

李亚江 陆小斌 吕杰 等编著

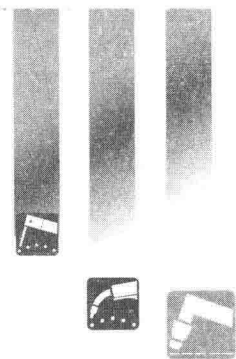
焊工实用 修复技术

HANGONG SHIYONG
XIUFU JISHU



化学工业出版社

焊工实用 修复技术



李亚江 陆小斌 吕杰 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

提高焊工修复技能对保证焊接生产运行安全至关重要。本书的特点是突出焊接操作者的实用修复技能,从焊接工艺、操作技能、修复质量与检验、焊接修复示例等方面,阐明解决一般焊接修复问题的方法和一些特殊的技巧,给出了很多来自生产实践中成功的焊接修复示例,可以为焊接修复实践提供技术支持。

本书主要供从事焊接操作的人员和与焊接技术相关的工程技术人员、管理和质量检验人员使用,也可供高等院校、科研院(所)、企事业单位的有关教学和监察人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊工实用修复技术/李亚江等编著. —北京:化学工业出版社, 2017.1

ISBN 978-7-122-28697-0

I. ①焊… II. ①李… III. ①焊接工艺 IV. ①TG44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 309248 号

责任编辑:张兴辉

文字编辑:陈 喆

责任校对:宋 夏

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 13 $\frac{1}{4}$ 字数 356 千字

2017 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:59.00 元

版权所有 违者必究



前 言

FOREWORDS

我国拥有上百万名焊工，在焊接结构生产中，焊接修复技术越来越受到重视，特别是针对焊工操作的一些焊接修复受到人们的关注。操作技能精湛的焊接操作者作为焊接修复实施的主角，已经渗透到制造业的各个领域，并直接影响焊接产品的质量。

本书的特点是注重突出焊接操作者的实用修复技能，从焊接工艺、操作技能、焊接修复示例、焊接修复质量与检验等方面，阐明解决一般焊接修复问题的方法和焊接修复操作的特殊技能。能帮助焊接操作者掌握焊接修复的一般规律，了解焊接缺陷的内在原因和防止对策等，特别是给出了很多来自生产实践中成功的焊接修复示例，可以为焊接修复实践提供技术支持。

《焊工实用修复技术》一书将突出焊接修复实践中的焊接操作者操作和工程示例，具有针对性和实用性，适用于指导实际焊接结构修复，有助于推进焊接操作者的修复水平和推动焊接技术进步。

本书主要供从事焊接操作的人员和与焊接技术相关的工程技术人员、管理和质量检验人员使用，也可供高等院校、科研

院（所）、企事业单位的有关监察人员参考。

参加本书编写的人员有：李亚江、陆小斌、吕杰、张永喜、王娟、马群双、刘坤、李嘉宁、刘强、胡效东、夏春智、马海军、陈茂爱、沈孝芹、黄万群、蒋庆磊、魏守征、杜红燕等。

书中存在的不足之处，恳请广大读者批评指正。

编著者

目 录

CONTENTS

第 1 章 概述

1.1 焊接修复的特点	1
1.1.1 修复破损或磨损的部件	1
1.1.2 修复制造新部件——再制造技术	4
1.2 焊接修复的应用现状及前景	5
1.2.1 焊接修复的应用现状	5
1.2.2 焊接修复的应用前景	8

第 2 章 焊接缺陷及修复方法

2.1 焊接缺陷及分类、评级	13
2.1.1 焊接缺欠与缺陷	13
2.1.2 焊接缺欠对接头质量的影响	15
2.1.3 焊接缺欠的分类与评级	20
2.1.4 焊接缺欠的控制及修复	35
2.2 常用的焊接修复方法	40
2.2.1 焊条电弧焊	41
2.2.2 气体保护焊	43
2.2.3 埋弧焊	47
2.2.4 其他修复技术	49
2.3 焊接修复的适用性	50
2.3.1 手工焊接修复及自动焊接修复	50
2.3.2 各种焊接修复方法的比较	51

