

文章编号: 1000-5013(2010) 03-0263-04

装载机铲斗用 22SiMn2 钢焊接接头力学性能及其抗裂性

骆灿彬¹, 单广林²

(1. 华侨大学 机电及自动化学院, 福建 泉州 362021;
2. 福建地质矿产局 泉州实验室, 福建 泉州 362000)

摘要: 以 H Q 130 钢为参照对象, 在 22SiM n2 钢用于装载机铲斗焊接的接头时, 研究不同匹配与不同工 艺参数条件下获得的焊接接头的抗拉、抗弯、抗冲击、抗裂性等力学性能. 研究结果表明, 22SiM n2 钢采用 H08Mn2SiA 填充材料, Ar+ CO₂ 气体保护焊, 通过合理的工艺选择, 可以得到强度、韧性都能符合工程要求的焊接接头, 并且接头有一定的塑性储备, 强度等级达到 H Q 130 钢的接头同等水平, 具有冷裂倾向.

关键词: 22SiMn2 钢; 铲斗; 焊接接头; 机械性能; 抗裂性

中图分类号: TG 444⁺. 78 **文献标识码:** A

22SiMn2 钢是武汉钢铁(集团)公司技术中心研制的新钢种, 属于低碳调质高强度钢. 经淬火和低温回火后, 其金相组织为岛状回火马氏体, 可获得较高的抗拉强度、屈强比、硬度和较好的韧性. 22SiMn2 钢与目前装载机主刀板所采用的 H Q 130 钢相当, 是 H Q 130 钢首选的替代材料. 但是, 它能否成功替代 H Q 130 钢, 关键要看焊接接头的性能是否能够达到工艺要求. 本文参照 H Q 130 钢的焊接工艺, 研究 22SiM n2 用于装载机铲斗焊接的接头力学性能与抗裂性.

1 钢材的技术参数

22SiMn2 钢为主刀板用材, 16M n 为斗壁板用材. 钢材的化学成分(质量分数, w)和力学性能, 如表 1, 2 所示. 表 2 中, W_{AKV} 为用夏比 V 形缺口试样求得的冲击功, HRC 为洛氏硬度, 22SiMn2 钢材经 920 ℃淬火, 220 ℃回火处理. 22SiMn2 钢是属于 G-M n Si 钢, M n, Si 为固溶强化元素, 能提高强度. Al 能阻止晶粒长大倾向, 细化晶粒. Ti 也是强化铁素体形成元素之一, 与 Al 配合能细化晶粒, 改善钢的性能. 微量 B 可有效提高钢的强度, 并获得良好的塑性.

表 1 钢材的化学成分

Tab. 1 Chemical components of steels									%
钢材	w (C)	w (Si)	w (M n)	w (P)	w (S)	w (Al)	w (Ti)	w (B)	w (Fe)
22SiMn2	0. 23	0. 812	1. 699	0. 015	0. 006	0. 036	0. 039	0. 002	余量
16Mn	0. 12/0. 18	0. 20/0. 60	1. 20/1. 60	≤0. 050	≤0. 045	—	—	—	余量

表 2 常温下钢材的力学性能

Tab. 2 Mechanical propeties of steels under room temperatue						
钢材	σ_b / MPa	σ_s / M Pa	W_{AKV} / J	δ_5 / %	ϕ / %	HRC
22SiMn2	1 484	1 306	40	10. 8	45. 9	42~ 46
16Mn	490	343	≥59	≥21	—	—

收稿日期: 2009-04-23

通信作者: 骆灿彬(1974), 男, 实验师, 主要从事材料加工的研究. E-mail: lcbrobin@hqu.edu.cn.

基金项目: 福建省自然科学基金计划资助项目(E0540003); 华侨大学科研基金资助项目(531322)

2 焊接接头的机械性能

焊接接头机械性能试验按国家标准 GB 2649- 1989《焊接接头机械性能试验取样方法》、GB 2650- 1989《焊接接头冲击试验方法》、GB 2651- 1989《焊接接头拉伸试验方法》、GB 2653- 1989《焊接接头弯曲及压扁试验方法》中的相关要求^[1]进行.

