

材料科学与工程丛书

热加工技术 简明手册

焊接分册

王修智 主编

● 哈尔滨工业大学出版社

材料科学与工程丛书

热加工技术简明手册

焊 接 分 册

主编 张修智

哈尔滨工业大学出版社

内容简介

《热加工技术简明手册》的焊接分册,是参考了国内外有关的焊接手册和最新技术资料、国家标准,并结合当前生产的需要和实践经验编写而成的。对现代焊接技术内容作了较全面而简明实用的介绍。其重点对电弧焊工艺方法和钢铁及非钢铁材料的焊接性及焊接工艺作了较详细的介绍,反映了当前国内外焊接生产领域中广泛实用的情况和最新的科研成果及发展方向;同时也对现代焊接生产过程的自动化、智能化、信息化的发展方向作了适当的引导和介绍。

本分册内容新颖、概念清楚、简明适用、数据可靠、可操作性强。可供广大发展中的工厂、企业的焊接技术人员在解决焊接工程技术问题中使用。

热加工技术简明手册

Rejiagong Jishu Jianming Shouce

焊 接 分 册

Hanjie Fence

主编 张修智

*

哈尔滨工业大学出版社出版发行

哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 10.875 字数 244 千字

1997年10月第1版 1997年10月第1次印刷

印数 1—4 000

ISBN 7-5603-1254-3/TG·38 定价: 64.00 元/套

(16.00 元/册)

《热加工技术简明手册》

编写单位

主编单位:哈尔滨工业大学

参编单位:吉林工业大学

长春第一汽车集团公司 锻造厂

哈尔滨飞机制造公司

哈尔滨计量检定测试所

编委会

总主编:霍文灿

分册主编:崔忠圻 叶荣茂 霍文灿 张修智

编委(按姓氏笔画排列):

王惠光 叶广郁 包俊成 刘北兴

刘伟茜 毕维生 李伟华 吴顺达

李莉群 杨绮雯 胡连喜 姜秋华

徐欣颖 高洪明 韩文波 曾宪文

傅家骐 彭德林 魏艳红

序 一

先进制造技术的发展是一个国家经济发展的基础,被列为国家重点发展的领域。

振兴机械、汽车工业,使之尽快成为带动整个经济增长和结构升级的支柱产业,这是我们机械制造行业的光荣而艰巨的历史使命,是全行业当前和今后一个时期的中心任务。《热加工技术简明手册》就是在这样的条件下诞生的,其使命就是为振兴机械、汽车工业而服务。

先进制造技术中的凝固技术、塑性成形技术、联接技术、热处理技术或表面工程技术均属共性的基础技术,反映这些共性的基础乃是本手册的宗旨之一。

我国近期振兴的重点领域是,对国民经济有重大影响的以电力设备为代表的重大技术装备,以轿车为代表的汽车工业,以及严重制约机械工业发展以数控机床为重点的重要基础机械和一批重要基础零部件。本手册在内容上力求在这些重点领域中给予加强的表述。

伴随电子技术、信息多媒体即将到来的 21 世纪,要求制造技术能满足产品的多品种、小批量、短周期、快变化、高性能、高可靠性和低成本的要求,还要适应新材料、新能源、新控制技术的应用发展。因之,本手册对一些方兴未艾的柔性加工技术,以及正萌芽跃放的新兴技术和边缘组合加工技术等内容也要给予适当的反映。

我国大型机械制造企业正处于提高自身的竞争能力和挤身于国际工业技术和经贸的行列的机遇,无疑,本手册在这方面会提供借鉴和启示作用的。我国一些中、小企业,以及一些乡镇企业正面临技术改造、技术专业化、提高产品质量和生产能力的艰巨任务,本手册在这方面会提供裨益作用。

本手册包括了热加工技术的共性内容,如概述、原材料准备、基本工艺和新工艺、设备及其自动化、安全和环保技术等。在铸、锻、焊、热处理各技术领域里,对量大面广的常规工艺技术,以及专用高效工艺技术都给予了恰当的表述。

本手册在内容上力求简明,力求文字、图、表、数据相配合,并力忌重复,有些内容仅向读者提供轮廓性信息,不作详述,仅起到启发性作用而已。为了便于读者应用,本手册以四个分册,即铸造、锻压、焊接和热处理的单行本问世。

