

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА НАПРЯЖЕНИЙ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ НАЛИЧИИ ПОРИСТОСТИ*

*Седанова Елизавета Павловна, Седнев Дмитрий Андреевич, Салчак Яна Алексеевна
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
lizasedanova@mail.ru*

Хранение отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) является неотъемлемым этапом замкнутого ядерно-топливного цикла. Этап «сухого» хранения ОЯТ осуществляется с использованием герметичных пеналов, представляющих собой сварные цилиндрические конструкции [1]. В ходе производства и эксплуатации пеналов происходят изменения в структуре материала, вызывающие появление механических напряжений, которые при определенной концентрации могут приводить к значительному снижению прочности сварных швов. В связи с этим важным становится вопрос диагностики сварного соединения неразрушающими методами контроля, позволяющими сохранить работоспособность изделия. Для проведения инспекции материалов атомной отрасли допустимыми методами являются рентгенография и ультразвуковая томография. Метод ультразвуковой томографии позволяет реконструировать объект с достаточной точностью, а также снижает радиационное воздействие на персонал.

Однако даже в случае, если дефекты были обнаружены и признаны допустимыми, значительные механические нагрузки, связанные с процедурой постановки пенала на хранение или с проведением мониторинга состояния, могут вызвать разрушение сварного соединения. Таким образом, разработка методики количественной оценки дефектов с целью расчета механических напряжений в сварных соединениях пенала для хранения ОЯТ является актуальной задачей.

В рамках данной работы было рассмотрено влияние различных характерных дефектов сварного шва на его прочность. На основании проведенного аналитического обзора был разработан способ расчета критических напряжений, возникающих в пеналах для хранения ОЯТ при наличии дефектов. Способ основывается на использовании данных ультразвуковой томографии, на основе которых производится последующий расчёт механических напряжений, создаваемых дефектом в сварном соединении.

Разработанный способ предназначен для образцов, выполненных из стали марки 12X18Н10Т. Сварное соединение выполняется по технологии аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. В качестве исходных данных для выполнения количественной оценки дефектов сварных соединений были использованы трехмерные вексельные данные, полученные в результате томографической реконструкции сварного шва контролируемого объекта по методу Digitally Focused Array.

Результат эксперимента позволил обнаружить в образце несплошность типа «поры», с учетом чего была проведена апробация способа расчета. По результатам расчёта по формуле (1) механическое напряжение, создаваемое порой диаметром 0,4 мм, составляет 177 МПа. На рисунке 1 продемонстрирована зависимость напряжения, создаваемого порой в сварном соединении, от величины доли дефекта от ширины шва.

$$\sigma = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{n}, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{пред}}$ – предельное напряжение, вызывающее разрушение элемента или значительные остаточные деформации;

n – нормативный запас прочности.

Предельное напряжение было рассчитано по формуле:

$$\sigma_{\text{пред}} = \begin{cases} \sigma_{\text{В}}^{(\text{ОМ})} \text{ при } \theta \leq \frac{\sigma_{\text{В}}^{(\text{МШ})}}{\sigma_{\text{В}}^{(\text{ОМ})}} - 1, \\ \sigma_{\text{Т}}^{(\text{МШ})}(1 - \theta) + (\sigma_{\text{В}}^{(\text{МШ})} - \sigma_{\text{Т}}^{(\text{МШ})})(1 - \theta)(1 + 0,65\theta) \text{ при } \theta > \frac{\sigma_{\text{В}}^{(\text{МШ})}}{\sigma_{\text{В}}^{(\text{ОМ})}} - 1, \end{cases} \quad (2)$$

где $\theta=1/S$ – относительный размер дефекта, то есть размер дефекта l , отнесенный к толщине шва S .

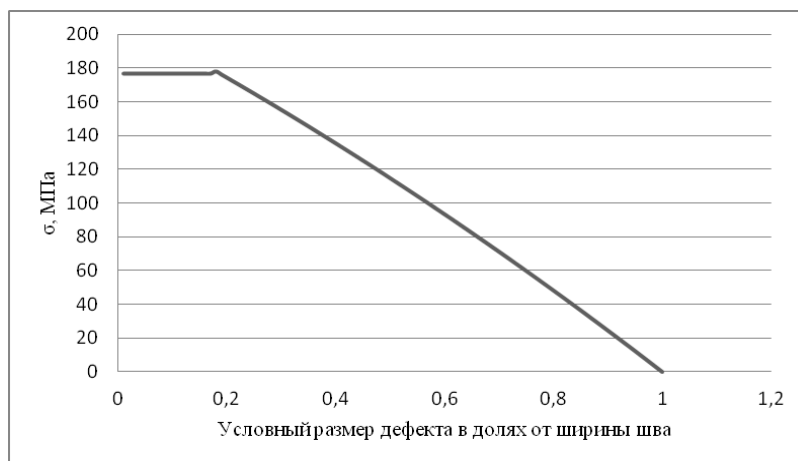


Рис. 1. Зависимость предельного напряжения от условного размера дефекта в долях от ширины шва

*Выполнено при финансовой поддержке проекта №11.3683.2017/ПЧ

Список литературы:

[1] Калинин В.И., Анисимов О.П., Размашкин Н.В., Тихонов Н.С. // Хранение ОЯТ – обязательное условие развития атомной энергетики. 2006. Материалы конференции «Стратегия безопасности использования атомной энергии». Москва. С.286.

ПОЛНАЯ ОЦЕНКА СВАРОЧНЫХ ОБЪЕМНЫХ ДЕФЕКТОВ В ИНТРАКОРОНАРНОМ ПРОВОДНИКЕ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Хегай Артем Григорьевич, Батранин Андрей Викторович

Томский политехнический университет

Батранин Андрей Викторович,

aluminaze@gmail.com

Объектом исследования является медицинское изделие – интракоронарный проводник, который является частью системы доставки. Данные системы широко применяются в хирургических операциях по стентированию кровеносных сосудов [1]. Проводник выполнен из никелида титана. Конструкция изделия представляет собой проволоку, сверху покрытую спиральной оплеткой с нанесенным снаружи покрытием. Диаметр интракоронарного проводника не превышает 1 мм.

В работе была применена рентгеновская компьютерная томография высокого разрешения. Данный метод хорошо подходит для количественного исследования внутренней структуры изделий и материалов. Целью работы была полная оценка внутренних дефектов, образующихся в процессе сварки внутренней проволоки и внешней оплетки со стороны жесткого конца интракоронарного проводника.

Исследования проводились на рентгеновском микрофотографе «Орел-МТ» [2]. Источником рентгеновского излучения служит рентгеновская микрофокусная трубка XWT 160-TC компании X-RAY WoX GmbH (Германия), для регистрации ослабленного рентгеновского излучения используется матричный детектор PaxScan-2520V компании Varian Medical Systems (США).

Были выбраны следующие параметры томографического сканирования:

- расстояние от источника до объекта – 17 мм;
- расстояние от источника до детектора – 500 мм;
- размер вокселя – 4,3 мкм;
- ускоряющее напряжение источника – 100 кВ;
- анодный ток трубки – 40 мкА;
- шаг вращения объекта – 0,3 град.;
- число проекций – 1200.

С помощью программного обеспечения Bruker micro-CT NRecon реконструировали поперечные сечения исследуемого объекта по проекционным снимкам.