2.3.3	焊接修复方法的应用范围	54
2.3.4	焊接修复方法的选用	55
2.3.5	铸件焊接修复的技术要点	60

第3章 焊接修复的焊接操作者操作技能

3.1	焊条电弧焊的操作技能	63
3.1.1	单面焊双面成形技术的操作要点	63
3.1.2	焊接修复的断弧焊法和连弧焊法	65
3.1.3	板对接仰焊单面焊双面成形操作技术	67
3.1.4	向下立焊工艺特性和操作技术要点	71
3.2	气体保护焊的操作技术	75
3.2.1	CO ₂ 气体保护焊的工艺参数	75
3.2.2	水平位置 CO ₂ 气体保护焊的焊枪运动	83
3.2.3	CO ₂ 气保焊横焊、立焊和仰焊的操作技术要点	86
3.2.4	CO ₂ 气保焊水平旋转管焊接的操作技术要点	88
3.2.5	药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊的操作要点	93
3.3	氩弧焊操作的技术要点	98
3.3.1	钨极氩弧焊 (TIG) 引弧和收弧的操作要点	98
3.3.2	钨极氩弧焊 (TIG) 操作中焊枪和焊丝握法及运弧规律	102
3.3.3	钨极氩弧焊 (TIG) 填丝操作技术要点	104
3.3.4	钨极氩弧焊 (TIG) 操作过程中的注意事项	107
3.3.5	熔化极氩弧焊 (MIG) 的熔滴过渡特点	111
3.3.6	混合气体保护焊的熔滴过渡及工艺特点	112
3.3.7	铝合金熔化极氩弧焊 (MIG) 的操作技术要点	120
3.4	修复焊接中常用的技术措施	125

第4章 焊条电弧焊修复技术

4.1	焊条电弧焊修复的特点	127
4.1.1	焊条电弧焊的工艺特点	127
4.1.2	焊条电弧焊修复设备	128
4.1.3	焊条电弧焊修复工艺要点	134
4.2	焊条电弧焊修复应用示例	141
4.2.1	轴类零部件的焊条电弧焊修复	141
4.2.2	电站锅炉进水管座裂纹的焊接修复	147
4.2.3	叶轮叶片腐蚀后的堆焊修复	150
4.2.4	汽轮机主汽门裂纹的焊接修复	153

4.2.5	汽车零部件损坏件的焊接修复	155
4.2.6	大型卷板机损坏件的焊接修复	162
4.2.7	磨煤机入口端盖及扩径机水罐裂纹的修复	166
4.2.8	煤气发生炉炉底开裂的焊接修复	170
4.2.9	ZG42CrMo 轨道梁和升降立柱的焊接修复	173
4.2.10	尿素吸收塔异种钢及不锈钢复合板的焊接修复	176
4.2.11	乙烯工程 9Ni 低温钢球罐的焊接修复	179
4.2.12	高炉水冷壁管根漏水的焊接修复	183
4.2.13	炉卷大型磨床底座的焊接修复	185

第 5 章 CO₂ 气体保护焊修复技术

5.1	CO ₂ 气体保护焊修复的技术特点	187
5.1.1	CO ₂ 焊实心焊丝工艺特点及堆焊	187
5.1.2	药芯焊丝 CO ₂ 气保焊修复及堆焊特点	191
5.1.3	自保护管状焊丝堆焊修复	191
5.2	CO ₂ 气体保护焊修复示例	195
5.2.1	大型球磨机裂纹 CO ₂ 气保焊修复	195
5.2.2	铸钢件的 CO ₂ 气保焊修复	198
5.2.3	柴油机机体、气缸套及空压机缸体的 CO ₂ 气保焊修复	199
5.2.4	拉丝机卷筒根部磨损的 CO ₂ 气保焊修复	204
5.2.5	大型矿用挖掘机铲斗斗体的焊接修复	208
5.2.6	钢制球磨机端盖 CO ₂ 药芯焊丝气保焊修复	212
5.2.7	焦化厂 60T 天车卷筒裂纹的焊接修复	215

