

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ СВАРНОГО ШВА МЕТОДАМИ ВИБРОДИАГНОСТИКИ

Анненков Ф.М.

Ключевые слова: вибродиагностика, сварной шов, усталостные повреждения, трещина.

Аннотация. Своевременное диагностирование усталостного разрушения сварных соединений является актуальным вопросом машиностроения. Широкое распространение имеют методы неразрушающего контроля, в частности, методы вибродиагностики. В данной работе рассматривается вопрос диагностирования усталостного разрушения стыкового сварного шва с начальным дефектом типа непровар средствами вибродиагностики.

DETECTION OF WELDED JOINT FATIGUE DAMAGE USING VIBRODIAGNOSTICS

Annenkov Ph.M.

Keywords: vibrodiagnostics, welded joint, fatigue damage, crack.

Abstract. In time diagnosis of welded joints fatigue is important problem of modern mechanical engineering. Methods of nondestructive control, as vibrodiagnostics, is a commonly used. The paper presents the problem of fatigue damage diagnosis of welded joint with initial imperfection as lack of fusion.

Введение. Сварные соединения повсеместно используются в машиностроении и строительстве из-за своей дешевизны и малой трудоемкости. Однако, при этом повышен риск возникновения дефектов типа непровара, подреза и т.д. [1]. Так, в 2016 году из-за разрушения сварного соединения трубы отвода под действием нагрузки из-за резонансных колебаний произошла авария на Березовской ГРЭС [2]. В связи с этим тема данной статьи актуальна.

Постановка задачи. В данной статье проводится исследование влияния усталостного разрушения на модальные характеристики образца, представляющим собой стальную пластину с размерами 160мм x 30мм x 4мм и приваренную к ней пластину с размерами 60 мм x 30мм x 4мм. Сварка осуществлялась односторонним стыковым швом так, что на противоположной от шва стороне пластины оставался непровар, который будет рассматриваться как начальный дефект.

Численный расчет. Для проведения численного расчета была построена плоская модель в конечно-элементном комплексе ANSYS, ширина пластины в которой задавалась не геометрией, а конечными элементами. Для разбиения использовались элементы PLANE183 [3], размер которых был задан равным 1 мм, а вблизи дефекта равным 0,2 мм (рис. 1). Таким образом модель была разбита на 3092 элемента. Закрепление реализовано ограничением всех степеней свободы короткой стороны пластины вблизи дефекта.

В дальнейшем, при проведении эксперимента образец закреплялся в оснастке на расстоянии 5 мм от дефекта, что и было реализовано в конечно-элементной модели.

В результате параметрического расчета были получены значения первой собственной частоты в зависимости от глубины дефекта (рис. 2).

Как видно из полученных данных при глубине дефекта 3 мм (75 % от толщины пластины), первая собственная частота падает на 46,13 Гц, что составляет около 39% от первой собственной частоты пластины с начальным дефектом.

