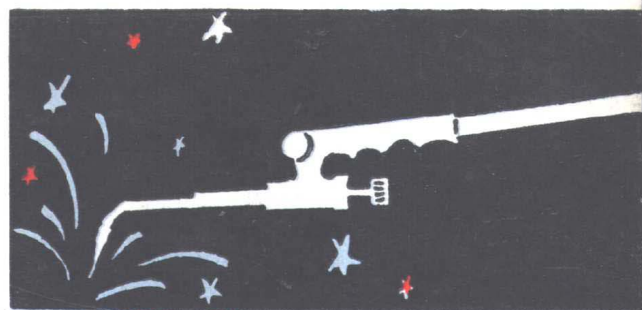




怎样焊补铸铁件

山西人民出版社

怎样焊补铸铁件

贾鸿谟 宋振家
赵志高 缪俊明

山西人民出版社

怎样焊补铸铁件

贾鸿谟 宋振家
赵志高 缪俊明

*

山西人民出版社出版 (太原井州路七号)
山西省新华书店发行 山西省七二五厂印刷

*

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: $2\frac{3}{4}$ 字数: 55千字

1979年8月第1版 1980年4月第1次印刷

印数: 1—18,500册

*

书号: 15088·108 定价: 0.27元

写在前面

随着现代工业的发展，机械化的程度越来越高。机械有大量铸铁机件，因而铸铁的焊补量也随之增加。铸铁是难焊的金属之一，如何搞好铸铁焊补，是当前焊接工作中一个亟待解决的问题。我们从事焊接工作多年，现将我们在铸铁焊补中的一些经验和体会整理成书，以供从事焊接工作的同志们参考，也作为对实现四个现代化的一点贡献。由于我们水平有限，不免有不妥之处，请同志们批评指正。

本书在编写过程中，得到杜建民、韩一贞、殷世贵、王秉衡、姜孟怀等同志的大力帮助，在这里我们谨表示谢意。

贾鸿谟 宋振家
赵志高 缪俊明

1979年8月

目 录

一、铸铁的种类和用途.....	1
1、铸铁的种类.....	1
2、铸铁的用途.....	10
二、铸铁的焊接方法与焊接材料.....	11
1、铸铁的焊接方法.....	11
2、焊接材料.....	16
三、铸铁件的焊补技术.....	22
1、焊前准备.....	22
2、焊接工艺的确定.....	24
3、操作技术.....	26
4、如何消除焊接应力.....	28
四、灰铸铁的焊补.....	31
1、灰铸铁气焊.....	31
2、灰铸铁电弧焊.....	43
3、球墨铸铁的焊补.....	62
4、变质铸铁的焊补.....	65
5、大型铸铁的焊补.....	66
6、碳钢与铸铁的对接焊.....	74
五、铸铁焊补产生缺陷的原因及防止方法.....	75
1、铸铁的焊接特点.....	75
2、焊缝产生缺陷的原因及防止方法.....	77

六、焊缝的砂眼、气孔简易修补法.....	81
1、铸铁的密封涂料.....	81
2、铸铁的糊补涂料.....	82
3、铸铁的醋补涂料.....	82

一、铸铁的种类和用途

铸铁和钢主要区别是含碳量的不同，含碳量大于1.7%的铁碳合金称为铸铁。工业中常用的铸铁含碳量为2.0~4.5%，含硅量为1~5%，实际是铁、碳、硅为主的三元合金，除这三种元素外，还含有少量的锰、硫、磷等，而硫、磷通常都视为是有害杂质。有时为了获得某种特殊性能，提高硅、磷的含量，或加入适量的铝、镍、钼、钨等合金元素，所得到的铸铁称为合金铸铁。

1、铸铁的种类

铸铁的种类按碳的存在状态及形式的不同，可分为白口铸铁、灰口铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁、合金铸铁等。各种机械设备中的铸铁件常用灰口铸铁和球墨铸铁。

(1) 灰口铸铁：灰口铸铁有良好的铸造性，其断碴是暗灰色的，基体上分布着很多石墨片。石墨片是碳元素自由存在的一种形态，非常疏松润滑，由于它的存在，使灰口铸铁有一系列的良好性能，如耐磨、吸震、良好的切削加工性以及较小的缺口敏感性。

