Аэрологический информационно-вычислительный комплекс состоит из платы АЦП, блока управления и синхронизации, интерфейсного устройства. Все это реализовано на базе ЭВМ достаточной мощности. Программное обеспечение разрабатываемой системы базируется на специализированном программном пакете RAS 1.0.

Комплекс РАЗ может обеспечить следующие режимы работы: режим радиолокационного зондирования «ясного неба», режим радиолокационного радиозондирования (режим РАЗ), режим аэрологического радиозондирования с выпуском радиозондов. Станция может работать одновременно в первых двух режимах либо в третьем режиме.

Результаты, полученные в ходе выполнения работы, используются на кафедре «Радиоэлектроника информационных систем» в дисциплине специализации «Неконтактные методы измерений» для студентов специальности 2007 «Радиотехника». Изданы учебные пособия [2, 3], разработаны лабораторные работы.

Потенциальными потребителями проекта являются ОАО УПП «Вектор», ФГУПО «Пеленг», Росгидромет и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Елфимов В.И.* Разработка локационной системы дистанционного зондирования для экологического мониторинга природных и техногенных объектов / В.И.Елфимов, А.А.Калмыков // Записки Горного института. СПб, 2001. Т.149.

2. *Калмыков А.А.* Обработка авторегрессионных сигналов: Учеб. пособие / А.А.Калмыков, Н.П.Никитин; Уральский техн. ун-т. Екатеринбург, 2002. 89 с.

3. Основы радиотеплолокации: Учеб. пособие / В.И.Гадзиковский, А.А.Калмыков, В.С.Кубланов, Н.И.Серегин; Уральский техн. ун-т. Екатеринбург, 2001. 116 с.

УДК 621.7.044.

В.Ф.Карпухин, В.А.Глущенков

Самарский аэрокосмический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ НЕФТЕПРОВОДНЫХ ТРУБ С АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТОЙ

Основная доля аварий на нефтепроводах, приводящих к серьезным негативным экологическим последствиям, связана с коррозионным разрушением труб. Наиболее сложной задачей является антикоррозионная защита сварного стыка труб.

Использование электроимпульсных технологий для закрепления элементов антикоррозионной защиты в приторцевых участках внутренней поверхности труб позволяет повысить коррозионную стойкость трубопровода и снизить затраты при его монтаже. Результаты проведенных исследований позволили разработать технологические процессы закрепления протекторов из алюминиевых сплавов в трубах с помощью магнитно-импульсной сварки, магнитно-импульсной и электрогидроимпульсной запрессовки тонкостенных втулок из нержавеющей стали в приторцевые участки труб, а также создать необходимое оснащение для реализации этих процессов.

Most of oil pipelines failures resulting in serious negative ecological consequences, are caused by corrosion attack. The most complicated problem is the corrosion protection of a welded joint of pipes.

The use of electric pulse technologies aimed at fixing the elements of corrosion protection in the inner end face sections of pipes results in an increase in corrosion resistance of the pipeline and in the reduction of expenditures on its installation. The results of the conducted research have shown ample scope for the development of the technological processes of fixing protectors made of aluminum alloys in pipes with the help of magnetic - discharge impulse welding, magnetic - pulse and electro-hydro-pulse pressing in thin-walled sleeves made of stainless steel into the inner end face sections of pipes as well as the creation of the equipment for their implementation.

Повышение экологической безопасности нефтепроводов обеспечивается, главным образом, увеличением надежности их антикоррозионной защиты.

Антикоррозионная защита трубопроводов осуществляется по двум основным направлениям: первое связано с использованием элементов трубопроводов и защитных покрытий из материалов, обладающих высокой стойкостью против коррозии; второе – с протекторной защитой, основанной на электрохимическом растворении протекторного материала, препятствующего коррозии материала трубопровода.

В качестве защитных применяются лакокрасочные, полимерные, эмалевые и другие виды покрытий трубопроводов. Защитные покрытия обеспечивают достаточно высокую антикоррозионную стойкость трубопроводов и нашли широкое применение. Однако нагрев концевых участков труб при сварке стыков трубопровода значительно превышает температуростойкость покрытий. Поэтому наиболее сложной задачей является защита участков внутренней поверхности труб, прилегающих к сварному стыку.

Используемые методы защиты сварного стыка: нанесение защитных покрытий после сварки стыка, механическое закрепление в зоне стыка труб протекторов и защитных втулок и др. – весьма дороги, трудоемки и не гарантируют необходимой надежности антикоррозионной защиты трубопроводов.

Повышение эффективности антикоррозионной защиты сварного стыка труб и снижение затрат на изготовление трубопровода возможно за счет использования электроимпульсных технологий для закрепления элементов антикоррозионной защиты в трубах. Разработаны два варианта защиты зоны стыка труб: закрепление протекторного кольца из сплава на основе алюминия в приторцевой зоне трубы с помощью магнитно-импульсной сварки* и плакирование приторцевой зоны внутренней поверхности трубы коррозионно-стойким материалом путем запрессовки тонкостенной втулки с помощью одного из методов электроимпульсной технологии.

При выборе параметров магнитно-импульсной сварки протекторов с трубами необходимо учитывать как специфику процесса, так и особенности нефтепроводных труб, которые отличаются широким полем допуска на размеры и большой номенклатурой по толщине стенки.

Анализ показал, что наиболее рациональными для процесса магнитно-импульсной сварки являются протекторные втулки длиной 25 мм с толщиной стенки 2 мм. Увеличение массы протекторного материала в приторцевой зоне трубы может быть обеспечено путем сварки нескольких протекторных колец друг на друга или в ряд друг за другом.

