

文章编号: 1002-025X(2008)02-0015-03

# 1Cr17Mn6Ni5N 与 Q235 异种钢焊接接头组织分析

卢金斌, 王志新, 陈建泰

(中原工学院 材料与化学工程系, 河南 郑州 450007)

摘要: 采用等离子弧对珠光体钢 (Q235) 与奥氏体钢 (1Cr17Mn6Ni5N) 进行焊接, 并对焊接工艺进行了优化。采用金相、扫描电镜对焊接接头的组织进行了分析, 利用显微硬度计对焊接接头进行了显微硬度的测试, 最后对焊缝断口形貌进行了观察分析。结果表明: 珠光体钢与奥氏体钢的焊接区形成了板条状马氏体, 在焊缝两侧产生了碳的迁移。

关键词: 奥氏体不锈钢; -铁素体; 焊缝组织

中图分类号: TG457.1 文献标识码: B

等离子弧功率密度一般为  $5 \times 10^2 \sim 5 \times 10^4 \text{ W/mm}^2$ , 因此, 等离子弧具有能量集中, 属于高能流密度热源, 等离子弧焊接是近年来发展起来的机械零部件焊接新技术, 它具有能量集中、熔深大、焊缝窄、热影响区小、焊件不开坡口等特点<sup>[1]</sup>。本文采用等离子弧对 Q235 钢与 1Cr17Mn6Ni5N 不锈钢进行焊接, 对焊接接头的组织进行了详细分析。

收稿日期: 2007-07-16

基金项目: 江苏省自然科学基金资助项目 (BK2004117)

## 1 试验材料及方法

试验母材为 AISI201 铬锰镍氮奥氏体不锈钢 1Cr17Mn6Ni5N 和珠光体钢 Q235, 试板厚度均为 3 mm。奥氏体不锈钢板需清除表面氧化物及油污, 装配间隙  $< 1 \text{ mm}$ , 错边量  $< 1 \text{ mm}$ , 不开坡口, 采用自制的等离子弧焊接设备进行不填充材料单面对接焊, 保护气体为纯氩气, 纯度  $> 99.99\%$ , 钨极直径 3 mm, 尖端角度  $45^\circ$ 。焊后试样采用王水溶液进行腐蚀。具体的焊接工艺参数为: 焊接电流 120 A, 电弧电压 22.5 V,

## 4 结论

(1) 复合钢管沿径向截面分为钢管基体层、过渡层和陶瓷层, 钢管内壁与过渡层形成冶金结合; 过渡层与陶瓷层形成机械结合。过渡层硬度和抗压剪强度较高, 陶瓷衬管具有良好的抗热冲击性能。

(2) 陶瓷层  $\text{Al}_2\text{O}_3$  枝晶一次枝晶较长, 二次枝晶比较发达; 陶瓷层靠近钢管处和内表面处有等轴晶区, 相分离完全, 陶瓷层中无金属颗粒。

(3) 过渡层主要成分为 FeNi, FeCr, NiAl,  $\text{Ni}_3\text{Al}$  及一定含量的 Ni, Fe, 复合管靠近钢管与过渡层结合界面处合金层组织为胞状树枝晶。

(4) 复合管远离钢管的过渡层结合界面处为明显的树枝状晶, 其中含有金属间化合物、硬质氧化物相。

## 参考文献:

- [1] 李 泉, 张树格. 自蔓延燃高温合成法制备 WC- $\text{Al}_2\text{O}_3$  复合陶瓷材料的研究[J]. 粉末冶金技术, 1995, 14(2), 88-92.
- [2] Makino A. Fundamental aspects of the heterogeneous flame in the self-propagating high-temperature synthesis (SHS) process[J]. Progress in Energy and Combustion Science, 2001, 27, 1-14.
- [3] 张树格. 燃烧合成技术的起源及其在我国的发展[J]. 粉末冶金技术, 1997, 16(4), 295-298.
- [4] 朱心昆, 苏云生, 高 涛, 等. 自蔓延高温合成  $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2+\text{Cr}$  复合材料[J]. 粉末冶金技术, 1994, 13(3): 182-185.
- [5] 孙世清, 毛 磊, 刘宗贤, 等. 高致密度莫来石-玻璃陶瓷内衬钢管的研究[J]. 热加工工艺, 1999, 28(5), 19-21.

