法	2-1
(一) 强固扣合法	2-1
1. 波形键制造	2-1
2. 波形槽加工	2-3
3. 铆击工艺	2-4
(二) 强密扣合法	2-6
(三) 优级扣合法	2-7
1. 加强件的形式	2-7
2. 加强件的加工	2-8
(四) 热扣合法	2-9
1. 热扣合件的形状	2-9
2. 热扣合件的计算	2-9
二、塑性变形修复法	2-10
(一) 镦粗法	2-11
1. 镦粗法简介	2-11
2. 用镦粗法改制报废的轴承滚柱	2-11
(二) 挤压法	2-12
1. 冷挤压简介	2-12
2. 用挤压法修复滚动轴承外圈	2-12
(三) 扩张法	2-13
1. 扩张法简介	2-13
2. 用扩张法修复滚轮	2-14
3. 用扩张法修复滚动轴承内圈	2-14
(四) 轴类零件的热校直	2-15
1. 热校直简介	2-15
2. 轴的热校直举例	2-16

第三章 磨损零件的电镀修复

一、镀铬	3-1
------------	-----

(一) 铬镀层的特性及其使用范围	3-7
(二) 镀铬工艺	3-3
二、不对称交流-直流低温镀铁	3-3
(一) 不对称交流-直流镀铁的特点及性能	3-3
(二) 镀铁工艺	3-4
1. 准备工作	3-4
2. 镀铁规范	3-5
(三) 电解液	3-7
1. 电解液的选用	3-7
2. 电解液的配制	3-7
3. 电解液的处理	3-8
4. 电解液的维护	3-8
(四) 低温镀铁的电源设备	3-9
1. 单相双半波电路	3-9
2. 单相桥式电路	3-11
三、大件局部镀孔	3-12
(一) 局部电镀槽和电源设备	3-12
1. 局部电镀槽	3-12
2. 电源设备	3-12
(二) 大件局部镀孔的工艺过程	3-13
1. 电解液的配方	3-13
2. 工艺过程	3-13
(三) 镀液的维护与调整	3-15
四、无电镀镍	3-16
(一) 无电镀镍的原理及其性能	3-16
(二) 无电镀镍的工艺过程	3-17
1. 镀液的配方	3-17
2. 工艺流程	3-17
五、长轴的局部镀铬	3-18
(一) 轻便槽电镀法	3-18
(二) 喷液电镀法	3-19
六、刷镀	3-20

(一) 刷镀的原理与特点	3-20
1. 刷镀的原理	3-20
2. 刷镀的特点	3-20
(二) 刷镀的工艺流程及工艺装备	3-21
1. 刷镀工艺流程	3-21
2. 刷镀的工艺装备	3-21

第四章 工程塑料在修理中的应用

一、工程塑料的特性及其在修理中的应用	4-1
(一) 工程塑料的特性	4-1
(二) 在设备修理及改装时工程塑料的选用	4-11
二、铸型尼龙零件的制造	4-14
(一) 铸型尼龙的制备方法	4-15
1. 一般浇注成型	4-15
2. 离心浇注聚合成型	4-16
(二) 铸型尼龙的改性	4-18
1. 铸型尼龙的热处理	4-18
2. 添加填充料改性	4-18
三、塑料涂敷	4-19
(一) 沸腾熔敷法	4-19
(二) 火焰喷涂法	4-21
(三) 热熔敷法	4-23
四、聚四氟乙烯及填充聚四氟乙烯在机修中的应用	4-24
(一) 聚四氟乙烯及填充聚四氟乙烯的性能	4-24
1. 聚四氟乙烯的性能	4-24
2. 填充聚四氟乙烯的性能	4-24
(二) 聚四氟乙烯及填充聚四氟乙烯在机修中的应用	4-26
1. 氟-4 及填充氟-4 在机械密封上的应用	4-26
2. 填充氟-4 活塞环及导向环	4-27
3. 填充聚四氟乙烯塑料轴承	4-28

