

铸铁焊接技术

ZHUTIE HANJIE JISHU

● 主编 卢跃云 李 军



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

国家示范学校重点专业建设系列教材

铸铁焊接技术

主 编 卢跃云 李 军



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

铸铁焊接技术/卢跃云,李军主编. —武汉:武汉大学出版社,2015.3
ISBN 978-7-307-15276-2

I. 铸… II. ①卢… ②李… III. 铸铁—焊接 IV. TG457.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 036632 号

责任编辑:郭 芳

责任校对:王小倩

装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:武钢实业印刷总厂

开本:787×1092 1/16 印张:3 字数:41 千字

版次:2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-15276-2 定价:16.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

国家示范学校重点专业建设系列教材

编写指导委员会

主 任：莫 虎

副主任：杨伟谦

成 员：	赵仕伟	李 军	孙富平	陈 波
	王文玲	沙德杨	何 耀	赵 婷
	闫 川	王建国	任三虎	刘 荣
	杨芳益	赵龙光	白 冰	朱翠梅
	王金库	时林兵	周树春	刘定律
	苏惠明	唐 川	卢跃云	何忠刚
	杨学胜	殷受平	于 赞	宋光俊
	谢道洪	兰传喜	刘建川	黄成楷
	余 文			

前 言

铸铁是机械工业中广泛应用的重要金属材料之一。随着生产的发展,焊接工作者所接触到的焊接材料的种类也愈来愈广,同时对焊接质量的要求也越来越高。

铸铁与钢相比,虽然力学性能较低,但具有良好的铸造性能和切削加工性能,并具有优良的消音、减震、耐压、耐磨、耐腐蚀等性能,再加上生产简单,成本低廉,因此,目前铸铁仍然是最主要的机械制造材料之一。

在生产过程中,铸铁经常产生气孔、夹渣、缩孔、裂缝、浇铸不足等缺陷;在使用过程中,铸铁件也会由于各种原因导致损坏。对这些有缺陷件及损坏件,应根据铸铁的特点,采取相应的焊补工艺进行修复。根据焊补要求及焊补对象的不同,铸铁有多种焊补方法,但目前我国最常用的方法是焊条电弧焊和气焊。

本书结合典型铸铁件的焊补工艺流程,把铸铁焊补的相关知识融入教学过程中,以工作过程为导向,让学生在学中做、做中学,切实掌握铸铁焊补的相关知识和技能。

本书在编写过程中参考了全国职业教育数字化资源共建共享平台上关于铸铁焊接的部分内容及铸铁焊补的相关书籍。同时,本书的编写也得到了行业、企业专家的大力支持,在此表示诚挚的谢意。

由于编写人员水平有限,书中难免存在不足之处,希望读者提出宝贵意见,以便本书修订时不断完善。

编 者

2015 年 2 月

目 录

任务一 铸铁的种类及性能	(1)
一、铸铁的分类及用途	(3)
二、铸铁的石墨化	(7)
三、铸铁的组织与性能的关系	(8)
任务二 铸铁气焊	(13)
一、铸铁气焊概述	(13)
二、铸铁气焊焊材的选择	(14)
三、铸铁气焊方法	(15)
四、铸铁气焊操作要点	(20)
任务三 铸铁的手工电弧冷焊焊补	(25)
一、焊补铸件经常遇到的困难	(26)
二、铸铁焊补方法的选择	(27)
三、铸铁电弧焊焊条的选用	(27)
四、手工电弧冷焊法的操作技能	(29)
五、手工电弧冷焊法的优点及具体焊补步骤	(31)
任务四 铸铁的手工电弧热焊焊补	(36)
一、手工电弧焊半热焊法操作技能	(36)
二、手工电弧焊热焊法操作技能	(37)

任务一 铸铁的种类及性能



任务提出

1. 铸铁的分类及用途。
2. 铸铁的石墨化途径及影响因素。
3. 铸铁的组织与性能的关系。



能力目标

铸铁的概念与分类、铸铁的存在形式、铸铁的特点、铸铁的主要用途。



任务准备

知识链接：

铸铁俗称生铁，是含碳量大于 2.11% 的铁碳合金，含碳量为 2.11% ~ 6.69%，工业上常用铸铁的含碳量一般为 2.5% ~ 4.0%。除碳以外，铸铁中还含有少量的硅、锰、硫、磷等元素。