作者简介: 刘翠荣 (1965—), 女, 太原理工大学博士研究生, 太原科技大学教授, 研究方向: 异种材料连接及其界面行为的研究, 已经发表论文 20 余篇。

焊枪速度3 mm/s, 氩气流量7 L/min。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 焊缝组织

图1a为焊缝中央的组织, 其为板条状马氏体与残余奥氏体; 图1b为靠近不锈钢侧焊缝的组织, 从图中可以清楚地看到除存在板条状马氏体外, 残余奥氏体还有所增加; 图1c为靠近碳钢一侧焊缝的组织, 从图中可以看到既有马氏体, 还有一定的珠光体。

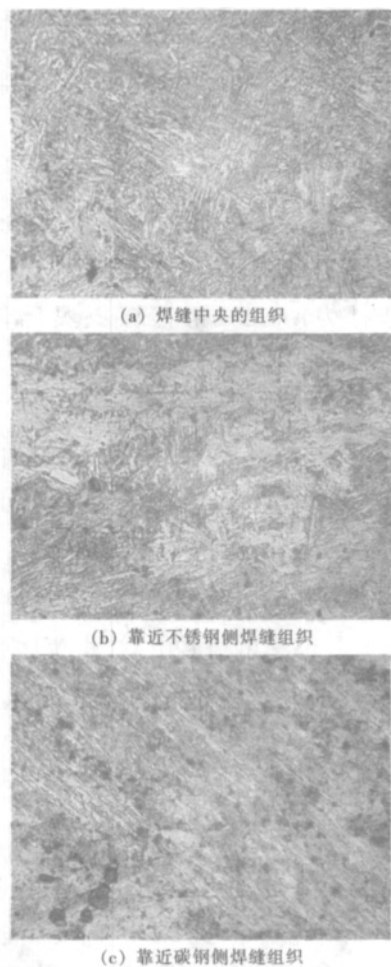


图1 焊缝组织图 200×

焊缝中央由于有不锈钢的合金元素Cr, Mn加入, C含量不高, 同时, 等离子弧局部加热后, 由于冷基体的快速导热而使焊缝淬火, 致使焊缝组织为板条状马氏体, 并且根据Schaeffler 图来判断该处的组织也是马氏体组织。

由于熔池边缘靠近固态母材处, 液态金属的温度较低、流动性差, 液态停留时间较短, 并且受到机械搅拌作用比较弱, 为一个滞流层, 因此越靠近熔合区, 母材成分所占的比例也就越大。焊缝中间部位与

焊缝边缘的化学成分有很大的差别, 因此, 在焊缝不同区域其显微组织就有一定的差异。

### 2.2 熔合区的组织

异种钢的焊接一般存在2条熔合线, 在本文中一条为焊缝与不锈钢侧, 如图2a所示, 另一条为焊缝与碳钢侧的熔合线, 如图2b所示。

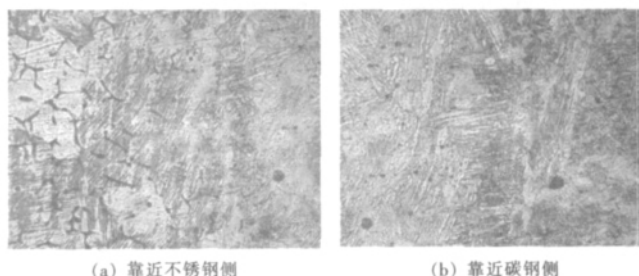


图2 熔合线附近的组织 300×

从图2a可以看出, 在焊缝与不锈钢的熔合线附近组织较为复杂, 从焊缝的马氏体过渡到不锈钢的奥氏体+铁素体, 这是由于该区的不锈钢处于半熔化状态, 在随后冷却的过程中形成的。

在焊缝与碳钢的熔合线附近的组织如图2b所示。该区的合金元素连续变化, 导致Ms点也是连续变化的。由于这个特点, 使得珠光体-奥氏体接头熔合区中的马氏体在一个原奥氏体晶粒内、板条晶区表现得很散乱, 而且存在许多板条交叉的区域。

