

工程机械修理基础知识丛书



第三分册

旧件修复工艺

(上)

中国建筑工业出版社

TH117-51
3.09

工程机械修理基础知识丛书

第三分册

旧件修复工艺(上)

江苏工业学院图书馆
徐海一 刘世参 编
刁家明 执笔 惠
藏书章

中国建筑工业出版社

本书主要介绍有关旧机件修复工艺, 内容包括: 手工电弧焊接, 振动电弧堆焊, 埋弧自动堆焊及应用实例, 等离子喷涂及堆焊, 低真空熔结及修复实例, 氧—乙炔焰喷熔及喷涂, 铸铁与铝合金零件的焊修及其应用实例。

本书插图较多、内容通俗易懂, 便于自学。

本书可作为工程建设、工业、农业和交通系统从事机械修理广大职工的自学读物, 也可作为机械修理技工培训教材。

2270/65

工程机械修理基础知识丛书

第三分册

旧件修复工艺(上)

徐滨士 刘世参 编
刁家明 刘学惠

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 5 字数: 112 千字

1986年1月第一版 1986年1月第一次印刷

印数: 1—5,800册 定价: 0.70元

统一书号: 15040·4830

出版说明

随着我国工业、农业和交通系统机械化程度的提高，各种工程机械在数量上日益增多和普及。要使工程机械保持良好的技术状态，充分发挥机械效能，延长使用寿命，做好维修工作是十分重要的。为了适应广大职工自学工程机械修理基础知识和技工培训的需要，我们组织编写了这套《工程机械修理基础知识丛书》。

丛书计划出七册：

1. 机械修理基本知识
2. 机械修理共同性工艺
3. 旧件修复工艺(上)
4. 旧件修复工艺(下)
5. 发动机修理
6. 工程机械底盘修理
7. 液压与液力传动装置修理

丛书读者对象主要是具有初中以上文化水平的机械设备修理工人、技术人员和有关管理干部。丛书内容力求简明扼要，文字力求通俗易懂，目的是便于自学。

这套丛书由石家庄铁道学院、北京装甲兵技术学院、北京农机学院、西安公路学院、华北水利水电学院等单位的部分同志参加编写。全套丛书由石家庄铁道学院易新乾同志主编。在编写过程中，得到有关单位和个人的大力支持和帮助，我们表示衷心感谢。由于我们水平有限，丛书中的错误和不

当之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

中国建筑工业出版社编辑部

目 录

第一章 手工电弧焊接及堆焊	1
第一节 手工电弧焊的原理与特点	1
第二节 手工电弧焊设备	5
第三节 手工电弧焊材料	6
第四节 手工电弧焊规范的选择	13
第五节 手工电弧焊工艺	15
第二章 振动电弧堆焊	19
第一节 振动电弧堆焊的工作原理	19
第二节 振动电弧堆焊的设备	22
第三节 振动电弧堆焊规范参数的选择	26
第四节 提高振动电弧堆焊质量的措施	30
第五节 应用振动电弧堆焊法修复曲轴	37
第三章 埋弧自动堆焊	43
第一节 埋弧自动堆焊的实质	43
第二节 埋弧自动堆焊的设备	44
第三节 埋弧自动堆焊用材料及工艺	46
第四节 应用埋弧自动堆焊法修复支重轮举例	51
第四章 等离子喷涂及堆焊	55
第一节 等离子体与等离子弧	55
第二节 等离子喷涂	59
第三节 等离子弧堆焊	75
第五章 低真空熔结工艺	82
第一节 概述	82
第二节 低真空熔结用合金粉末	83

第三节	低真空熔结用设备	86
第四节	熔结工艺	90
第五节	低真空熔结工艺的产品质量和经济性分析	97
第六节	用低真空熔结工艺修复零件实例	98
第六章	氧—乙炔焰喷熔及喷涂	101
第一节	氧—乙炔焰金属喷熔	101
第二节	氧—乙炔焰金属粉末喷涂	115
第七章	铸铁与铝合金零件的焊修	123
第一节	铸铁的一般性能和分类	123
第二节	铸铁的焊修方法	124
第三节	灰口铸铁焊修工艺	129
第四节	铸铁焊补应用实例	138
第五节	铝合金零件的焊修	143
第六节	用手工电弧焊法焊补铝合金气缸水套举例	150

