

РАЗРАБОТКА ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЛУБИНЫ ПРОПЛАВЛЕНИЯ ТОРЦЕВЫХ СВАРНЫХ ШВОВ СТАЛЬНЫХ ПЛАСТИН

© 2021 г. В.А. Сясько¹, Павел Валентинович Соломенчук^{1*}, А.Е. Ивкин¹,
А.Е. Горбунов¹

¹ – ООО «Константа», 198098 Санкт-Петербург, Огородный пер., 21

* - pavel257@mail.ru, +7 (812) 372-29-03

В конструкции мощных резистивных элементов коммутлирующей аппаратуры электропитания и защиты сверхпроводящей магнитной системы реактора ИТЭР для соединения стальных пластин применяются торцевые сварные швы. Сварные швы выполняются по технологии аргонодуговой сварки, материал свариваемых пластин сталь 08Ю или AISI 321. Конструкция сварных швов представлена на рис. 1, (а) внешний вид резистивного элемента приведен на рис. 1, (б).

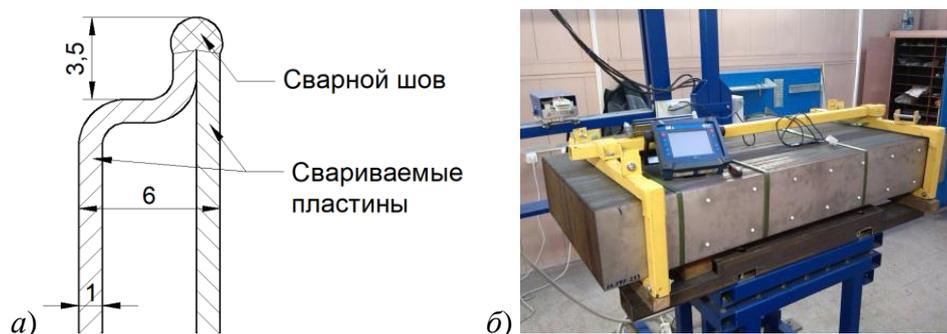


Рис. 1. Конструкция сварного шва (а) и внешний вид резистивного элемента (б)

Для контроля глубины проплавления выбран фазовый метод вихретокового вида НК. Для уменьшения магнитной проницаемости металла пластин и сварного шва из стали 08Ю, с целью увеличения глубины проникновения вихревых токов δ до необходимого значения, используется намагничивание до насыщения с применением электромагнита. При контроле сварного шва из стали AISI 321 намагничивание применяется с целью насыщения мартенситных включений в основном металле и сварном шве для увеличения соотношения сигнал/шум при проведении вихретокового контроля.

Проведенные исследования магнитных свойств стали 08Ю на кольцевых и цилиндрических образцах показали, что для снижения относительной магнитной проницаемости с начального значения $\mu \approx 610$ о.е. до приемлемого значения $\mu \approx 10$ о.е. потребуется намагничивание постоянным магнитным полем с индукцией 2,2 Тл. При этом, уменьшение μ до 10 о.е. при намагничивании в постоянном магнитном поле электромагнита в сочетании с уменьшением μ для слабого переменного магнитного поля вихретокового преобразователя (ВТП) при частоте возбуждения 50 кГц обеспечило δ ,

позволяющую провести контроль глубины проплавления сварного шва до 1,4 мм.

Разработанный ВТП предназначен для работы в составе роботизированной установки с 6-осевым манипулятором, грузоподъемность которого 3 -11 кг (в зависимости от положения), что обуславливает необходимость оптимизации веса ВТП. На рис. 2, (а) представлен эскиз ВТП, на рис. 2, (б) 3Д-модель ВТП.

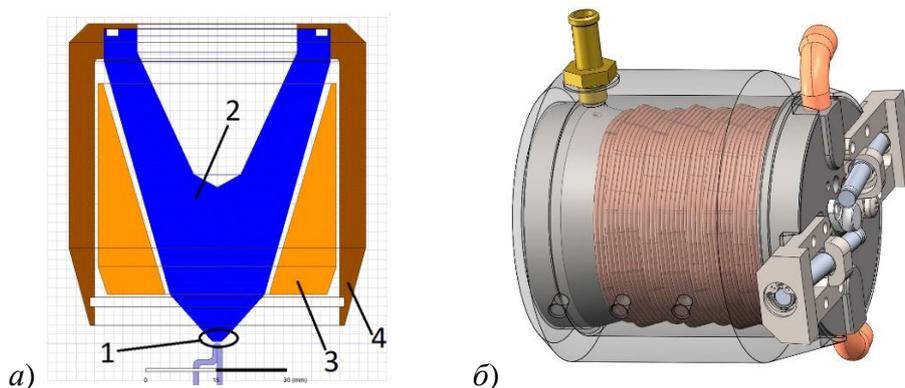


Рис.2. Конструкция вихрекового преобразователя (а) и его 3Д-модель (б)

Катушки чувствительного элемента абсолютного трансформаторного вихрекового преобразователя 1 расположены на кончике сердечника. Сердечник 2 изготовлен из прецизионного сплава 49КФ, характеризующегося высокой магнитной индукцией технического насыщения. Для исключения влияния вихревых токов в сердечнике на сигналы ВТП, в сердечнике возле катушек чувствительного элемента изготовлены узкие прорези. На сердечник наматывается катушка электромагнита 3. Экран 4 предназначен для уменьшения сопротивления магнитной цепи электромагнита. Форма элементов магнитной цепи оптимизирована методом конечных элементов с применением алгоритмов автоматической оптимизации методом Ньютона.

Ввиду значительного влияния размагничивающего фактора, обусловленного формой контролируемого участка сварного шва, для создания магнитного поля в сварном шве с индукцией 2,2 Тл в данной конструкции требуется магнитодвижущая сила порядка 5000 АВ. Для её создания используется катушка, содержащая 197 витков провода диаметром 1 мм. В диапазоне рабочих температур от + 20 до + 80 °С на проводе катушки выделяется до 570 Дж тепла, для отвода которого используется система жидкостного охлаждения.

В докладе подробно рассмотрены вопросы моделирования чувствительного элемента ВТП и системы намагничивания, описаны их конструкция и технологии, примененные для разработки и изготовления представленного вихрекового преобразователя, а также методика проведения контроля в составе роботизированного комплекса