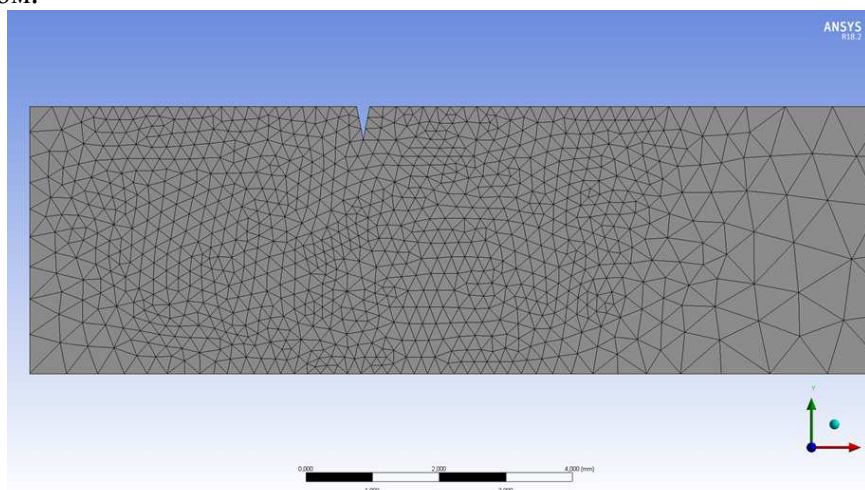


Рис. 1. Конечно-элементная сетка

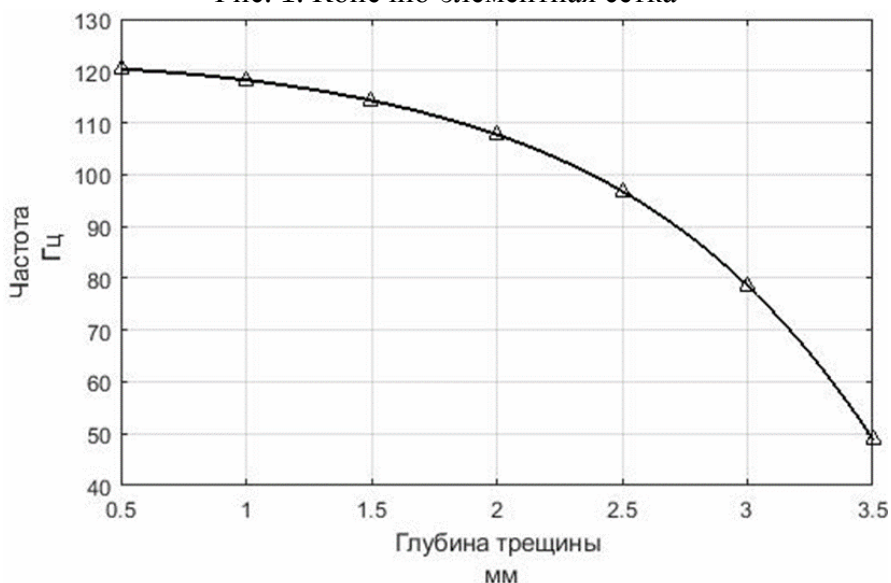


Рис. 2. Зависимость первой собственной частоты от глубины дефекта

Экспериментальная часть. Экспериментальное определение воздействия усталостного разрушения на модальные характеристики проводилось на вибростенде Data Physics серии SignalForce. Образцы закреплялись в массивной оснастке, для исключения ее влияния, на вибростенде. Измерения колебаний производилось при акселерометра kistler 8614A500M1 с чувствительностью 3.59 mV/g, закрепленного на расстоянии 50мм от

свободного конца балки. Образец испытывался в резонансном режиме, поддерживаемом вибростендом путем выдержки разности фаз сигнала возбуждения и сигнала отклика, равной 90° . Для снятия и записи показаний акселерометра использовалась программа, написанная в LabView. Она представляет из себя алгоритм, изображенный на рис. 3.

В результате эксперимента была получена зависимость первой собственной частоты от времени, которая была преобразована в зависимость первой собственной частоты от количества циклов (рис. 4).