2.1 施焊方式

所用装载机铲斗的刀板材料, 有如下两种接头形式: (1) 主刀板与斗壁对接, 接头材料组合为 22SiMn2+ 16Mn; (2) 主刀板与角刀板角接, 接头材料组合为 22SiMn2+ 22SiMn2. 所有接头均采用 H08MnSiA 焊丝, 接头前者是等匹配, 后者是低匹配. 图 1 为焊道的施焊方式, 图中 1~ 4 层即为表 3 的层次. 各焊道施焊工艺参数, 如表 3 所示. 表 3 中, I 为焊接电流, U 为电弧电压, v 为焊接速度, Q 为气体流量; 实验条件: 室温 16~ 17 ℃, 保护气体为 10%~ 20% 的 CO₂, 80%~ 90% 的 Ar.

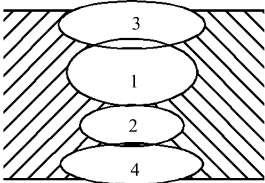


图 1 施焊方式

Fig. 1 Welding methods

表 3 接头焊接工艺

Tab. 3 Welding process of joints

试样	接头材料组合	层次	I/A	U/V	$v/cm \cdot min^{-1}$	$Q/L \cdot min^{-1}$
1	16Mn+ 22SiMn2	1	220	28	54. 5	16
		2	230	23	78. 9	16
		3	230	23	48. 3	16
		4	260	25	50. 8	16
2	16Mn+ 22SiMn2	1	240	25	71. 4	16
		2	280	25	44. 1	16
		3	280	25	56. 6	16
		4	260	25	51. 7	16
3	22SiMn2+ 22SiMn2	1	260	25	65. 2	16
		2	240	25	61. 2	16
		3	270	26	28. 8	16
		4	260	25	32. 2	16

2.2 拉伸试验

拉伸试验结果(数据为 3 次试验平均值): 钢材 16Mn+ 22SiMn2(断于 16Mn 母材) 的接头拉伸 σ_b , σ_s 值分别为 364. 5, 530. 5 MPa, 而钢材 22SiMn2+ 22SiMn2(断于焊缝) 的接头拉伸 σ_b 值为 790. 0 MPa.

拉伸试验结果表明, 拉伸试验没有测出延伸率和屈服强度. 这是由于低于匹配时, 母材不会达到屈服, 所有的塑性变形都发生在焊缝上. 若焊缝金属只占总测量长度的一小部分, 则测得的延伸率可能相当低, 熔池金属的屈服强度可能因高强度母材所强加的拘束力而有所增加^[2-4].

接头材料组合 22SiMn2+ 22SiMn2 的低匹配接头强度达 790 MPa, 是母材强度的 58% 和焊接母材的 1. 6 倍; 与 HQ130+ QJ63 组合的 808. 5 MPa 相比, 非常接近. 等匹配的 22SiMn2+ 16Mn 组合的接头强度为 530. 5 MPa, 与 HQ130+ HQ130 为 699. 6 MPa^[5] 相比, 强度有一定的减小.

从 HQ130 钢的长期应用来看, 699~ 809 MPa 的强度已有足够的裕度满足工程的要求. 22SiMn2+ 22SiMn2 低匹配接头的焊接强度可

表 4 冷弯试验结果

Tab. 4 Results of cold bending test

试样	接头材料组合	$w/\%$	裂纹状况
4	16Mn+ 22SiMn2	52. 0	
5		89. 0	无裂纹
6		45. 0	无裂纹
7	22SiMn2+ 22SiMn2	81. 0	
8		58. 0	无裂纹
9		24. 0	缺陷引起裂纹
10	HQ130+ QJ130	12. 5	裂
11	HQ130+ QJ63	133. 0	无裂纹

以满足工程需要, 而等强度接头组合 22SiMn2+ 16Mn 则需通过中试后, 方可决定是否满足要求.