第 6 章 氩弧焊 (TIG/MIG) 修复技术

6.1	氩弧焊修复的技术特点	218
6.1.1	钨极氩弧焊修复技术	218
6.1.2	熔化极氩弧焊修复技术	223
6.2	钨极氩弧焊 (TIG) 修复示例	227
6.2.1	异种钢蒸汽管道的 TIG 焊接修复	227
6.2.2	大型软面齿轮打齿的 TIG 焊接修复	228
6.2.3	锡青铜古钟的 TIG 焊接修复	229
6.2.4	船用螺旋桨的 TIG 焊接修复	232
6.2.5	汽轮机转子的钨极氩弧焊修复	234
6.2.6	液力变矩器的钨极氩弧焊修复	238
6.2.7	铝青铜阀门密封面的 TIG 堆焊修复	239

6.2.8	小口径耐热合金钢管钨极氩弧焊气孔修复	242
6.2.9	薄板厂罩式炉内罩裂纹的氩弧焊修复	245
6.2.10	不锈钢冷轧分厂开卷机芯轴楔形块的氩弧焊修复	248
6.2.11	不锈钢厂磨床计数器支架的 TIG 焊修复	254
6.2.12	高炉水冷壁紫铜管与炉皮 (16Mn) 的氩弧焊	258
6.3	熔化极氩弧焊 (MIG) 修复示例	260
6.3.1	铝制罐车的 MIG 焊接修复	260
6.3.2	42CrMo 链轮的富氩气体保护焊	262
6.3.3	3T 模锻锤底座裂纹的 Ar+CO ₂ 焊接修复	264
6.3.4	水轮发电机转子支架裂纹的 Ar+CO ₂ 焊接修复	266
6.3.5	电站机转轮室里衬裂纹的 Ar+CO ₂ 焊接修复	270

第 7 章 埋弧焊修复技术

7.1	埋弧焊修复的分类及特点	274
7.1.1	埋弧焊修复的分类	274
7.1.2	埋弧焊修复的特点	277
7.2	埋弧焊修复的工艺参数	279
7.2.1	主要工艺参数	279
7.2.2	影响埋弧焊修复质量的因素	286
7.3	埋弧堆焊修复应用示例	290
7.3.1	合金结构钢件的埋弧堆焊修复	290
7.3.2	热轧辊表面埋弧堆焊高温耐磨合金	303
7.3.3	钢轧辊的埋弧堆焊修复	307
7.3.4	阀门密封面的埋弧堆焊	326
7.3.5	药芯焊丝埋弧堆焊修复	329
7.3.6	锻锤底座的埋弧堆焊修复	335

第 8 章 焊接修复的质量检验

8.1	焊接缺陷检验的依据与方法	338
8.1.1	焊接产品质量检验的依据	338
8.1.2	焊接检验方法分类	339
8.2	外部 (宏观) 焊接缺陷的检验	342
8.2.1	宏观检验方法及现场试验	342
8.2.2	常见的焊接缺陷	347
8.3	焊接内在缺陷的检验方法	360
8.3.1	射线探伤检测 (RT)	363

8.3.2	超声波检测 (UT)	370
8.3.3	磁粉及渗透检验	374
8.3.4	焊接接头金相和电镜检测	384
8.4	焊接接头力学性能及耐磨性	398
8.4.1	拉伸试验 (GB/T 2651—2008、GB/T 2652—2008)	399
8.4.2	弯曲及压扁试验 (GB/T 2649—2008)	403
8.4.3	冲击试验 (GB/T 2650—2008)	405
8.4.4	表层硬度测定	406
8.4.5	耐磨性和耐蚀性检测	408

