

*И.Г. Проценко**

СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ В СТАЛЯХ

В настоящее время основной продукцией металлургической промышленности являются стали, около 90 % – углеродистые и 10 % – легированные. Помимо основы – железа, в их состав входят различные

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» И.С. Филатова, канд. техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Ю.А. Брусенцова.

примеси, причем наличие последних в составе не всегда оказывает положительное влияние на свойства.

Наибольшее негативное влияние оказывает сера. Она, не растворимая в железе в любых ее количествах, образует сернистые соединения – сульфиды железа. Данные соединения, входя в состав эвтектики, делают сталь хрупкой при температурах от 800 °С, вследствие чего стали не поддаются горячей обработке давлением, становясь краснотомкими, поэтому необходимо знать ее концентрацию.

Определение данного параметра осуществляется множеством способов, но в большинстве своем в их основу заложены физические и химические методы определения химического состава вещества.

Так, в [1] концентрация примесей определяется методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии. Исследуемый образец помещается в пучок рентгеновских лучей, а результат регистрируется по изменению интенсивности пика линии серы при различных длинах волн, от 537 нм до 545 нм. Существенным недостатком данного метода является отсутствие возможности определения концентрации примесей непосредственно в парах над расплавом сплава.

Целью работы является определение вредной примеси непосредственно в парах над расплавом стали методом абсорбционного спектрального анализа.

Для реализации данного метода в лабораторных условиях разработана экспериментальная установка, схема которой приведена на рис. 1.

В основу экспериментального метода заложена возможность определения примеси посредством прохождения ультрафиолетового луча с длиной волны излучения 400 нм непосредственно через пары анализируемого материала. Регистрация наличия вредных веществ осуществляется за счет смещения спектра регистрируемого излучения. Так, в ходе проведения ряда экспериментов, наблюдалось изменение длины волны излучения на величину порядка 50 нм.

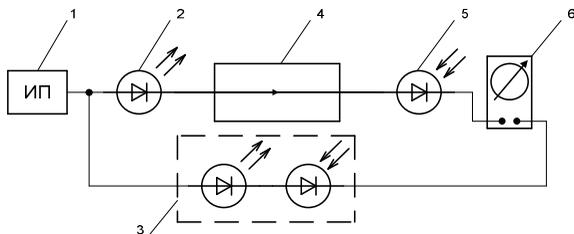


Рис. 1. Экспериментальная установка для определения концентрации серы:

- 1 – источник питания; 2 – источник ультрафиолетового излучения;
- 3 – мостовая схема, необходимая для калибровки; 4 – анализируемая проба;
- 5 – фотодиод; 6 – устройство контроля

Данное явление связано с эффектом Рамана, или с комбинационным рассеиванием света, неупругим рассеиванием оптического излучения на молекулах газообразного вещества, сопровождающимся заметным изменением частоты излучения.

Физический процесс, происходящий при анализе вещества, можно рассмотреть с точки зрения классической и квантовой теорий.

В классической теории электрическое поле света индуцирует переменный дипольный момент молекулы, который колеблется с частотой падающего света, а изменения дипольного момента в свою очередь приводят к испусканию молекулой излучения во всех направлениях. В классической модели принимается, что вещество содержит заряды, которые могут быть разделены, но удерживаются вместе некоторыми силами, действующими наряду с кулоновским притяжением. Образование волны на границе с веществом вызывает повторяющееся разделение этих зарядов, т.е. появляется осциллирующий электрический диполь, который излучает на частоте повторения. Это излучение и является рассеянием.

С точки зрения квантовой теории излучение частоты ν рассматривается как поток фотонов с энергией $h\nu$. При столкновениях с молекулами фотоны рассеиваются. В случае упругого рассеивания они будут отклоняться от направления своего движения, однако может быть и так, что при столкновении произойдет обмен энергией между фотоном и молекулой. Молекула как приобретает, так и теряет часть своей энергии в соответствии с правилами квантования. Если молекула потеряет энергию ΔE , частота рассеяния излучения будет равна $\nu + \Delta E/h$. Излучение, рассеянное с большей частотой чем у падающего света, называется антистоксовым. При не очень высоких температурах населенность первого колебательного уровня невелика, при комнатной температуре при колебательной частоте 1000 см^{-1} на первом колебательном уровне находится всего 0,7 % молекул, поэтому интенсивность антистоксова рассеяния мала. С повышением температуры населенность возбужденного колебательного уровня возрастает, и интенсивность антистоксова рассеяния растет [2].

Теоретические положения подтверждаются в ходе проведения экспериментов – наибольшее изменение длины волны принимаемого излучения наблюдалось при температурах 638 К, при этом происходит сдвиг длины волны из ультрафиолетовой области в синюю на величину порядка 50 нм, т.е. наблюдается рост частоты принимаемого излучения по сравнению с частотой падающего светового потока. Следовательно, процессы связаны с антистоксовым рассеиванием. В результате проведения экспериментов была построена графическая зависимость темнового напряжения от температуры, позволяющая определить концентрацию примесей при изменении темнового напряжения на фотоприемнике.

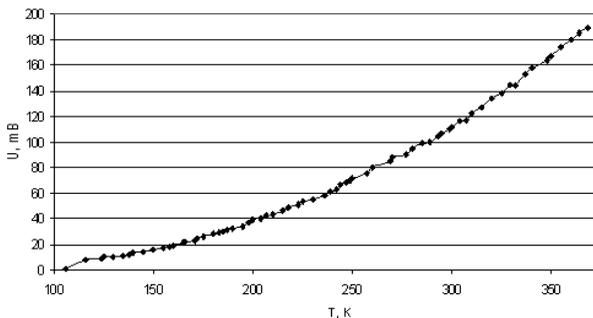


Рис. 2. Зависимость темного напряжения от температуры

В результате плавной настройки мостовой схемы установки, представленной на рис. 1, удается получить зависимость величины концентрации примеси в веществе от температуры при величине погрешности, не превышающей 5 %.

Таким образом, можно утверждать, что методика по обнаружению величины концентрации вредных примесей посредством абсорбционного спектрального анализа, или ультрафиолетовой диагностики, имеет практическое применение и конкретные результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 53203–2008. Определение серы методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии по длине волны.
2. Пентин, Ю.А. Основы молекулярной спектроскопии / Ю.А. Пентин, Г.М. Курамшина. – М. : Мир ; БИНОМ ; Лаборатория знаний, 2008. – 398 с.