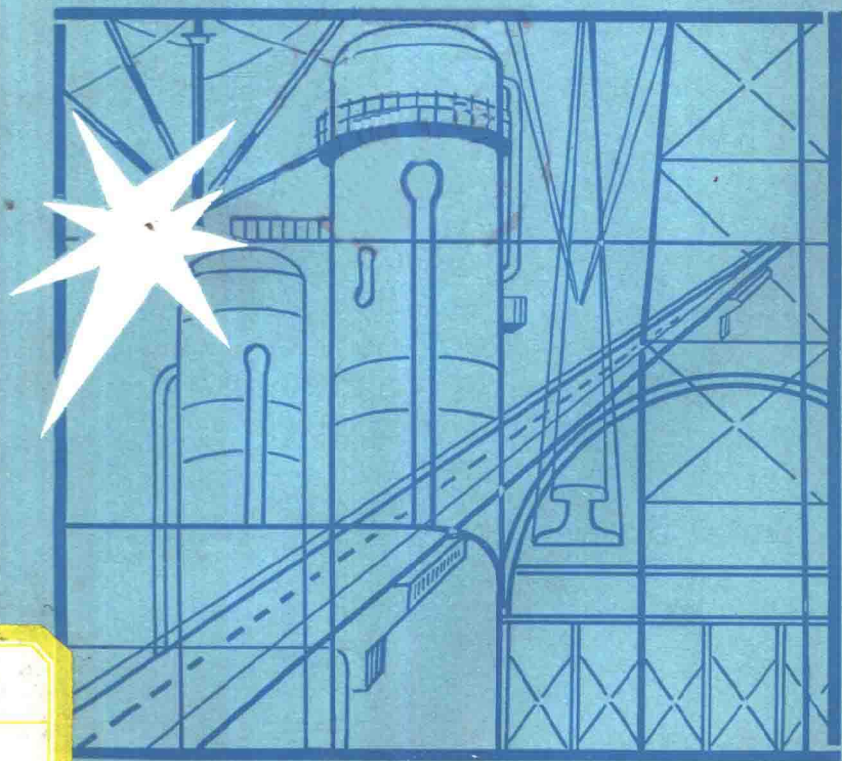


铸钢铸铁焊接要点

ZHUGANGZHUTIEHANJIE
YADIAN



黑龙江人民出版社

TG457

3359

铸钢铸铁焊接要点

[日]副岛一雄 仁熊贤次 著

张 锐 译 翟海寰 校

黑龙江人民出版社

内 容 简 介

本书分铸钢焊接、铸铁焊接两部分。

铸钢部分：以低碳钢、低合金钢为主，对铸钢的特殊性质，焊接中的问题做了详尽论述；对大型设备制造中的分段铸造、焊接组装，做了具体说明，并举有实例。此外对高合金钢中的不锈钢、耐热钢、高锰钢铸钢焊接也做了扼要介绍。

铸铁部份：从冶金理论上说明铸铁难焊的原因，并在焊接方法、焊接材料和焊接技术等方面介绍了经验，指出了焊接上的要点。

封面设计：孙锡久

铸钢铸铁焊接要点

[日]副岛一雄 仁熊贤次
张 锐 译 翟海寰 校

黑 龙 江 人 民 出 版 社 出 版

(哈尔滨市道里森林街14-5号)

