

## ● 焊接技术 ●

# 30 钢-硅青铜 QSi3-1 异种金属钨极氩弧焊工艺及接头性能研究

张鑫<sup>1,2</sup>, 涂益民<sup>1</sup>, 张柯柯<sup>1</sup>, 熊毅<sup>1,2</sup>

(1. 河南科技大学 材料科学与工程学院, 河南 洛阳 471003; 2. 河南省有色金属材料科学与工程重点实验室, 河南 洛阳 471003)

**摘要:**在对 30 钢和硅青铜 QSi3-1 进行焊接性分析的基础上, 选用手工钨极氩弧焊方法配合 HS211/HS213 焊丝进行了焊接工艺试验, 并对接头试样进行了 X 射线检测、力学性能测试和断口形貌分析。结果表明: 利用 HS211 焊丝焊得的试样强度高于采用 HS213 焊丝焊得试样的强度, 两种焊丝焊得试样的断口形貌特征也存在很大不同, 且硅青铜-焊缝一侧的熔合情况要优于 30 钢-焊缝一侧的熔合情况。

**关键词:** 异种金属; 钨极氩弧焊; 30 钢; 硅青铜; 力学性能

中图分类号: TG444+.74; TG457.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2010)09-0123-02

## Study on TIG Process and Joint Performance of 30 Steel-silicon Bronze QSi3-1 Heterogeneous Metal

ZHANG Xin<sup>1,2</sup>, TU Yimin<sup>1</sup>, ZHANG Keke<sup>1</sup>, XIONG Yi<sup>1,2</sup>

(1. College of Materials Science and Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China; 2. Henan key laboratory of advanced non-ferrous metals, Luoyang 471003, China)

**Abstract:** The weldability of 30 steel and silicon bronze QSi3-1 was analyzed, the welding process was tested through manual TIG with HS211/HS213 wire. Then the X-ray, mechanical performance and fracture section analysis tests for the joints were done. The results show that the strength of the joint with HS211 wire is higher than that with HS213 wire, and the fracture patterns are also different. The bonding at the silicon-weld side is better than that at the 30 steel-weld side.

**Key words:** heterogeneous metal; TIG; 30 steel; silicon bronze; mechanical performance

钢与铜或铜合金连接形成的异种金属焊接结构, 不仅具有较高的强度, 而且在导电、导热、耐磨和耐蚀性方面也符合一定的要求, 故在现代工业生产中应用广泛。但由于二者物理和化学性能的差异, 使得它们在焊接时也容易出现一些问题, 如裂纹、气孔、熔合不良以及焊接变形等<sup>[1-2]</sup>。

本文在对 30 钢和硅青铜 QSi3-1 进行焊接性分析的基础上, 确定了焊接方法和选用不同的焊接材

料, 对两者进行焊接试验, 通过对得接头试样进行力学性能测试和断口形貌分析, 研究了所用焊接材料对接头性能的影响。

## 1 母材焊接性分析

30 钢属于中碳钢, 其碳当量值较高 ( $>0.4$ ), 因此有较大的冷裂倾向, 这是影响其焊接性的一个非常重要的方面, 故要求焊后的冷却速度不能过快, 否则容易引起淬硬, 导致焊缝产生脆化和冷裂纹。因此, 可采用焊前预热和多层焊的方法以延缓焊缝及近缝区的冷却速度。

硅青铜 QSi3-1 是一类含有硅、锰等元素的铜合金, 硅含量一般不超过 3.5%, 其力学性能较高, 耐磨和耐腐蚀性好, 无低温脆性。由于其硅的存在导致液态金属的流动性较差, 所以焊接时速度不宜过快。另

收稿日期: 2009-12-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50801021); 河南科技大学青年科学研究基金资助项目 (2007QN057); 河南科技大学人才科学研究基金资助项目 (05-007)

作者简介: 张鑫 (1979-), 男, 山东德州人, 讲师, 硕士, 主要从事微电子连接用无铅软钎料和异种材料焊接方面的研究;

电话: 0379-64241227; E-mail: zhangxin\_sdtj@126.com.

