

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ВЛАЖНОСТИ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ

М.Н. Сейдуров, В.С. Афонин, О.И. Хомутов

В работе представлены результаты лабораторных испытаний прибора контроля влажности на образцах сварочных флюсов различных марок. Установлено, что высокая скорость получения данных и их достоверность вместе с простой методикой выполнения измерений в потоке сыпучего материала подтверждают перспективность применения прибора для определения влажности сварочных материалов при изготовлении сварных соединений ответственного назначения и при проведении аттестации сварочных материалов.

Ключевые слова: аттестация сварочных материалов, влажность сварочных флюсов, неразрушающий экспресс-анализ, емкостный метод.

Применение сварочных флюсов при производстве сварных конструкций для опасных производственных объектов требует проведения их аттестации [1], т.к. качество сварных соединений напрямую зависит от состояния используемых сварочных материалов (СМ).

Аттестацию СМ проводят с целью определения возможности их применения для сварочных работ путем проверки соответствия фактических свойств и характеристик СМ, свойств наплавленного металла и металла шва требованиям действующих нормативных документов (НД) для технических устройств.

Процедура аттестации СМ включает в

себя проведение общих, практических и специальных испытаний. При получении положительных результатов общих испытаний выполняются практические испытания, заключающиеся в оценке показателей сварочно-технологических свойств СМ. Практические и специальные испытания проводят в аккредитованной испытательной лаборатории.

Общие испытания проводятся для всех СМ, заключительным параметром, определяемым при этом, является влажность. В таблице 1 представлены параметры сварочных флюсов, контролируемые при общих испытаниях.

Таблица 1 – Контролируемые параметры сварочных флюсов при общих испытаниях

№ этапа	№ параметра	Наименование контролируемого параметра
1	1	Наличие сертификата и ТУ
	2	Наличие этикетки на каждой упаковке
	3	Срок годности
2	1	Сохранность упаковки
	2	Геометрия и состояние поверхности
	3	Химический состав
	4	Влажность

Согласно ГОСТ 22974.14-90 «Флюсы сварочные плавные. Метод определения содержания влаги» влажность сварочных флюсов определяется гравиметрическим методом путем нагревания анализируемого материала в трубчатой печи при температуре 1000°С в потоке кислорода. Допускается определять содержание влаги в СМ в соответствии с НД с доведением навески снятого с каждого контролируемого СМ до постоянной массы, т.е. весовым методом.

Соответственно, испытательная лаборатория должна быть оснащена оборудова-

нием с заданными метрологическими характеристиками, необходимым для проведения всего комплекса испытаний СМ, в соответствии с областью деятельности, в том числе оборудованием и приборами для определения влажности СМ (покрытий плавящихся сварочных электродов, наполнителей порошковых сварочных проволок, сварочных флюсов).

Перед сваркой (наплавкой) производственных стыков ответственного назначения СМ также должны быть проконтролированы на содержание влаги согласно требованиям

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК 1/1-2012

НД в зависимости от их марки и условий хранения. Для хранения СМ на заводе, монтажном участке должна быть оборудована кладовая с температурой воздуха не ниже 15°С при относительной влажности не выше 50%. В кладовой должны быть прокалочная печь с рабочей температурой не ниже 400°С и сушильный шкаф с температурой нагрева 80...115°С.

При неудовлетворительных результатах контроля сварочные флюсы должны быть прокалены на соответствующих режимах для удаления влаги. Допускается проведение прокалки сварочных флюсов перед их использованием без проверки содержания влаги, однако дополнительная операция прокалки повышает трудоемкость процесса изготовления сварной конструкции.

В настоящее время при разработке автоматических промышленных и неавтоматических лабораторных влагомеров и расходомеров широкое применение находят экспресс методы измерения [2]. В основу электрометрических влагомеров положены зависимости между теми или иными электрическими параметрами материала и его влажностью.

К электрометрическим методам относятся:

- кондуктометрический метод, основанный на зависимости между электропроводностью материала и его влажностью;

- поляризационный метод – измерение влажности по э.д.с. поляризации, возникающей при пропускании постоянного тока через электроды во влажную среду;

- электростатический метод – измерение влажности, основанное на зависимости электростатического заряда от влажности материала;

- диэлькометрический метод, основанный на определении влажности материала по результатам измерения диэлектрической проницаемости. Этот метод часто называют «емкостным», потому что при своем возникновении и первоначальном развитии он основывался на измерении емкости датчика – конденсатора, в котором контролируемый материал играл роль диэлектрика, определяющего эту емкость в зависимости от диэлектрической проницаемости.

