

Лычковский Д.П.,

студент магистратуры

2 курс, направление «Микропроцессорные системы»

Институт информатики и вычислительной техники

Россия, г. Красноярск

Бочаров А.Н.,

доцент кафедры «Информационно-управляющих систем»

Сибирский государственный университет науки и технологий

имени академика М.Ф. Решетнева

Россия, г. Красноярск

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ДАТЧИКА КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ СТЫКА ПРИ ЭЛС

***Аннотация:** Методы контроля положения стыка при электронно-лучевой сварке остаются приоритетной целью для изучения и усовершенствования. Одним из таких методов, является метод контроля положения стыка с помощью рентгеновского датчика. В статье представлен подход к обработке данных, получаемых с рентгеновского датчика контроля положения стыка и его эффективность. Показана возможность выявления дальнейших направлений развития метода контроля положения стыка с использованием рентгеновского датчика.*

***Ключевые слова:** электронно-лучевая сварка, рентгеновский датчик, контроль стыка, сварной шов, магнитные поля.*

***Annotation:** Methods of controlling the position of the joint in electron beam welding remain a priority goal for research and improvement. One of these methods is the method of controlling the position of the joint using an x-ray sensor. The article presents an approach to the processing of data obtained from an x-ray sensor controlling the position of the joint and its effectiveness. The possibility of identifying*

further directions of development of the method of controlling the position of the joint using an X-ray sensor is shown.

Keywords: *electron beam welding, X-ray sensor, junction control, weld, magnetic fields.*

Исследование рентгеновского датчика контроля положения стыка

При сваривании деталей электронно-лучевой сваркой возникает проблема контроля положения стыка и существует несколько способов ее решения, которые активно изучаются и разрабатываются.

В результате взаимодействия пучка электронов с обрабатываемым материалом появляется рентгеновское излучение, локализованное в месте взаимодействия электронного пучка с материалом, которое можно использовать для определения положения стыка свариваемых деталей.

Возможность контролировать положение стыка свариваемого изделия по рентгеновскому излучению основана на том, что пересечение электронным пучком стыка соединения приводит к изменению интенсивности рентгеновского излучения с поверхности обрабатываемого материала в направлении рентгеновского датчика. При отсутствии плавления точное совмещение электронного пучка со стыком будет соответствовать минимуму рентгеновского излучения, а нахождение пучка на поверхности детали – максимуму.

Рентгеновские лучи распространяются прямолинейно, проходят сквозь пары металлов с незначительным ослаблением и, кроме того, нечувствительны к действию электрических и магнитных полей, имеющих место при ЭЛС. Испытания рентгеновских датчиков различного типа показали, что они обладают более высокой помехозащищенностью по сравнению с вторично-эмиссионными датчиками, что свидетельствует о перспективности их применения [1; 2]. Высокая помехозащищенность рентгеновских датчиков связана еще и с тем, что они гальванически развязаны от сварочного оборудования и легко экранируются.

В качестве рентгеновского датчика для определения интенсивности рентгеновского излучения используются сцинтилляционные детекторы, состоящие из комбинации сцинтиллятора с фотоэлектрическим умножителем.

Интенсивность рентгеновского излучения, попадающего на рентгеновский датчик, может быть представлена выражением [3]

$$J_d = K_0 K_1 Z U_0^2 I \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} K_2(x, y) j_b(x, y) dx dy,$$

где K_0 – коэффициент пропорциональности;

K_1 – коэффициент, учитывающий пространственное положение датчика;

K_2 – коэффициент, учитывающий неоднородность материала свариваемого изделия;

j_b – нормированная плотность распределения тока пучка на поверхности детали.

Уровень выходного сигнала такого датчика зависит от отношения толщины изделия к ширине зазора в стыке. Уменьшение величины зазора приводит к снижению сигнала от стыка, чувствительность датчика падает, поэтому трудно добиться требуемой помехозащищенности измерительного устройства. Увеличение ширины зазора в стыке, позволяющее повысить чувствительность датчика, на практике применяется редко, так как это приводит к такому дефекту, как занижение верхней поверхности шва. Поэтому был разработан специальный коллимированный рентгеновский датчик, содержащий коллиматор – щелевую бленду из свинца, которая ограничивает зону обзора датчика.

