

林业机械管理与维修丛书

林业机械零件修理工艺

张大伟 编著

中国林业出版社

林业机械管理与维修丛书

林业机械零件修理工艺

张大伟 编著

中国林业出版社

林业机械管理与维修丛书
林业机械零件修理工艺
张大伟 编著

中国林业出版社出版（北京西城区刘海胡同7号）
新华书店北京发行所发行 遵化县印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 5.5印张 100千字

1991年2月第一版 1991年2月第一次印刷

印数1—1,000册 定价：2.60元

（京）第033号 ISBN 7-5038-0447-5/TB·0110

前 言

本书是中国林学会林业机械学会组织编写的“林业机械管理与维修丛书”中的一册，是面向林业企业机械管理和维修人员的一本技术读物。

近年来，林业机械修理生产发展很快，修理旧零件的修理技术和经济效益急需采用新技术、新工艺来提高。

本书从生产实际出发，介绍了一些林业机械零件修理工艺的基本知识。本书结合林业机械零件的常见损伤，为铸铁壳体零件和铝合金壳体零件的裂纹，轴、轮类零件的磨损等，介绍了各种切合实际的修理方法（如振动堆焊、埋弧焊、喷涂、电镀等），这对提高工人和生产组织者的技术和管理水平将有一定的促进作用。

由于本人的理论水平不高，实践经验又不多，加之编写时间有限，书中的缺点错误一定不少，诚恳希望读者批评指正。

编著者

1987年3月

目 录

第一章 概论.....	(1)
第一节 常见林业机械零件的修理工艺	(1)
第二节 选择机械零件修理工艺的准则	(7)
第二章 铸铁壳体零件的修理.....	(12)
第一节 铸铁壳体零件常见的损伤和修理工艺特点	(12)
第二节 铸铁壳体零件磨损的修理	(18)
第三节 铸铁壳体零件裂纹的修理	(42)
第四节 铸铁壳体零件变形后的整形	(58)
第三章 铝合金壳体零件的焊修.....	(63)
第一节 铸造铝合金	(63)
第二节 铝合金零件的焊修特点	(66)
第三节 气焊工艺在焊修铝合金壳体零件裂纹上的 应用	(66)
第四节 电弧焊在焊修铝合金壳体零件裂纹上的 应用	(69)
第五节 氩弧焊在焊修铝合金壳体零件裂纹上的 应用	(70)
第四章 轴、轮类零件磨损后的修理工艺.....	(72)
第一节 轴、轮类零件的修理工艺特点	(73)
第二节 修理尺寸法和零件局部更换法	(73)

第三节	振动堆焊工艺在修复轴、轮类零件磨损上的应用	(81)
第四节	埋弧焊在修理轴、轮类零件磨损上的应用	(104)
第五节	金属丝电弧喷涂工艺在修复曲轴轴颈磨损上的应用	(108)
第六节	氧-乙炔火焰喷焊工艺在修复轴、轮类零件磨损上的应用	(125)
第七节	电镀工艺在修复轴、轮类零件磨损上的应用	(133)
第五章	轴、轮类零件变形后的校正和平衡	(151)
第一节	轴、轮类零件变形后的校正	(151)
第二节	轴、轮类零件的平衡	(156)
第六章	零件修理工艺规程	(161)
第一节	基本概念	(161)
第二节	确定零件修理工艺规程的原始资料	(161)
第三节	零件修理工艺规程的制订和技术文件	(163)

第一章

概 论

任何运转的机械都将受到各种力的作用，从而引起零件的磨损或其它损坏，使机械的可靠性、动力性、经济性等逐渐下降。修理机械，就是要更换或修理已经磨损或损坏的零件。对修理厂而言，首先应着眼于修理，只有无法修理或无价值修理的零件，才能换新。零件修理就是对磨损或其他损坏了的零件进行再加工，以恢复其几何形状、几何尺寸、理化-机械性能。可见，零件修理是机械修理的基础。

