



# 新型CO<sub>2</sub>气体保护焊焊丝 工艺性能研究

孙永功 王国平 翟宝成

**【摘要】** 通过在普通CO<sub>2</sub>气体保护焊丝的成分中添加适量Ti等合金元素，可使CO<sub>2</sub>气体保护焊丝在300A以上乃至400A的大电流下稳定工作，焊接飞溅明显减少，焊缝成形良好，可有效改善CO<sub>2</sub>气体保护焊焊接飞溅大、焊缝成形差这两个缺点。

## 1. 概述

CO<sub>2</sub>气体保护焊具有焊接效率高、成本较低、耗能低以及适用于全位置焊接等优点。但存在焊接飞溅大、焊缝成形差这两个缺点，严重制约了CO<sub>2</sub>气体保护焊技术在各个焊接领域的进一步推广和应用。

## 2. 试验材料和方法

(1) 试验材料 新型CO<sub>2</sub>气体保护焊丝（以下简称新型CO<sub>2</sub>焊丝）， $\phi$ 1.2mm，化学成分如表1所示。普通焊丝H08Mn2Si， $\phi$ 1.2mm、4%的硝酸酒精、抛光膏、防飞溅油、Q345—D钢板。

(2) 焊接性对比试验 焊前将试验钢板打磨除锈，分别用新型CO<sub>2</sub>焊丝及普通焊丝H08Mn2Si在低电流、中等电流及大电流三种参数下焊接试板，形式为单道焊，对焊好的试板进行分类编号，试验过程中记录焊接参数。

飞溅大小的比较：每组试验结束后，收集飞溅颗粒，飞溅率用公式 $\phi = m_1 / (m_p - m_q) \times 100\%$ 计

算， $\phi$ 表示飞溅率， $m_1$ 为飞溅金属的质量， $m_p$ 表示焊前焊丝的质量， $m_q$ 表示焊后焊丝的质量。

焊道表面渣壳X衍射试验：收集新型CO<sub>2</sub>焊丝焊道表面的渣壳，将收集的渣壳磨成粉末，用粒度为200的筛子筛选，收集200目以下的渣壳粉末做X射线衍射分析。

熔深和熔宽的比较：将试板进行线切割，经抛光、腐蚀后测量焊缝的熔深及熔宽，并对两种不同焊丝在相同焊接参数下进行对比。

## 3. 试验结果与分析

(1) 焊丝拉拔性能 新型CO<sub>2</sub>焊丝拉拔性能如表2所示。

由表2可知，新型CO<sub>2</sub>焊丝具有良好的抗拉性能，塑性较高。这是因为在焊丝成分中C含量较低，使焊丝塑性提高，具有较好的拉拔性能；焊丝成分中添加了适量的微合金元素Ti，能够细化钢组织晶粒，改善钢结构的力学性能。

(2) 焊道外观及成形 研究两种焊丝在低电流、中等电流及大电流三种条件下的焊道外观及焊缝成形情况。在160A电流下两种焊丝的焊道表面如图1所示。

在小电流下，熔滴过渡形式以短路过渡为主，焊接电弧比较稳定，两种焊丝均能得到比较美观的焊缝外观。由图1可以看

表1 试验用新型CO<sub>2</sub>焊丝化学成分（质量分数）（%）

| C    | Si   | Mn   | P     | S     | Cr    | Mo    | Ti   | Al    |
|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| 0.08 | 0.82 | 1.46 | 0.007 | 0.006 | 0.016 | 0.017 | 0.11 | 0.018 |

表 2

| 试样号 | 抗拉强度/MPa | 断面收缩率（%） |
|-----|----------|----------|
| 1   | 650      | 70.5     |
| 2   | 725      | 68.5     |
| 3   | 545      | 74       |

出,两种焊缝表面颜色有差异,新型CO<sub>2</sub>焊丝的焊缝外观呈较光亮的黑色,颜色较深,这是由于焊丝成分中的微合金元素在焊接过程中被氧化,焊缝表面氧化皮成分中含微合金元素的氧化物所致。