愿此手册以其简捷、实用、明了的特点给广大专业技术人员带来符合实际的社会效益和经济效益。

中国工程院院士

中国机械工程学会副理事长 徐滨士
兼编辑出版委员会主任

1997年7月

序 二

哈尔滨工业大学材料科学与工程学院拥有热处理、铸、锻、焊四个博士点和一个博士后流动站,拥有三个国家重点学科和两个国家重点实验室,有 24 名博士指导教师和一批崭露头角的中青年专家。面对市场经济,面对学科、专业结构的调整与经济、科技、社会发展的要求相比仍相对滞后的局面,根据国家教育改革和我校面向 21 世纪教育改革的思路,该院锐意改革,实行了材料加工意义下的宽口径教育,提出了材料加工类人才培养的新模式,把拓宽专业和跟踪科学技术发展趋势结合起来,制定了适应材料加工专业人才培养的教学计划和各门课程的教学大纲,并推出了这套教材、教辅实用性丛书。

这套《材料科学与工程》丛书是具有“总结已有、通向未来”,“面向世界、面向 21 世纪”特色的“优化教材链”,以给培养材料科学与工程人才提供一个捷径为原则,力求简明、深入浅出,既利于教、又利于学。这套丛书包括本科生教材、教辅和研究生学位课教材及与之相适应的实用性工具书。且已由 1995 年南京全国出版局局长会议确定为“九·五”国家重点图书选题。

《热加工技术简明手册》的焊接分册就是其中的一本实用性工具书。由于国民经济建设迅速发展的需要与焊接新技术不断地提高和普及,急需一本简明实用的热加工技术工具书。为此,作者本着简明、实用、数据可靠的原则,编写了焊接分

册,本分册采用最新国家标准,参考了大量国内外有关的焊接手册和技术资料,并结合作者多年科研与生产实践经验,对现代焊接技术领域的内容作了比较全面而简明的介绍,其中重点对电弧焊工艺方法和钢铁及非铁金属的焊接性与焊接工艺作了较详细的介绍,并对现代焊接生产过程的机械化、智能化和信息化的发展方向,以及对各种高能束焊接方法和特种材料的焊接技术等,作了简明适当的介绍。本分册基本反映了当前国内外焊接生产中广泛实用的情况和最新的科研成果及发展方向。概念清楚,简明实用,数据可靠,可操作性强。本手册可供广大发展中的工厂、企业的焊接工作者,在解决一些焊接工程技术问题时使用。

本分册由哈尔滨工业大学张修智主编,参加编写工作的有:张修智(编写第1章)、叶广郁(编写第4、6章)、魏艳红(编写第7、8、9章)、韩文波(编写2、10、11、12、13、15章及第4.3节)、高洪明(编写第3、5章)、李莉群(编写第14章)。由殷树言、牛济泰主审。

本分册涉及内容广,有不足之处,诚请广大读者批评指正。

哈尔滨工业大学出版社

1997年7月

目 录

第 1 章 概 述	(1)
第 2 章 焊接冶金	(4)
2.1 熔焊接头的特征	(4)
2.1.1 焊接熔池金属的凝固与结晶	(4)
2.1.2 焊接热影响区的组织与性能	(4)
2.2 焊接液相冶金反应与凝固冶金的特点	(5)
2.2.1 气相与熔池金属的作用	(6)
2.2.2 焊缝金属的脱硫脱磷	(8)
2.2.3 气孔及其防止	(9)
2.3 焊接裂纹的类型及其防止措施	(10)
2.3.1 焊接裂纹的类型	(10)
2.3.2 焊接裂纹的防止措施	(13)
2.4 金属的焊接性及其试验方法	(14)
2.4.1 金属材料的焊接性	(14)
2.4.2 金属焊接性试验方法	(15)
第 3 章 熔焊方法、设备与工艺	(18)
3.1 气 焊	(18)
3.1.1 氧乙炔火焰	(18)
3.1.2 气焊设备	(19)
3.2 手工电弧焊	(20)
3.2.1 手工焊设备	(21)
3.2.2 手工焊工艺	(21)

3.3	埋弧自动焊	(28)
3.3.1	埋弧自动焊的工作原理及特点	(28)
3.3.2	埋弧自动焊设备	(28)
3.3.3	埋弧自动焊工艺	(29)
3.3.4	高效埋弧自动焊方法	(32)
3.4	气体保护电弧焊	(35)
3.4.1	钨极氩弧焊	(35)
3.4.2	熔化极气体保护焊	(36)
3.5	等离子弧焊接	(50)
3.5.1	等离子弧焊接分类	(51)
3.5.2	等离子弧焊接设备	(54)
3.5.3	等离子弧焊接工艺	(55)
3.6	电子束焊接	(55)
3.6.1	电子束焊接分类	(55)
3.6.2	真空电子束焊接设备	(57)
3.6.3	真空电子束焊接工艺	(57)
3.7	激光焊接	(60)
3.7.1	激光焊接设备	(60)
3.7.2	激光焊接工艺	(61)
3.8	电渣焊	(63)
3.8.1	电渣焊的特点	(63)
3.8.2	电渣焊设备	(63)
3.8.3	电渣焊工艺	(65)
3.9	其他熔焊方法	(66)
3.9.1	螺柱焊	(66)
3.9.2	热剂焊	(68)
3.9.3	气电立焊	(69)