焊接接头熔合区的组织如图3所示。

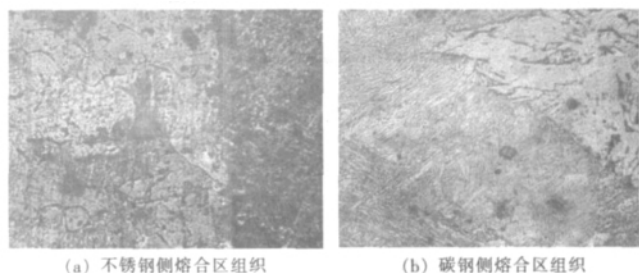


图3 焊接接头熔合区组织 300×

从图3a可以看出, 焊缝与不锈钢熔合区附近存在暗色增碳层。这是因为接头在焊接过程中, 特别是接头在焊接过程中, 存在碳的扩散迁移, 在不锈钢一侧产生了增碳层。这主要是因为: 碳的活度, 碳原子为间隙型原子, 间隙原子比置换型原子的扩散系数要大 $10^5 \sim 10^6$ 倍; 合金元素的影响, 合金元素通过影响碳的活度系数来影响碳迁移, 这主要是因为碳化物形成元素Cr会降低碳的活度系数, 而在不锈钢中含有大量的Cr元素, 因此, 碳在焊缝处的活度系数较小, 会向焊缝中扩散; 晶体结构对碳的迁移也有一定的

作用, 碳在  $\gamma$ -Fe 中的活度系数大于碳在  $\alpha$ -Fe 中的活度系数, 因此在冷却过程中, 珠光体中的碳就会向奥氏体的焊缝扩散<sup>[2,3]</sup>。

从图3b可看出, 碳钢熔合区附近存在白亮低碳带, 其形成的机理和增碳层是一样的, 也存在碳的扩散迁移。

### 2.3 热影响区的组织

在碳钢侧的热影响区有局部区域形成粗晶区的魏氏组织如图4所示。分析其原因主要是由于过热而引起, 使奥氏体晶粒严重长大, 冷却时首先沿奥氏体晶界析出粗大的铁素体针, 然后剩余的奥氏体转变为珠光体。铁素体沿奥氏体晶界析出后, 并且顺奥氏体晶粒内某惯习面上不断长大, 从而形成粗大的魏氏组织。

图5为不锈钢侧的组织, 其组织为奥氏体+ $\delta$ -铁素体, 同时还发现  $\delta$ -马氏体形成。



图4 碳钢侧魏氏体组织 300x

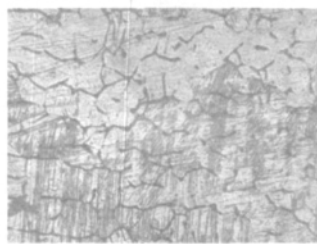


图5 不锈钢侧粗大奥氏体组织 300x

### 2.4 焊接接头的硬度测定

为了了解焊接接头区域硬度分布规律, 判断组织淬硬性和耐磨性, 对Q235碳钢与1Cr17Mn6Ni5N焊接区域的硬度进行了测定, 依据测定的硬度值做出相应的硬度曲线图如图6所示。

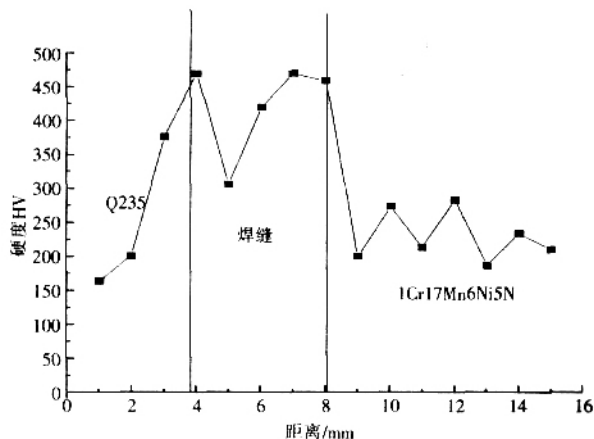


图6 焊接接头硬度曲线图

从图6中可以看出, 在焊缝及热影响区的硬度普遍比母材的高, 表明有马氏体硬化层存在。但硬

度在熔合线附近有一个降低的区域, 其宽度范围约0.20~0.30 mm, 这可能主要是因为该区域有脱碳层存在。过了熔合线0.5 mm后, 硬度值均呈现出平缓变化。

