

УДК 629.12

DOI: 10.34046/aumsuomt101/16

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СВАРОЧНЫХ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ КОРПУСА СУДНА

Е.Л. Ведерникова, старший преподаватель

Сварные конструкции элементов корпуса судна в течение всего срока эксплуатации подвержены высоким циклическим, динамическим и ударным нагрузкам, в связи с чем вопросы надежности сварных конструкций приобретают огромное значение. Сварка, как технологический процесс, имеет неоспоримый ряд преимуществ, но, в тоже время обладает и рядом недостатков, часто снижающих ее эффективность. Одним из основных недостатков является возникновение остаточных напряжений вследствие неоднородного нагрева свариваемых элементов конструкций, усадочные и фазовые изменения. В сложившейся ситуации остро встает вопрос поиска методов определения интенсивности напряжений и технологических приемов, направленных на снижение уровня и перераспределение остаточных напряжений в сварных конструкция корпуса судна.

Ключевые слова: сварка, остаточные напряжения, надежность, корпус судна

INVESTIGATION OF THE INTENSITY OF WELDING RESIDUAL STRESSES OF SHIP HULL ELEMENTS

E.L. Vedernikova

Welded structures of ship hull elements are subject to high cyclic, dynamic and shock loads during the entire service life, in connection with which the issues of reliability of welded structures are of great importance. Welding, as a technological process, has an undeniable number of advantages, but at the same time has a number of disadvantages that often reduce its effectiveness. One of the main disadvantages is the occurrence of residual stresses due to inhomogeneous heating of the welded structural elements, shrinkage and phase changes. In the current situation, there is an urgent question of finding methods for determining the intensity of stresses and technological techniques aimed at reducing the level and redistribution of residual stresses in the welded hull structure of the vessel.

Tags: welding, residual stresses, reliability, vessel hull.

Первый метод определения остаточных сварных напряжений известен как метод фиктивных сил. Данный способ основывается наоднородности поля напряжений и гипотезе плоских сечений, согласно которому, в процессе остывания металла в зоне сварного шва возникают усадочные растягивающие напряжения в виде активной нагрузки, приложенной к свариваемому элементу конструкции. Используя гипотезу плоских сечений и учитывая, что в данном поперечном сечении элемента внутренние силы находятся в равновесии, можно найти основные параметры для определения закона распределения этих усадочных напряжений. Таким образом, фиктивные упругие напряжения – то напряжения, которые создавались бы в теле при предположении об идеальной упругости материала. Следовательно, для расчета остаточных напряжений необходимо аналитически описать напряженность поверхностного слоя сварного шва.

Описание остаточного напряженного состояния наиболее точно аппроксимируются уравнением:

$$\sigma_i = m \cdot \varepsilon_i^n \quad (1)$$

где σ_i и ε_i – интенсивность остаточного напряжения сварного шва и деформации;

m и n – постоянные коэффициенты для материала

m – значение напряжения, превышающего предел текучести при логарифмической деформации ε_i

$$\varepsilon_i = l_n \left(\frac{l}{l_0} \right) = 1 \quad (2)$$

где l и l_0 – конечная и исходная длина элемента

n – показатель деформационного упрочнения материала

Второй метод основан на решении обратной температурной задачи деформируемой среды. В процессе исследования возникающих сварочных остаточных напряжений, устанавливается законраспределения температуры свариваемой детали для любого момента времени в зависимости от мощности источника и скорости его перемещения. Далее, на основании построенной температурной кривой и гипотезы плоских сечений, находят как временные, так и остаточные напряжения и деформации для данного поперечного сечения свариваемой детали. В связи с интенсивным развитием вычислительной техники стало возможным выполнение любых расчетов, в том числе и определение остаточных сварочных напряжений.

В настоящее время на передний план выходят более универсальные методики, характеризующиеся простотой задания исходной информации. В основе таких методик лежит, в частности, метод конечных элементов, позволяющий решить данную задачу (ANSYS, ABAQUS, SYSWELD).

Численным моделированием, представленным на Рисунке 1, с помощью конечно-элементного программного комплекса ANSYS было исследовано напряженно-деформированное состояние сварного шва из стали с учетом возникновения в сварном соединении и зоне термического влияния закалочной структуры.