第4章 压 焊	(71)
4.1 电阻焊	(71)
4.1.1 电阻焊热源	(71)
4.1.2 点焊设备与工艺	(75)
4.1.3 缝焊设备与工艺	(93)
4.1.4 对焊设备与工艺	(98)
4.1.5 电极	(106)
4.1.6 电阻焊设备与控制	(111)
4.2 摩擦焊	(118)
4.2.1 摩擦焊原理及特点	(118)
4.2.2 摩擦焊应用及参数	(121)
4.3 扩散焊	(123)
4.4 高频焊	(127)
4.4.1 高频焊原理及特点	(130)
4.4.2 高频焊的应用	(132)
4.5 冷压焊	(133)
4.5.1 常用的冷压焊方法	(133)
4.5.2 冷压焊的特点	(134)
4.5.3 影响冷压焊接头质量的主要因素	(134)
4.6 爆炸焊	(135)
4.6.1 爆炸焊的特点	(135)
4.6.2 爆炸焊工艺	(137)
4.7 超声波焊	(137)
4.8 其他压焊方法	(139)
4.8.1 电容储能冲击焊	(139)
4.8.2 磁力脉冲焊	(139)
第5章 钎 焊	(141)

5.1	钎焊及材料的钎焊性	(141)
5.2	钎料	(143)
5.2.1	锡基钎料	(143)
5.2.2	铜基钎料	(145)
5.2.3	铝基钎料	(145)
5.2.4	银基钎料	(146)
5.2.5	铜基钎料	(146)
5.2.6	镍基钎料	(146)
5.2.7	其他钎料	(146)
5.3	钎剂	(149)
5.4	钎焊方法及工艺	(149)
5.4.1	钎焊方法	(149)
5.4.2	钎焊工艺	(152)
第6章	堆焊	(155)
6.1	堆焊的应用与特点	(155)
6.2	堆焊材料	(156)
6.3	堆焊方法与工艺	(169)
6.3.1	氧-乙炔焰堆焊	(169)
6.3.2	手工电弧堆焊	(169)
6.3.3	自动埋弧堆焊	(170)
6.3.4	管状焊丝明弧堆焊	(170)
6.3.5	气体保护堆焊	(170)
6.3.6	等离子弧堆焊	(171)
6.3.7	电渣堆焊	(171)
第7章	钢铁的焊接	(175)
7.1	钢的焊接	(175)
7.1.1	碳钢的焊接	(175)

7.1.2	低合金高强钢的焊接	(181)
7.1.3	耐热钢与不锈钢的焊接	(197)
7.2	铸铁的焊接	(210)
7.2.1	铸铁的种类和性能	(210)
7.2.2	灰口铸铁的焊接	(211)
7.2.3	球墨铸铁的焊接	(214)
7.2.4	可锻铸铁的焊接	(215)
第8章	非铁金属的焊接	(216)
8.1	铝及其合金的焊接	(216)
8.1.1	铝及其合金的类型	(216)
8.1.2	铝及其合金的焊接性	(216)
8.1.3	铝合金的焊接工艺	(218)
8.2	铜及其合金的焊接	(224)
8.2.1	铜及铜合金的种类和性能	(224)
8.2.2	铜及铜合金焊接时的主要问题	(224)
8.2.3	铜及铜合金的焊接工艺	(226)
8.3	钛及其合金的焊接	(234)
8.3.1	钛及钛合金的种类和性能	(234)
8.3.2	钛及钛合金的焊接性	(234)
8.3.3	钛及钛合金的焊接工艺要点	(237)
8.4	镁及其合金的焊接	(238)
8.4.1	镁及镁合金的种类和焊接特点	(238)
8.4.2	镁合金的焊接工艺	(238)
8.5	高温合金的焊接	(242)
8.5.1	高温合金的种类和特性	(242)
8.5.2	高温合金的焊接性	(242)
8.6	难熔金属的焊接	(245)