参考文献

第1章

概述

机械零部件大多数是用金属材料制造的，在复杂和苛刻的条件下，零部件长期工作会出现裂纹、磨损或其他形式的损坏，严重时甚至导致设备报废，因此，在很多情况下，需要对零部件进行焊接修复。目前先进制造技术的发展趋势影响着焊接技术的发展，优质、高效的焊接新工艺、新材料不断涌现，推动了焊接修复技术向众多工程领域进行渗透。焊接修复和堆焊技术作为焊接技术的一个分支日益引起人们的重视。

1.1 焊接修复的特点

➔ 1.1.1 修复破损或磨损的部件

机械产品的损坏往往是由于个别零部件失效造成的，而零部件失效往往是由于局部破坏造成的。将机械产品中那些易损零部件进行焊接修复，可以恢复机械零部件的使用性能，保证设备的生产运行。与一般焊接制造工艺不同的是，焊接修复技术是采用焊接方法对破损或报废零部件局部进行修复的加工工艺过程。焊接修复的目的在于恢复零部件的尺寸或增加零部件表面耐磨、耐热、耐腐蚀等性能。因此，焊接修复技术除了具有一般焊接方法的特点外，还有其特殊性。

几乎所有的焊接方法都可用于破损零部件的焊接修复。但目前应用最为广泛的修复方法是焊条电弧焊和气体保护焊。随着焊接技术的发展和焊接工艺的改进，自动化焊接方法在修复中的应用范围

日益扩大。例如：药芯焊丝 CO_2 气体保护焊提高了焊接修复的工作效率，改善了焊接工艺性能和操作者的工作条件；应用电弧自熔性合金可获得熔深浅、表面光整、性能优异的表面堆焊层。

目前，我国每年的铸铁件产量为 800 多万吨，其中 10%~15% 具有不同形状的铸造缺陷，需要用焊接方法进行焊补。焊接修复技术修复了大量有缺陷的铸铁件，因而节约了大量资金。在工程和机械零部件中，损坏或磨损的铸铁件有很多（如机床床身、底座、导轨等部件），这些铸铁件经过机械加工，价格昂贵，损坏时采用焊接技术对其进行修复，其经济效益是显著的。此外，铸铁件与其他金属进行焊接，生产的各种零部件可具备几种材料各自的优势，成为焊接界与铸造界研究者们共同关注的课题。

铸铁焊补在农机制造与修复、矿山机械、交通运输及其他产业部门中具有重要的作用。在机床制造业中，铸铁的用量占 50%~80%，用于制造各种机床的床身、工作台、变速箱体、导轨等。在农机制造中，铸铁的用量占 40%~60%，用来制造拖拉机的气缸体、气缸盖、差速器、曲轴，以及排灌机械、脱粒机等。在交通运输业中，铸铁主要用于制造重型汽车、机车、轮船的柴油机气缸、底座等。汽车、农机铸铁零部件焊接修复方法见表 1-1。

表 1-1 汽车、农机铸铁零部件焊接修复方法

零部件名称	焊接修复部位	焊补方法	备注
气缸体、较大的气缸盖	气缸平面正中部位、气门导管内的裂缝；长裂缝或断裂；缸盖平面上的裂缝	预热气焊； 镍基铸铁焊条电弧冷焊	也可用 Z208 焊条，电弧热焊
气缸体、小气缸盖、变速箱体、磨壳	气缸平面上裂缝或缸孔间全部开裂；孔间裂缝；边角处的裂缝，破裂	用加热减应区法气焊	也可用 Z208 焊条，加热减应区法电弧热焊及半热焊
气缸体、气缸盖、变速箱体、拖拉机后桥壳	非加工面上的裂缝、破洞	采用铜-钢焊条，电弧冷焊；破洞处可以用低碳钢薄板补板	也可用 Z116、Z117、Z100、J422、J506 焊条，电弧冷焊