外,因其成分中合金元素及有害杂质的作用,也会使得焊接时易形成低熔点共晶体和脆性化合物,如  $\text{Cu}+\text{Cu}_2\text{O}$ 、 $\text{Cu}+\text{Cu}_2\text{S}$  等,因此热脆和热裂纹敏感性较大。研究表明,当焊缝含 0.2% 以上的  $\text{Cu}_2\text{O}$  就会出现热裂纹,所以应注意选择合适的焊接材料以促进焊缝金属的脱氧和脱硫,并应注意采用焊前预热来降低接头部位的内应力,从而降低产生热裂纹的可能性。

另外,若采用熔化焊方法焊接钢与铜合金时,容易出现未熔合、坡口未焊透和表面成形差等缺陷。这主要是由于二者热物理性能存在较大差异所致,因此,焊前应对铜合金进行预热并应在焊接时注意使电弧偏向铜合金一侧以补充热量的损失<sup>[3-4]</sup>。

## 2 焊接方法及焊接材料的确定

由于钨极氩弧焊(TIG焊)可适用于所有金属和合金的焊接,并且对铝、镁、钛、铜等有色合金焊接时最具其优势,所以本文所述 30 钢与硅青铜的焊接选用手工 TIG。使用该方法进行钢-铜合金焊接具有以下一些优点:①电弧稳定,保护气体对电弧和熔池的保护可靠;②电极不熔化,故电弧长度稳定,焊接过程也较稳定;③所用填充焊丝不通电流,在熔滴过渡时无飞溅;④熔池可见性好,方便焊接操作。因此,焊缝表面质量较高,且焊缝中有害元素少,可靠性高,性能也较好<sup>[5]</sup>。

对于 30 钢-硅青铜 TIG 焊所用焊接材料的选择,应考虑到母材化学成分、焊材熔敷金属强度以及焊材中合金元素对焊缝金属的冶金处理几个方面,这里采用 HS211 和 HS213 两种焊丝(上海斯克公司生产)施焊。前者为硅青铜焊丝,其成分中含 Si、Mn,故脱氧效果好;后者为锡青铜焊丝,成分中含 Sn 和一定数量的 P,Sn 的存在可增加液态金属流动性,故其工艺性能较好。

## 3 焊接试验

焊接所用试样的形状尺寸如图 1 所示,焊时每

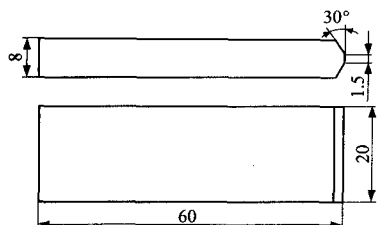


图 1 焊接试样  
Fig.1 Welded sample

种材质的试样各取一块,进行对接焊。

焊接时采用直流正接,该种条件下电弧较稳定,加热集中,且钨极损耗也少,但要注意焊前应对母材进行严格的清理,以保证焊接质量。焊前应对硅青铜试样进行预热处理,焊时还要注意电弧要偏向硅青铜试样一侧。焊接工艺参数见表 1,每种焊丝条件下至少焊 4 对试样。

表 1 焊接工艺参数

Tab.1 Welding process parameters

| 焊接电流 / A | 电弧电压 / V | 氩气流量 / (L·min <sup>-1</sup> ) | 预热温度 / °C | 坡口角度 / (°) | 钨极直径 / mm | 钨极伸出长度 / mm |
|----------|----------|-------------------------------|-----------|------------|-----------|-------------|
| 100      | 10~12    | 6                             | 约 200     | 60         | 3.2       | 2           |

焊后试样经 X 射线探伤可知,焊缝中无裂纹存在,且气孔和夹杂物的含量也都符合要求。

## 4 接头力学性能测试

用 AG-I250KN 万能材料试验机对两种焊丝下所得焊接接头试样进行抗拉强度测试,结果见表 2。

表 2 强度测试结果

Tab.2 Strength test result

| 试样组号 | 所用焊丝  | 最大载荷 / kN | 抗拉强度 / MPa |
|------|-------|-----------|------------|
| 1    | HS211 | 57.21     | 357.48     |
| 2    | HS213 | 54.25     | 339.15     |

可看出,使用 HS211 焊丝时,接头强度为 357.48 MPa,比采用 HS213 焊丝时的接头强度要高。这是由于 HS211 焊丝中含有一定数量的硅和锰,故脱氧能力较强,使得焊缝中含氧量大大减小,这有利于减少热裂纹、气孔等缺陷,并且由于焊丝中含锰量较高(高于 HS213),所以使得接头性能较高一些。相比而言,HS213 焊丝的成分主要是铜和锡,另外还含有一定数量的磷(含磷量要高于 HS211),由于磷具有低温脆性,从而使得接头强度相对低一些。另外,金属锡的强度也相对较低,它的加入也有可能導致接头力学性能下降。