8.6.1	难熔金属及合金的成分与性能	(245)
8.6.2	难熔金属及其合金的焊接工艺要点	(246)
第9章	异种材料的焊接	(250)
9.1	异种钢的焊接	(250)
9.1.1	异种钢焊接结构所用的材料	(250)
9.1.2	异种钢焊接接头的特性	(250)
9.1.3	异种钢焊接工艺	(252)
9.2	异种金属的焊接	(253)
9.2.1	异种金属材料焊接的主要困难	(253)
9.2.2	异种金属的焊接方法	(258)
第10章	焊接应力与变形	(261)
10.1	焊接残余应力	(261)
10.1.1	残余应力的成因与分布	(261)
10.1.2	残余应力的影响	(264)
10.1.3	消除残余应力的措施	(266)
10.2	焊接残余变形	(267)
10.2.1	残余变形的影响因素	(267)
10.2.2	预防焊接变形的措施	(271)
10.2.3	焊后变形的矫正方法	(274)
第11章	热切割	(276)
11.1	氧-乙炔切割	(276)
11.1.1	气割设备	(277)
11.1.2	气割工艺	(277)
11.2	快速优质切割	(282)
11.3	等离子弧切割	(283)
11.3.1	割炬	(284)
11.3.2	切割工艺	(285)

11.4	水下切割·····	(286)
11.5	氧-熔剂切割·····	(286)
11.5.1	熔剂的送入方式及切割设备·····	(288)
11.5.2	高铬钢和镍铬不锈钢的切割·····	(288)
11.6	激光切割·····	(289)
11.6.1	激光切割的特点·····	(289)
11.6.2	激光切割方法及原理·····	(290)
11.6.3	激光切割的应用·····	(290)
第 12 章	焊接质量检验·····	(293)
12.1	焊接接头缺陷的种类及其特点·····	(293)
12.2	焊接质量检验方法·····	(293)
12.2.1	破坏性检验·····	(298)
12.2.2	非破坏性检验·····	(300)
第 13 章	焊接安全技术与环境保护·····	(308)
13.1	设备安全技术·····	(308)
13.1.1	电气安全技术·····	(308)
13.1.2	乙炔发生器安全技术·····	(309)
13.1.3	气瓶安全技术·····	(309)
13.2	劳动卫生与环境保护·····	(309)
13.2.1	弧光辐射及保护·····	(309)
13.2.2	烟尘和有毒气体防护·····	(309)
13.2.3	高频电磁场的防护·····	(313)
13.2.4	噪声防护·····	(313)
第 14 章	焊接过程的自动化技术·····	(314)
14.1	自适应控制技术·····	(314)
14.1.1	焊缝跟踪·····	(315)
14.1.2	熔透控制·····	(316)

14.2	焊接机器人·····	(318)
14.3	计算机软件技术在焊接中的应用·····	(319)
第 15 章	胶 接 ·····	(321)
15.1	胶接的工艺特点·····	(321)
15.2	胶粘剂·····	(322)
15.2.1	胶粘剂的基本性能·····	(322)
15.2.2	胶粘剂的选择·····	(322)
15.3	胶接工艺与应用·····	(325)
15.3.1	胶接工艺·····	(325)
15.3.2	应用·····	(327)
参考文献	·····	(330)

第 1 章 概 述

焊接是一门工程针对性极强的技术科学。它既是一门古老的手工艺(如我国最早出现的锻接、钎接和熔铸连接等),又是一门现代化工业中不可缺少的新型的、先进的热加工工艺技术。其主要任务是根据工程设计的要求,把原来结构中相互分离的两块或多块金属(在现代工业中,实际已扩展到许多非金属工程结构材料,如陶瓷、塑料、复合材料及各种新的功能材料等)在被焊接的结合面域,利用局部的加热、熔化、结晶、扩散、加压等多种冶金、物理、化学作用,使被焊材料互相建立起原子或分子间的键连接,并保证接头具有必要的技术性能指标(如强度、韧性、塑性、抗腐蚀性能、抗疲劳性和耐高温或低温的性能等),以满足工程的要求。现代焊接生产技术的突出特征是,它独特地综合利用了诸多的先进科学领域中的理论和应用技术,形成一系列独特的崭新的焊接技术方法,以解决现代工业中所提出的各种具有高质量、高难度、高效率的关键连接技术和焊接难点,不断提高焊接工程中的高科技含量和经济效益。

焊接技术被广泛应用于世界各国的经济建设当中。据资料介绍,全世界钢的总产量的 45%~60%是经过各种形式的焊接加工之后才投入使用的。据报导,我国 1995 年钢的总产量已经超过了 9 000 万吨,排位次序已上升到世界的前列。但我国的钢的人均占有量还很落后,因此,大力发展现代焊接技