

ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВЛАГОМЕРА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ С РАЗДЕЛЕНИЕМ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРОВОДИМОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

А. В. Дуда, В. С. Афонин, В. Н. Седалищев, С. П. Пронин

Современный уровень развития автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) требует использования измерительных устройств (ИУ) с высокими метрологическими характеристиками. Важнейшими метрологическими характеристиками ИУ являются чувствительность и точность. Высокая точность измерения позволяет достоверно определять реальную физическую величину, а высокая чувствительность позволяет повысить уровень выходного сигнала при малых изменениях контролируемой физической величины. Данные показатели напрямую влияют на качество системы управления а, следовательно, и на качество производимой продукции.

Примером технологического процесса требующего использования ИУ с высокими метрологическими характеристиками является процесс сварки стыков ответственного назначения. Одной из важных операций при сварке является оперативный контроль соответствия возможных отклонений уровня влажности флюса допустимым по техническим условиям нормам. Превышение показателя влажности в 0,05 %, марки АН-8 – 0,08 %, остальных марок – 0,10 % от массы флюса недопустимо [2], поскольку избыточная влажность может привести к образованию дефектов способствующих уменьшению прочности, а в некоторых случаях и к разрушению стальной конструкции [3].

Сварочные флюсы представляют собой гетерогенные вещества, имеющие физико-механическую связь вещества с влагой. При незначительном увлажнении таких материалов существенно увеличивается их относительная влажность. В связи с этим необходимо использовать ИУ для определения влажности с высокой чувствительностью.

На сегодняшний день существует большое количество методов позволяющих определять влажность твёрдых материалов имеющих свои достоинства и недостатки. Наиболее простыми и дешёвыми в плане реализации являются методы кондуктометрический и диэлькометрический.

Кондуктометрические влагомеры основаны на зависимости проводимости сыпучего вещества от его влажности. Приборы данного типа имеют максимальную чувствительность при малых влажностях сыпучего материала. Однако начальный предел диапазона измерения влажности этим методом для большинства твёрдых веществ составляет 5–8 % [4]. Это обусловлено трудностями возникающими с измерением больших сопротивлений сыпучего вещества при малых влажностях (10^{11} – 10^{12} ом. см). Таким образом, использование данного метода для контроля влажности сварочных флюсов в заданном диапазоне может вызвать определённые трудности.

Приборы, использующие ёмкостный метод, основаны на зависимости электрических параметров ёмкостного первичного преобразователя (ЕПП) с контролируемым веществом от изменения диэлектрической проницаемости этого вещества при увеличении в нём влаги. Диэлькометрические влагомеры имеют высокую чувствительность к изменению влажности вещества. Однако метрологические характеристики, в том числе и чувствительность, данных приборов сильно зависят от воздействия дополнительных факторов, таких как влияние активных потерь на результат измерения, влияние уплотнения сыпучего вещества в датчике, влияние химического и гранулометрического состава вещества. Таким образом, возникает потребность в создании простого и недорогого в реализации ИУ позволяющего производить контроль влажности сварочных флюсов с высокой чувствительностью и точностью.

Цель работы: оценка чувствительности активной и реактивной составляющих проводимости ЕПП к изменению влажности сварочного флюса.

Авторами данной работы ранее был предложен подход к измерению влажности сварочного флюса, позволяющий учесть вышеперечисленные недостатки [5]. Суть данного подхода заключается в создании ИУ с отдельным измерением активной и реактивной составляющих проводимости ЕПП с веществом. В этом случае судить о влажности вещества можно по двум информативным параметрам: величина реактивной составляющей будет отражать изменение диэлектрической проницаемости ϵ , а величина активной составляющей – потери, происходящие в веществе. В связи с тем, что на величины составляющих влияют различные физические явления, их зависимость от влажности будет индивидуальна для каждой. Ниже представлены результаты измерения влажности сварочного флюса марки АН-47 при одинаковых условиях в диапазоне влажности до 0,5 %.