Существующие в настоящее время методы определения влажности флюсов сварочных плавных, рекомендованные по ГОСТ 22974.14-90 и ГОСТ Р 52222-2004, не позволяют осуществлять непрерывный анализ всего объема контролируемого мате-

риала. Таким образом, применение неразрушающего экспресс-анализа контроля влажности сварочных флюсов в потоке позволит повысить стабильность свойств СМ и качество сварных соединений, а обоснованное использование операции прокалки значительно снизит затраты времени, электрической энергии и трудоемкости производства.

Цель работы – провести экспериментальные исследования по определению влажности сварочных флюсов неразрушающим экспресс-анализом с помощью прибора контроля емкостного типа.

В работах [3-5] были проведены исследования по разработке макета прибора контроля для определения влажности СМ емкостным методом. Разработанный влагомер является перспективным и востребованным для неразрушающего экспресс-анализа контроля влажности сварочных флюсов в потоке благодаря простоте реализации в сочетании с необходимыми метрологическими характеристиками.

Результаты исследований на образцах сварочного флюса АН-47 с помощью разработанного прибора контроля влажности показали хорошую сходимость с результатами, полученными в лабораторных условиях весовым способом [4,5].

В качестве исследуемого СМ был выбран сварочный флюс, используемый при автоматической сварке под флюсом ответственных сварных соединений конструкций стальных мостов, трех марок: АН-47, АН-348А и ОСЦ-45М (таблица 2, 3).

Экспериментальные исследования проводились параллельно 3 методами:

- гравиметрическим (весовым);
- электрометрическим (емкостным);
- металлографическим.

Весовой метод определения массовой доли влаги в сварочных плавных флюсах выполнялся по ГОСТ Р 52222-2004. За окончательный результат анализа принимали среднеарифметическое результатов двух параллельных измерений, расхождение между которыми не превышало допустимые значения. Для определения влажности флюса использовали навеску массой 100 г. Влажность флюса V_{ϕ} , % вычисляли по формуле:

$$V_{\phi} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где M_1 – исходная масса навески, г;
 M_2 – конечная масса навески, г.

**НЕРАЗРУШАЮЩИЙ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ВЛАЖНОСТИ
СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ**

Таблица 2 – Химический состав флюсов по ГОСТ Р 52222-2004

Марка флюса	Массовая доля, %					
	Оксид кремния (IV)	Оксид марганца (II)	Оксид кальция	Оксид магния	Фтористого кальция	Оксид алюминия
АН-348А	40-44	31-38	не более 12	не более 7	3-6	не более 6
ОСЦ-45М	37-44	37-44	3-10	не более 3	5-9	не более 13
АН-47	26-33	11-18	13-17	6-10	8-13	9-15

Таблица 3 – Размеры зерен и насыпная плотность исследуемых флюсов, определенные экспериментально

Марка флюса	Размеры зерен, мм	Насыпная плотность, г/см ³
АН-348А	0,25-1,60	1,4-1,8
ОСЦ-45М	0,35-4,00	1,3-1,8
АН-47	0,25-2,50	1,3-1,8

Неразрушающий экспресс-анализ контроля влажности сварочных флюсов емкостным методом проводили с помощью разработанного прибора «Поток» (рисунок 1) по методике, изложенной в работе [5].



Рисунок 1 – Общий вид прибора контроля влажности сыпучих материалов «Поток»

Сварочный флюс прокаливали в печи при температуре 310°C в течение 60 мин. После охлаждения в эксикаторе в течение 40 мин флюс взвешивали, после чего были сформированы испытательные пробы за счет разбавления сварочного флюса различным количеством воды, для обеспечения

заданных значений влажности. Для всех испытаний вес кюветы для проб был постоянным и составлял 7,04 г. В работе использовали весы тензометрические с точностью 0,01 г.

Полученные пробы поочередно засыпали в измерительный преобразователь влагомера для определения их комплексной проводимости, функционально связанной с влажностью. Результат измерений фиксировался в протоколе испытаний [4].

Экспериментальные исследования неразрушающим методом экспресс-анализа контроля влажности флюсов показали высокую чувствительность метода к влажности материала в сочетании с простотой методики проведения измерений.