铸铁是一种应用非常广泛的金属材料，机床的床身、虎钳的钳体和底座等都是用铸铁制成的。在各类机器的制造中，若按质量百分比计算，铸铁占整个机器质量的 45% ~ 90%。

铸铁与钢的根本区别在于含碳量不同。在组织上，钢中的碳是以铁-碳化物(Fe_3C)形式存在的，而铸铁中的碳除了在基体中以化合物形式存在外，

更主要的是以石墨形式存在。铸铁的耐磨性、减震性、铸造性等优良性能都与碳的石墨状态有关。此外,铸铁中含有的少量硅、锰、硫、磷等元素,其中硅是强烈促进石墨化的元素,其含量比在钢中高得多,因此,铸铁也可以说是铁-碳-硅的三元合金。在某些特殊用途的铸铁(如铸铁合金)中,还添加有铬、镍、钼、钒、铝、镁、钛等合金元素,以提高铸铁的强度、硬度、淬硬性和耐腐蚀性。

铸铁的力学性能一方面取决于石墨质点的数量、大小和形状(如片状、球状和絮状等),另一方面取决于石墨质点周围基体的显微组织(它们可以是铁素体、珠光体、奥氏体或马氏体等)。铸铁的应用实例见图 1-1。

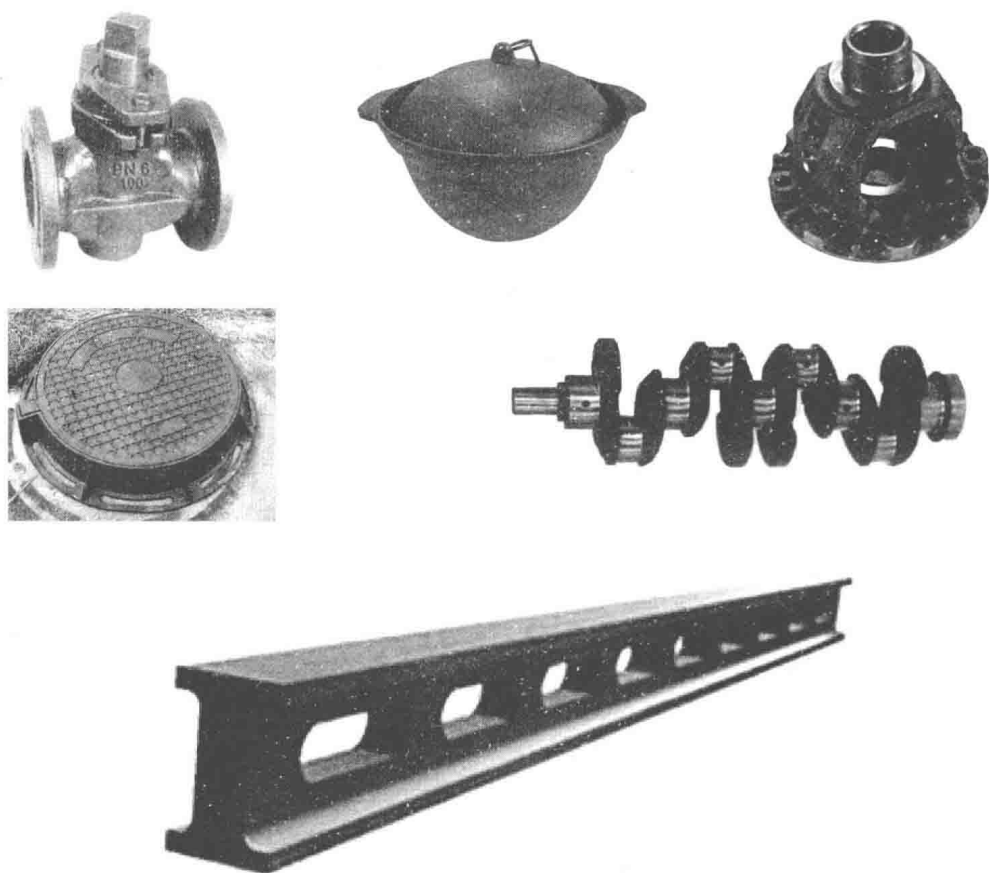


图 1-1 铸铁的应用实例

一、铸铁的分类及用途

铸铁的分类及用途见表 1-1。

表 1-1 铸铁的分类及用途

分类方法	分类名称	说明
按断口颜色	灰铸铁	灰铸铁中的碳大部分或全部以自由状态的片状石墨形式存在,其断口呈暗灰色,有一定的力学性能和良好的被切削性能
	白口铸铁	白口铸铁是组织中完全没有或几乎完全没有石墨的一种铁碳合金,其断口呈白亮色,硬而脆,不能进行切削加工,很少在工业上直接用来制作机械零件。由于其具有很高的表面硬度和耐磨性,又被称为激冷铸铁或冷硬铸铁
	麻口铸铁	麻口铸铁是介于白口铸铁和灰铸铁之间的一种铸铁,其断口呈灰白相间的麻点状,性能不好,极少应用
按化学成分	普通铸铁	普通铸铁是指不含任何合金元素的铸铁,如灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁等