第一节 常见林业机械零件的修理工艺

就工艺而言，零件修理和零件制造同属一个范畴。一般地说，零件修理比零件制造在技术上要困难一些。零件修理除采用零件制造的成形加工工艺外，还要采用各种专门的工艺手段，来消除零件的磨损或其他损坏。林业机械零件的报废，除少数是裂纹、变形等机械损伤外，大部分是磨损超限，所以零件修理工作除少数是修复裂纹和校正变形外，大部分工作是采用不同的表面覆盖强化工艺，或直接进行机械加工修复磨损层。

常采用的表面覆盖强化工艺有三类方法：

1. 通过电解获得覆盖层的方法——电镀

(1) 槽镀。电解过程在镀槽内进行。在机械零件修理中，主要是镀铬，因为镀铬层有许多优点，如：结合强度高、耐磨、耐热、导热性好、摩擦系数小、耐化学腐蚀等，用镀铬修理的零件表面质量远超过新件。镀铬最适合修理磨损不大的零件，如恢复各种滚动轴承轴颈的尺寸。镀铬的缺点是生产率低、成本高、铬酐有剧毒，镀铬层的油性也不好，但可由多孔镀铬的办法来补救。

(2) 刷镀。电解过程不是在镀槽内，而是在镀刷和零件之间进行。国家标准把刷镀定义为：“依靠一个与阳极接触的垫或刷提供电镀需要的电解液的电镀方法。电镀时，垫或刷在被镀的阴极上移动。”从定义中清楚地知道了刷镀的工作原理与实质，即刷镀不要镀槽，它是用外面包上棉花或涤纶套的石墨做成。镀刷亦称阳极，接电源的正极，零件作为阴极，接电源的负极。电镀时，镀刷浸满配制好的电镀溶液，在零件表面上以一定的相对运动速度刷涂而获得镀层（如图 1—1）

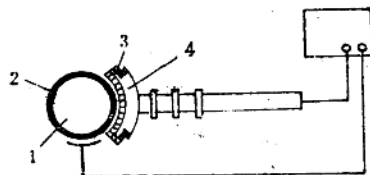


图 1—1 刷镀示意图

1. 工件 2. 刷镀层 3. 阳极包套 4. 镀刷

镀层的形成，从本质上讲与槽镀相同。其不同点是，由于镀刷与零件作相对运动，因此零件被镀表面不是同时发生金属离子的还原结晶，而仅仅是在镀刷和零件接触的各点发生瞬时放电结晶，这样阴极区不会出现金属离子贫乏现象，氢气也很容易逸出，这就允许刷镀使用比槽镀大几倍到几十倍的电流密度和10—20倍的金属离子浓度。可见，刷镀的镀积速度比槽镀快，而仍能得到均匀、致密、结合良好的镀层。镀层厚度可达0.5mm。

刷镀和槽镀相比，具有设备和工艺简单，沉积速度快（5—10倍），镀层结合强度高且种类多，表面光洁度可达 ∇_8 — ∇_9 ，可精确地控制镀层尺寸，不需要绝缘等优点。因而应用范围广，经济效益大。尤其对于大型机械的不解体现场修理和野外抢修更有突出的适用价值。如修理发动机拉缸，就可以在发动机上进行，清洗后在拉伤的沟痕中先刷镀上一层铜，用砂布打磨平滑后再刷镀一层镍钴合金即可。

2. 通过熔化金属获得覆盖层的方法——堆焊、喷涂

（1）堆焊。在零件被磨损的表面上堆焊一层金属层的方法，这种工艺修复磨损零件较为普及，常采用手工堆焊和振动堆焊。

手工堆焊是每一个修理厂都在应用的最为普及的工艺，堆焊时可采用电焊，也可采用气焊。应该提及的是电焊工必须熟悉国产耐磨焊条和焊丝的牌号、成分、性能，正确地选用，并能熟练地掌握施焊工艺，才能使堆焊表面有理想的耐磨性。