2.3 冷弯试验

冷弯试验结果($d= 2a$), 如表 4 所示. 表 4 中, HQ130+ QJ63 组合的试验结果来源于文[5]. 冷弯试验结果表明, 除了 9 号试样出现由缺陷导致的断裂, 其他所试验的

两种匹配试样均不出现裂纹, 说明两种匹配的正常焊接接头有足够的塑性储备。

2.4 常温冲击功

韧性是材料塑性变形和断裂全过程中吸收能量的能力, 是强度和塑性的综合表现. 对于焊接接头的韧性, 一般认为有两个区域的韧性非常低, 一个是最高加热温度 1 200 ℃以上粗晶区至熔合线, 另一个是稍离焊接区的所谓脆化区, 其中熔合区的韧性下降对焊接接头使用性能的影响更大。

22SiMn2 钢接头 3 个区域的常温冲击功的试验结果, 如表 5 所示. 表 5 中, 22SiMn2+ 22SiMn2 的数据为 3 次试验的平均值。

表 5 焊接接头冲击功
Tab. 5 Work done by impact of welding joints J

保护气体	接头材料组合	焊缝金属	热影响区	熔合线
Ar+ CO ₂	22SiMn2+ 22SiMn2	135.3	75.2	143.4
CO ₂	H Q130+ H Q130	117.1	151.8	134.7

从表 5 可知, 熔合线冲击值最高, 焊缝金属次之, 热影响区最低, 但都高于母材, 热影响区(HAZ)为母材 1.8 倍. 这个结果和 H Q130 的试验结果相当. 因此, 采用 22SiMn2 获得的钢接头, 其各个区域的抗冲击性能满足工程要求。

3 焊接接头的抗裂性

根据国际焊接学会推荐的碳当量计算公式计算, 22SiMn2 的碳当量为 0.513, H Q130 的碳当量为 0.56, 二者碳当量接近. 按 GB 4675.1- 1984《斜 Y 型坡口焊接裂纹试验方法》中的规定进行抗裂纹试验, 以观察 22SiMn2 钢对应力集中的敏感程度^[6-7]. 斜 Y 型坡口试验裂纹率, 如表 6 所示. 表 6 中, φ 为裂纹率, E 焊接线能量, C_f 为表面裂纹率, C_s 为端面裂纹率, 焊接方法为 Ar+ CO₂.

表 6 斜 Y 型坡口试验的裂纹率
Tab. 6 Crack rate of oblique Y groove test

材质	$t/^\circ\text{C}$	$E/\text{kJ}\cdot\text{cm}^{-1}$	$\varphi/\%$	
			C_f	C_s
22SiMn2	16	8.47	0	57.0
	16	9.54	0	56.0
	> 150	12.87	0	0
	16	14.71	0	25.0
	8	16.81	0	9.0
	8	20.16	0	0
H Q130	20~ 25	15.50~ 17.00	0	13.2

鉴定其第 1 层焊接热影响区形成裂纹的倾向, 可为确定合理的工艺规范提供依据. 按 GB 4675.5- 1984《焊接热影响区最高硬度试验

方法》, 对焊接热影响区的最高硬度进行测试. 焊接热影响区(HAZ)硬度示意图, 如图 2 所示。

所有试验均无表面裂纹. 横剖后, 在焊缝根部发现裂纹(线能量为 20.16 kJ·cm⁻¹ 及有预热试件除外), 起裂点均位于具有双面坡口侧的应力集中处; 在熔合线的母材侧开裂后, 沿淬硬区粗大板条马氏体平行熔合线方向扩展, 个别裂纹拐向焊缝沿柱状晶界扩展, 是属于冷裂纹. 裂纹走向如图 3 所示, 裂纹显微照片如图 4 所示。

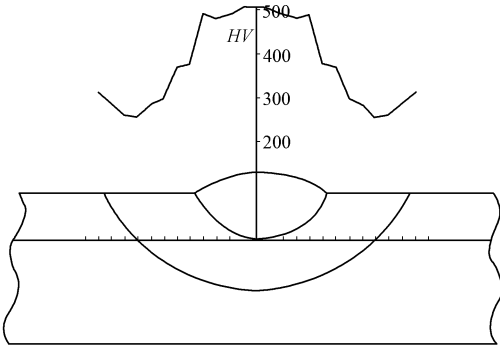


图 2 焊接热影响区硬度示意图

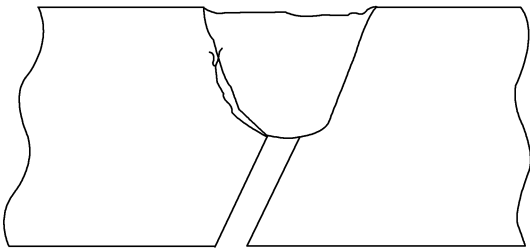


图 3 裂纹走向示意图

4 结 论

焊接接头力学性能试验表明, 22SiMn2 钢采用 H08Mn2SiA 填充材料, Ar+ CO₂ 气体保护焊, 通过合理的工艺选择, 可以得到强度符合工程要求的接头, 拉伸强度满足工程需要, 韧性良好, 有一定塑性储备. 同时, 接头焊接接头强度等级达到 HQ130 钢的接头同等水平.