	合金铸铁	合金铸铁是在普通铸铁内加入一些合金元素,用以提高某些特殊性能而配制的一种高级铸铁。如各种耐蚀、耐热、耐磨的特殊性能铸铁
按生产方法和组织性能	普通灰铸铁	普遍灰铸铁中的碳大部分或全部以自由状态的片状石墨形式存在,其断口呈暗灰色,有一定的力学性能和良好的被切削性能,普遍应用于工业中
	孕育铸铁	孕育铸铁在灰铸铁的基础上,采用“变质处理”而成,又称变质铸铁。其强度、塑性和韧性均比一般灰铸铁好得多,组织也较均匀。主要用于制造力学性能要求较高,而截面尺寸变化较大的大型铸件

续表

分类方法	分类名称	说明
按生 产方 法和 组织 性能	可锻铸铁	可锻铸铁是由一定成分的白口铸铁经石墨化退火而成,比灰铸铁具有更高的韧性,又称韧性铸铁。它并不可以锻造,常用来制造承受冲击载荷的铸件
	球墨铸铁	球墨铸铁简称球铁。它是通过在浇铸前往铁液中加入一定量的球化剂和墨化剂,以促进呈球状石墨结晶而获得的。它和钢相比,除塑性、韧性稍低外,其他性能均接近,是兼有钢和铸铁优点的优良材料,在机械工程上应用广泛
	特殊性能铸铁	特殊性能铸铁是一种具有某些特性的铸铁,根据用途的不同,可分为耐磨铸铁、耐热铸铁、耐蚀铸铁等。大都属于合金铸铁,在机械制造上应用较广泛

(一)灰铸铁

灰铸铁是应用最广泛的一种铸铁,在各类铸件的总含量中,约占 80% 以上。

灰铸铁中的碳全部或大部分以片状石墨形式存在于基体中[图 1-2(a)]。由于其剖开后断口呈暗灰色,故称灰铸铁,俗称灰铁。

灰铸铁的金属基体是由珠光体和铁素体按不同比例组成的,珠光体含量越高的灰铸铁,其抗拉强度也越高,同时硬度也相应有所提高。

由于石墨非常疏松且具有润滑作用,所以它的存在使灰铸铁具有一系列优良性能,如耐磨、减震、良好的切削加工性和较小的缺口敏感性等。但是,由于石墨的强度、塑性与基体相比几乎为零,因而使得灰铸铁的强度较低、塑性很差。

虽然灰铸铁的机械性能指标只有低碳钢的一半,但是由于其熔点低、铸造性能好且价格低廉,因此,在工业上应用相当广泛。铸件质量从十几克到250t以上,铸件长度从十几毫米到30m以上。