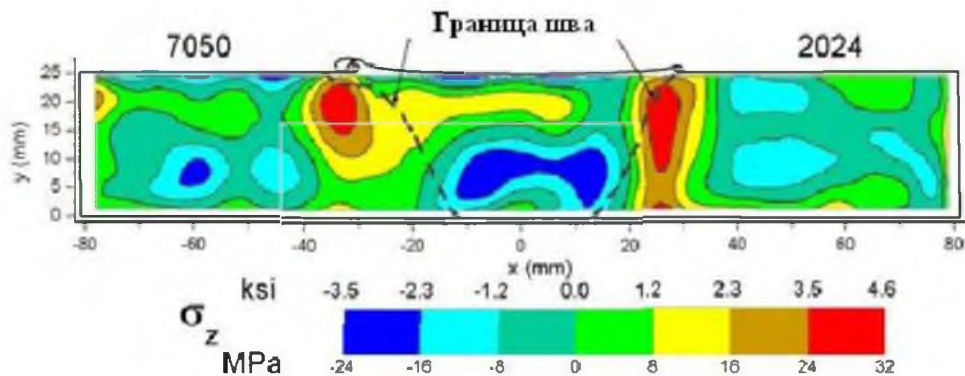


Рисунок 1 – Исследование остаточных напряжений в сварном шве

В результате исследования были получены следующие результаты:

- наибольшая концентрация напряжений и деформаций возникает в зоне сварного шва и в зоне сплавления, при этом эквивалентные остаточные напряжения (по Мизесу) достигают предела текучести.

- уровень остаточных окружающих напряжений при сварке без подогрева превышает предел текучести металла шва на 24%.

- в случае сварки с предварительным подогревом величина максимальных эквивалентных окружающих напряжений снижается по сравнению со сваркой без подогрева на 13% и 18% соответственно, за счет больших пластических деформаций в сварном шве.

По результатам проведенного обзора и анализа можно сделать следующие выводы, что возникающие при сварке напряжения и деформации достаточно хорошо изучены. Существует множество научных трудов, в которых выявлены причины возникновения остаточных напряжений [2-6]. Но наиболее прогрессивным методом определения остаточных сварных напряжений является компьютерное моделирование [4], позволяющее экономить время, и материальные затраты, а также позволяет более детально учитывать и анализировать перераспределения напряжений при сварке.

Литература:

1. Колесников Я.А., Ямилев М.З., Фазылов М.Р. Численное моделирование сварного соединения

из стали 15х5м и оценка его напряженно-деформированного состояния // Сборник научных трудов. – Уфа. – 2008. – С.135-151.

2. Fu YH., Zhang HO., Wang GL., Wang HF. Investigation of mechanical properties for hybrid deposition and microrolling of bainite steel // Journal of materials processing technology. 2017. V.250. Pp. 220-227.

3. Junaid M., Khan F.N., Rahman K., Baig M.N. Effect of laser welding process on the microstructure, mechanical properties and residual stresses in Ti-5Al-2.5 Sn alloy. // Optics and laser technology. 2017. V.97. Pp. 405-419.

4. Huang H., Tsutsumi S., Wang JD., Li LQ., Murakawa H. High performance computation of residual stress and distortion in laser welded 301L stainless sheets // Finite elements in analysis and design. 2017. V.135. Pp. 1-10.

5. Vasileiou A.N., Smith M.C., Balakrishnan J., Francis J.A., Hamelin C.J. The impact of transformation plasticity on the electron beam welding of thick-section ferritic steel components // Nuclear engineering and design. 2017. V.323. Pp. 309-316.

6. Seo S., Huang EW., Woo W., Lee S.Y. // Neutron diffraction residual stress analysis during fatigue crack growth retardation of stainless steel // International journal of fatigue. 2017. V.104. Pp. 408-415.

References

1. Kolesnikov YA.A., YAmilev M.Z., Fazylov M.R. CHislennoe modelirovanie svarnogo soedineniya iz stali 15h5m i ochenka ego napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya // Sbornik nauchnyh trudov. Ufa. 2008. S.135-151.

2. Fu YH., Zhang HO., Wang GL., Wang HF. Investigation of mechanical properties for hybrid deposition and microrolling of bainite steel // Journal of materials processing technology. 2017. V.250. Pp. 220-227.