Рис. 3. Алгоритм программы снятия и записи показаний акселерометра

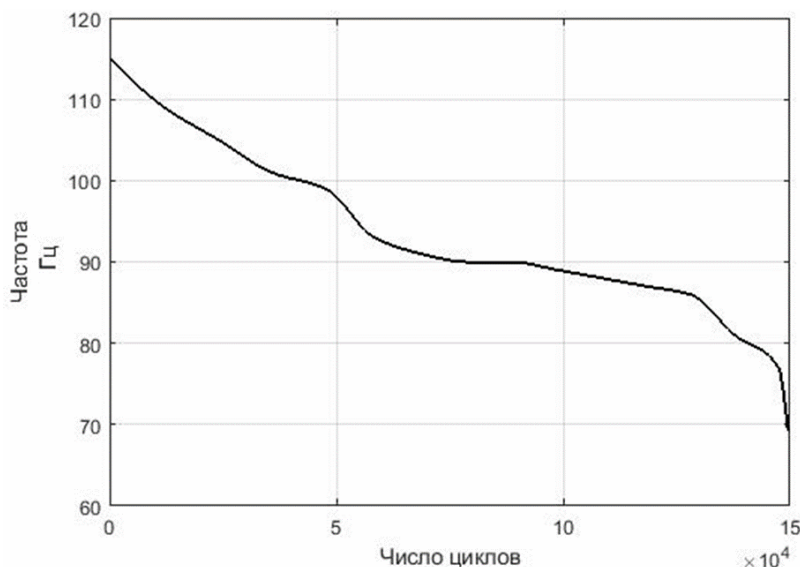


Рис. 4. Зависимость собственной частоты от количества циклов нагружения

Результаты. После сопоставления данных эксперимента и численного расчета была получена зависимость длины трещины от числа циклов (рис. 5а), затем путем ее численного дифференцирования была получена зависимость скорости роста трещины от числа циклов (рис. 5б). По полученным графикам видно, что после $1,2 \times 10^5$ циклов наблюдается резкое увеличение скорости роста трещины, что соответствует достаточно большой трещине ($>65\%$ от изначальной толщины пластины).

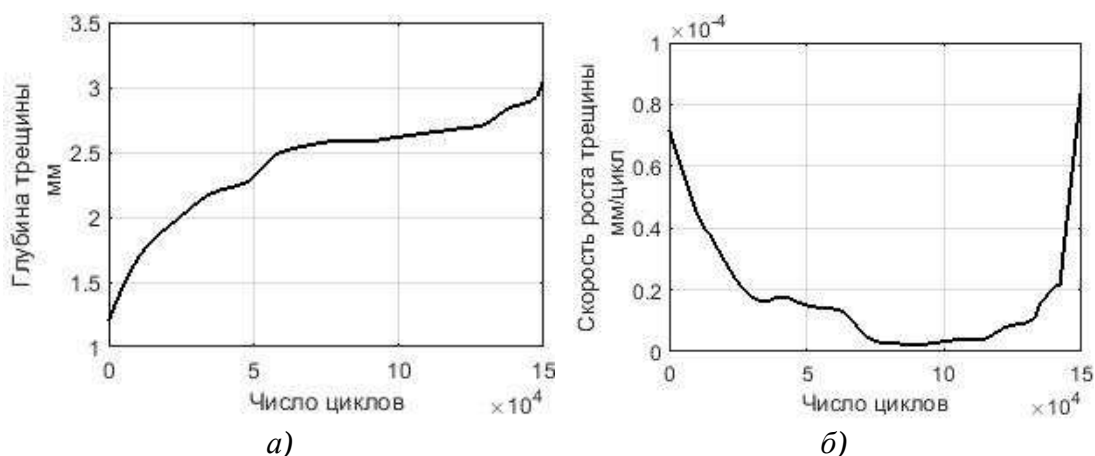


Рис. 5. Графики зависимости глубины трещины (а) и скорости роста трещины (б) от числа циклов

Выводы. В результате проведенных исследований были получены сведения о развитии трещины в сварном шве при действии на образец циклической нагрузки. Показано, что сведения о скорости роста и глубине трещины полученные в результате модального анализа, могут служить критерием для идентификации критического состояния сварного шва и проведения ремонта.

Список литературы

1. Детали машин: учебник для вузов / Л.А. Андриенко и др. – Изд. 4-е, под ред. О.А.Ряховского. – М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 465 с.
2. Техническое расследование причин аварии на энергоблоке Березовской ГРЭС завершено. Информационный портал «Вестник промышленной безопасности». URL: <http://www.vestipb.ru/indnews8206.html>
3. Басов К.А. ANSYS. Справочник пользователя. – М.: ДМК-Пресс, 2014. – 640с.

References

1. Machine Parts: textbook for Universities / L.A. Andrienko et al. – 4th edition, ed. by O.A. Rjakhovskij. – M.: BMSTU publ., 2014. – 465 p.
2. The technical investigation into the causes of the accident at the power unit of the Berezovskaya TPP has been completed. Informacionnij portal "Vestnik promishlennoj bezopastnosti" (Information portal "Bulletin of industrial safety.") URL: <http://www.vestipb.ru/indnews8206.html>
3. Basov K.A. ANSYS. User guide. – M.: DMK-Press, 2014. – 640 p.

Анненков Филипп Маратович – магистрант кафедры «Основы конструирования машин», МГТУ им. Н.Э. Баумана, г.Москва, Российская Федерация, philipp.annenkov@gmail.com

Annenkov Philipp Maratovich – student of department «Fundamentals of machine design», BMSTU, Moscow, Russian Federation, philipp.annenkov@gmail.com

Received 23.12.2019