

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ПЕРВОГО КОНТУРА ОХЛАЖДЕНИЯ РЕАКТОРА ВВР-К



Тиванова О.В., Ермаков Е.Л., Акылбек Н.М., Урманов Р.Р.

РГП на пхв «Институт ядерной физики» МЭ РК, Алматы, Казахстан

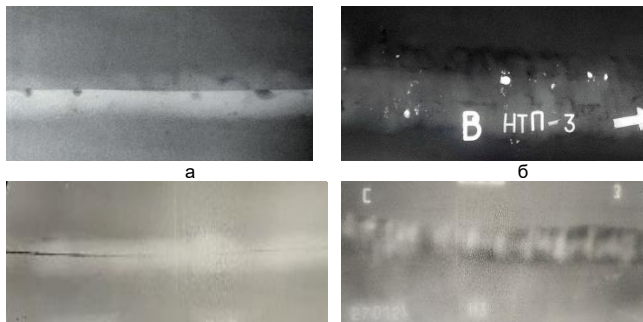
В настоящее время продолжают функционировать или временно приостановлены энергетические и исследовательские атомные реакторы, возраст которых достиг 40 лет. За столь длительный период эксплуатации в сварных соединениях накапливаются внутренние напряжения, которые со временем претерпевают количественные и качественные изменения и вероятность дефектообразования возрастает. Первый контур исследовательских атомных реакторов состоит из относительно небольших компонентов различной конфигурации. Компоненты трубопровода выполнены из алюминиевого сплава САВ-1 и из хромоникелевой аустенитной нержавеющей стали, соединенных посредством сварки. Значительная часть кольцевых сварных швов изготавливалась при монтаже трубопровода на площадке или ремонте в процессе эксплуатации. В таком случае возможны отклонения от регламентируемой технологии сварки, которые влияют на степень анизотропии и неоднородности структуры аустенитных швов, а также на возможное образование внутренних несплошностей сварных швов.

Из-за относительно небольших габаритных размеров трубопровода первого контура и значительного количества сварных элементов различной геометрии обследование проводится ручным способом: гамма-радиографическим методом с применением пленок и ультразвуковым эхо-импульсным методом. С целью оптимизации радиографического контроля разработано и изготовлено универсальное устройство для позиционирования радиоизотопного источника при радиографии, которое позволяет точнее направлять центральную часть пучка гамма излучения в исследуемую область, что повышает эффективность контроля и сокращает временные затраты на пребывания персонала в условиях повышенного радиационного воздействия от оборудования реактора ВВР-К.



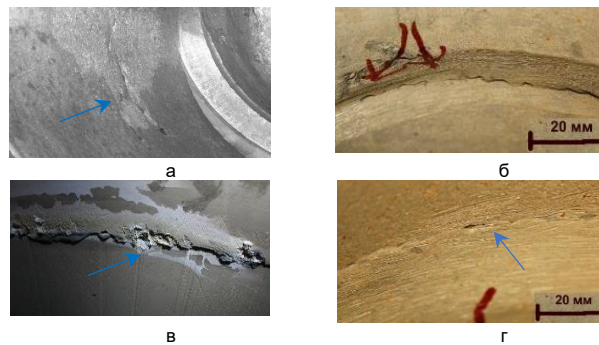
а – радиографическое исследование сварного соединения трубопровода к главному циркуляционному насосу первого контура реактора ВВР-К (И – источник излучения Ir-192 закреплен в разработанном устройстве позиционирования (б) при радиографическом контроле прямолинейных участков и отводов диаметром до 380 мм.

В результате испытаний получены информационные параметры комплекса дефектов двух типов сварных соединений. Показано, что несплавления в виде несплавлений и непроваров корня присутствуют в большинстве аустенитных сварных соседний, изготовленных при монтаже и ремонте трубопровода. Для сварных соединений алюминиевого сплава САВ-1 характерно наличие различного типа пористости и вольфрамовые включения.



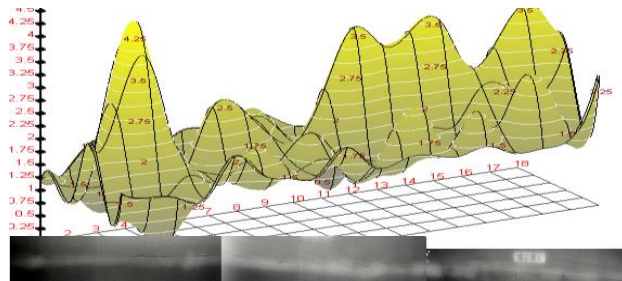
Типичные дефекты сварных соединений сплава САВ-1 (а, б) и аустенитно и стали типа X18Н9 (в, г), выполненных на заводе изготовителе (а, в) и при монтаже (б, г)

В ходе визуального контроля внутренней части элементов трубопровода первого контура обнаружены незначительные следы эрозийных процессов в корневой части и основного металла элементов САВ-1, а также присутствие различающихся по исполнению кольцевых аустенитных швов в одном компоненте.



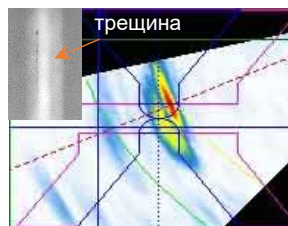
Эксплуатационно-технологические дефекты внутренней стенки трубопроводов: сплава САВ-1 следы эрозии в основном металле (а) и корневой части шва (в); аустенитной стали X18Н9Т (б, г) и дефекты монтажа, обнаруженные при визуальном контроле: б –разнотолщинность элементов, несплавления; г- подрезы.

Исследования дополнены данными диагностики напряженно-деформированного состояния индикатором механических напряжений «Stressvision». Сравнительный анализ данных радиографического контроля и исследования распределений параметров внутренних напряжений показал, что при однотипных дефектах уровни внутренних напряжений в единицах распределения значений коэффициента механических напряжений в материале шва САВ-1 выше, чем в аустенитных швах стали X18Н9Т. Сравнения картограмм снятых в 2011 и 2022г. показал на некоторых участках незначительное увеличение показателей уровней внутренних механических напряжений в пределах 10%.



Распределение значений коэффициента неоднородности механических напряжений вдоль сварного шва с дефектом в виде непровара (радиограмма представлена под графиком)

Радиографический контроль не позволяет выявить некоторые дефекты и оценить их высоту и глубину залегания, в отличие от ультразвукового метода. Однако грубая анизотропия структуры аустенитного сварного шва способствует значительному ослаблению, рефракции и деформированию проходящего ультразвукового пучка, что приводит к некорректному определению координат и условных размеров дефекта. Наиболее информативным и эффективным в настоящее время рассматривается технология фазированных ультразвуковых решеток (РАУТ). Которая должна быть адаптирована к условиям испытания конкретного оборудования с учетом защитного покрытия и особенностей аустенитной структуры. Данная технология позволит определить координаты, размеры и вид найденного дефекта».



Таким образом для повышения надежности и экономичности контроля кольцевых сварных соединений необходимо совершенствование применения ультразвукового контроля с технологией фазированной решетки.

Данная работа профинансирована Министерством энергетики Республики Казахстан (BR09158958).

e-mail: oksana.tivanova@inp.kz
+7 727 3866842