3. Junaid M., Khan F.N., Rahman K., Baig M.N. Effect of laser welding process on the microstructure, mechanical properties and residual stresses in Ti-5Al-2.5 Sn alloy. // Optics and laser technology. 2017. V.97. Pp. 405-419.
4. Huang H., Tsutsumi S., Wang J.D., Li L.Q., Murakawa H. High performance computation of residual stress and distortion in laser welded 301L stainless sheets // Finite elements in analysis and design. 2017. V.135. Pp. 1-10.
5. Vasileiou A.N., Smith M.C., Balakrishnan J., Francis J.A., Hamelin C.J. The impact of transformation plasticity on the electron beam welding of thick-section ferritic steel components // Nuclear engineering and design. 2017. V.323. Pp. 309-316.
6. Seo S., Huang E.W., Woo W., Lee S.Y. // Neutron diffraction residual stress analysis during fatigue crack growth retardation of stainless steel // International journal of fatigue. 2017. V.104. Pp. 408-415.

УДК 621.431.74

DOI: 10.34046/aumsuomt101/17

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВИБРАЦИИ СУДОВЫХ ВЫСОКООБОРОТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В.В. Герасиди, кандидат технических наук, доцент

А.В. Лисаченко, преподаватель

В статье рассматриваются судовые высокооборотные двигатели пропульсивных комплексов морских судов. В настоящее время Классификационные общества и производители судовых двигателей уделяют большое внимание нормам вибрации, как самих двигателей, так и их приводного оборудования. Контроль технического состояния двигателей по параметрам вибрации в эксплуатации позволяет выявить как на ранней стадии, так и уже сформировавшихся неисправностей элементов так и самого двигателя в целом. Например, выявление и развитие (распространение) некачественного процесса сгорания топлива, балансировки двигателя и прикрепленного (приводного) оборудования, неисправности подшипников скольжения коленчатого вала, потеря жесткости конструкции, целостность опор двигателя и демпфера крутильных колебаний и т.д. В связи с этим, нормирование значений различных параметров вибрации современных судовых высокооборотных двигателей в эксплуатации является актуальной задачей.

В работе выполнен анализ критерии оценки параметров и значений вибрации в соответствии с нормативными документами международных стандартов, Классификационных обществ и производителей судовых высокооборотных двигателей.

Ключевые слова: электрические машины, контроль, параметры вибрации, диагностика, подшипниковые узлы, производители, стандарты, Классификационные общества.

ANALYSIS OF MODERN REGULATORY DOCUMENTS FOR VIBRATION CONTROL OF MARINE HIGH-SPEED ENGINES

V.V. Gerasidi, A.V. Lisachenko

The article deals with marine high-speed propulsion engines of propulsion systems of marine vessels. Currently, Classification societies and manufacturers of marine engines pay great attention to the vibration standards of both the engines themselves and their drive equipment. Monitoring of the technical condition of the engines by vibration parameters in operation allows you to identify both at an early stage and already formed malfunctions of the elements and the engine itself as a whole. For example, the identification and development (spread) of a poor-quality fuel combustion process, balancing of the engine and attached (drive) equipment, malfunctions of the crankshaft sliding bearings, loss of structural rigidity, the integrity of the engine supports and the torsional vibration damper, etc. In this regard, the normalization of the values of various vibration parameters of modern marine high-speed engines in operation is an urgent task.

The paper analyzes the criteria for evaluating vibration parameters and values in accordance with the normative documents of international standards, Classification societies and manufacturers of marine high-speed engines.

Key words: electrical machines, control, vibration parameters, diagnostics, bearing assemblies, manufacturers, standards, Classification societies.

В настоящее время, на морских судах устанавливаются 4-х тактные среднеоборотные (СОД) и высокооборотные двигатели (ВОД) в качестве главных и вспомогательных установок мощностью от 100 кВт до 6000 кВт. Частота вращения коленчатого вала ВОД составляет $n_0 > 1300$ мин⁻¹. Фирмы производители такие как,

MANInc., MTUInc., PerkinsInc., DetroitInc, CUMMINSInc., CATERPILLARInc. и т.д. оснащаются современными локальными диагностическими системами мониторинга. Например, крупный производитель судовых ВОД фирма "Caterpillar" использует переносные комплексы для управления и контроля технического состояния этих