黑龙江新华印刷厂印刷 黑龙江省新华书店发行

开本 787×1092毫米 1/32·印张 5 12/16·字数 112,000

1980年4月第1版 1980年4月第1次印刷

印数 1-12,300

统一书号：15093·58

定价：0.48元

目 录

铸 钢 焊 接

1 铸钢	1
1.1 铸钢种类	3
1.2 铸钢焊接	5
2 碳素铸钢及低合金铸钢焊接要点	6
2.1 铸钢的特性	6
2.2 材料的化学成分及机械性能	9
2.3 铸钢的可焊性	13
2.3.1 高温裂缝 (热裂缝)	13
2.3.2 低温裂缝 (冷裂缝)	14
2.3.3 熔敷金属中氢的影响	15
2.3.4 热影响区硬度的影响	16
2.3.5 碳素钢铸件的焊接条件	17
2.3.6 低合金钢铸件的焊接条件	18
2.4 焊接方法的选择	19
2.4.1 电弧焊	20
2.4.2 埋弧焊	25
2.4.3 二氧化碳气体保护焊	26
2.4.4 电渣焊	26
2.5 铸钢的组装焊接	27
2.5.1 铸钢与铸钢接合的焊接结构	28
2.5.2 在板结构上采用铸钢件	30
2.5.3 焊接接头部位的形状	30

2.5.4	坡口的形状	32
2.5.5	焊接操作	33
2.5.6	焊接变形	34
2.5.7	预热和后热	34
2.5.8	焊后热处理	35
2.6	铸造缺陷的修补焊接	36
2.6.1	缺陷的消除	37
2.6.2	焊条的选择	38
2.6.3	预热	39
2.6.4	焊接操作	40
2.6.5	焊接修补后的热处理	47
2.6.6	焊接修补的预备试验	47
3	不锈钢铸钢焊接要点	51
3.1	不锈钢铸钢的种类	51
3.2	合金元素的作用	51
3.3	不锈钢铸钢的可焊性	57
3.3.1	不锈钢铸钢的热处理	57
3.3.2	奥氏体不锈钢中碳化物的析出	57
3.3.3	应力腐蚀	59
3.3.4	σ 相脆化	59
3.4	不锈钢铸钢的焊接	60
3.4.1	焊接方法	60
3.4.2	焊条与焊缝金属组织	61
3.4.3	缺陷的修补焊接	64
3.4.4	异种金属的焊接	66
4	耐热钢铸钢焊接要点	69
4.1	耐热钢铸钢的含义	69
4.2	耐热钢铸钢的性质和用途	72
4.3	耐热钢铸钢的焊接	74

5	高锰钢铸钢焊接要点	76
5.1	高锰钢铸钢的含义	76
5.2	高锰钢铸钢的焊接	78
5.2.1	焊接方法	78
5.2.2	高锰钢焊条	78
5.2.3	焊接施工中的注意事项	80
6	铸钢焊接的质量管理	82
6.1	作业的标准化	82
6.2	铸钢修补的限制	83
6.3	铸钢焊接处的检查	83

铸 铁 焊 接

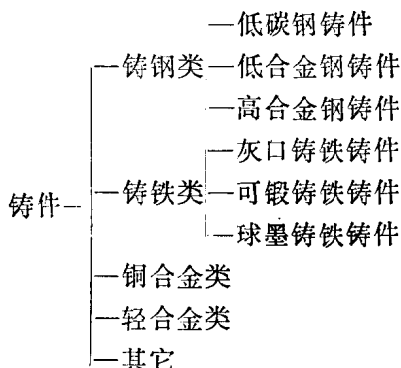
7	铸铁	86
7.1	灰口铸铁	87
7.2	可锻铸铁	91
7.3	球墨铸铁	93
8	铸铁焊接概要	94
8.1	铸铁焊接困难的原因	94
8.2	铸铁焊接的现行方法	95
8.2.1	铸铁热焊	96
8.2.2	铸铁冷焊	97
8.2.3	铸铁硬钎焊	68
8.3	铸铁焊接处的一般性质	99
9	铸铁气焊要点	100
9.1	焊丝的选择	100
9.2	焊剂的作用	101
9.3	预热及退火	104
9.4	焊前准备	105
9.5	焊接方法	106