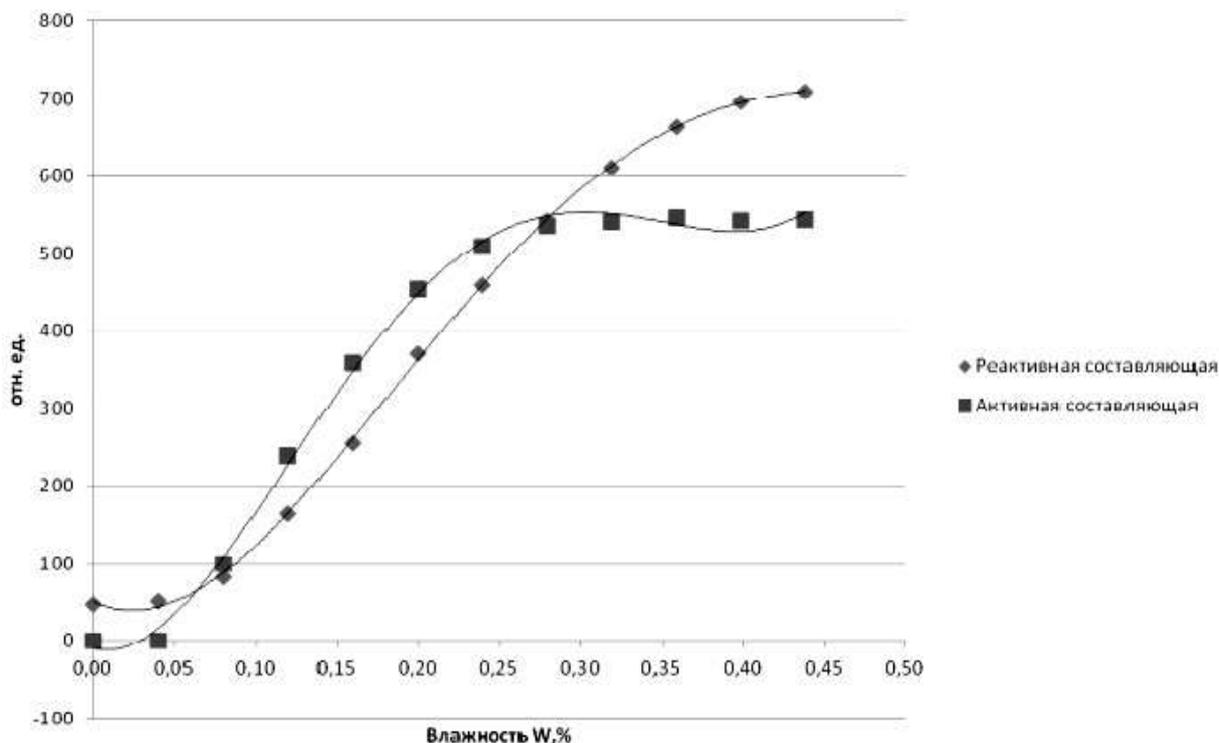


Рисунок 1. Зависимость активной и реактивной составляющих проводимости ЕПП от влажности сварочного флюса марки АН-47

Из представленных графиков видно, что скорость изменения составляющих проводимости в представленном диапазоне влагосодержания не одинакова. Исходя из этого, можно сделать вывод, что чувствительность каждой составляющей к изменению влажности будет различной.

Поскольку чувствительность $S = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$, то чувствительность реактивной и активной составляющих будет равна:

$$S_{\text{реакт.}} = \frac{\Delta C}{\Delta W}, \tag{1}$$

$$S_{\text{акт.}} = \frac{\Delta R}{\Delta W}, \tag{2}$$

где $\Delta C/\Delta W$ – изменение реактивной составляющей при изменении влажности;
 $\Delta R/\Delta W$ – изменение активной составляющей при изменении влажности;

Результаты расчётов представлены на рисунке 2.