第一章 手工电弧焊接及堆焊

以普通电弧为热源，以焊条为添加材料，用手工操作对两个零件或零件上的断裂部位进行熔化焊的方法称为手工电弧焊接。为恢复零件尺寸或为获得具有特殊性能的熔敷层而在金属表面进行熔化焊的方法称为手工电弧堆焊。这两种工艺统称为手工电弧焊。

手工电弧焊，虽然在劳动强度、生产率、堆焊层的光整等方面不及其它修复工艺，但是，由于它具有设备简单、工艺灵活（不受焊接位置、表面形状的限制）、连接强度高以及堆焊厚度大等优点，因而在机械零件的修复中占有重要地位。

第一节 手工电弧焊的原理与特点

手工电弧焊是在金属焊条与被焊零件间形成电弧，以焊条作为填充金属的一种方法。如图1-1所示。

一、电弧及其特性

(一)电弧的形成与引燃

1. 电弧的形成

电弧是在两电极间的气体介质中连续强烈放电的现象。气体介质中能点燃电弧的重要条件是要有离子存在。当两电极接触时，由于接触点之电阻较高，通过电流较大，电极末端

强烈发热，在阴极端的分子，受高温作用成为离子及自由电子，同时自由电子从阴极飞出、穿过气体介质到阳极，当高

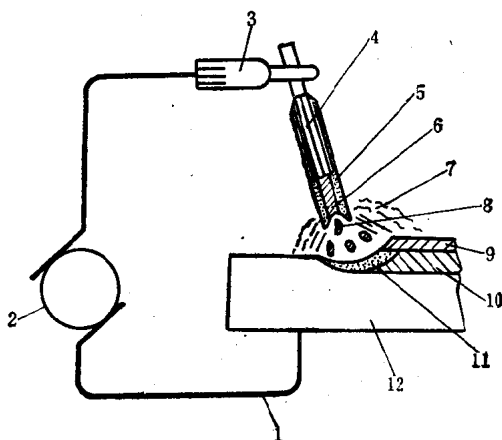


图 1-1 手工电弧焊接

- 1—电缆线；2—直流弧焊机；3—手工焊钳；4—焊条；5—药皮；
6—钢芯；7—电弧；8—金属熔滴；9—渣皮；10—堆焊金属；
11—熔池；12—工件

速电子冲击气体分子时，能将气体分子电离成正、负离子，结果在两电极间气体介质中形成电子及阳离子的强流，使气体介质成为导体，促使电极间强烈放电形成电弧。

2. 电弧的引燃

点燃电弧的方法，通常是用电焊条接触被焊零件表面；接触方法有擦火柴式及对头引弧式两种。如图1-2所示。

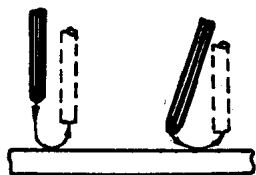


图1-2 引燃电弧法

当焊条与零件金属表面接触产生短路时，在焊接线路中产生自感

作用，再提起焊条时，能继续供给电极端头放射电子所需的能量。因此，在焊接电路中，当电流增大，电感及焊机空载电压较大时引弧容易。

(二) 电弧的燃烧

电弧引燃以后，焊条与基体金属都开始熔化，在基体金属上产生红热的熔化表层，通常叫作熔池。从熔池底至焊条端的距离 H 称为弧长，弧长与焊接质量直接有关，过长则熔化金属滴下的距离长，易与空气中的氧、氮起作用，使焊缝质量变劣。通常弧长约等于焊条直径。从零件金属表面到熔池底的高，称为熔深。熔深较大，可保证堆焊金属与基体金属之间有可靠的连接强度。熔深与电流强度、电弧运动速度和焊条牌号有关。焊接钢件时，熔深一般在2~5毫米范围内。焊接的弧长与熔深见图1~3。