石墨的存在也带来了不利的一面，石墨的原子呈层状排列，是简单的六方晶格（图1），在同一层内原子间距离很小，而层与层之间距离较大，结合力弱，易发生滑移。因此，石墨的强度、硬度很低，塑性几乎为零，在灰口铸铁中

相当于小的裂缝，破坏了基体的连续性，使基体的强度和塑性降低。铸铁的基体是指石墨以外的金属组织相当于含硅的钢。

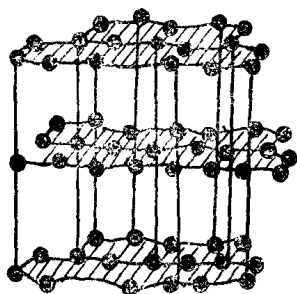


图 1 石墨的晶体构造

石墨的形状、大小和分布的情况对铸铁性能的影响很大。石墨含量越多，越粗大，越成片状，基体割裂得越厉害，性能也就越差。石墨成球状或团絮状，不仅强度可以大大提高，而且具有一定的塑性。因此具有球状石墨的球墨铸铁和团絮状石墨的可锻铸铁，其机械性能较灰口铸铁要好得多，灰口铸铁的化学成分见表 1。

表 1 灰口铸铁化学成分(%)

碳 (C)	硅 (Si)	锰 (Mn)	硫 (S)	磷 (P)
2.0~4.5	0.5~3.5	0.3~1.5	<0.15	<1.0

由表 1 可知，灰口铸铁中的主要元素是碳、硅、锰、硫和磷。各种元素含量的变化，对铸铁均有一定的影响。

铸铁中的碳和硅是促进石墨化的元素，碳的含量过高，石墨片过分粗大，则机械性能下降。硅的含量过高，会使铸铁组织变得硬而脆。因此，碳的含量不应超过 4.5%，硅的含量不应超过 3.5%。

锰是阻碍石墨化的元素，但它能脱硫，抵抗硫的有害作

用,并能提高可焊性。能使熔池稳定,含量一般不应超过1.5%。

硫是强烈阻碍石墨化的元素,能促使生成白口组织,降低铁水的流动性,易产生气孔,引起热脆,即在热状态下易产生裂纹,是有害杂质,故应尽量控制,越少越好,其含量应控制在0.15%以下。

磷对石墨化的影响较小,能使铁水的流动性能好,提高耐磨性,但也有一定的缺点,能降低机械性能并引起冷脆即冷裂纹,其含量也应控制在1.0%以下。

灰口铸铁的机械性能主要取决于石墨的大小、形态、数量和分布情况,基体组织对性能也有一定的影响。

灰口铸铁的牌号是根据其机械性能来划分的,HT代表灰口铸铁,是灰铁二字的汉语拼音字首,两组数字分别表示抗拉强度和抗弯强度的最低值。表2是部分灰口铸铁的化学成分和机械性能。灰口铸铁的部分用途见表3。

(2) 球墨铸铁:球墨铸铁中的石墨呈球状,它除具有灰口铸铁的优良性能外,又兼有钢的高强度和比较小的缺口敏感性,有着比钢更好的耐磨性,抗氧化性和减震性,可经多种热处理提高强度。

球墨铸铁在生产过程中要进行球化处理,即向原铁水中加入一定数量的球化剂,促使石墨呈球状析出。由于球状石墨对基体的割裂很轻微,所以球墨铸铁的机械性能比灰口铸铁高得多。球化剂有镁、钙、钡、锂、稀土元素等。用镁作球化剂,球化效果虽好,但氧化严重,燃烧强烈,劳动条件差,废品率高,单纯用轻稀土时,球化效果又较差。所以,我国常用稀土镁作球化剂,效果较好。球墨铸铁的化学成分见表4。

