

# 红外吸收法测定电焊条熔敷金属中碳、硫含量

李颖

(中冶天工上海十三冶科技检测公司,上海 201900)

随着我国经济建设的高速发展,金属及非金属焊接的应用日益广泛,而焊接的质量直接影响着整个焊接结构和焊接工程的质量、安全运行与使用寿命,因此焊接已成为制造工作的关键工艺。为了获得良好的焊接质量需要从管理和技术两方面来施行全过程控制。

我国并非焊接强国,虽然自动焊接应用越来越广泛,但手工焊及电焊条还占到 75%左右。据统计全国电焊条生产厂近千家,其中有完善生产条件,检测手段,合理的质保体系的厂家约三分之二。因此正确使用与复检电焊条显得非常重要。

一般情况下,电焊条和母材须匹配使用,二者的化学成分相近,但考虑到铸态焊缝的特点和焊接应力的作用,通常要调节焊缝金属的化学成分以改善焊缝和熔合区的性能,这使得焊缝金属的化学成分与母材不尽相同。焊缝金属中除了存在大量合金元素外,还存在碳和硫。硫是焊接材料和焊缝金属的杂质,它在熔敷金属中多以  $\text{FeS}$  状态存在,它与液态铁无限互溶,而在固态铁中溶解度很小。当焊接熔池结晶时,它在晶界处形成低熔点共晶薄膜,增大了焊缝的裂纹倾向,而且低熔共晶以片状或链状的形态分布于晶界,严重降低了焊缝的冲击韧度,是焊缝热裂纹和层状撕裂的重要原因之一。碳虽然能提高焊缝强度,但它的增加会增大焊缝产生脆化和裂纹的倾向,同时也会降低焊接过程的稳定性。碳在熔敷金属中多以  $\text{Fe}_3\text{C}$  状态存在。

在电焊条的熔敷金属化学分析中,碳、硫一般采取联合检验的方法,通常采用重量法、非水滴定法、电导法、气体容量法、红外吸收法、光谱分析、原子燃烧法等检验。重量法是经典的方法,但操作复杂,所需时间较长,人为因素影响较大,现已很少使用;非水滴定法稳定性差,且有有害气体(甲醇等)产生;电导法灵敏度差,且需多样专用仪器;气体容量法使用较多,但对低碳、低硫的测定误差较大,而电焊条正向低碳、低硫化发展;红外吸收法快速准确,测定精度高,人为影响因素少,但当时国内还没有相应的检测标准可执行,只有 ISO 标准;光谱分析、原子燃

烧法所需仪器价格昂贵。针对上述情况公司决定参考 ISO 标准,采用无锡高速分析仪器厂产的 HR-944D 高速引燃炉-红外碳硫分析仪,以红外吸收法测定电焊条熔敷金属分析中的碳、硫。该方法能快速准确地测定电焊条熔敷金属中的碳、硫含量,为电焊条检测及时准确地提供可靠的数据。

## 1 红外吸收法的原理

将含有碳、硫的试样在高温下燃烧,使其全部形成二氧化碳、二氧化硫气体。当某一特定波长的红外光照射二氧化碳或二氧化硫气体时,使其产生强烈的光吸收,此吸收规律可由朗伯-比尔定律得出:

$$\lg\left(\frac{I_0}{I}\right) = k c L$$

式中:  $I_0$ ——特定波长入射光强度;

$I$ ——通过吸收池后出射光强度;

$k$ ——被测气体在特定波长的吸收系数;

$c$ ——被测气体的浓度;

$L$ ——吸收池的长度。

当选定了某一特定波长并且确定了分析池(吸收池)的长度时,由测量光强  $I$  能换算出混合气体中被测气体的浓度,进而计算出被测物质的含量。

先测量已知含量的标样,且其特性吸收和其它成分的吸收很少重叠,则可先求出在测量范围内浓度与吸光度的关系,绘制标准曲线,依此进行其它试样成分的定量分析。本仪器采用两个吸收池,分别测定,杜绝了其它元素的干扰,故准确度较高。选择二氧化碳的测定波长为  $4.26\ \mu\text{m}$ ,二氧化硫的测定波长为  $7.4\ \mu\text{m}$ 。

## 2 实验部分

### 2.1 主要仪器与材料

高速引燃炉-红外碳硫分析仪:HR-944D 型,无锡高速分析仪器厂;

电子天平:LP203型,精度 0.001 g,称量范围 0~200 g,常熟市衡器厂;