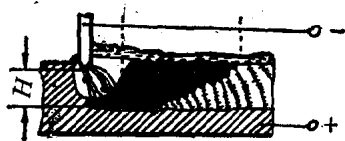


图 1-3 焊接弧长与熔深

(三) 电弧的静特性

燃弧时，弧长保持定值，电流与电压的关系，以及电流保持定值，弧长与电压的关系，这两种关系称为电弧的静特性，分别见图1-4、图1-5。

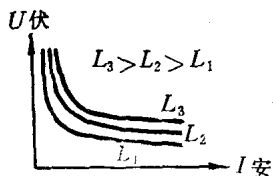


图 1-4 电流与电压的关系

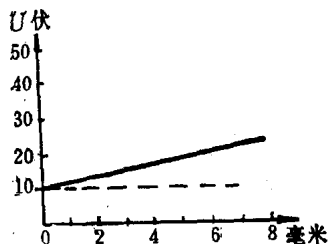


图 1-5 弧长与电压的关系

二、电弧焊的特点

电弧焊的主要特点是通过电弧将电能变为热能熔化金属并进行焊接。其特点有：

(1) 电弧形成时产生大量的热能与光能，如在空气内点燃电弧时，弧柱温度可达 7000°C 左右，而钢的熔点仅为 $1500\sim 1600^{\circ}\text{C}$ ；

(2) 不同电极材料，弧柱最高温度不同，弧柱不同部位的温度也不相同，其中心温度最高，弧柱附近的热量分布如图1-6所示；

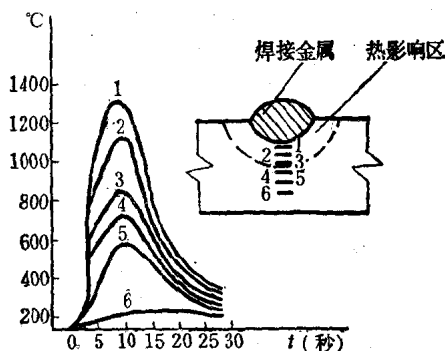


图 1-6 弧柱附近热量分布情形

(3) 电弧温度与焊接电流有关，电流强度愈高，电弧温度愈高。其关系曲线如图1-7。因此要熔化高熔点金属，或焊接厚度较大的零件时必须提高焊接电流；

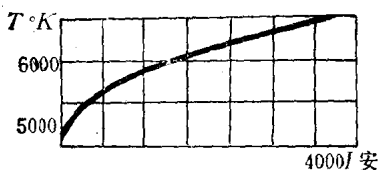


图 1-7 焊接电流与温度关系曲线

(4) 在整个电弧长度上，热能的分

布是不平均的。阳极区发出之热能较阴极区为多，阳极区较阴极区温度稍高。因此，如要使被焊零件得到较多的热量可采用“正接法”，即被焊零件接正极、焊条接负极。一般在堆焊大型零件时采用正接法，见图1-8。

反接法就是将被焊零件接负极，焊条接正极，这种联接法可避免零件发生过热，在焊接薄件时采用，见图1-9。

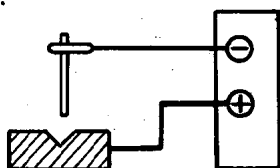


图 1-8 正接法

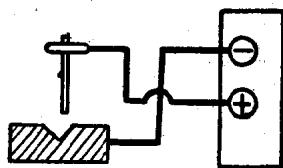


图 1-9 反接法

第二节 手工电弧焊设备

手工电弧焊电源设备有直流弧焊发电机、直流弧焊整流器和交流弧焊变压器。图1-10为用直流弧焊整流器供给焊接电流时的装置示意图。

无论直流或交流弧焊机，均必须满足以下要求：

(1) 弧焊电源要能提供稳定的电弧，并保证电焊工作者的安全。

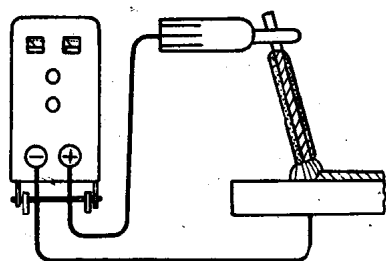


图 1-10 用弧焊整流器进行焊接

(2) 交流或直流弧焊电源都应有下降外部特性，同时

要求弧焊机的下降特性曲线与电弧的静特性曲线相交，如图 1-11。图中 a 、 b 为电弧静特性曲线；1、2 为弧焊机的下降特性曲线。曲线 1 与 a 、 b 分别相交于 A 、 B 两点和 A_1 、 B_1