(二)白口铸铁

白口铸铁中的碳除少量溶于珠光体外,其余均以渗碳体形式存在,如图1-2(b)所示,故断口呈白亮色,俗称白口铁。

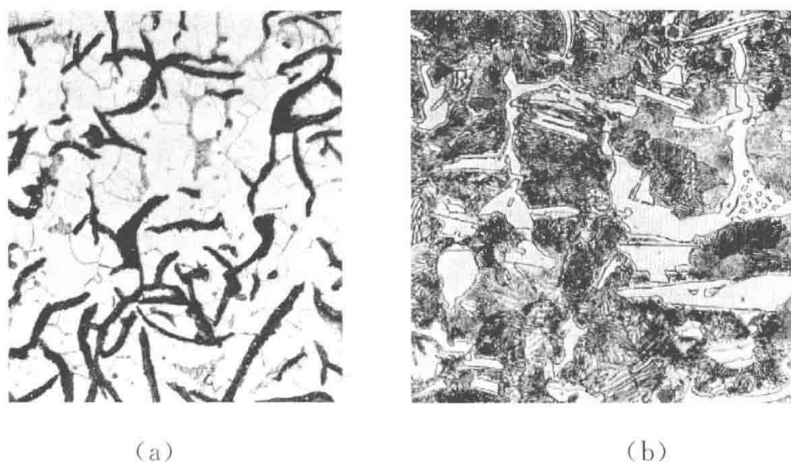


图 1-2 灰铸铁与白口铸铁的显微组织

(a)灰铸铁 黑色片状石墨+白色铁素体基体,×500;

(b)白口铸铁 白色渗碳体+珠光体,×400

由于渗碳体硬度极高($HB \approx 800$)、脆性极大,所以白口铸铁既硬又脆,不能进行切削加工;加之白口铸铁的强度较低,塑性几乎为零,故在机械制造业中应用较少。工业上仅利用白口铸铁硬而脆的特性,用金属模浇铸成表层为白口、内部为灰口的冷硬铸件,如破碎机上的破碎板和农机具上的犁铧等。除此之外,白口铸铁主要用作炼钢原料或熔铸成可锻铸铁。

白口铸铁的含硅量一般小于1%,其他成分与灰铸铁类似。

(三)球墨铸铁

球墨铸铁铁水在浇铸前经球化处理,使析出的石墨呈球状存在于铸铁中,简称球铁[图 1-3(a)]。由于石墨呈球状,所以其力学性能比普通灰铸铁高很多,因而在生产中的应用日益广泛。

(四)蠕墨铸铁

蠕墨铸铁铁水在浇铸前经蠕化处理,使析出的石墨呈蠕虫状存在于铸铁中,简称蠕铁[图 1-3(b)]。其性能介于灰铸铁与球墨铸铁之间。

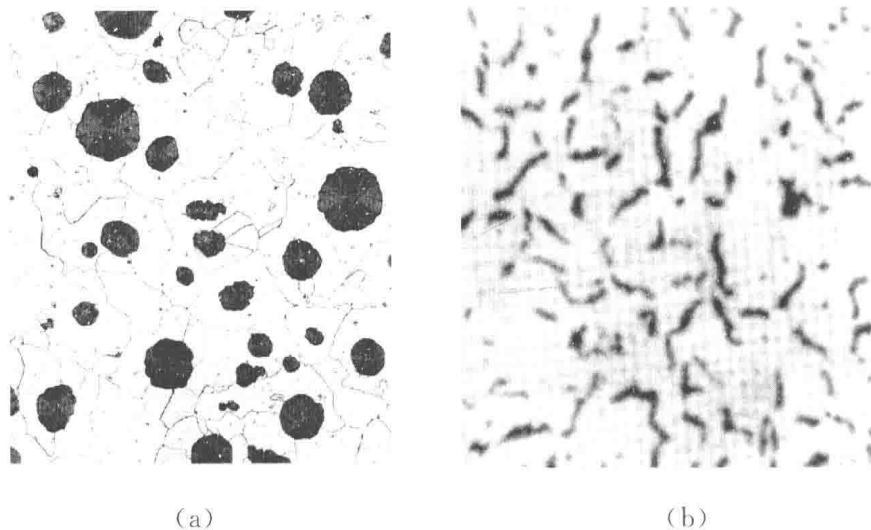


图 1-3 球墨铸铁和蠕墨铸铁的显微组织

(a)球墨铸铁 黑色球状石墨四周有肥粒铁基质包围,×200;