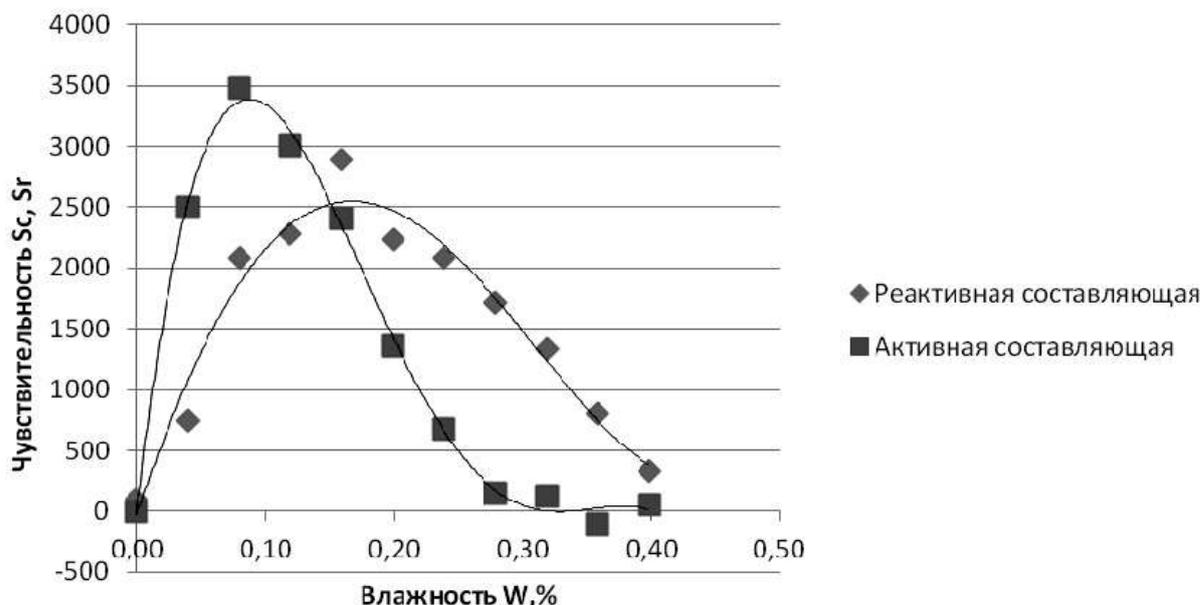


Рисунок 2. Чувствительность активной и реактивной составляющих к изменению влажности сварочного флюса марки АН-47

Из результатов видно, что чувствительность активной составляющей максимальна в начале диапазона влагосодержания, а чувствительность реактивной ближе к средней части. Таким образом, при учёте обеих составляющих существенно увеличивается чувствительность прибора к изменению влажности. Использование подобного способа измерения влажности позволит создать прибор с повышенной чувствительностью.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ Р 52222-2004 Флюсы сварочные плавные для автоматической сварки. Технические условия [Текст] / Госстандарт России. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 67 с.
- Сейдуров, М. Н. Неразрушающий экспресс-анализ влажности сварочных флюсов [Текст] / М. Н. Сейдуров, В. С. Афонин, О. И. Хомутов // Ползуновский вестник. – № 1/1 2012. – С. 258–263.
- Берлинер, М. А. Измерения влажности [Текст] / М. А. Берлинер. – М. : Энергия, 1973. – 400 с.
- Афонин, В. С. Исследование функциональной зависимости составляющих проводимости сыпучих материалов от влажности [Текст] / В. С. Афонин, А. В. Дуда, М. Н. Сейдуров // Естественные и технические науки. – М. : Изд-во «Спутник+», 2012. – № 1. – С. 245.
- Evstigneyev, V. V. A new procedure of high-rate brightness pyrometry for studying the SHS processes / V. V. Evstigneyev, P. Yu. Gulyayev, A. B. Mukhachev, D. A. Garkol // Combustion, Explosion and Shock Waves. – 1994. – V. 30. – № 1. – P. 72–78.
- Свистула, А. Е. Экспериментальное исследование характеристик топливных струй дизельных форсунок [Текст] / А. Е. Свистула, Д. Д. Матиевский, П. Ю. Гуляев, А. В. Еськов // Двигателестроение. – 1999. – № 1. – С. 29–31.
- Gulyayev, I. P. Hydrodynamic features of the impact of a hollow spherical drop on a flat surface / O. P. Solonenko, P. Y. Gulyayev, A. V. Smirnov // Technical Physics Letters. – 2009. – Т. 35. – № 10. – P. 885–888.
- Gulyayev, P. Yu. The Temperature Conductivity of the Reacting Mediums / V. V. Evstigneyev, V. Yu. Philimonov // Journal of Advanced Materials. – 1999. – V. 31. – № 2. – P. 73–77.
- Gulyayev, P. Y. Photothermal effects of laser heating iron oxide and oxide bronze nanoparticles in cartilaginous tissues / M. K. Kotvanova, S. S. Pavlova, E. N. Sobol', A. I. Omel'chenko // Nanotechnologies in Russia, 2012. – V. 7. – № 3–4. P. 127–131.