表 2 灰口铸铁的化学成分与机械性能

牌 号	化 学 成 分 (%)							机 械 性 能			
	碳 (C)	硅 (Si)	锰 (Mn)	磷 (P)	硫 (S)	镍 (Ni)	铬 (Cr)	钼 (Mo)	抗拉强度 ² 公斤/毫米 ²	抗弯强度 ² 公斤/毫米 ²	硬 度 (HB)
HT12~28	3.2~ 3.6	1.5~ 2.7	0.4~ 1.0	0.15~ 0.8	不大于 0.12				12	28	
HT15~32	3.0~ 3.6	1.2~ 2.6	0.4~ 1.0	0.2~ 0.8	0.12				15	32	163~ 229
HT18~36	3.0~ 3.6	1.2~ 2.8	0.5~ 0.8	0.3~ 0.8	0.12				18	36	170~ 220
HT21~40	2.9~ 3.5	1.8~ 2.6	0.5~ 0.8	0.2~ 0.8	0.12	0.2	0.3		21	40	170~ 240
HT24~44	2.7~ 3.5	0.9~ 2.6	0.4~ 0.9	0.1~ 0.35	0.12	0.2~ 1.5	0.2~ 0.7		24	44	
HT28~48	2.1~ 3.6	0.9~ 3.6	0.6~ 3.5	0.1~ 0.5	0.12	0.75~ 1.25	0.3~ 0.6	0.4~ 0.8	28	48	
HT32~52	2.9~ 3.3	1.4~ 2.2	0.7~ 1.1	0.25~ 1.1	0.12	0.5~ 1.5	0.5	0.4~ 0.5	32	52	

表 3 灰 口 铸 铁 用 途 举 例

牌号(机标)	硬度(HB)	用途及要求	用 途 举 例
HT00 HT12—28	143—229	不重要的铸铁件, 对强度金相组织, 无特殊要求。	油盘, 盖罩, 有镶 装手轧的底座, 座 板, 支柱等。
HT15—32	163—229	中等强度的铸件, 要求金相组织为 珠光体加铸表体 基体。	解放牌汽车汽缸盖, 东方红拖拉机汽缸, 一般机床底座滑座 工作台等。
HT18—36	170—229		
HT21—40 HT24—44	170—241	较高强度的铸 件, 要求金相组 织为珠光体基 体。	解放牌汽车汽缸体, 东方红拖拉机汽缸 盖, 拖拉机后桥, 一般金属切削机床, 铸有导轧的床身, 中等压力的液压 筒、液压泵和阀 门体等。
HT28—48	170—241	高强度耐性的铸 件, 要求金相组 织为珠光体基 体。	剪床及压力机的床 身、车床卡盘、自 动车床、齿轮、凸 轮导板等, 重负荷 机床铸件等, 有导 轧的床身, 高压液 压泵液压筒和滑阀 的壳体等。
HT32—52	187—255		
HT35—56	197—269		
HT38—60	207—269		

球墨铸铁被广泛用于制造磨损大、高应力和有冲击作用的重要零件, 如曲轴、连杆、凸轮轴、轴瓦、活塞、汽缸套、齿轮、蜗轮、轧辊、汽车后桥和轴流泵的大轴、轴承座, 传动轴的万向节等。球墨铸铁的牌号和机械性能见表 5。“QT”代表球墨铸铁。

表 4 球墨铸铁曲轴化学成分(%)

化学元素 生产厂	碳 (C)	硅 (Si)	锰 (Mn)	磷 (P%)	硫 (S%)	镁 (Mg 残)	铜 (Cu)	稀 土 氧化物
西 安 柴油机厂	3.6~ 3.8	2.1~ 2.5	0.5~ 0.7	0.1	0.02	0.04~ 0.07	0.6~ 0.8	0.03~ 0.05
南 昌 柴油机厂	3.0~ 3.5	2.8~ 3.50	0.5~ 1.5	0.10~ 0.25	0.015~ 0.03	0.03~ 0.05		0.3~ 0.05
	3.65~ 3.9	2.0~ 2.5	0.6~ 0.8	小于 1	0.05~ 0.025			

