

*И.Г. Проценко**

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРЫ В ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВАХ

Как известно, основной продукцией металлургической промышленности являются стали, около 90% – углеродистые и 10% – легированные. Помимо основы – железа, в их состав входят различные примеси, причем наличие последних, не всегда оказывает положительное влияние на свойства.

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

Наибольшее негативное влияние оказывает сера. Нерастворимая в железе в любых количествах, она образует сернистые соединения – сульфиды железа, которые входят в состав эвтектики, образующейся при 988 °С. Она располагается, как правило, по границам зерен и делает стали не поддающимися горячей обработке давлением при температуре прокатки.

Существующие методы определения данного параметра широко известны, находят применение в лабораторных условиях, однако существенным их недостатком является то, что они не позволяют проводить экспресс-анализ непосредственно на производстве.

Целью работы является определение содержания серы непосредственно над расплавом стали, путем регистрации длины волны вторичного излучения над расплавом.

Для реализации данной методики определения вредных примесей в лабораторных условиях используется экспериментальная измерительная установка (рис. 1), позволяющая при прохождении светового луча непосредственно через пары над расплавом анализируемого материала определять наличие вредных примесей за счет смещения спектра регистрируемого излучения.

Наблюдаемое в ходе ряда экспериментов изменение длины волны излучения над расплавом на величину порядка 50...60 нм можно объяснить или рассеиванием светового потока или с помощью люминесценции паров анализируемого материала.

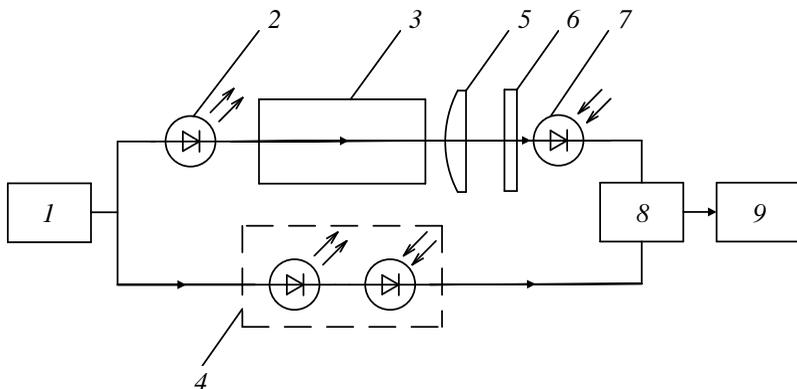


Рис. 1. Структурная схема экспериментального прибора:

- 1 – источник питания; 2 – источник ультрафиолетового излучения;
- 3 – область анализируемой пробы вещества; 4 – мостовая схема;
- 5 – собирающая линза; 6 – интерференционный светофильтр;
- 7 – фотоприемник; 8 – устройство сравнения;
- 9 – система регистрации и обработки информации

С классической точки зрения процесс рассеивания заключается в том, что световой поток, проходящий через вещество, вызывает колебание электронов в атоме. Он, дифрагируя на неоднородностях среды, дает дифракционную картину, характеризующуюся довольно равномерными распределениями интенсивности по всем направлениям. Причиной появления оптических неоднородностей является флуктуационная плотность, т.е. наблюдаемая в пределах малого объема отклонение плотности от его среднего значения. Эти флуктуации вызваны беспорядочным движением молекул вещества. Вызванное ими рассеивание принято называть молекулярным [1]. Возможно, именно оно определяет изменение цвета излучения, вследствие неупорядоченного перемещения частиц анализируемого вещества, образования областей сгущения или разрежения пространства.

Используя теоретические положения, можно попытаться объяснить наблюдаемое в ходе экспериментов изменение длины волны излучения, посредством которого регистрируется наличие серы в парах над расплавом. Однако, стоит заметить, что результаты дополнительных проведенных экспериментов полностью опровергают теоретические предположения. В частности, согласно теории рассеивания света, при изменении угла отклонения приемника излучения от главной оптической оси интенсивность рассеянного излучения должна изменяться плавно (рис. 2, а), тогда как на практике данный эффект не наблюдается (рис. 2, б). Таким образом, применение закона Рэлея для описания процесса свечения паров серы, находящихся в газообразном состоянии над расплавом исследуемого материала, не представляется возможным. Следовательно, рассеивание светового потока источника излучения частицами анализируемого материала не наблюдается.