续表

零部件名称	焊接修复部位	焊补方法	备注
拖拉机、柴油机上的铸铁件,如前横梁、平衡臂、牵引鼻、箱盖、机座	断裂	采用 Z208 焊条,不预热或半预热焊	—
变速箱、吊耳、变速箱拨叉等	裂缝及断裂	采用 Z116、Z117、Z408、不锈钢焊条、J422、J506 焊条,小电流、多层电弧冷焊	磨损面可用黄铜钎焊
球墨铸铁曲轴	键槽损坏	采用 Z116、Z117、J422 J506 焊条,电弧冷焊	—

在铸铁生产过程中,浇铸后的铸铁件不可避免会产生气孔、夹渣、缩孔、裂缝等缺陷,而且有缺陷的铸铁件所占的比例通常是比较高的,这些缺陷使铸造成品率大为降低。以重型机床的床身为例,它的重量达数十吨,若因铸造缺陷而报废,不仅损失巨大,还会给重新熔炼带来很大困难。有的大型铸铁件已经进行机械加工,在机械加工接近完成时才发现缺陷,若这时报废,既浪费了材料、工时,又提高了成本。因此,在机械制造中将铸铁焊补作为一道工序,既可保证铸铁件质量、提高成品率、降低成本,又能挽回因铸铁件报废所造成的经济损失。

有些大型设备是工厂的关键设备,当大型设备的钢结构件或铸铁件(如冲压机床身)在使用过程中出现裂纹或损坏时,会严重影响正常生产。在这种情况下,焊接修复技术将发挥它独到的作用,即花费最小的代价,在最短的时间内将破损件予以修复并恢复正常生产。

目前,国内采用焊接修复技术解决了许多设备零部件失效难题并取得重大经济效益。由于采用了新技术,经过修复后的零部件不仅恢复了其原有的性能,而且修复后的零部件的性能还会大大超过新件,例如,重型载重汽车的轴承内外圈配合面修复后,相对耐磨性比更换新件高好几倍;变速箱的输出法兰盘采用焊接技术修复后,其使用寿命得到了延长(是更换新件的2倍多)。长江三峡工

程中,挖泥船的发动机曲轴因局部磨损,不能工作,如从日本购买新轴,从订购到交货需三个多月时间,停产损失严重,采用焊接技术进行修复,总费用仅为新轴价格的3%,并且避免了时间成本。

➔ 1.1.2 修复制造新部件——再制造技术

现代制造业的发展对各种机械设备零部件的性能要求越来越高,一些在高速、高温、高压、重载荷、腐蚀介质等条件下工作的零部件,往往因其局部损坏而使整个零部件报废,最终导致设备或装备停用,浪费了大量的金钱,如果这些零部件能够修复重用,将会为企业带来巨大的经济效益。基于这种目标,越来越多的人致力于零部件修复领域的研究。

多年来,由于人们环保意识的增强,“用后丢弃”的观念开始向“再制造”的观念转变。另一方面,随着先进制造技术的不断发展,使原先的原样修复成为可实现超过原始性能的改进性修复。原先的被动修复变为制造与修复纳入设备和零部件的设计、制造与运行全过程的系统工程。未来的制造与维修工程将是一个考虑设备和零部件的设计、制造、运行直至报废的全过程,也是一个以优质、高效、节能为目标的系统工程。

早在1984年,美国《技术评论》就提倡旧品翻新或再生(称为“重新制造”),在重新制造中大量采用先进技术,把因损坏、磨损或腐蚀等失效的可以维修的机械零部件翻新如初。日本也提出了“再生工厂技术的概念”。1990年10月在法国召开的欧洲国家维修团体联盟第10次会议的主题是“维修——对未来的投资”,反映了发达国家对维修的新认识。我国现在需要对“再制造”技术从可持续发展的战略高度进行再认识。制造技术将统筹考虑整个设备寿命周期内的维修策略,而修复技术也将渗透到产品的再制造工艺中。“维修”已被赋予了更广泛的含义。随着先进制造技术及设备的不断发展,制造与维修将越来越趋于统一。