表 5 球墨铸铁的牌号和机械性能

牌 号	性 能 抗拉强度 公斤/毫米 ²	6b 屈服极限 公斤/毫米 ²	6s 延伸率 (%)	ak 冲击韧性 公斤·米	硬 度 (HB)	基体 组织
QT45-0	45	36	—	—	187—225	珠
QT50-1.5	50	38	1.5	1.5	187—225	光
QT60-2	60	42	2	1.5	197—269	体
QT45-5	45	33	5	2	171—207	铁
QT40-10	40	30	10	3	156—197	素

(3) 白口铸铁：白口铸铁中的碳以渗碳体状态存在，断碴为白亮色。由于渗碳体硬度很高，性质很脆，所以白口铸铁的性能是硬而脆，不能进行机械加工，机械制造中很少

应用。有时利用白口铸铁硬度高、耐磨损的特性来制造表面为白口内部为灰口的“冷硬铸铁”，用于制造耐磨零件，如轧辊，粉碎机的锤头，农具上的犁铧等。此外，为了制造可锻铸铁零件，必须首先铸成白口铸铁，然后进行退火，才能得到性能符合要求的可锻铸铁。

(4) 可锻铸铁：又称展性铸铁、马铁或玛钢。将白口铸铁毛坯经 $900\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 长时间（几十小时）退火，使渗碳体在固态下分解： $\text{Fe}_3\text{C}\rightarrow 3\text{Fe}+\text{C}$ ，形成团絮状石墨，从而得到强度和塑性都较高的可锻铸铁。为了保证铸造时得到纯白口组织，碳、硅含量应尽可能低一些（低于灰口铸铁）。可锻铸铁的化学成分见表6。

表 6 可 锻 铸 铁 化 学 成 分

种 类 \ 成分(%)	碳 (C)	硅 (Si)	锰 (Mn)	硫 (S)	磷 (P)
铁素体可锻铸铁	2.2~2.6	1.0~1.3	0.3~0.4	≤ 0.12	≤ 0.18
珠光体可锻铸铁	2.8~3.2	0.6~1.1	> 0.45	≤ 0.10	≤ 0.15

可锻铸铁适于制造形状复杂，塑性和韧性要求较高的小型零件，如汽车的后桥壳，拖拉机的差速器，变速箱的拨叉，刹车蹄，水管弯头等。可锻铸铁的退火时间长，生产率低，使它的用途受到一定的限制。可锻铸铁的牌号和机械性能见表7。“KT”代表可锻铸铁，两组数字分别表示抗拉强度和延伸率。

表 7 可锻铸铁的牌号和机械性能
(GBPT8—67)

性 能 牌 号	6b (抗拉强度) > (公斤/毫米 ²)	6s (屈服强度) > (公斤/毫米 ²)	6(延伸率) > (%)	硬 度 (HB)
KT—30—6	30		6	120—163
KT—33—8	33		8	120—163
KT—35—10	35		10	120—163
KT—37—12	37		12	120—163
KT—45—5	45	28	5	152—219
KT—50—4	50	34	4	179—241
KT—60—3	60	42	3	201—269
KT—70—2	70	55	2	240—270