振动堆焊也是修复磨损零件的一项较为普及的工艺，它

是焊丝以一定频率、振幅振动为特征的电脉冲自动堆焊。振动堆焊比手工堆焊具有零件受热和变形小，堆焊层均匀、平整而加工余量小，堆焊层耐磨性与45号钢高频淬火层相当，生产率高且操作简单，用于修理各种轴类零件。由于振动堆焊的堆焊层与零件基体金属之间有很大的内应力，且有焊不透及堆焊层本身又有裂纹、气孔、夹渣等缺陷，因此零件堆焊后的疲劳强度大约降低30—40%。对疲劳强度敏感的零件不易采用振动堆焊修理。为了改善振动堆焊质量，人们常采用蒸汽保护下的振动堆焊和二氧化碳气体保护下的振动堆焊。

近几年，在林机零件修理中采用并发展了在熔剂层下自动堆焊。为了解决振动堆焊的缺陷，提高零件堆焊后的疲劳强度，而用固体物质做保护介质，振动堆焊的电弧在熔剂层下燃烧，以保护熔化金属免受空气中氧和氮的有害作用，则消除或减少了振动堆焊层的缺陷，提高了堆焊质量，其本质是改进了的振动堆焊。目前，用这种工艺修复磨损了的森铁台车轮和内燃机车曲轴获得了较好的效果。

(2) 喷涂。就是把熔化的金属（金属丝或金属粉末）用高速气流喷敷到已经准备好的被磨损的零件表面上，形成金属层。这种工艺从修理汽车、拖拉机零件发展到制造飞机、导弹；从喷涂金属发展到喷涂塑料、陶瓷；从喷涂金属丝发展到喷涂各种合金粉末，应用极为广泛。目前，在林业机械零件修理中采用的工艺有金属丝电弧喷涂，金属粉末氧乙炔火焰喷涂，金属粉末等离子电弧喷涂。

金属丝电弧喷涂是将两根金属丝，通过金属喷涂枪，以

等速向前送给，在金属丝尖端产生电弧并使之熔化。熔化的金属被5—6个大气压的压缩空气吹散，并喷射到零件表面上。可知，所形成的金属层结构是小颗粒（直径只有0.01—0.04mm）的机械堆积，它不是熔合也不是电极结晶。因此，它的结合强度很低，只有 9.8×10^5 — 29.4×10^5 Pa。但它的优点是涂层内应力低，只要采取正确的喷涂工艺，喷涂层的质量是稳定可靠的。此外，这种堆积结构的涂层有5—10%的孔隙率，有利于吸附润滑油膜，而改善了润滑条件。目前仍是修复曲轴效率高、成本低、质量有保证的好方法。

金属粉末氧-乙炔火焰喷涂是用专用气喷枪，用氧-乙炔火焰熔合金粉末，直接喷射到经过处理的被磨损的零件表面上，不用外加压缩气体吹送。所用合金粉末种类很多，有打底的，当过渡层的，有喷表面耐磨的、耐腐蚀的。粉末中大多含有硼、硅等强脱氧剂，这类粉末叫自熔性合金。硼硅有溶解氧化膜、降低熔点、增加硬度的作用。

一般在粉末喷涂后再进行一次重熔处理，重熔温度约1000℃，只熔合金涂层而不熔化基体金属。熔化了合金能溶解基体金属表面，互相渗透，扩散形成大约0.1μm的金属键结合，从而提高了涂层和基体金属的结合强度，达到 392×10^5 Pa左右。把进行重熔处理的喷涂叫喷焊。喷焊层的耐磨性好，结合强度高，工艺和设备简单。因而用这种方法修理气缸、曲轴轴承孔及变速箱轴承孔等，可得到很高的修理质量。