第五章 金属喷涂

一、金属喷涂的特点及其在机修中的应用	5-1
(一) 金属喷涂的优缺点	5-1
(二) 金属喷涂在机修及其他方面的应用	5-2
二、金属喷涂设备及喷涂工艺	5-3
(一) 金属喷涂设备	5-3
1. 工件毛糙处理设备	5-3
2. 电喷涂设备	5-5
3. 气喷涂设备	5-10
(二) 金属喷涂工艺	5-17
1. 工件清洗和毛糙处理	5-17
2. 电喷涂	5-23
3. 气喷涂	5-28
(三) 金属喷涂层的性质和检验	5-33
1. 涂层的比重	5-33
2. 涂层的硬度	5-33
3. 涂层材料的抗拉强度	5-33
4. 涂层的平行收缩	5-34
5. 涂层与基体的结合力	5-34
(四) 金属喷涂的安全技术	5-35
1. 喷涂时的金属蒸发气体和粉末	5-35
2. 喷枪的安全技术	5-35
三、喷涂使用实例	5-36
(一) 曲轴喷钢	5-36
(二) 机床导轨喷钢	5-39
(三) 松动的电动机端盖轴承壳喷钼压配	5-42
(四) 内孔喷涂	5-42
(五) 内燃机主体、汽缸盖碎缝的修补	5-43

第六章 粘接修复

一、粘接方法和粘接剂的选择	6-1
---------------------	-----

(一) 粘接方法	6-1
1. 热熔粘接法	6-1
2. 溶剂粘接法	6-1
3. 胶粘剂粘接法	6-1
(二) 粘接剂的选择	6-7
二、设备修理常用粘接剂及其应用	6-9
(一) 环氧树脂胶粘剂	6-9
1. 环氧树脂的牌号和规格	6-9
2. 环氧胶粘剂的辅助材料	6-9
3. 环氧树脂胶粘剂常用的配方	6-20
4. 环氧树脂粘接在设备修理中的应用举例	6-22
(二) 酚醛-缩醛类粘合剂	6-26
1. 酚醛-缩丁醛胶粘剂	6-26
2. 酚醛-缩甲醛胶粘剂	6-26
(三) 酚醛-橡胶胶粘剂	6-27
1. 酚醛-丁腈胶粘剂	6-27
2. 酚醛-氯丁胶粘剂	6-30
(四) 丙烯酸酯类粘合剂	6-31
1. 氰基丙烯酸酯类粘合剂	6-31
2. 氰基丙烯酸酯在修理中的应用举例	6-32
(五) 厌氧性(嫌气性)密封粘合剂	6-32
1. 厌氧性(嫌气性)密封粘合剂的性能与使用	6-32
2. 厌氧性(嫌气性)密封粘合剂的使用实例	6-36
(六) 聚氨酯粘合剂	6-36
1. 聚氨酯粘合剂的性能	6-36
2. 聚氨酯粘合剂的使用实例	6-38
(七) GPS-1 有机硅胶粘剂	6-38
(八) F-2 含氟材料用胶	6-38
(九) 高分子液态密封胶	6-39
1. 液态密封胶的特点	6-39
2. 液态密封胶的分类和选择	6-40
3. 液态密封胶的使用方法	6-40

(十) 无机粘结剂	6-43
1. 无机粘结剂的调制	6-43
2. 无机粘结剂的特点	6-43
3. 无机粘结剂的使用方法	6-43
4. 无机粘结剂的使用举例	6-44

第七章 焊 接 修 复

一、铸铁裂损件的电弧冷焊修复	7-1
(一) 概述	7-1
(二) 用自制奥氏体和铸铁焊条修复	7-2
1. 焊条选择	7-2
2. 焊接工艺	7-3
3. 修复实例	7-9
(三) 用普低钢焊条修复	7-24
1. 焊条选择	7-25
2. 焊接工艺	7-25
3. 修复实例	7-31
二、机床导轨划伤或研伤的焊接修复	7-37
(一) 概述	7-37
(二) 电弧冷焊修复导轨研伤	7-39
1. 两种焊条混合电弧冷焊法	7-39
2. 用 $\phi 2.5$ 或 $\phi 3.2$ 铸 308 或铸 508 焊条冷焊	7-42
(三) 钎焊修复导轨研伤	7-43
1. 无槽化学镀铜钎焊工艺	7-43
2. 锡铋合金钎焊导轨划伤	7-44
3. 锡基轴承合金钎焊修复导轨研伤	7-45
三、钢制零件的电焊修复	7-45
(一) 钢制精密淬火零件的电焊修复	7-45
1. 概述	7-45
2. 焊条制造	7-47
3. 焊接工艺	7-48
4. 修复实例	7-52

5. 焊接修复时应注意的问题	7-53
(二) 钢制精密轴型零件的电焊修复	7-54
1. 概述	7-54
2. HB248 以下的 45 号钢精密轴型零件的堆焊修复	7-55
3. 承受冲击负荷的 45 号钢大型轴型零件的焊接修复	7-57
4. 大型轴型零件精密表面损伤的焊接修复	7-61
5. 机床主轴裂纹的焊接修复	7-62
四、细焊丝二氧化碳气体保护电磁振动电弧堆焊	7-64
(一) 概述	7-64
(二) 细焊丝堆焊设备的工作原理	7-65
(三) 细焊丝堆焊设备的主要装置	7-66
(四) 细焊丝堆焊主要参数的选择	7-70
(五) 细焊丝堆焊的应用范围	7-72