在中等电流规范下两种焊丝焊缝外观如图2所示。由图2可以看出,普通焊丝的焊缝色泽暗淡,氧化严重,其表面粘附着大颗粒飞溅物,尤其是在电流为300A的情况下(见图2b),焊缝表面粘附着大量的飞溅物;而新型焊丝焊缝表面平滑,颜色光亮,表面几乎没有粘附物,焊缝较为美观。因此,新型CO<sub>2</sub>焊丝可有效减少CO<sub>2</sub>焊接飞溅。

在大电流下的焊缝外观如图3所示。当继续增大电流至380A时,普通焊丝在焊接过程中出现电弧不稳定,焊丝爆断等现象,使焊接过程无法正常运行。而新型CO<sub>2</sub>焊丝在相同乃至更大的焊接电流下焊接过程非常稳定,焊缝成形良好,飞溅极小。

在大电流下,熔滴过渡形式主要以射流过渡为主,此时形成的飞溅颗粒细小且飞溅量也较少。普通焊丝在大电流下,不仅出现引弧困难,而且焊接电弧也不稳定,焊缝表面比较粗糙,波纹粗大;新型CO<sub>2</sub>焊丝由于其成分中添加了适量的合金元素,增加了焊丝韧性和强度,所以新型焊丝能够在400A以上的大电流下仍然能正常工作且电弧平稳,飞溅极少,焊缝表面光亮平滑,成形美观。

(3) 飞溅大小 飞溅大小比较结果如表3、表4所示。



(a) 普通H08Mn2Si焊丝



(b) 新型CO<sub>2</sub>焊丝

图 1



(a) 普通H08Mn2Si焊丝240A



(b) 普通H08Mn2Si焊丝300A



(c) 新型CO<sub>2</sub>焊丝240A



(d) 新型CO<sub>2</sub>焊丝300A

图 2



(a) 普通H08Mn2Si焊丝380A



(b) 新型CO<sub>2</sub>焊丝400A



(c) 新型CO<sub>2</sub>焊丝440A

图 3

试验结果表明,无论是在中等参数还是在大电流下,新型CO<sub>2</sub>焊丝的飞溅率明显比普通焊丝是少,尤其是在大电流焊接时,飞溅率约为普通焊丝的1/3。由此证明,添加的微合金元素Ti

等减小了焊接飞溅的产生。

飞溅减小的原因:

第一,微量合金元素减少了由CO<sub>2</sub>气体引起的飞溅。在新型CO<sub>2</sub>焊丝焊道表面有一层呈黑色光亮的氧化皮,对其做了XRD试

验,结果如图4所示。

由图4可以看出,新型CO<sub>2</sub>焊丝中的微合金元素Ti在焊接过程中被氧化,在焊接冶金过程中Ti、Al能够有效脱去FeO中的O元素,减少了在焊接熔池中由于C元素被氧化而生成的CO气体,从而减少了由CO气体向外逸出受热膨胀引起的飞溅。同时,微合金元素还与CO<sub>2</sub>气体受热分解产生的O原子发生反应生成稳定的氧化物,减少了Si、Mn元素的烧损,保证了焊缝的力学性能。

第二,微合金元素使CO<sub>2</sub>电弧焊的弧长发生变化,使短路过渡频率加快、熔滴细化,使飞溅减小。由于CO<sub>2</sub>在电弧高温下分解需要吸收大量的热量,引起电弧收缩,导致弧根面积缩小,熔滴变大。而微合金元素能使电弧弧长发生变化,表现为熔滴过渡频率加快,促进弧根扩展,细化熔滴颗粒,促进了熔滴向熔池的过渡,进而减少飞溅。此外,微合金元素Ti还使熔滴表面张力减小,使熔滴尺寸减小。

第三,大电流焊接条件下,新型CO<sub>2</sub>焊丝容易实现射滴过渡,减少飞溅。在大电流、高电压的条件下,电弧对熔池金属的挖掘作用增强,焊丝端头几乎全部进入熔池凹坑中,这时熔滴尺寸非常细小,接近焊丝直径,其过渡形式为射滴过渡。射滴过渡时熔滴被弧根笼罩,电弧呈现钟罩型,此时收缩力成为促进熔滴过渡的推力,促进熔滴过渡,焊接过程稳定,飞溅极小。大电流焊接时,电弧收缩力大,使得熔滴向熔池过渡更加顺利,飞溅减小,但此时电流密度较大,热量