## 5 断口形貌分析

对接头进行力学性能测试可知,试样均断于靠近钢一侧的母材上,从宏观断口形貌上来看,30 钢-焊缝一侧熔合情况不及硅青铜-焊缝一侧。

将已被拉断的试样立即置于扫描电镜(型号 JSM-5610LV)下进行观察,分析其断口微观形貌特点,得到的试样断口形貌如图 2 所示。

由图 2(a)可看出,采用 HS211(下转第 127 页)

表 4 冲击试验结果 ( $A_{KV}/J$ )  
Tab.4 Impact test results ( $A_{KV}/J$ )

| 缺口位置 | SMAW | GTAW |
|------|------|------|
| 焊缝中心 | 28   | 69   |
| HAZ  | 80   | 83   |

近,这充分说明 SMAW 的焊接接头的韧性明显不如 GTAW 的焊接接头的韧性好。

### 3 结论

(1) 本文对 SMAW 和 GTAW 所采用的焊接工艺是合理的,均能得到合格的焊缝。

(2) 采用不同的工艺,GTAW 所得到的金相组

织和相比比例优于 SMAW,连续焊没有控制层间温度时得到的金相组织严重奥氏体化。

(3) 力学性能上,拉伸、弯曲和冲击试验表明,所得到的焊缝均能满足要求,冲击试验中,GTAW 冲击韧性高于 SMAW。

### 参考文献:

- [1] 张其枢,堵耀庭. 不锈钢焊接[M]. 北京:机械工业出版社, 2004. 381-382.
- [2] 刘政军,徐德昆. 不锈钢焊接及质量控制[M]. 北京:化学工业出版社,2008. 314-316. [H]

(上接第 124 页)焊丝时,断口形貌表现为韧窝型断裂,为典型的韧性断裂;而采用 HS213 焊丝时,试样断口上呈现出韧性断裂和脆性断裂混相结合的特点,见图 2(b),且脆性断裂面所占比例较大。这是由于 HS211 焊丝中含有一定量的硅和锰,在焊接过程中可有效起到脱氧的作用,从而大大降低了焊缝脆化倾向,且试样强度也较高,从而断口形貌表现为韧性断裂的特点。而由于 HS213 焊丝的成分与前者相比有较大区别,使得脱氧效果不佳,而且由于焊丝成分中磷含量更大,导致焊缝金属的脆化倾向与前者相比更大一些,所以试样表现为韧性和脆性相结合的断裂方式,并且脆性断裂面比例较大,接头强度也

要低一些<sup>[6-7]</sup>。

### 6 结论

(1) 采用手工 TIG 焊方法配合 HS211/HS213 焊丝可获得较为可靠的 30 钢-硅青铜 QSi3-1 异种金属焊接接头,且其强度能够满足实际要求。

(2) 本试验条件下,试样均断于靠近 30 钢一侧的母材上,30 钢-焊缝一侧的熔合情况不及硅青铜-焊缝一侧。

(3) 本试验条件下,利用焊丝 HS211 焊得的接头强度略高于采用焊丝 HS213 焊得接头的强度,且接头试样的断口形貌也存有较大差异。

### 参考文献:

- [1] 李亚江. 焊接冶金学(材料焊接性)[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [2] 李亚江,王娟,刘鹏,等. 异种难焊材料的焊接及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [3] 徐越兰,王克鸿,余进,等. 铜钢接头手工电弧焊工艺方法探讨[J]. 机械制造与研究,2002,(5):21-22.
- [4] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册(材料的焊接)[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- [5] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册(焊接方法及设备)[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- [6] 苏在静,李福刚. 紫铜与低碳钢的熔化极氩弧焊[J]. 焊接, 2002,(1):28-31.
- [7] 朱军,王东,陈东高,等. 浅谈铜与钢异种材料的氩弧钎焊[J]. 兵器材料科学与工程,2000,23(4):43-46. [H]

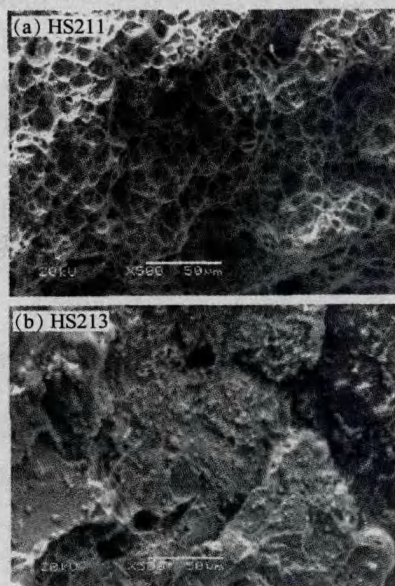


图 2 试样断口形貌

Fig.2 Fracture section patterns of the samples