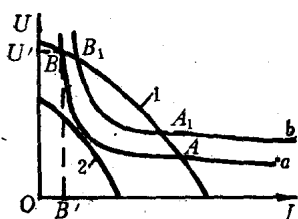


图 1-11 下降特性曲线与静特性曲线

两点。从图上可以看出，点 B 说明电弧开始不稳定，点 A 说明电弧稳定点，因此当电流小于 B' 时，要维持电弧燃烧，必须要有大于 U' 之电压。

弧焊机的下降特性曲线如不与电弧静特性曲线相交则不能燃弧。

(3) 当电压变化时，电

流变动不大。

(4) 要有能调整焊接电流的装置。

各类手工电弧焊电源特点见表 1-1。选电源设备时还须考虑：药皮为 $T \times \times -7$ 低氢型的各种焊条以及焊芯为不锈钢或非铁金属的各种焊条要求用直流。电源设备的容量应根据常用的最大电流及荷载率选取。

第三节 手工电弧焊材料

一、焊条的分类及选择

(一) 焊条的分类

国家焊条标准 (GB980—76) 把焊条分为九大类，各类按主要性能不同分为若干型号，各型号又可有多种牌号产品。《焊接材料产品样本》将焊条分为十一类。其对应关系见表 1-2。国标所规定的各项性能指标是焊接结构设计、焊条性

能检验的依据。

各类弧焊电源特点

表 1-1

项 目	弧焊发电机	弧焊整流器	弧焊变压器
电流种类	直 流	直 流	交 流
电弧稳定性	好	好	较 差
磁 偏 吹	较 大	较 大	很 小
构造与维修	较 繁	较 简 单	简 单
噪 音	大	很 小	较 小
供 电	三相供电	一般为三相供电	一般为单相供电
功率因数	较 高	较 高	较 低
空载损耗	较 大	较 小	小
成 本	高	较 高	低
触电危险	较 小	较 小	较 大
重 量	较 重	较 轻	轻

焊条分类对照

表 1-2

国 家 标 准 分 类			《焊接材料产品样本》分类	
国 标	符号	名 称	符号	名 称
GB931—76	J	结构钢焊条	结	结构钢焊条
GB933—76	B	不锈钢焊条	粤	粤氏体不锈钢焊条
			铬	铬不锈钢焊条
GB982—76	R	钼和铬钼耐热钢焊条	热	钼和铬钼耐热钢焊条
GB984—76	D	堆焊焊条	堆	堆焊焊条
暂无标准	W	低温钢焊条	温	低温钢焊条
暂无标准	Z	铸铁焊条	铸	铸铁焊条
暂无标准	N	镍及镍合金焊条	镍	镍及镍合金焊条
暂无标准	T	铜及铜合金焊条	铜	铜及铜合金焊条
暂无标准	L	铝及铝合金焊条	铝	铝及铝合金焊条
			特(注)	特殊用途焊条

注：如水下焊接与切割焊条等。

(二)焊条的选用

1.考虑对焊接接头或堆焊层的要求

(1)关于机械性能的要求,如硬度等;

(2)工作条件的要求,如温度、介质、承载性质(静载,动载或冲击载荷);

(3)磨损类型,如磨粒磨损、冲击磨损、金属间磨损;

(4)其他,如对耐气蚀、耐热以及焊后是否需要加工……等。

2.考虑被焊修零件材料的焊接性

零件形状复杂,刚度大、厚度大,母材杂质含量高和低温环境下焊接应选抗裂性好的,如低氢型焊条。不预热焊某些有淬硬倾向的低合金钢或中碳钢可以用奥氏体焊条;有时要考虑用过渡层焊条。

3.考虑被焊修零件的板厚及坡口形式、焊接位置、焊接电源条件;

4.尽量采用成本低、效率高的焊条。

(三)堆焊焊条的分类和选用

堆焊焊条根据其主要用于分为:

堆10×~24× 为不同硬度常温堆焊焊条;

堆25×~29× 为常温高锰钢堆焊焊条;

堆30×~49× 为刀具、工具堆焊焊条;

堆50×~59× 为阀门堆焊焊条;

堆60×~69× 为合金铸铁堆焊焊条;

堆70×~79× 为碳化钨堆焊焊条;

堆80×~89× 为钴基合金堆焊焊条;