第八章 导轨 淬 火

一、机床导轨电接触加热自冷淬火	8-1
(一) 基本原理	8-1
(二) 电石墨棒式电极的手工操作	8-1
1. 电极	8-2
2. 低压降压器的制造	8-2
3. 操作方法	8-3
4. 处理后工件表面情况	8-3
5. 影响淬火质量因素	8-4
(三) 滚轮式电极及机械化操作	8-6
1. 铜滚轮电极几个主要参数	8-6
2. 冷却方式对淬火效果的影响	8-8
(四) 电接触淬火设备	8-8
1. 行星差动传动淬火机	8-8
2. 可移式自动往复淬火机	8-10
3. 无级变速淬火机	8-12
4. 简易机械化淬火	8-13
(五) 淬火过程中应注意的几个问题	8-14
(六) 电接触表面淬火工艺的扩大应用	8-15

1. 轴类零件	8-15
2. 长薄零件	8-15
3. 形状复杂零件	8-15
二、机床导轨表面高频感应淬火	8-16
(一) 概论	8-16
(二) 设备及工艺装备	8-16
1. 加热设备	8-16
2. 淬火装置	8-17
3. 感应器	8-17
(三) 工艺参数	8-20
(四) 减小导轨淬火变形的措施	8-21

第九章 研 磨 技 术

一、研磨原理	9-1
二、材料的可加工性与研磨余量	9-2
(一) 研磨与工件材料的关系	9-2
(二) 研磨在修理中的应用	9-3
(三) 研磨对预加工的要求及研磨余量	9-3
三、研磨剂	9-4
(一) 研磨粉	9-4
1. 研磨粉的性能及应用	9-4
2. 研磨粉的粒度及其选择	9-6
3. 研磨粉的研磨性能	9-6
(二) 研磨膏	9-8
(三) 研磨液	9-9
四、研磨工具的材料	9-10
五、研磨工具	9-11
(一) 手工研磨工具	9-11
1. 平面研磨工具	9-11
2. 外圆研磨工具	9-11
3. 内圆柱表面研磨工具	9-11
4. 圆锥体研磨工具	9-24

5. 球面研磨工具	9-25
6. 螺纹研磨工具	9-25
(二) 机械研磨工具	9-27
1. 单盘研磨机和双盘研磨机	9-27
2. 内圆研磨机	9-29
3. 钢球研磨机	9-29
4. 齿轮研磨机	9-29
六、研磨方法	9-31
(一) 平面研磨	9-32
(二) 外圆研磨	9-33
(三) 内孔研磨	9-35
(四) 锥体研磨	9-36
(五) 球面研磨	9-37
(六) 螺纹研磨	9-37
(七) 齿轮研磨	9-40
七、影响研磨精度的因素	9-41

第十章 分度蜗轮副的修复

一、分度蜗轮副的测量	10-1
(一) 分度蜗轮副的综合测量	10-1
1. 用试切样品齿轮来估计分度蜗轮副的运动精度	10-1
2. 蜗轮副分度精度的静态综合测量法	10-4
3. 蜗轮副分度精度的动态综合测量法	10-9
(二) 分度蜗轮单个要素的测量	10-10
1. 蜗轮周节差和周节累积误差的测量及计算方法	10-10
2. 蜗轮齿圈径向跳动的测量	10-26
3. 接触斑点的检验	10-27
4. 蜗轮齿厚的测量	10-28
(三) 蜗杆的测量	10-29
二、蜗轮修复方案的选择	10-31
(一) 磨损状态分析	10-31
(二) 修复方案的选择	10-32

(三) 保证接触斑点及啮合侧隙的方法	10-33
1. 影响接触斑点的因素	10-33
2. 保证接触斑点的工艺方法	10-35
3. 保证啮合侧隙的加工方法	10-37
4. 安装调整中应注意的问题	10-38
5. 侧隙的检查和调整方法	10-39
三、分度蜗轮的修复方法	10-42
(一) 修复齿形的加工方法	10-42
1. 精滚齿面	10-42
2. 剃削齿面	10-46
3. 滚剃齿面	10-48
4. 珩磨齿面	10-49
(二) 刮研修复法	10-58
四、提高蜗轮副运动精度的方法	10-61
(一) 引起运动误差的因素	10-61
1. 几何偏心引起的周节累积误差规律	10-61
2. 运动偏心引起的周节累积误差规律	10-63
3. 两种偏心误差的抵消方法	10-67
(二) 误差抵消法的应用	10-69
1. 运动偏心 e_h 的大小及方向的确定	10-70
2. 误差抵消法在加工及装配中的应用	10-72
3. 易位法及其应用	10-74