工程结构件修复-再制造的费用,一般只占产品价格的5%~10%,可以大幅度提高产品的性能及附加值,从而使企业获得更高的利润。据统计,采用焊接修复措施的平均效益可达原零部件的几倍或十几倍,再制造技术(例如采用表面工程措施)的效益甚至可

达 20 倍以上。

用堆焊修复的方法提高零部件耐磨性的重要意义在于它符合“再制造工程”发展的要求。再制造工程技术属于绿色先进制造技术，是对先进制造技术的补充和发展。批量破损或报废产品的再制造是对其产品全寿命周期管理的延伸和创新，也是实现可持续发展的重要途径。

1.2 焊接修复的应用现状及前景

➔ 1.2.1 焊接修复的应用现状

我国由于机械设备零部件的损坏和失效，每年造成的巨大损失难以计数。仅以磨损和腐蚀为例，每年损失达数百亿元。因此，对重大工程装备和机械零部件的焊接修复具有重要意义，已经引起世界各国的普遍关注。焊接修复操作工艺简便易行，适用范围广泛，在修复损坏的机械设备零部件和工程结构件方面发挥了越来越大的作用，取得了显著的经济效益。

(1) 焊接修复技术的应用领域

焊接修复和堆焊技术作为焊接技术领域中的一个分支，就其应用范围而言，它广泛应用于汽车、拖拉机、冶金机械、矿山、煤矿机械、动力机械、石油、化工设备，建筑、运输设备、工程机械以及工具模具及金属结构件的制造与维修中。焊接修复技术的应用领域见表 1-2。

表 1-2 焊接修复技术的应用领域

领域	零部件	堆焊合金	修复层性能
机械 制造	曲轴修复、螺旋送粉杆、剪刀片、齿轮、凸轮、冷拔钢管内模、水压机工作缸塞柱、机床主轴、机床导轨	铁基合金、高碳钢、低合金钢	耐磨
	混砂机刮板、离合器推板、阀门密封面、热锻模、锻铁墩、各类模具、耐磨阀门、特殊阀门、热切边模具	镍基合金、铁基合金、高合金钢、钴基合金	耐蚀、耐磨、耐高温
	柴油机曲轴、磨煤机变速箱高速轴、空心轴、轧机齿轮轴和齿轮、大型卷板机机座、刀刃板、立式车床主刀杆、大型球磨机	铁基合金、低合金钢	裂纹修复

续表

领域	零部件	堆焊合金	修复层性能
石油、煤炭	裂化装置泵、钻杆接头、刮板输煤机中部槽板、固液泵叶轮	高铬铸铁合金	耐磨
交通运输	汽车曲轴、车轴、柴油机缸套、内燃机排气阀、水轮机饱和汽轮机叶轮叶片、船用螺旋桨叶片	钴基合金、镍基合金等	耐磨、耐蚀
	车辆主轴、框架和车体,如机车、载重汽车、吊装车、轻型车、推土机、装载机、舰船等	低合金钢、高碳钢	裂纹修复
冶金	冷轧辊、热轧辊及异型轧辊、轧钢设备行星轧机、高炉风口套	铁基合金、合金铸铁、高合金钢	耐磨、热疲劳
电力	电站锅炉蒸汽管道、管座、耐高温高压阀门	低合金钢、不锈钢	耐磨、耐腐蚀、裂纹修复
农机	拖拉机、农用车、插秧机、收割机磨损件、铧犁、水泵壳体、柴油机气缸、电动机底座	高铬铸铁合金、碳钢	耐磨、裂纹修复