(5)合金铸铁：合金铸铁除含有碳、硅、锰、硫、磷外，还含有其它合金元素，以提高强度，弹性，抗氧化性，耐磨性和热稳定性。

铬、镍、钼、钨能使晶粒细化，组织紧密和稳定，提高弹性，耐磨性和热稳定性。

铜能使倾向白口的铸铁石墨化，并使基体中珠光体细化，此外还可以提高抗蚀性和耐磨性。铜一般不单独使用，而常与铬或钼共用。

铈能使珠光体稳定并提高硬度。此外，在浇注桶内添加铈0.1%就能完全排除单体铸件的铁素体。铈的加入量以不超过0.3%为宜。

由于合金元素贵重，所以合金铸铁的产量较少，主要用于制造活塞环等零件。表8是我国一机部六局用于制造活塞环的合金铸铁。

表 8 合 金 铸 铁

化学成分 类别	碳 (C) 总 %	硅 (Si)	锰 (Mn)	磷 (P)	硫 (S)	镍 (Ni)	铬 (Cr)	钼 (Mo)	铜 (Cu)	钛 (Ti)
1	3.5~ 3.8	2.6~ 3.0	0.5~ 0.8	0.3~ 0.7	≤0.10	0.9~ 1.2				
2	3.5~ 3.8	2.6~ 2.8	0.5~ 0.8	0.3~ 0.7	≤0.10	0.9~ 1.2				
3	3.5~ 3.8	2.5~ 2.75	0.5~ 0.8	0.3~ 0.7	≤0.10	0.9~ 1.2				
4	3.5~ 3.8	2.4~ 2.65	0.5~ 0.8	0.3~ 0.7	≤0.10	0.9~ 1.2				
5	3.5~ 3.8	2.2~ 2.5	0.5~ 0.8	0.3~ 0.7	≤0.10	0.9~ 1.2				
6	3.5~ 3.8	2.0~ 2.4	0.6~ 0.8	0.3~ 0.5	≤0.05	0.9~ 1.2				
7	3.7~ 3.9	2.7~ 2.9	0.6~ 1.8	0.3~ 0.5	≤0.05	0.9~ 1.2	0.25~ 0.35			
8	3.9~ 3.9	2.4~ 2.6	0.6~ 0.8	0.3~ 0.5	≤0.05		0.25~ 0.35	0.25~ 0.35	0.25~ 0.5	0.1~ 0.2

2、铸铁的用途

铸铁为黑色金属，由于它具有润滑、吸震、抗氧化性和机械加工性能好等优点，是其它材料不具备或不完全具备的，所以铸铁在工农业、交通运输等方面的应用很广，特别是随着现代工业的发展，铸铁的产量迅速增加，使用范围也日益扩大，在工业机械制造中，铸铁的使用量约占60~80%，如用来制造各种机床的床身，工作台，变速箱体，齿轮，导轨和马达外壳等。在农业机械制造中，铸铁的用量也很大，约占50~70%，用来制造拖拉机的汽缸体、汽缸盖、差速器、曲轴，以及排灌机械，脱粒机和农具犁铧等。在交通运输方面也广泛应用，主要用来制造汽车、轮船、机车的汽缸体和零件等。铸铁在我们日常生活中也是不可缺少的，如铁锅，水暖设施等，都是铸铁铸造加工而成。

铸铁件由于铸造中质量不过关，使用和维修不良，有时会产生裂纹和断伤事故，通过焊补的方法不仅可以修复使用，而且能延长机械设备的使用寿命，为国家节约资金。

目前铸铁的应用广泛，焊补量日趋增多。但是，由于我们对铸铁的性能和特点还未完全摸透，对它的焊接规律未能全部掌握，因此，普遍认为铸铁是最难焊的金属之一。这样，如何搞好铸铁焊补，已成为焊接工作亟待解决的一个重要课题，也是每个焊接工作者义不容辞的责任，为此，我们特将多年在焊补铸铁中的一些经验和体会整理出来，以供从事焊接工作的同志们参考。

二、铸铁的焊接方法与焊接材料

1、铸铁的焊接方法

铸铁的焊接方法很多，如电弧焊、气焊、钎焊、手工钨极氩弧焊、手工电渣焊和二氧化碳气体保护焊等。各种焊接方法都有各自的特点，由于电弧焊和气焊的应用范围广，施焊方便，设备简单，成本低，质量好，所以下面主要介绍这两种焊接方法。

(1) 电弧焊：电弧焊铸铁可分为冷焊、半热焊、热焊和不开预热焊。各种方法都有一定的适用性，要根据焊件的具体情况适当选用。

冷焊：采用非铸铁型组织焊条，严格执行冷焊工艺要点，其中镍基焊条焊后可加工，其它焊条焊后加工性能较差，焊缝强度和颜色各不相同，其中有的与母材相近似。

半热焊：一般采用钢芯石墨化型铸铁焊条，多为预热 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 再焊接，焊后加工性能不稳定，强度与母材相近似。

热焊：采用铸铁芯焊条。温度控制与气焊热焊法相同，焊后可加工，硬度、强度及颜色与母材相同。焊件的缺陷四周钢度较大时，也就是焊前的强度和应力较大时，用此法焊接不易开裂。

不开预热焊：采用大直径铸铁芯焊条及大电流，严格执行