9.5.1	焊炬的选择	107
9.5.2	焊接操作法	108
9.5.3	焊接的注意事项	109
10	铸铁电弧焊要点	110
10.1	电弧热焊	111
10.1.1	低碳钢焊条	111
10.1.2	铸铁焊条	112
10.1.3	电弧热焊操作法	113
10.2	电弧冷焊	115
10.2.1	低碳钢焊条	116
10.2.2	铸铁焊条	118
10.2.3	镍基焊条	120
10.2.4	镍基焊条的性能	123
10.2.5	铜合金焊条	131
10.2.6	电弧冷焊操作法	134
11	铸铁焊接修补 堆焊实例	140
12	铸铁焊接要点的归纳	152
	附件 1—22 表	154
	译后记	177

铸 钢 焊 接

1 铸 钢

铸件的种类，按使用材料性质可分为：



本书所讲的焊接是上述范围中的铸钢和铸铁两部分。

铸钢的化学成分与轧钢、锻钢几乎完全相同。铸钢在强度和塑性上比铸铁或其它铸件都优越，可焊性也良好，因此铸钢做为重要部件广泛地应用于冶金、船舶、铁路车辆、重型电机、土木建筑机械和机床等各个方面。

过去铸钢常常出现缩孔，可以说是有缺点的，它和轧钢或锻钢相比，机械性能较差。可是近些年来由于铸造技术的提高，已经能够制造出质量优良的铸件。从图 1·1 上可看出铸钢件的机械性能是有所提高的，有的甚至超过了轧钢。

关于铸钢，可不考虑它的锻造性，有时连切削性也不必考虑，根据需要只在成分上加添各种合金元素，就能制造出各种高合金铸钢。现在已经生产的高合金铸钢中有耐腐蚀、耐高温、耐磨损等各种特殊用途的铸钢品种。

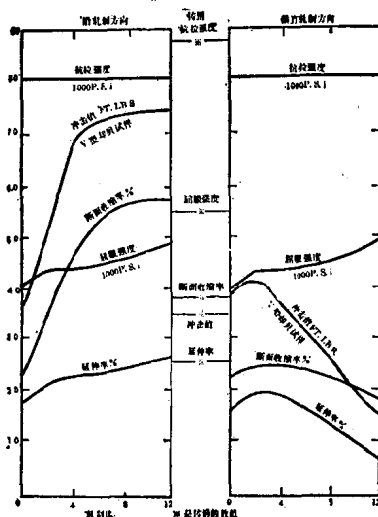


图 1-1 0.35%C 碳素钢和 0.35%C 轧钢的机械性能比较

1.1 铸 钢 种 类

铸钢可分：碳素铸钢、低合金铸钢、高合金铸钢三大类。另外也可分为普通铸钢（碳素钢）、特殊铸钢（合金铸钢）两大类。在高合金铸钢中包括：不锈钢、耐热钢、高锰钢三种铸钢。表 1.1 是日本工业标准 (JIS) 中规定的材料范围对铸

表 1.1 铸 钢 的 分 类

种类	材 料	日本工业 标 准 JIS 型号	主要化学成分	标准热处理	用 途
碳 素 铸 钢	低碳钢	SC37 ~SC55	$P \leq 0.05$ $S \leq 0.05$	退 火 正 火	用于结构
	中、高 碳钢		$C 0.40 \sim 0.70$ $Mn 0.50 \sim 0.80$	退 火 正 火	用于结构