在冶金机械的焊接修复和堆焊中,轧辊修复和堆焊占有很大比重,几乎所有的大、中型钢厂都有轧辊修复和堆焊能力。一些研究院(所)一直在致力于研究与生产有关的轧辊修复和堆焊的材料、设备和工艺。现有的用于轧辊堆焊的材料有几十种,例如,30CrMnSi、40CrMn等低合金钢,由于合金含量低,具有良好的塑性、韧性和抗裂性,在恢复轧辊尺寸和打底层方面具有重要的作用。3Cr2W8、3Cr5Mn2MoSi等热作模具钢,具有良好的耐磨性和抗热疲劳性能,已广泛应用于轧机、板带及各种类型轧机的开坯轧辊的堆焊;Cr18Ni8Mn6、Cr16Ni8Mn6、Cr20Ni10Mn6等奥氏体加工硬化不锈钢,由于加工硬化效果显著,在使用过程中硬度明显增加,加之它的热稳定性和抗氧化性较高,在深孔轧辊的孔型堆焊中取得很好的效果。

模具、锻模等作为机械制造业的重要工艺装备,采用堆焊技术进行模具修复具有显著的经济效益,在国内外备受关注。模具钢具有较高的碳和合金元素含量,堆焊修复时需要先堆焊过渡层。对使

用温度高、堆焊修复难度大的模具钢,常采用镍基过渡合金。国内在堆焊修复 5CrMnMo、5CrNiMo、3Cr2W8 的锻模时,常采用 10Mn2 和 08Mn2Si 等材料作为过渡层。

随着焊接修复和堆焊技术的进步和焊接材料的开发,采用马氏体钢堆焊丝材——CrNiWMoNb 堆焊合金作为表面工作层,修复的压铸模可以大大提高其耐热疲劳性,使用寿命延长 5~10 倍;断裂模具修复后,可保证具有足够的力学性能;在塑料成型模具上进行堆焊,可以获得良好耐蚀、耐磨和优异的镜面加工性能。

焊接修复和堆焊技术不仅可以修复已经损坏或旧的机械零部件,还可在工件表面形成复合层,使其具有特殊的性能,达到降低成本和延长工件使用寿命的效果。据统计,目前用于修复旧零部件的堆焊合金量约占堆焊合金总量的 70%。例如堆焊修复旧轧辊的费用仅是制造新轧辊的 30% 左右,而使用寿命却比新轧辊成倍提高。因此,广泛采用堆焊技术修复旧零部件,对降低成本、节省材料、缩短制造周期具有重要的意义。

采用焊接或堆焊技术修复机械零部件,不仅可以发挥零部件的综合技术性能和金属材料的潜力,还能节约大量贵金属。例如,一般热锻模采用 5CrMnMo 或 5CrNiMo 等合金钢整体制造,而我国有的单位已成功地应用 45Mn2 铸钢作为热锻模基体、表面工作层堆焊耐磨合金材料,从而节约了大量贵重的 Ni、Mo 等合金元素。我国还成功地将高频堆焊应用于农机犁铧,使农机具的制造技术向前迈进了一大步。

振动电弧堆焊是采用细焊丝并使其连续振动的焊接方法,能在小电流下保证堆焊过程的稳定性,使零部件受热较少,热影响区小,可获得薄而平整、硬度较高的堆焊合金层,在机械零部件修复中得到了广泛应用。特别是在汽车、拖拉机零部件修复中应用比较广泛。但由于生产率低、修复零件的抗疲劳性能不高,因此振动电弧堆焊对于重要机械零部件的修复应用受到一定的限制。

(2) 焊接修复时焊接工艺的选择

采用焊接或堆焊技术修复损坏的零部件是工程中普遍采用的方法,形成了独特的技术特点。焊接修复工艺要根据被修复件的材质、破损部位和使用性能要求来选择,应考虑采用的焊接方法、坡