Разработанный влагомер определяет диэлектрическую проницаемость материала, находящегося в рабочей зоне датчика и, используя калибровочную зависимость, вычисляет влажность образца. Результаты исследований по определению влажности сварочного флюса АН-47 шести различных проб весовым и емкостным методом приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Определение влажности сварочного флюса АН-47

Метод	Влажность флюса V_{ϕ} , %					
	I проба	II проба	III проба	IV проба	V проба	VI проба
Весовой	1,18	1,42	0,41	0,63	0,21	0,03
Емкостный	1,3	1,32	0,6	0,55	0,3	0,01

Для проведения металлографических исследований были наплавлены автоматической сваркой под флюсом сварочной про-

волокой Св-10НМА диаметром 4 мм валики равной протяженности на одних и тех же режимах с использованием заявленных проб

сварочного флюса АН-47 (рисунок 2). В качестве основного материала использовали сталь 15ХСНДА. Применялся сварочный трактор ТС-17 совместно со сварочным трансформатором ТДФЖ-1002.

Металлографический метод дал возможность наглядно оценить качество на-

плавленных валиков. На пробах I и II процесс наплавки шел с интенсивным поробразованием, на пробе IV наблюдается единственный дефект. При внешнем осмотре валиков, наплавленных флюсом III, V и VI проб, дефектов не выявлено.

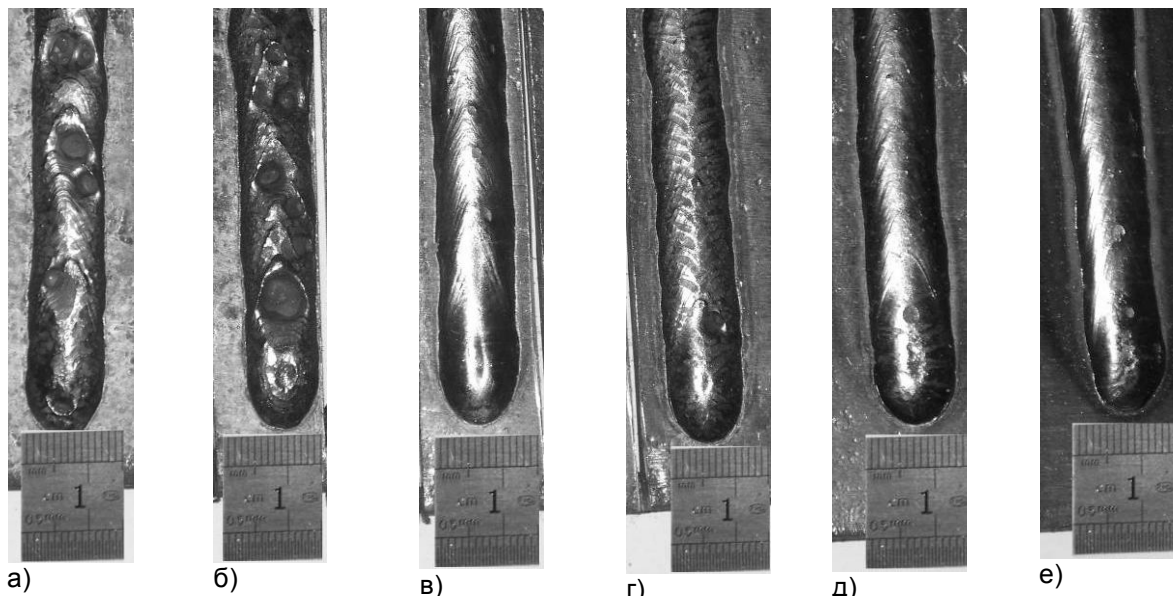


Рисунок 2 – Валики, наплавленные автоматической сваркой под слоем флюса АН-47 испытательных проб: а) – I, б) – II, в) – III, г) – IV, д) – V, е) – VI

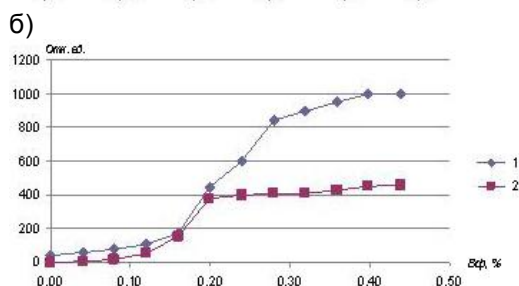
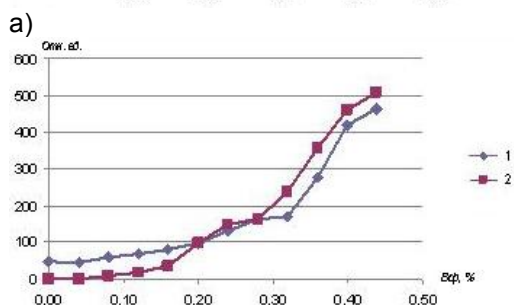
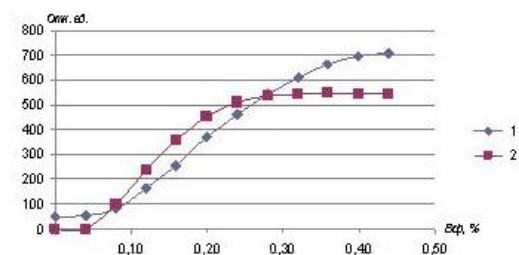
Лабораторные испытания на образцах проб сварочных флюсов марок АН-47, АН-348А и ОСЦ-45М показали достаточную достоверность результатов при высокой скорости получения данных, что подтвердило перспективность внедрения прибора при проведении аттестации СМ и изготовлении ответственных сварных конструкций.