种 类	材 料	日本工业 标准 JIS 型号	主要化学成分	标准热处理	用 途
低 合 金 铸 钢	低锰钢	SCA1 ~SCA2	C0.20~0.40 Mn1.00~1.60	退 火 正 火	用于结构
	锰铬钢	SCA21~ SCA23	C0.25~0.45 Mn1.20~1.60 Cr0.40~0.80	"	"
	硅锰钢	SCA31	C0.25~0.35 Si0.50~0.30 Mn0.9~1.20	"	"
	铝 钢	SCA41	C≤0.25 Mn0.25~0.80 Mo0.45~0.65	"	"
	铬铝钢	SCA51 ~SCA52	C≤0.25 Cr1.00~6.50 Mo0.45~0.65	"	"
高 合 金 铸 钢	高铸 锰钢	高锰钢 SCMnH1 SCMnH2	C0.90~1.30 Mn≥11.0	约 1,000℃ 水淬	用于耐磨损 非磁性部件
	不 锈 钢 铸 钢	铬 不 锈 钢 SCS1 SCS2	C≤0.24 Cr11.50~14.00	950~980℃ 油淬或空淬 回火680~740℃ 快冷	化学工业设 备
		铬镍不 锈 钢 SCS11 ~SCS18	Ni5.00~22.00 Cr11.50~27.00	淬火 950~1100℃ 快冷	化学工业、 食品工业、 石油精炼设备
	耐 热 铸 钢	高铬耐 热 钢 SCH1 ~SCH2	C≤0.50 Cr12.00~28.00	退火800~900℃ 缓冷	高温耐腐蚀、 阀门、矿石焙 烧炉部件、硝 酸工业
		高铬镍 耐热钢 SCH11 ~SCH15	Ni4.00~37.00 Cr13.00~28.00	—	热处理炉部 件、矿石焙 烧炉部件

化学符号写法: ~O, Mn, Si, S, P, Cr, Ni, Mo

译注: 上列日本工业标准(JIS)铸钢材料与我国国家标准或部颁标准可做对比的, 如SC37~SC55相当于我国第一机械工业部部颁标准 (JB300~62)规定的 ZG45~ZG50, 碳: 0.42~0.55, 锰: 0.50~0.80, 硫、磷不超过 0.05的均属特级酸性钢。(见自“五金手册”1970年版)

钢所做的分类。此外实际生产和应用的还有各种不同组合成分的铸钢材料。

1.2 铸 钢 焊 接

铸钢焊接有：同类铸钢焊接，铸钢与轧钢的焊接，磨损部件堆焊修补，铸钢件缺陷的焊补等。

铸钢焊接在本质上与轧钢焊接并无区别，焊接低碳钢板的技术可以照样适用于焊接低碳铸钢。同样，如果掌握焊接不锈钢板的技术，对焊接不锈钢铸钢也能胜任。两者的区别只是使用目的上的不同，再加上过去铸钢焊接的应用，不象轧钢焊接那样广泛，所以没有确定铸钢焊接的标准、要求。这在客观上也影响了铸钢焊接的技术发展，因此仅用于一般的缺陷修补上。

2 碳素铸钢及低合金 铸钢焊接要点

2.1 铸钢的特性

铸钢的熔点高，冷却时收缩量大，这是它的固有特性，与其它金属材料相比，铸造时容易产生缺陷。此外，设计的好坏，铸造方法的优劣，对铸钢都很敏感。这些特性如能很好的理解，对提高铸钢焊接质量关系极大。

(1) 流动性不好 钢水的流动性比其它金属差，浇注范围也窄，因之铸造的可能厚度是有限度的。在一定程度以上的薄壁，对高温熔液必须采取特殊措施。这不仅增加制造成本，而且也容易出现铸造上的缺陷。

(2) 收缩大 铸钢在铸造时的收缩量比铸铁大，因此就容易产生缩孔、龟裂等缺陷。这些缺陷有的就是修补的对象，在焊接结构上利用铸钢件时也得予以特别注意。

表 2.1 是铸钢、铸铁在铸造时收缩量的比较。

表 2.1 铸钢、铸铁在铸造时收缩量的比较

	浇注温度 ℃	凝固温度范围 ℃	凝固体积收缩率 %	凝固后到常温 线收缩率%
中碳钢铸钢	1,520~1530	1,500~1,470	约 3%	约 2%
灰口铸铁	1,400~1,350	1,300~1,130	几乎无变化	约 1%