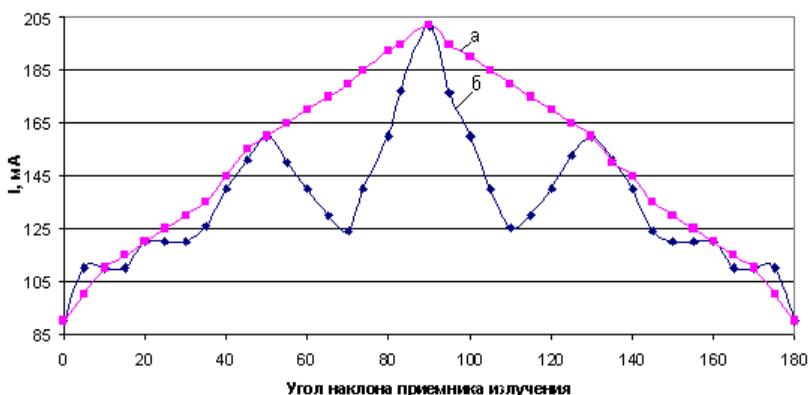


Рис. 2. Зависимость интенсивности от угла наклона приемника излучения

Рассмотрим изменение длины волны излучения с точки зрения флуоресценции паров анализируемого материала. В ходе данного процесса система излучает энергию, и для ее возбуждения необходимо подводить энергию извне, например, с помощью лазерного излучения. Для возбуждения люминесценции обычно используется спектральная область, соответствующая диапазону длин волн анализируемого материала. Поглощение молекулой кванта света в этой области спектра приводит к переходу электрона на более высокий энергетический уровень, происходит за 10^{-15} с, что соответствует периоду колебания световой волны. За время поглощения света молекулой заметно не изменяется ни положение, ни импульс ядер атомов молекулы.

Молекула в основном состоянии может поглотить свет с частотой ν , если существует некоторое состояние, имеющее большую энергию, нежели первоначальное состояние.

$$E_n - E_0 = h\nu .$$

При поглощении света молекула переходит на один из колебательных подуровней возбужденного электронного состояния. Для излучательного перехода между двумя состояниями одинаковой мультиплексности характерно явление флуоресценции. При комнатной температуре практически все молекулы находятся на нулевом колебательном подуровне основного состояния, поэтому поглощение происходит с этого уровня. Испускание флуоресценции происходит с нулевого колебательного подуровня первого возбужденного состояния. Поэтому общим переходом в поглощении и испускании является переход между нулевыми колебательными подуровнями основного и возбужденного состояний.

Частоту перехода несложно определить при пересечении спектров поглощения и испускания, что соответствует правилу Стокса. Согласно ему свет испускания характеризуется большей длиной волны, чем поглощенный телом, вызывающим флуоресценцию. Таким образом, правило Стокса позволяет утверждать, что максимум полосы поглощения смещен в сторону коротких волн относительно полос флуоресценции. Иными словами, это подтверждает, что длина волны флуоресценции смещена в сторону инфракрасного диапазона длин волн [2], что подтверждается экспериментально.

С целью проверки полученных в лабораторных условиях результатов и подтверждения флуоресценции паров серы над расплавом, на спектральном приборе УМ-9 был проведен ряд экспериментов, результаты которых подтвердили, что максимум флуоресцентного излучения приходится на спектральную область между синим и зеленым диапазоном длин волн.

Таким образом, наблюдаемое в ходе ряда экспериментов изменение длины волны излучения на величину порядка 50...60 нм, объясняется люминесценцией паров вредной примеси в стали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савельев, И.В. Курс общей физики : учеб. пособие для студентов вузов. Т. 2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика / И.В. Савельев. – 4-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2005. – 496 с.
2. Экспериментальные методы химической кинетики : учебник / под ред. Н.М. Эмануэля, М.Г. Кузьмина. – М. : МГУ, 1985. – 384 с.

Кафедра «Материалы и технология» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»