При измерении диэлектрической проницаемости контролируемого материала возникает погрешность, связанная с активной составляющей проводимости вещества, часто называемой активными потерями. Активная проводимость материалов зависит в первую очередь от концентрации и химического состава электролитов в пороговой влаге и в несколько меньшей степени от влажности как таковой, а также от плотности и температуры. Одним из возможных способов устранения влияния активной проводимости – раздельное измерение активной и реактивной составляющих проводимости сварочного флюса. Такой подход позволяет использовать зависимость влажности от двух параметров, что положительно скажется на метрологических параметрах влагомера. Калибровочные кривые сварочных флюсов

марок АН-47, АН-348-А и ОСЦ-45М показаны на рисунке 3.

Проанализировав представленные зависимости можно сделать вывод, что величина гранул флюса значительно влияет на обе составляющие проводимости. Испытательная проба сварочного флюса марки АН-348А имеет наименьший размер гранул, что отражается на увеличении активной составляющей проводимости во всем диапазоне изменения влажности материала. Стадия насыщения активной составляющей флюса ОСЦ-45М наступает при меньшей влажности, чем у АН-47 и АН-348А. Это связано с тем, что чем больше частички материала, тем больше свободного пространства между ними. В этом случае вода быстрее переходит в свободное состояние. При появлении воды в свободном состоянии, увеличение ее концентрации влияет на активную составляющую проводимости незначительно. Для фиксации особенностей химического и гранулометрического состава различных марок сварочных флюсов калибровочные кривые определяются индивидуально. Следовательно, влагомер необходимо калибровать для каждой марки флюсов отдельно.

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ВЛАЖНОСТИ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ



в)

Рисунок 3 – Зависимость активной и реактивной составляющих проводимости от влажности сварочного флюса марки: а) – АН-47, б) – АН-348А, в) – ОСЦ-45М.

Обозначения: 1 – реактивная составляющая, 2 – активная составляющая

Выводы

1. При использовании диэлькометрического метода экспресс-анализа необходимы индивидуальные экспериментальные зависимости составляющих проводимости от влажности сварочных флюсов различных марок.

2. Разработанный прибор контроля влажности может быть использован для определения влажности сварочных материалов при производстве ответственных сварных конструкций с помощью сварки под флюсом и при проведении аттестации сварочных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сборник нормативных и методических документов САСв. Аттестация сварочных материалов. – М. – 2008 – 67 с.

2. Афонин В.С. Метод измерения расхода сыпучего материала и его экспериментальная проверка / В.С. Афонин, О.И. Хомутов // Ползуновский вестник. – 2011. – № 3/1. – С. 94-96.

3. Сейдуров М.Н. Разработка прибора для определения влажности сварочных материалов перед сваркой ответственных стыков / М.Н. Сейдуров, В.С. Афонин // Ползуновский альманах. – 2010. – № 1. – С. 127-128.

4. Дуда А.В. Разработка устройства прибора для контроля влажности сыпучих материалов с использованием разделения информативного сигнала на активную и реактивную составляющие / А.В. Дуда, В.С. Афонин, М.Н. Сейдуров // Ползуновский альманах. – 2010. – № 2. – С. 127-129.

5. Сейдуров М.Н. Методика неразрушающего экспресс-анализа контроля влажности сварочных флюсов / М.Н. Сейдуров, В.С. Афонин, А.В. Дуда, А.С. Журко // Ползуновский альманах. – 2011. – №4. – с. 153-155.

Сейдуров М.Н., к.т.н., ст. преподаватель,
E-mail: seidurov@mail.ru;

Афонин В.С., к.т.н., доцент,
E-mail: afonin@mail.altstu.ru;

Хомутов О.И., д.т.н., профессор,
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»