焊接接头的质量不完全由焊接强度所决定, 还必须考虑焊接接头韧性和裂纹敏感性. 斜 Y 坡口的抗裂性实验表明, 采用实验条件进行焊接, 不会产生表面裂纹. 某些实验条件下的焊接接头根部裂纹率与 HQ130 接近, 甚至无裂纹, 接头具有冷裂倾向.

22SiMn2 钢用于装载机铲斗焊接的接头, 在力学性能与抗裂性两方面, 可以达到 HQ130 钢的焊接接头同等水平, 研究结果为装载机铲斗主刀板与侧刃板的材料选择的多样性提供了基础. 后续的研究工作将围绕接头的抗裂性实验, 并结合各个焊接特征区域的金相组织进行.

参考文献:

[1] 陈裕川. 焊接工艺评定手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999: 15-150.
[2] 李少华, 尹士科, 刘奇凡. 焊接接头强度匹配和焊缝韧性指标综述[J]. 焊接, 2008(1): 24-27.
[3] 朱亮, 陈剑虹. 非等强焊接接头屈服行为及屈服强度预测[J]. 兰州理工大学学报, 2004, 30(1): 5-9.
[4] WANG Zhi hui, XU Bi yu, YE Ci qi. Study of the martensite structure at the weld interface and the fracture toughness of dissimilar metal joints[J]. Welding Research Supplement, 1993, 72(9): 397-402.
[5] 江全昌, 李亚江, 陈祝年. 9805 装载机铲斗焊接[J]. 焊接, 1996(3): 12-15.
[6] 葛福华, 赵士善. 挖掘机铲斗组焊工艺的改进[J]. 工程机械, 2002, 33(9): 41.
[7] 李萌盛, 谢霞, 王丽芳, 等. 斜 Y 型坡口焊接裂纹试验的数值模拟[J]. 压力容器, 2003(11): 18-54.

Mechanical Properties and Crack Resistance of Welding Joints of the Loader Bucket Using 22SiMn2

LUO Can-bin¹, SHAN Guang-lin²

(1. College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China;
2. Quanzhou Laboratory, Bureau of Geology and Mineral Resources of Fujian Province, Quanzhou 362000, China)

Abstract: The mechanical properties such as tensile resistance, bending resistance, impact resistance and crack resistance of the welding joints which are obtained under the condition of different matches and different process parameters are investigated, when 22SiMn2 steel is used in the welding joints of a loader bucket replacing HQ130 steel. The investigation results have shown that the welding joints have some certain potential plasticity, an equivalent strength grade of HQ130 steel, and a tendency of cold cracking, the strength and toughness of which can meet the engineering requirements, if H08Mn2SiA is used as the filling material for 22SiMn2 steel, Ar+ CO₂ gas shielded welding is used, and reasonable process is selected.
Keywords: 22SiMn2 steel; bucket; welding joint; mechanical properties; crack resistance

(责任编辑: 黄仲一 英文审校: 郑亚青)

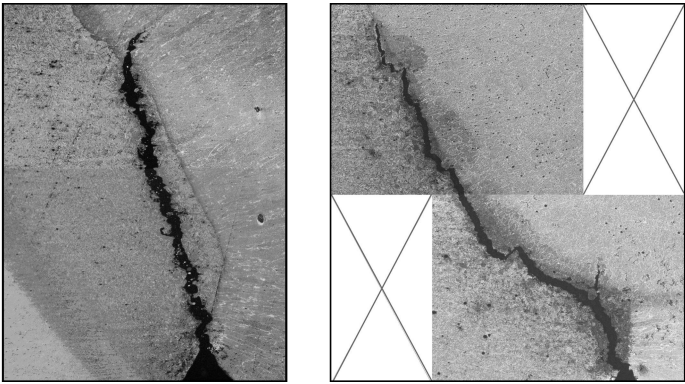


图 4 裂纹的显微照片

Fig.4 Microscript photos of crack