金属粉末等离子电弧喷涂与氧-乙炔火焰喷涂的主要区别是热源不同。等离子电弧喷涂的热源是等离子电弧，温度

可达20000℃，喷嘴出口温度接近10000℃，因此能熔化任何难熔的金属材料和非金属材料。等离子电弧的形成是靠特制的喷枪，接通喷涂电源，将工作气体（氮气或氩气）电离形成等离子体，并压缩成等离子弧。工作气体被加热膨胀形成很强的等离子射流，从喷嘴喷出。这时再用送粉气体（与工作气体相同）向喷嘴送入粉末材料，立即熔化并以很高的速度喷涂到准备好了的被磨损的零件表面上。

等离子喷涂所用的粉末与氧-乙炔火焰喷涂所用粉末是同一类型的，只是牌号不同所含化学元素不同，所获得的涂层性质也不同，前者较后者熔点高。等离子喷涂主要用于喷涂含碳化钨的合金粉末，用于高温或需要特别高硬度的场合。也用于喷涂陶瓷和氧化锆等非金属耐高温、高硬度的涂层。

目前，推广粉末喷涂的主要障碍是这些新工艺所用合金粉末太贵，限制了它的广泛应用。

3. 通过化学粘接获得覆盖层的方法

在机械修理中，常采用环氧树脂胶、酚醛树脂胶及氧化铜胶修理零件。胶粘法的特点是：工艺简单、设备少、成本低、不会引起变形或金属组织的变化。胶粘时，在胶粘剂中加入不同的填料可获得不同的性能。

胶粘法大量用于机械制造工业中。在机械零件修理业中，目前多用于粘补气缸体，以代替过去的焊补。胶粘法虽然不如焊补牢固，但如处理得当可保证使用，而胶粘所具有的优点是焊补无法比拟的。在磨损的零件表面上粘一层耐磨胶的方法，已应用于机床、林产工业机械零件的修理中，在

胶中加入玻璃纤维、碳化硅粉、二氧化铜等添加剂，提高了耐磨性。这种方法在本材采运机械零件修理中没能得到推广，主要原因是涂层的导热性差。这个问题如能解决，胶粘法可在许多方面代替堆焊、喷涂和电镀。因为它比这些覆盖工艺更简便，成本更低。

第二节 选择机械零件修理工艺的准则

机械零件修理工艺在不断发展，新工艺被采用，有些老工艺，如镶套、压力加工、钎焊等，也具有不可替代的特点。因此，在机械零件修理中采用多种工艺，对一种磨损或损伤来说，可能有几种修理工艺供选择。究竟哪一种工艺好，需要合理的选择，以使所选定的工艺，质量上可靠、技术上可行、经济上合理。其次是：操作简单、污染较少。这些就是选择机械零件修理工艺的准则。

1. 质量可靠性

质量可靠性的主要评定指标是：表面覆盖层与基体金属的结合强度；覆盖层的耐磨性；覆盖层对零件疲劳强度的影响。

(1) 表面覆盖层与基体金属的结合强度，是衡量覆盖层质量的最基本的指标。如果覆盖层的结合强度不够，在使用中脱皮、滑圈，于是其它方面的指标也就谈不上。结合强度包括结合部位的抗剪、抗拉、抗压、抗弯能力，其中结合部位的抗拉强度比较真实地反映了覆盖层与基体金属的结合力。实际上，覆盖层的结合强度是一个很复杂的问题，它

不仅与修理工艺规范有关，而且也与零件的形状、刚性、表面状态、工作条件等有关。胶粘层、电镀层的结合强度，还与老化、腐蚀、温度的反复变化有关，要经过相当长的时间才能考查出来。几种常用的覆盖层抗拉强度的试验结果如下：

覆盖层种类	抗拉结合强度 (Pa)
手工电弧堆焊	705.6×10^6
振动堆焊	490×10^6
镀铬	480.2×10^6
金属丝电弧喷涂	19.6×10^6
等离子喷涂	39.2×10^6
胶 粘	9.8×10^6