表3 在中等焊接参数下飞溅大小比较结果

| 焊丝牌号 | 焊接电流 /A | 电弧电压 /V | 飞溅率 (%) |       |       | 平均飞溅率 (%) |
|------|---------|---------|---------|-------|-------|-----------|
|      |         |         | 第一组     | 第二组   | 第三组   |           |
| 普通焊丝 | 220~240 | 26~28   | 11.61   | 11.84 | 12.31 | 11.92     |
| 新型焊丝 | 220~240 | 26~28   | 5.21    | 6.50  | 5.80  | 5.84      |

表4 在大电流焊接参数下飞溅大小比较结果

| 焊丝牌号 | 焊接电流 /A | 电弧电压 /V | 飞溅率 (%) |      |      | 平均飞溅率 (%) |
|------|---------|---------|---------|------|------|-----------|
|      |         |         | 第一组     | 第二组  | 第三组  |           |
| 普通焊丝 | 300~320 | 30~32   | 4.98    | 4.27 | 3.91 | 4.39      |
| 新型焊丝 | 340~360 | 34~36   | 0.95    | 1.35 | 1.49 | 1.26      |

集中;而普通CO<sub>2</sub>焊丝此时会出现引弧困难,焊丝易爆断,焊接过程不稳定等现象,无法正常工作。

(4) 熔宽与熔深的比较结果 新型CO<sub>2</sub>焊丝与普通焊丝在不同焊接电流下的焊缝成形对比如表5所示。

由表5可以看出,在同等焊接参数下,新型CO<sub>2</sub>焊丝与普通CO<sub>2</sub>焊丝相比,焊缝熔深增加,熔宽和余高略有减小,并且焊缝熔深增大的效果随焊接电流的增大而显得越加明显。

新型CO<sub>2</sub>焊丝使焊缝熔深增加的原因:第一,微量合金元素使熔滴细化,熔滴过渡频率加快,熔滴以射流过渡的形式进入熔池,有利于增大熔深。

第二,Ti减小了熔池表面张力,使表面张力梯度发生改变,有利于热量传向熔池底部,使焊缝熔深增加。

#### 4. 结语

(1) 通过两种焊丝的对比试验可以得出,在同等焊接参数下,向普通焊丝成分中添加适量Ti等合金元素的新型CO<sub>2</sub>焊丝,焊缝表面光滑,色泽光亮,焊缝饱满,纹理细密,焊缝成形美观。在大电流下,新型CO<sub>2</sub>焊丝

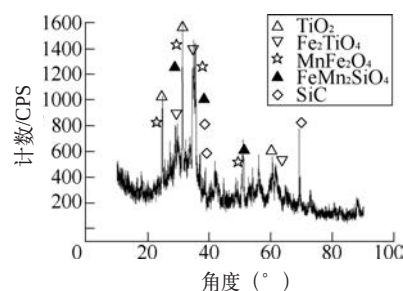


图4 新型CO<sub>2</sub>焊丝焊道表面氧化皮粉末衍射图谱

表 5

| 预置电流 /A | 组别   | 熔深 /mm | 熔宽 /mm | 余高 /mm |
|---------|------|--------|--------|--------|
| 240     | 普通焊丝 | 2.4    | 11.2   | 4.8    |
|         | 新型焊丝 | 3.8    | 10.8   | 4.2    |
| 300     | 普通焊丝 | 3.6    | 13.6   | 4.8    |
|         | 新型焊丝 | 5.4    | 13.5   | 3.2    |
| 400     | 新型焊丝 | 9.4    | 18     | 5.2    |

焊接过程稳定,焊缝表面成形良好,而普通焊丝在大电流下引弧时出现爆断,无法正常工作。

(2) 微合金元素Ti、Al脱氧效果好,可有效脱去在焊接冶金过程中生成的FeO中的O,减少了CO气体的生成,从而减少了由CO向外逸出受热膨胀引起的飞溅。

作者简介:孙永功等,中国重汽济南铸锻中心技术部。

MW 20160418