### 2.5 焊接接头的断口形貌

用扫描电镜 (SEM) 观察到的焊缝断口形貌如图7所示。

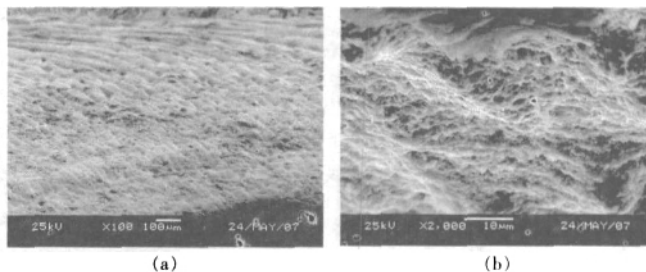


图7 断口扫描电镜显微组织

从图7a可以看出, 断口有明显的条纹, 结合前面的分析, 可以判断此裂纹为沿焊缝中的柱状晶开裂, 可能是因为焊缝在冷却过程中, 低熔点相在一次结晶晶粒边界形成低熔点液态薄膜, 收缩时, 在焊缝柱状晶之间存在微裂纹。从图7b中可以看出, 在柱状晶的表面存在有许多蜂窝状韧窝, 断裂面是由一些细小的窝坑构成, 窝坑内有块状析出相, 说明该焊缝的断裂是因为沿柱状晶的晶界处开裂, 在开裂的过程中有一定的韧性。

### 3 结论

(1) 采用等离子弧可以实现1Cr17Mn6Ni5N与Q235异种钢的焊接。

(2) 焊缝组织主要有马氏体、残余奥氏体、铁素体等组织, 并且存在增碳和脱碳的区域。

(3) 焊缝的显微硬度较高, 但焊缝中央有一硬度较低的区域。

#### 参考文献:

- [1] 董春林, 吴林, 邵亦陈. 穿孔等离子弧焊发展历史与现状[J]. 中国机械工程, 2000, 11(5): 577-581.
- [2] 周振丰, 张文钺. 焊接冶金与金属焊接性[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [3] 张汉谦. 钢熔焊接头金属学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.

作者简介: 卢金斌 (1970—), 男, 博士, 讲师, 主要从事材料焊接、热处理等领域的科研与教学工作。

## MAIN TOPICS, ABSTRACTS & KEY WORDS

Research status and prospect of seam tracking technology based on sensor

ZENG Song-sheng, SHI Yong-hua and WANG Guo-rong

(South China University of Technology, College of Mechanics Engineering, Guangzhou 510640, Guangdong pro., China) P1- 5

Abstract: Seam tracking technique based on arc sensors is a very important research area at present. The research and application status about the structure of the swing and rotating arc sensor and its relevant tracking technique are summarized in the paper. The research direction is prospected.

Key words: arc sensor, seam tracking, research prospect

Analysis of prepressing contact in aluminium alloy resistance spot welding

ZHENG Zhen-tai, YANG Jing-lei, SHAN Ping, et al.

(College of Material Science and Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China) P6- 8

Abstract: The force of resistance spot welding was important for the properties of weld nugget and quality of welded construction. Pre-pressed was that the weldment was pressed before current was flowed under cold state. Therefore, major elastic deformation and micro plastic deformation would be created in prepressing. A 2D axisymmetric model of elastic-plastic finite element method was developed to analyze the mechanical behavior of aluminium alloy resistance spot welding process. The distributions of the contact pressure and deformation of weldment at both the faying surface and the electrode/workpiece interface were obtained through the analysis. It is the basic of the following electric field and thermal field analysis.

Key words: aluminium alloy, resistance spot welding, prepressing, finite element analysis

Role of microscale alloy agents in aluminium alloy resistance spot welding

MA Ying-bing, LUO Zhen, LUO Bao-fa, et al.

(College of Material Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China) P9- 12

Abstract: Because aluminium alloy has an active character, a large linear expansibility and does well in heat conduction and electric conduction, it always appears some flaws when spot welding is in process, such as blow hole, crack, undercut, bad appearance of weld, and so on. It also falls down the mechanical property of the joint after welding. For the sake of reducing or avoiding these flaws and improving the welding quality, the method of adding different microscale alloying agents is considered. The experimental results prove that the method is very effective. The article briefly describes the mechanism of structural change of the alloying agents (Ti, Zr) and educes some conclusion through the stretching experiment.

Key words: aluminium alloy, resistance spot welding, slack quench, alloy element

Microstructure analysis of 1Cr17Mn6Ni5N and Q235 heterogeneous steel welded joint

LU Jin-bin, WANG Zhi-xin and CHEN Jian-tai

(Department of Material and Chemical Engineering, Zhongyuan Institute of Technology, Zhengzhou 450007, Henan pro., China) P15- 17

Abstract: The pearlitic steel Q235 and the austenite steel 1Cr17Mn6Ni5N were welded by the plasma arc welding. By optical microscopy and scanning electron microscopy, the microstructure of joint was observed, and its micro-hardness was tested with micro-hardness testing. Finally, the weld fracture was observed. The results showed that the welding zone between pearlite steel and austenitic steel formed the martensite and the carbon migration was found at the two sides of joint.

Key words: austenite stainless steels, -ferrite, weld microstructure