(b)蠕墨铸铁 蠕虫状石墨+铁素体基体,×350

(五)可锻铸铁

可锻铸铁由一定成分的白口铸铁经过石墨化退火而获得(图 1-4)。其中,石墨呈团絮状存在于铸铁中,有较高的韧性和一定的塑性。应注意的是,可锻铸铁虽称“可锻”,但实际上是不能锻造的。

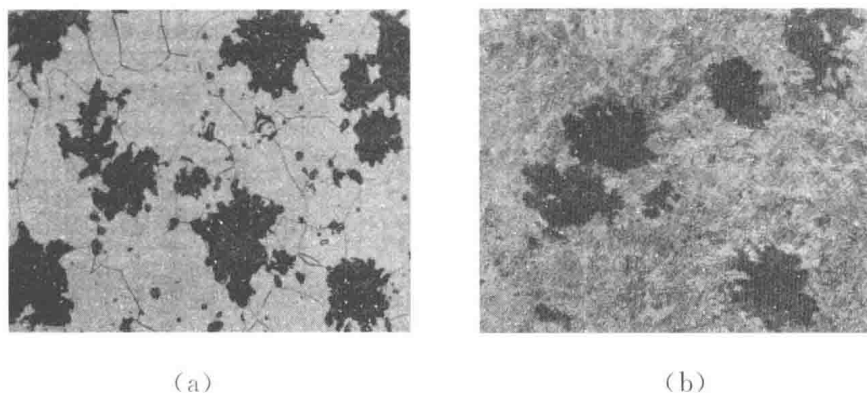


图 1-4 可锻铸铁的显微组织

(a)黑心可锻铸铁 团絮状石墨+铁素体基体, $\times 400$;

(b)珠光体可锻铸铁 团絮状石墨+珠光体基体, $\times 200$

二、铸铁的石墨化

铸铁的性能与其内部组织密切相关,由于铸铁中的含碳量、含硅量较高,所以铸铁中的碳大部分不再以渗碳体的形式存在,而是以游离的石墨形成存在(含碳量为 100%)。铸铁中的碳以石墨形式析出的过程称为石墨化。

(一) 石墨化的途径

铸铁中的石墨可以从液态中直接结晶出或从奥氏体中直接析出,也可以先结晶出渗碳体,再由渗碳体在一定条件下分解而得到($\text{Fe}_3\text{C} \rightarrow 3\text{Fe} + \text{C}$),如图 1-5 所示。

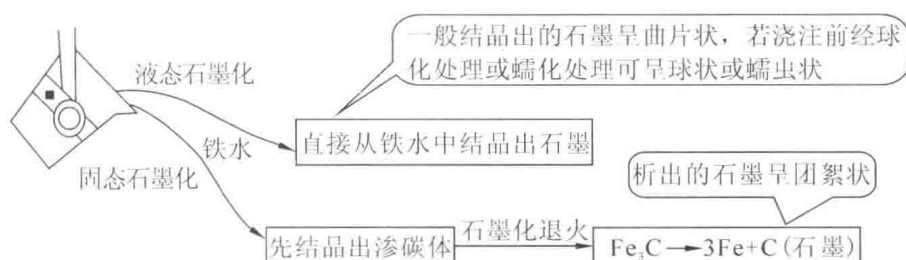


图 1-5 铸铁的石墨化途径

(二)影响石墨化的因素

影响石墨化的因素主要是铸铁的成分和冷却速度。

铸铁中的各种合金元素根据对石墨化的作用不同可以分为两大类。一类是促进石墨化的元素,有碳、硅、铝、镍、铜和钴等,其中碳和硅对促进石墨化的作用最为显著。因此,铸铁中碳、硅含量越高,往往其内部析出的石墨量就越多,石墨片也越大。另一类是阻碍石墨化的元素,有铬、钨、钼、钒、锰和硫等。