在这里可看出铸钢在浇注温度、凝固温度范围上明显地

都高；凝固时体积收缩率以及凝固后到达常温的线收缩率也比铸铁大得多。这就说明铸钢在铸造上比铸铁更容易产生缺陷。

图 2·1 是用图示表示的 0.35%O 铸钢在冷却过程中容积

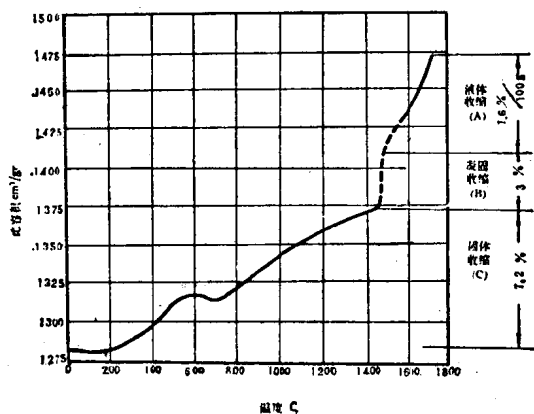


图 2·1 0.35%O 铸钢随冷却出现的容积变化

变化的情况。大约在 1500℃ 开始凝固，到 1470℃ 凝固完了，这中间引起 3% 的体积收缩，因之在最后凝固部分就出现缩孔。图 2·2 是缩孔的产生情况和做了冒口补液的状态。图 2·3 是出现孔洞的原因和利用熔液指向性凝固原理，防止孔洞产生的示例。

此外，熔液凝固之后达到常温，容积的收缩为 7.2%，换算成线收缩率为 2%，相当于铸铁 1% 的二倍，这是铸钢容易产生裂缝的主要原因。

(3) 高温时抗拉强度低 铸钢和其它金属一样，在刚到凝固温度的高温阶段，抗拉强度极低。因此在收缩时，由于砂型的抵抗或冷却速度的不同而产生内部应力，致使冷却较

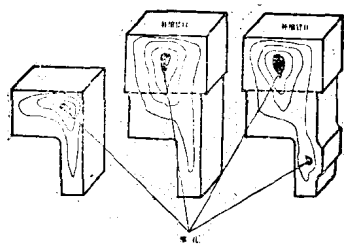


图 2.2 缩孔的产生状况

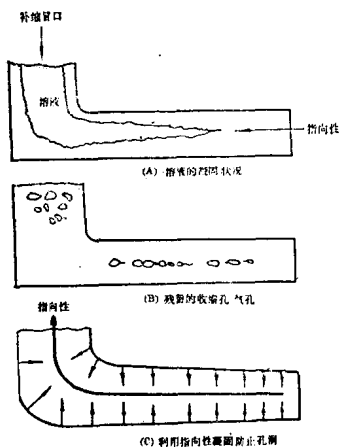


图 2.3 孔洞的产生和防止办法

慢的部分，或者在冷却速度不同的位置上容易形成裂缝。图 2.4 就是这种状态的示意，如图上所示：上下方向受砂型阻碍不能收缩，另一方面柱本身还要收缩，这时 A 图中柱与板的结合处或者 B 图中柱中间断面变化较大的部位，由于冷却速度慢，强度上升的也慢，其结果应力集中，就在这里发生断裂。

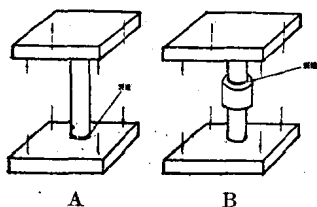


图 2.4 高温裂缝

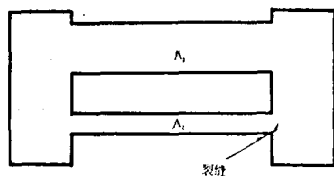


图 2.5 高温裂缝

另外一种情况是与砂型的抵抗无关。如图 2.5 那样的状态，也是因应力集中而产生的裂缝。断面小的 A_2 部分冷却收缩较快，可是与壁厚的 A_1 部分接连的支柱冷却速度很慢，