手工电弧焊的结合强度最高，因为焊层与基体金属是熔合的金属键连接。振动堆焊焊层的结合强度低于电弧堆焊是由于熔深浅、缺陷多并有较大的内应力。镀铬层的结合强度相当高，和振动堆焊差不多，但镀层厚度超过0.15mm时，随着厚度增加而结合强度显著降低。喷涂层与胶粘层的结合强度较低，只有熔焊的几十分之一，因为它们和基体金属既不是熔合，也不是化学键结合，而是吸附在一起。这两种覆盖层主要是靠较大的附着面积承受载荷。由于它们的特点是工艺可靠，对零件的疲劳强度影响小，因此在林业机械零件修理中仍被采用，特别是喷涂应用的较为广泛。如果按工艺要求去做，规范选择的得当，可保证使用。尤其粉末喷涂是相当可靠的，当然喷焊就更为可靠。

应当指出，电镀层、喷涂层和堆焊层的承受接触应力的

能力都不高，均不宜于修理齿轮的齿面、滚动轴承的滚道或滚柱、接触的轴颈等。

(2) 覆盖层的耐磨性。实践证明，镀铬层的硬度最高，也最耐磨。所以镀铬层作为耐磨层被广泛采用。镀铬层不易磨合，应注意加工精度，以使摩擦副容易磨合；振动堆焊的磨合性与耐磨性都比较好，约相当于45号钢淬火层的80—90%。金属丝电弧喷涂的磨合性特别好，是因为颗粒性结构易脱落、易磨合，所以要注意加工规范，减少磨合期的磨损量。由于喷涂层吸附油膜的能力强，使用中的磨损率还是比较低的，所以耐磨性与新件差不多，等离子喷涂采用硬质合金粉末，使覆盖层的耐磨性犬大提高，可超过新件3—7倍。氧-乙炔火焰喷焊是兼有喷和焊的特点，采用自熔性合金，涂层耐磨性可高于新件。

(3) 覆盖层对零件疲劳强度的影响是一个很重要的指标。因为许多重要机械零件是在变载荷及冲击载荷下工作，因此，这一指标关系到零件的使用寿命和使用的安全性。下面是各种覆盖层对零件疲劳强度影响的试验数据（以45号钢被覆盖的试棒与未覆盖的45号钢试棒比较，所下降的百分数）

覆盖层种类	疲劳强度下降(%)
未覆盖的45号钢	0
喷涂层	-14
电弧堆焊层	-21
镀铬层	-25
振动堆焊层	-38

覆盖层使零件疲劳强度降低的原因是零件表面受到损伤；表面准备时将零件车（磨）细了；覆盖层与零件表面之间有很大的内应力。因此，振动堆焊对零件的疲劳强度影响较大而喷涂层则较小。

2. 经济合理性

经济合理性主要是修理成本要低于制造新件的成本，当然要考虑修理与新件使用寿命。

$$\text{即：} \frac{C_{\text{修}}}{T_{\text{修}}} \leq \frac{C_{\text{新}}}{T_{\text{新}}}$$

式中： $C_{\text{修}}$ 、 $C_{\text{新}}$ ——分别为零件修理和制造成本；

$T_{\text{修}}$ 、 $T_{\text{新}}$ ——分别为修旧零件和新零件可工作小时。

从式中可知，提高修旧件在经济上的合理性，主要是降低修旧件成本，提高修旧件质量延长使用寿命。降低修旧件成本，一是合理选择修理工艺，在保证质量的前提下降低材料成本，二是采用先进工艺，提高劳动生产率，降低工时费用。提高修旧件质量，除选择已有的工艺外，一是提高工人的技术水平，准确地掌握修理工艺，二是不断地引进新技术采用新工艺。

经济合理性与生产批量有密切关系。目前林业机械零件的修理都是小批量和单件生产，不可避免的是修理成本高，修理质量差而造成使用寿命短，则影响了零件修理生产的发展，应当组织专业化的大批量生产。例如，内燃机的活塞销制造成本很低，修理活塞销在经济上似乎不合理，如果大批量修理活塞销，采用胀大后无心磨加工，其修理成本肯定低于制造成本。

零件修理的最积极因素是材料成本低于制造新件的成本，应重视此项工作，为国家节约原材料。