Наиболее рациональным методом обеспечения косого соударения деталей при магнитно-импульсной сварке протекторов с трубами в заданном диапазоне диаметров является схема метания цилиндрического протекторного кольца многовитковым индуктором с конусной формой рабочей спирали. Расчеты процесса сварки показали, что оптимальная величина угла конусности индуктора составляет 6°. Установлено, что для сварки протекторов одного наружного диаметра с толщиной стенки от 4 до 10 мм достаточно иметь два типоразмера протекторных колец и соответственно два индуктора. Первый – для труб с толщиной стенки 4-7 мм, а второй – для труб с толщиной стенки 7-10 мм. Минимальная величина зазора между свариваемыми поверхностями должна составлять 4 мм, что позволяет производить сварку протекторов со всей номенклатурой труб одного наружного диаметра при одном уровне заряда генератора импульсных токов: $W = 20$ кДж для трубы диаметром 114 мм и $W = 52$ кДж для трубы диаметром 425 мм.

Осуществление второго варианта защиты сварного стыка возможно путем магнитно-импульсной или электрогидроимпульсной запрессовки тонкостенной втулки

---

* *Карпухин В.Ф.* Использование технологии магнитно-импульсной сварки для закрепления протекторных колец в трубах / В.Ф.Карпухин, А.К.Воинов // Магнитно-импульсная обработка материалов на современном этапе: Труды 1-й Межд. науч.-тех. конф. «Металлдеформ-99». Самара, 1999. С.62-66.

из коррозионно-стойкого материала, например нержавеющей стали, в приторцевые участки труб.

Длина втулки из нержавеющей стали выбирается такой, чтобы при сварке стыка труб нагрев прилегающей к торцу втулки, удаленной от стыка, не превышал термостойкости покрытия внутренней поверхности труб. Проведенные исследования показали, что это условие выполняется при длине втулки, превышающей 55 мм. Толщина втулки зависит от ее коррозионной стойкости. Предварительные коррозионные испытания показали, что слоя нержавеющей стали толщиной 1 мм вполне достаточно.

Исследования процесса магнитно-импульсной запрессовки втулок в трубы показали, что он обеспечивает надежное закрепление втулок в трубах. При этом наиболее рационально проводить запрессовку втулки за два рабочих импульса. Первым импульсом втулка деформируется и устанавливается зазор между втулкой и стенкой трубы, а вторым импульсом обеспечивается соединение втулки и трубы с натягом. Необходимая энергия заряда генератора импульсных токов меняется от 11 до 23 кДж по мере роста диаметра трубы от 114 до 425 мм.

Поскольку эффективность процесса магнитно-импульсного деформирования существенным образом зависит от электропроводности обрабатываемого материала, то при запрессовке втулки из нержавеющей стали в трубу необходимо использовать прокладку из материала с высокой электропроводностью, например из алюминия, которая помещается между индуктором и втулкой. Кроме того, двухимпульсная запрессовка втулки в трубы диаметром до 273 мм осуществляется двумя индукторами. Это приводит к удорожанию процесса.

Электрогидроимпульсная запрессовка позволяет осуществлять многоимпульсное деформирование втулки без замены инструмента, а эффективность процесса не зависит от электропроводности обрабатываемого материала.

Оценка необходимой для деформирования втулки энергии заряда генератора импульсных токов может быть проведена по формуле

$$W = \frac{\pi}{\eta}\frac{B}{1+m}\left(\frac{D}{D_0}-1\right)^{1+m} Sl(D_0 - S), \quad (1)$$

где D и D_0 – начальный и конечный диаметры втулок соответственно; l и S – длина и толщина стенки втулки; B и m – коэффициенты степенной аппроксимации кривой упрочнения материала втулки; η – КПД процесса, $\eta = 0{,}1$.

В расчетах по выражению (1) необходимо использовать динамическое значение коэффициента B, которое для нержавеющей стали в 2,3 раза превышает статическую величину*.

Расчеты по формуле (1) показывают, что для деформирования втулки за один импульс необходимая энергия заряда генератора импульсных токов для трубы диаметром 425 мм $W = 10$ кДж. При многоимпульсном деформировании достаточно $W = 2$ кДж.

Оценку энергии разряда, необходимой для осуществления запрессовки втулки в трубу, можно производить также по формуле, в которой учтены данные Б.Я.Мазуровского и А.Н.Сизова:

$$W = 1{,}5\cdot 10^{-6} V_{ж}\left[\frac{S\sigma_{0,2}\exp(-0{,}0136\sigma_{0,2}10^{-7})}{kD}\right]^2, \quad (2)$$

где $\sigma_{0,2}$ – предел текучести материала втулки; $V_{ж}$ – объем разрядной камеры; k – коэффициент, зависящий от $V_{ж}$ и диаметра трубы, $k = 0{,}6 \div 0{,}9$.

Сопоставление результатов расчетов по формулам (1) и (2) показывает, что процесс электрогидроимпульсной запрессовки втулок в трубы диаметром от 114 до 425 мм может осуществляться при энергии разряда, не превышающей 5,5 кДж за три импульса. Это подтвердила и экспериментальная отработка режимов запрессовки.

Трубы с элементами антикоррозионной защиты, закрепленными с помощью электроимпульсной технологии, внедренной на ООО НПП «Антикормаш», использовались при прокладке экспериментального участка нефтепровода длиной 1 км.

---

* *Мазуровский Б.Я.* Электрогидравлический эффект в листовой штамповке / Б.Я.Мазуровский, А.Н.Сизов. Киев: Наукова Думка, 1983. 192 с.