冷却速度对石墨化的影响也很大,当铸铁结晶时,冷却速度越缓慢,就越有利于扩散,使析出的石墨越大、越充分;在快速冷却时碳原子无法扩散,则阻碍石墨化,促进白口化。而铸件的冷却速度主要取决于壁厚和铸型材料,铸件越厚,铸型材料散热性能越差,铸件的冷却速度就越慢,越有利于石墨化。

三、铸铁的组织与性能的关系

当铸铁中的碳大多数以石墨形式析出后,其组织状态如图 1-2、图 1-3、图 1-4 所示。其组织可看成是在钢的基体上分布着不同形态、大小、数量的石墨。由于石墨的力学性能很差,其强度和塑性几乎为零,这样就可以把分布在钢的基体上的石墨看作不同形态和数量的微小裂纹或孔洞。这些裂纹或孔洞一方面割裂了钢的基体,破坏了基体的连续性;另一方面又使铸铁获得了良好的铸造性能、切削加工性能,以及消音、减震、耐压、耐磨、缺陷敏感性低等诸多优良性能。

从显微组织图中可以看出,在相同基体的情况下,不同形态和数量的石墨对基体的割裂作用是不同的,呈片状时表面积最大,割裂最严重;蠕虫状次之;球状表面积最小,应力最分散,割裂作用的影响就最小。因此,石墨的数量越多、越集中,对基体的割裂就越严重,铸铁的抗拉强度也就越低,塑性就越差。

铸铁的硬度则主要取决于基体的硬度。

铸铁的力学性能主要取决于基体的组织和石墨的形态、数量、大小及分布状态。其中,基体的组织一般可通过不同的热处理加以改变,但石墨的形态和分布却无法改变,故要想得到分布均匀的石墨就需要在石墨化时对其析出过程加以控制。



任务实施

1. 学生分组,明确分工。

2. 制订工作计划。

3. 计划实施。

任务评价

1. 学生自我评估与总结。

(1) 本次任务是否按课时计划完成？

是 ☐

不是 ☐

(2) 能否掌握本次任务要求的教学内容？

完全掌握 ☐ 大部分能掌握 ☐ 只能掌握少部分 ☐ 完全不懂 ☐

(3) 你觉得自己在小组中发挥的作用是什么？

主导作用 ☐

配合作用 ☐

旁观者作用 ☐

(4) 你对自己的表现满意吗？

很满意 ☐

满意 ☐

不满意 ☐

(5) 你完成的任务计划实施结果是否正确？

正确 ☐

不正确 ☐

2. 小组评估与总结。

(1) 小组的实训内容能按时完成吗？

能 ☐

不能 ☐

(2) 小组的实训结果答案正确吗？

完全正确□

大部分正确□

小部分正确□

(3)小组分工、配合是否良好?

好□

一般□

3. 教师评价与总结(根据各小组学生完成任务的表现,给予综合评价,同时给出本工作任务的正确答案供学生参考)。

4. 评价表(表 1-2)。

表 1-2

工作任务评价表

班级:

姓名:

学号:

组号:

指导教师:

评价项目	评价标准	评价依据 (信息、佐证)	评价方式			权重	得分小计
			学生自评 20%	小组互评 30%	教师评价 50%		
职业素养	1. 遵守学校及车间规章制度、劳动纪律; 2. 按时完成学习及工作任务; 3. 积极主动承担工作任务,勤学好问; 4. 人身安全与设备安全; 5. 工作岗位 10S 完成情况	1. 出勤; 2. 工作态度; 3. 劳动纪律; 4. 团队协作精神				0.3	
实践能力	1. 能区分铸铁的种类及用途; 2. 明确铸铁石墨化及影响因素; 3. 能辨别铸铁的组织与性能的关系	1. 操作的准确性和规范性; 2. 学习内容的完成情况; 3. 专业技能任务完成情况				0.5	