堆90×~99× 为其他堆焊焊条。

堆焊焊条的选用见表1-3。

堆焊焊条的选用

表 1-3

类别	堆焊工件	熔敷金属	选用焊条	硬 度	磨损类型
常 温 工 件	轴、车轮	珠光体钢			金属间磨损
		10Mn3Si	堆107	HRC $\geq$ 22	
		15Mn4Si	堆127	HRC $\geq$ 30	
		25Mn4Mo	堆146	HRC $\geq$ 30	
		20Cr1.5Mn	堆112	HRC $\geq$ 22	
		30Cr2Mo	堆132	HRC $\geq$ 30	
	中锰轨 (API)	15MnMoVCr	堆147 铬	HB272	
	齿 轮	合金马氏体钢			金属间磨损
		40Cr2Mo	堆172	HRC $\geq$ 40	
		50Cr3Mo2	堆212	HRC $\geq$ 50	
堆 焊	压路机链轮排污 阀	珠光体钢			金属间磨损 + 磨粒磨损
		10Mn3Si	堆107	HRC $\geq$ 22	
		20Cr1.5Mn	堆112	HRC $\geq$ 22	
		合金马氏体钢			
		70Mn2Cr3Si	堆207	HRC $\geq$ 50	
		50Cr3Mo2	堆212	HRC $\geq$ 50	
	推土机刀板矿山 料斗铲斗齿	马氏体钢			磨粒磨损
		70Mn2Cr3Si	堆207	HRC $\geq$ 50	
		50Cr3Mo2	堆212	HRC $\geq$ 50	
	受泥沙磨损和气 蚀的水轮机叶片、 水力机械	40Cr9Mo3V	堆237	HRC $\geq$ 50	磨粒磨损 + 气 蚀
		马氏体钢			
		40Cr9Mo3V	堆237	HRC $\geq$ 50	
高 锰 钢 堆 焊	破碎机齿板挖掘 机斗齿	马氏体钢			磨粒磨损 + 冲 击
		70Mn2Cr3Si	堆207	HRC $\geq$ 50	
		50Cr3Mo2	堆212	HRC $\geq$ 50	
		40Cr9Mo3V	堆237	HRC $\geq$ 50	
	破碎机齿板挖掘 机斗齿	锰奥氏体			磨粒磨损 + 冲 击
		Mn13	堆256	HB $\geq$ 180	
		Mn13Mo2	堆266	HB $\geq$ 180	
	高温热剪切机热 锯	铬锰奥氏体			冲击磨损
		Mn14Cr15	堆276	HB $\geq$ 200	
		Mn14Cr15Mo	堆277	HB $\geq$ 200	

续表

类别	堆 焊 工 件	熔 敷 金 属	选用焊条	硬 度	磨损类型
刀 具 、 工 具 堆 焊	高温刀具	高 速 钢 W18Cr4V	堆307	HRC $\geq$ 60	金属间磨损
	常温冲模剪刀	马氏体钢 50Cr5W9 Mo2V	堆322 堆327	HRC $\geq$ 55	
	冷轧辊	打底40Cr4Ni MnMo 表层60Cr6Ni Mo			
	热锻模、热冲头、 热剪刀等	热模具钢 50CrMnMo 30Cr2W8	堆397 堆337	HRC $\geq$ 40 HRC $\geq$ 38	
阀 堆 焊	中温阀门密封面	铬 不 锈 钢 1Cr13	堆502 堆507	HRC $\geq$ 40	金属间磨损 + 介质腐 蚀、冲蚀
		2Cr13	堆512 堆517	HRC $\geq$ 45	
		65Cr10Mn25	堆567	HB $\geq$ 210	
		1Cr13Mn2Ni WV	堆507钼	HRC $\geq$ 38	
		1Cr14Mn14	堆577	HRC $\geq$ 28	
		W2Si2Mo1V		不预热不处理	
	高温阀门密封面	铬镍不锈钢 20Cr18Ni8 Si5Mn	堆557	HRC $\geq$ 37	金属间磨损 + 介质腐 蚀、冲蚀
		12Cr18Ni8 Si5Mn	堆547	HB 270~320	
		Cr18Ni12Si4 Mo4WVN 6	堆547钼	HRC $\geq$ 37 不预热 不处理	
合 金 铸 铁 堆 焊	常温水轮机叶片 或耐气蚀场合	合金铸铁 C3Cr27	堆642	HRC $\geq$ 45	耐气蚀
		C3Cr28Ni 4	堆667	HRC $\geq$ 48	
		Si4Mn			