Коллимированные рентгеновские датчики положения стыка используются как в системах слежения с предварительной записью траектории стыка [4; 5; 6], так и в системах слежения на рабочем токе. В настоящее время рентгеновские датчики положения стыка применяются достаточно широко. С начала 80-х годов прошлого века такими датчиками комплектуются системы

слежения за стыком в машинах для ЭЛС японских фирм «Мицубиси Дэнки» и «Итами Сэйсакусе» [4; 7; 8] и фирмы «Steigerwald Straltechnik» (ФРГ).

При сварке металлов больших толщин существует возможность контролировать положение стыка по рентгеновскому излучению из канала проплавления. Для получения сигнала от стыка используют коллимированные датчики рентгеновского излучения, ориентированные на канал проплавления [9; 10; 11; 12; 5; 13].

В устройстве [9] для совмещения электронного пучка со стыком используют рентгеновское излучение из корневой части канала проплавления. Для этого рентгеновское излучение преобразуется в электрический сигнал в виде двугорбого импульса, а совмещение пучка со стыком осуществляется по временному интервалу между максимальными значениями амплитуды этого импульса. В качестве датчика рентгеновского излучения, располагаемого со стороны электроннолучевой пушки в плоскости стыка, используют рентгентелевизионный видикон или рентгеновский детектор на основе микроканальных пластин.

В устройстве [5] для получения сигнала от стыка электронный пучок во время сварки периодически сканируют поперек стыка. Возникающее при этом рентгеновское излучение регистрируют коллимированным рентгеновским датчиком, ориентированным на канал проплавления через стык соединения. При пересечении электронным пучком стыка возникает импульс измерительного сигнала, так как рентгеновское излучение в направлении датчика в этот момент не экранируется стыком. Полученный импульс от стыка сравнивается с импульсом, образуемым устройством при прохождении отклоняющего тока через ноль. По взаимному положению обоих импульсов устройством формируется управляющий сигнал, корректирующий положение электронного пучка относительно стыка. Работа устройства осложняется высоким уровнем помех, связанных с колебаниями канала проплавления. Эти колебания носят случайный характер и приводят к нестабильности рентгеновское излучение из

канала проплавления, что вызывает сбои в системе слежения по стыку.

Повысить помехозащищенность рентгеновских датчиков положения стыка можно, используя методы частотной селекции. В устройстве [11] сигнал датчика стыка подвергается частотной селекции в избирательном усилителе. Для этого электронный пучок сканируют поперек стыка с частотой генератора сканирования, деленной на два. При пересечении пучком электронов стыка свариваемых деталей во время сканирования на выходе рентгеновского датчика возникает сигнал, содержащий гармонические составляющие. С помощью избирательного усилителя выделяется вторая гармоника сигнала датчика стыка. Далее сигнал, пройдя через фазовый дискриминатор и фильтр, преобразуется усилителем-формирователем в нормированный импульс стыка. Этот импульс пропускается блоком временной импульсной селекции в момент движения электронного пучка поперек стыка. Время появления импульса стыка относительно импульса симметрии определяет направление отклонения пучка электронов от стыка и преобразуется интегратором в аналоговую форму для коррекции положения пучка. Высокая помехозащищенность измерительного устройства появляется при сообщении сигналу от стыка свойства периодичности, за счет чего спектр сигнала смещается в ту область частот, где уровень помех минимален. Схема выделения сигнала от стыка позволяет эффективно подавлять помехи. При прохождении сигнала через избирательный усилитель, имеющий узкую полосу пропускания, уничтожаются импульсные и флуктуационные помехи, имеющиеся в спектре сигнала от стыка. Оставшиеся помехи, частотный спектр которых попадает в полосу пропускания избирательного усилителя, но отличен от спектра сигнала от стыка, подавляются фазовым дискриминатором.