两方面的收缩不相适应,在强度低的 A₂ 部分上受到抗拉应力,因此结合处就产生高温裂缝。

(4) 表皮或接近表皮部分的质量好 铸钢表面尽管有脱碳层,但在近于表皮的地方并没有缩孔。这一点铸钢与其它铸件一样,该部分金属比较致密。因之就是在机械加工前进行热处理,也都不易产生裂缝。所以,根据铸钢表面层金属进行设计和直接在表面层上施焊都是比较理想的。

如果能够很好地理解上述铸钢特性,不论是把铸钢件应用在焊接结构中,还是修复铸钢的缺陷,都可以顺利地施焊。

2.2 材料的化学成分及机械性能

日本工业标准(JIS)关于碳素钢铸件的规定,如表 2.2 上所示,从 SO37 到 SO55 共五种,中碳、高碳钢铸件还没有规格化,现在使用的是按表 2.4 的标准。另外,在 JIS 上规定的低合金钢铸件标准如表 2.5,表 2.6。但是现在使用的低合金钢铸件的成分范围相当广泛,JIS 标准预定经过研究把这部分尚未包括进来的品种也规定下来。此外,JIS 规格中(表 2.2) 尚未规定化学成分的 SO42 等碳钢铸件可以参照表 2.3 选取成分。

表 2.2 碳素钢铸件标准(JIS G 5105~1958)

种类	型号	化 学 成 分 (%)					拉 伸 试 验				弯 曲 试 验	
		C	Si	Mn	P	S	抗拉强度 公斤/毫米 ²	屈服强度 公斤/毫米 ²	延伸率 (%)	断面收缩率 (%)	内角 角度	内半径 毫米
1种	SO37	未规定			≤0.05	≤0.05	≥37	≥18	≥26	≥35	120°	25
2种	SO42				"	"	≥42	≥21	≥24	≥35	120°	25
3种	SO46				"	"	≥46	≥23	≥22	≥30	90°	25
4种	SO49				"	"	≥49	≥25	≥20	≥25	90°	25
5种	SO55				"	"	≥55	≥28	≥15	—	—	—

表 2.3 碳素钢铸件的 C.Si. Mn 含量概数

型 号	C(%)	Si(%)	Mn(%)
SC37	0.08~0.15	0.30~0.50	0.30~0.60
SC42	0.15~0.23	"	0.50~0.80
SC46	0.19~0.27	"	"
SC49	0.23~0.30	"	"
SC55	0.30~0.37	"	"

碳素钢、低合金钢的铸件，只要没有使用者和制造者两方的特殊协定，所有的铸件都要经过退火、正火，或者正火回火热处理。

表 2.4 中、高碳钢铸件

种 类	化 学 成 分 (%)					拉 伸	
	C	Si	Mn	P	S	抗拉强度 公斤/毫米 ²	屈服强度 公斤/毫米 ²
中碳铸钢件	0.40 ~0.50	0.30 ~0.50	0.50 ~0.80	≤0.030	≤0.030	≥70	≥40
						≥75	≥50
高碳铸钢件	0.50 ~0.70	0.30 ~0.50	0.50 ~0.80	≤0.030	≤0.030	≥75	≥45
						≥80	≥50

种 类	强 度		布氏 硬度	热 处 理 (°C)		
	延伸率 (%)	断面收缩率 (%)		退 火	淬 火	回 火
中碳铸钢件	≥12	≥20	≥180	900~950 缓冷	850~900 正火	—
	≥15	≥30	≥230	900~950 缓冷	800~850 水冷	550~650 空冷
高碳铸钢件	≥7	—	≥200	870~920 缓冷	850~900 正火	—
	≥10	≥15	≥240	870~920 缓冷	800~850 油冷	550~650 空冷