硅钼粉:纯度不低于 99.8%,无锡高速分析仪器厂;

锡粒:纯度不低于 99.8%,无锡高速分析仪器厂;

氧气:纯度不低于 99.5%。

标准钢样:编号为 GB01201a,上海材料研究所;

## 2.2 试样制备

电焊条融敷金属化学成分试样制备方法有 3 种:

(1)熔敷金属化学分析的试板应进行多层堆焊,每道焊缝的宽度约为焊芯直径的 1.5~2.5 倍,焊前钢板需预热,每层焊完后,应将试板冷却,以控制层间温度,层间温度不超过 150。在焊接下一道前,清除焊缝表面,取样前应将焊缝表面打磨干净,取样位置距基板表面距离大于 6.5 mm,可采用钻、铣、刨等加工方法。

(2)从拉断后的熔敷金属拉伸试样上,用车或钻的方法制取。

(3)从力学性能试板的两端焊缝上制取,取样位置在焊缝中间,避开引弧点和收弧点,钻取深度不超过 10 mm。

取样时要注意一定从熔敷金属上制取。另外要注意无论采用何种加工方法取样时,都要保持所取样品具有金属光泽,去除油污、锈迹、表面氧化层,取样过程中避免过热使得金属屑出现氧化颜色。仲裁试验时,试样一定要从堆焊金属上制取。

## 3 结果与讨论

### 3.1 试样取样

电焊条试样需有专门技术良好的焊工制备,以此得到均匀稳定有代表性的试样。焊接试件时要注意焊透,焊缝金属不允许有裂纹,也不允许有连续或密集的气孔和夹渣。焊接时注意焊接温度,冷却时间,电流,焊前、焊后的热处理,保证焊缝熔敷金属结晶过程正常,不能使化学成分产生偏析,影响取样的代表性。

### 3.2 试样质量

分析中发现试样质量对测定结果有一定影响,虽然分析系统可以自动换算不同的取样量,但同种试样质量偏差太大对测定结果产生影响,因此采用统一取样量为 1.000 g,以保证结果准确可靠。

### 3.3 助熔剂用量

硅钼粉和锡粒是本试验选用的助熔剂,其用量可随试样状态适当变化。试样颗粒均匀,体积较小,可少用些,试样颗粒不均匀,体积较大,可适当多用些,但均不能超过 0.500 g 的用量。否则易带入微量的碳、硫,影响试样的测定。

### 3.4 通道的选用

通道参数是分析过程中直接参与运算和控制的主要参数,它直接影响分析结果的准确度,由于试样含碳硫的高低不同,在分析过程中的释放也不同,为取得一致的结果,应根据试样含碳硫高低选择不同通道才能保证分析结果的准确度。实验所用仪器碳、硫各有 10 个通道,每个通道设 6 项内容,应根据试样情况进行选择。

### 3.5 测试时间

测试时间过长对低含量分析增加无用检测,会增加误差引入机会,测试时间过短对高含量分析来说会使有用检测输出被排除在外,因此测试时间统一调整为 30 s。

### 3.6 精密度和准确度试验

在上述实验条件下对 GB01201a 标钢样品进行测定,测定结果列于表 1。由表 1 结果可知,该方法测定结果准确可靠。

表 1 精密度和准确度试验结果

元素	标准值	测试值			平均值	RSD
C	0.091	0.09134	0.09172	0.09128	0.09108	0.62
		0.09165	0.09022	0.09047		
		0.09181	0.09106	0.09059		
		0.09065				
S	0.031	0.03067	0.03187	0.03201	0.03125	2.19
		0.03024	0.03039	0.03145		
		0.03118	0.03226	0.03136		
		0.03108				

## 4 结论

(1)通过试验,确立了用红外吸收法测定电焊条熔敷金属中碳、硫的方法和最佳条件。该方法自动化程度高,人为影响因素小,分析速度快,准确度高,满足了对电焊条熔敷金属的测试的要求。

(2)该方法不足之处是对于仪器操作有较高的要求,每一环节均需认真仔细,否则数据比较离散。因此必须严格控制试验中各环节以获得准确的结果。

### 参考文献

- [1] 刘会杰.焊接冶金与焊接性[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [2] 李亚江.焊接组织性能与质量控制[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [3] 吴树雄.电焊条选用指南[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [4] 泉美治,小川雅弥,加藤俊二,等.仪器分析导论[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [5] 李春范,张滨.电焊条检验中试样制备有关问题探讨[J].焊接,2000(11):33-35.