Другим способом повышения помехозащищенности систем слежения за стыком по рентгеновскому излучению из канала проплавления является применение дифференциального рентгеновского датчика [14]. Измерительное устройство содержит два рентгеновских детектора: один с широкой зоной

обзора, другой с узкой зоной обзора. Детектор с широкой зоной обзора установлен в плоскости, перпендикулярной стыку свариваемых деталей. Детектор с узкой зоной обзора, ширина которой меньше диаметра электронного пучка, ориентируется таким образом, чтобы проекция коллимационной щели пересекала стык под острым углом. В результате сканирования рентгеновский детектор и коллимированный рентгеновский детектор будут фиксировать изменения интенсивности рентгеновского излучения в зависимости от положения электронного пучка относительно стыка. По полученным сигналам детекторов определяется величина отклонения пучка, по которой формируется управляющее воздействие, корректирующее положение электронного пучка относительно стыка свариваемых деталей. Совместное применение детектора с широкой зоной обзора и детектора с узкой зоной обзора в составе комбинированного датчика положения стыка позволяет повысить точность наведения пучка на стык соединения свариваемых деталей, а также устранить ошибки позиционирования электронного пучка.

Следует отметить, что работы в направлении создания систем автоматического позиционирования электронного пучка по стыку соединения свариваемых деталей будут активно проводиться и в дальнейшем, так как количество используемых в промышленности систем все еще исчисляется единицами.

Библиографические ссылки:

1. Об использовании рентгеновских датчиков в системах направления электронного пучка по стыку / Е.Н. Баня, Ф.Н. Киселевский, О.К. Назаренко // Материалы 5-й Всесоюз. конф. по электронно-лучевой сварке. Киев: Наукова думка, 1977. С. 126–128.
2. Тэреда Ура. Исследования способа обнаружения границы проплавления при электронно-лучевой сварке: Пер. с яп. ТТП Москвы № 19263 от 29.11.1987.

3. Управление электронно-лучевой сваркой / В.Д. Лаптенко, А.В. Мурыгин, Ю.Н. Серегин, В.Я. Браверман: Под ред. В.Д. Лаптенка. Красноярск: САА, 2000. 234 с.

4. Хара К. Новая машина для электронно-лучевой сварки с программным управлением: Пер. с яп. ВЦП № М-03755 от 12.03.1986.

5. Mauer K.O. Systems for beam positioning in electron beam welding. *Schweisstechnik*. 1982. Vol. 32. No 8. P. 368–373.

6. Murakami H., Iwami T, Yasunaga S., Automatic positioning system for electron beam welding // *IECON 84. Proc. Int. Conf. Ind. Electron. Contr. and Instrum.* (22-26 Oct. 1984, Tokyo). *Ind. Appl. Microelectron. New York*, 1984. Vol. 1. P. 545–556.

7. Установка для электронно-лучевой сварки с программным управлением от ЭВМ для авиационной промышленности / К. Хара и др. // Пер. с яп. ВЦП № М-03756 от 12.02.1986.

8. Automatic weld line sensing and work positioning for electron beam welding / S. Sasaki, H. Murakami, T. Iwami, S. Yasunaga // *IW DOC*. 4-368-84.

9. А.с. 1391834 СССР, МПК7 В 23К 15/00. Способ слежения за стыком при лучевой сварке / Солнцев А.А., Бесчетнов А.П.. Оpubл. 30.04.1988, Бюл. № 16. 4 с.

10. А.с. 1433690 СССР, МПК7 В 23К 15/00. Способ контроля канала проплавления при электронно-лучевой сварке / Лаптенко В.Д., Башенко В.В., Баякин С.Г., Дрянных А.Д., Угрюмов В.Г., Пономарев В.В. Оpubл. 30.10.1988, Бюл. № 40. 5 с.

11. А.с. 1493422 СССР, МПК7 В 23К 15/00. Устройство для слежения за стыком при электронно-лучевой сварке / Лаптенко В.Д., Мурыгин А.В., Браверман В.Я., Генцелов А.Н. Оpubл. 15.07.1989, Бюл. № 26. 3 с.

12. Cooper J.C., Previs A., Schumacher B.W. Closed-loop beam Position controller for electron beam welding // *DVS-Ber*. 1980. Vol. 63. P. 20–25.

13. Pat. 1585918 Great Britan, MKU B 23K 15/00. A method of setting a path for a charge carrier beam of charge carrier beam apparatus and charge carrier beam apparatus with means for carrying out the method / W. Scheffels. Publ. 11.03.1981.

14. Тихоненко Д.В., Мурыгин А.В. Автоматическое устройство наведения на стык при электронно-лучевой сварке // Вестник СибГАУ. 2010. № 3. С. 143–149.