

ОТЗЫВ

Федерального Государственного унитарного предприятия «Центральный Научно-Исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» (ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей») на автореферат диссертационной работы Нигматуллина В.И. «Разработка методов оценки циклических и статических свойств металлических материалов с учетом особенностей технологических построочных операций и возможных режимов эксплуатации корпусов подводных объектов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.08.01 «Теория корабля и строительная механика»).

Диссертационная работа Нигматуллина В.И. посвящена решению двух задач, возникающих при решении вопросов обеспечения прочности и надежности конструкций корпусов подводных объектов.

Первая из них состоит в необходимости корректного учета совместного влияния циклических сжимающих эксплуатационных нагрузок и остаточных сварочных напряжений на долговечность основного металла и сварных соединений корпусов подводной техники на стадии развития усталостных трещин в области высоких циклических нагрузок. В вершине усталостной трещины в данных конструкциях формируется цикл знакопеременного нагружения с отрицательным коэффициентом асимметрии цикла (в терминах коэффициента интенсивности напряжений (КИН)). Знакоположительная часть цикла обусловлена растягивающими остаточными и изгибными напряжениями, отрицательная часть – в основном, сжимающими эксплуатационными нагрузками.

При огромном числе исследований кинетики усталостных трещин, выполненных за последние десятилетия во всем мире на различных металлических материалах при знакоположительном цикле нагружения, данные для знакопеременного нагружения относительно малочисленны. Для отечественных марок конструкционных сталей и их сварных соединений такие исследования начали проводиться только недавно. Соответственно, нет и общепринятых подходов к расчету скорости роста трещины при таких режимов нагружения.

Вторая задача, решавшаяся в диссертации, связана с необходимостью учета при расчете устойчивости корпусов глубоководных конструкций эффекта Баушингера - изменения диаграммы деформирования основного металла после холодной пластической деформации при формовке заготовок и экспандировании труб. Учет данного фактора необходим, в частности, для обоснования необходимости термической обработки после этих технологических операций.

В связи с этим выполненное автором исследование, безусловно, актуально.

К достоинствам первой части выполненной работы следует отнести проведение экспериментальных исследований циклической трещиностойкости высокопрочных сталей в практически важном для корпусных конструкций глубоководной техники диапазоне скоростей роста трещины от 10^{-4} до 10^{-2} мм/цикл и коэффициенте асимметрии цикла в диапазоне от -1.5 до 1. Для аппроксимации зависимости скорости роста трещины от параметров нагрузки автором выбрана формула Формена, в которой в качестве одной из констант служит характеристика трещиностойкости стали при статическом нагружении K_{Ic} . Методами статистической обработки результатов испытаний при знакоположительном цикле нагрузки определены коэффициенты формулы Формена и показано удовлетворительное соответствие расчетов по этой формуле результатам испытаний при варьируемом коэффициенте асимметрии цикла.

Необходимо отметить также экспериментальные исследования циклической трещиностойкости сварных соединений данных сталей и предложенную им расчетно-экспериментальную схему, позволяющую получить характеристику трещиностойкости собственно металла сварного соединения, свободного от действия остаточных напряжений. Данный метод основан на определении по измерениям в отсутствие внешней нагрузки перемещения берегов трещины в образце в процессе ее продвижения и вычисления КИН, обусловленного остаточными сварочными напряжениями. Разработанный подход может быть использован для расчетов циклического ресурса сварного соединения в произвольном поле остаточных напряжений.

Во второй части работы автор на основе проведенных испытаний на одноосное сжатие после предварительного растяжения проанализировал изменение предела текучести и касательного модуля при сжатии для

высокопрочных сталей. Автор рассмотрел задачу устойчивости холоднодеформированных оболочечных конструкций и разработал методологию определения поправочных коэффициентов, определяющий снижение нагрузки потери устойчивости по отношению к теоретическому значению, для практически реализуемых радиусов изгиба заготовок. Эти результаты представляются крайне важными, поскольку такой подход позволит обоснованно принимать решения о допустимом уровне холодных пластических деформаций в конструкциях глубоководной техники.

По автореферату могут быть сделаны следующие замечания:

1. Утверждение, что полученное при обработке данных по кинетике усталостных трещин значение $K_{Ic} = 6650 \text{ МПа}\sqrt{\text{мм}}$ соответствует значениям, полученным при стандартных испытаниях, требует уточнений, так как такое значение трещиностойкости может быть корректным образом получено для стали данной прочности только на образцах толщиной более 90 мм. В автореферате не сообщается об испытании образцов такой толщины.

Было бы полезным привести результаты определения величины K_{Ic} , полученные при обработке данных по кинетике трещины при различных коэффициентах асимметрии цикла, с тем, чтобы установить, имеет ли параметр K_{Ic} в формуле Формена смысл параметра трещиностойкости при статическом нагружении или это лишь формальный параметр.

2. При анализе кинетики усталостной трещины в металле сварного шва одновременно следует учитывать как вклад остаточных напряжений в фактическую асимметрию цикла нагружения, так и возможное изменение сопротивления материала росту усталостной трещины по отношению к основному металлу. В связи с последним было бы целесообразно сравнить результаты испытаний по данной методике с результатами испытаний сварных образцов со снятыми остаточными сварочными напряжениями (широко используемым методом предварительной пластической деформации).

3. В автореферате нет упоминания подходов, применявшихся другими авторами ранее для решения задач устойчивости конструкций с неоднородными механическими свойствами по сечению.

4. Из автореферата неясно, учитывает ли предложенная методика оценки нагрузки потери устойчивости остаточные напряжения, возникающие после холодной правки заготовок.

Несмотря на сделанные замечания, значимость выполненной Нигматуллиным В.И. работы не вызывает сомнения. Работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует специальности «Теория корабля и строительная механика», а автор заслуживает присвоения степени кандидата технических наук.

Заместитель Генерального директора

ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей»

по научной работе

д.т.н., проф.



Мальшевский В.А.