第一章 零件修复工艺的选择

一、概 述

磨损的零件，多数可以用各种各样的方法修复后重新使用。大庆的广大机修人员，总结了他们的丰富经验，提出“十二字”修旧利废作业法（即是采用：焊、补、喷、镀、铆、镶、配、改、校、涨、缩、粘等），已在各行各业推广，收到了很好的成果。在一机系统中，有些企业用镀铬法修复了镗杆，也有用点热法校正弯曲的镗杆；有用堆焊法修好卷 40 毫米厚板卷板机的断辊；有用铆接法修好 8 米重型车床裂开的车身；有用环氧树脂粘补机床导轨研伤，等等。

修旧利废的好处很多，主要的有：

1) 大大减少新备件的消耗量，从而也减少了用于生产备件的设备能力，收到了增产节约的效果；

2) 由于大量进行修旧利废，大大降低了修理成本；

3) 可以避免因某些备件不足，等待配件，有利于缩短修理时间；

4) 有利于发扬艰苦奋斗，自力更生的精神，贯彻勤俭办企业的方针。

但是，对于修复的零件，在通常的情况下，应满足如下要求。否则，就没有什么经济意义了。这些要求是：

1) 修理成本要低于新件制造成本，即是

$$\frac{S_{\text{修}}}{T_{\text{修}}} < \frac{S_{\text{新}}}{T_{\text{新}}}$$

式中 $S_{\text{修}}$ ——修复旧件的费用（元）；

$T_{\text{修}}$ ——修复零件的使用期（月）；

$S_{\text{新}}$ ——新件的制造成本（元）；

$T_{\text{新}}$ ——新件的使用期（月）。

2) 修复后能保持或恢复零件原有技术要求：包括零件尺寸公差、光洁度、形位公差及硬度等。

3) 修复后必须保持或恢复足够的强度和刚度。例如，轴类零件修磨后轴径减少，轴套搪孔后孔径加大，都会影响零件的强度与刚度。又如抗压及

抗拉强度与轴径的平方成比例；抗弯与抗扭的断面模数与直径的立方成比例；抗弯刚度是承载面积的惯性矩与材料弹性模数的乘积；抗扭刚度是承载面积的惯性矩与材料剪切弹性模数的乘积；而惯性矩又与轴径的四次方成比例。

4) 修理后零件的耐用度：零件修复后的耐用度至少应能维持一个修理间隔期，即属于中、小修范围的零件，修理后要能维持一个中、小修期，属于大修范围的零件，修后要能维持一个大修期。

因此，根据各类修复工艺的特点来选择合适的工艺，是达到上述要求的重要课题。

二、零件的磨损极限和修换的一般规定

(一) 零件的磨损极限

机床修前检查时，决定磨损零件是否需要修换是一项很重要的工作。不该修的零件修了，不该换的零件换了，会造成浪费。而该修的零件不修，该换的零件不换，也会影响机床精度和性能，还可能使以后的故障或修理工作量增加。这样就出现了如何确定机床零件极限磨损的标准问题。

确定机床零件极限磨损的标准，是一个复杂的问题。实践证明，零件是否修换，不能单纯以零件的尺寸精度、表面光洁度及表面相互位置精度为标准，因为同一零件在不同的使用部位有不同的要求。在什么情况下磨损零件可以继续使用，在什么情况下必须修换，目前，机修部门一般主要是根据零件的磨损程度及其对机床精度、性能的影响等多方面因素来决定的。

1. 对机床精度的影响

机床零件磨损后影响到机床精度使加工零件质量达不到要求时，就应该考虑修复或更换。如滚齿机分度系统中的蜗轮副，直接影响分度的精确度，这些零件磨损超过公差时，就应该修复。又如机床主轴轴承及导轨等基础零件磨损时，就会改变工件几何形状；当基础零件间隙增大，啮合不良时，增加了机床的振动和传动不良，影响加工零件表面光洁度，也应进行修复或更换。

一般零件磨损尚未超过规定公差，估计继续使用到下一个机床修理期，还不会影响机床精度时，可以暂不修换。但对于某些影响机床精度的主要零件（如主轴），或是拆卸不便和修复劳动量很大的零件（如箱体），虽发现其