

Безопасная эксплуатация емкостного оборудования с трещиноподобными дефектами типа расслоение

Булкин Вадим Александрович, доктор технических наук, профессор;

Валеев Сергей Ильдусович, кандидат технических наук, доцент;

Харламов Илья Евгеньевич, ассистент

Казанский национальный исследовательский технологический университет (г. Казань)

Основой безаварийной работы аппаратов является их систематическое обслуживание и ремонт, требования, к проведению которого закреплены в «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» [1].

Согласно этим правилам каждый аппарат при выработке ресурса, заложенного проектной организацией и заводом изготовителем должен быть подвергнут обследованию с целью определения сроков его дальнейшей безопасной эксплуатации [2, 3, 4].

Как уже отмечалось ранее каждый сотый сосуд и аппарат на период обследования имеет расслоение основного металла или сварного соединения [5, 6].

Согласно [7] если в аппарате выявлен трещиноподобный дефект типа расслоения не зависимо от размера и расположения в металле, вопрос о возможности допуска к эксплуатации решается специализированной организацией с учетом рекомендаций подраздела 6.5. Обычно эксплуатация такого оборудования разрешается в случае ремонта дефектного участка с применением сварки или периодического обследования дефектного участка неразрушающими методами с целью контроля увеличения размеров расслоения, если размеры и расположение расслоения не позволяет произвести его ремонт. Проведение периодического контроля процесс дорогой и трудоемкий, особенно в случае невозможности вывода аппарата из технологического процесса.

Так, например, при экспертизе промышленной безопасности вертикальной емкости, состоящий из обечайки Ш1600x10 мм и двух эллиптических днищ, материал исполнения ВстЗсп5, было выявлено в обечайке три эллиптических расслоения с осями (размерами) №1 150x830, №2 150x1000, №3 130x300 расположенные на разных уровнях

от шва приварки нижнего днища (рисунки 1, 2, 3). Расслоения вытянуты в кольцевом направлении и симметричны относительно оси обечайки. По результатам ультразвуковой толщинометрии глубина их залегания варьируется от 5,4 до 6,3 мм от наружной поверхности. Рабочее давление емкости - 10 кгс/см², давление гидродоиспытания - 13 кгс/см².

Целью работы является разработка метода определения параметров механики разрушения KI,II,III и создание системы их автоматизированного расчета для прогнозирования ресурса емкостного оборудования с трещиноподобными дефектами типа расслоения. Сопротивление хрупкому разрушению оценивается в соответствии с [8] по коэффициенту интенсивности напряжения (КИН).

Расчет напряженно-деформированного состояния и вычисление коэффициентов интенсивности напряжений выполнены методом конечных элементов с помощью программного комплекса ANSYS 12.1. Рассмотрена модель половины обечайки с записью соответствующих граничных условий на плоскости симметрии. Для имитации реакции днищ к торцевым плоскостям прикладывались соответствующие растягивающие напряжения. Расслоения моделировались по одному и рассчитывались на разных глубинах залегания. Расслоения моделировались параллельно поверхности обечайки. Не учитывалось влияние концентраторов напряжений (швов, штуцеров, опор и т.д.). Для создания правильной сетки в области фронта расслоения использовались 2-D элементы со смещенными центральными узлами (с целью реализации функции формы с корневой особенностью) PLANE82 и 3-D элементы SOLID186 с добавлением контактных элементов CONTA174 и TARGE170.

Решалась нелинейная контактная статическая задача без учета пластических деформаций в зоне фронта расслоения.

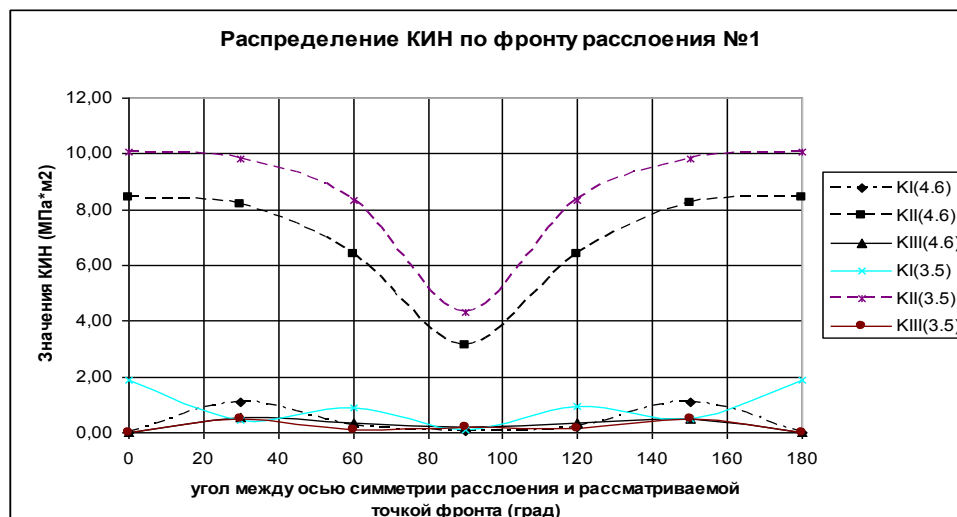


Рис. 1 Распределение КИН по фронту расслоения №1

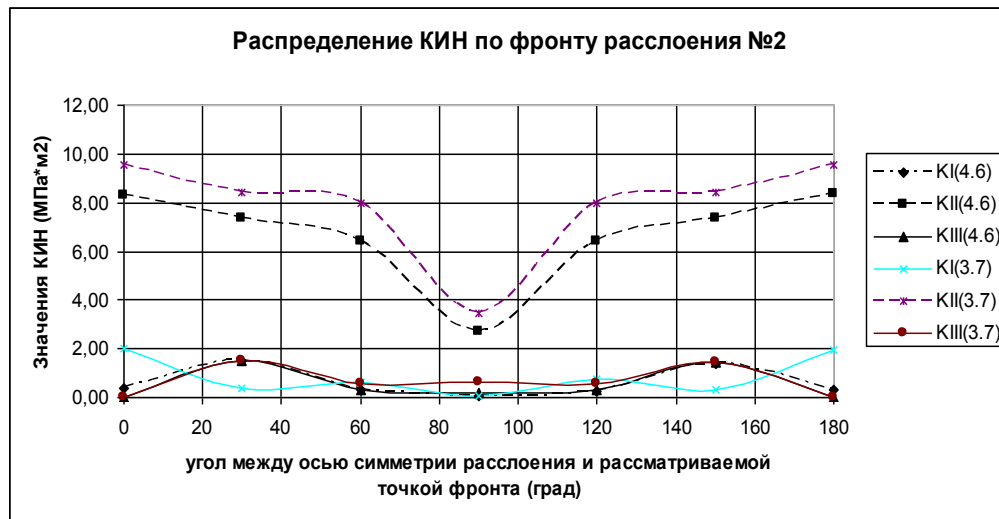


Рис. 2 Распределение КИН по фронту расслоения № 2

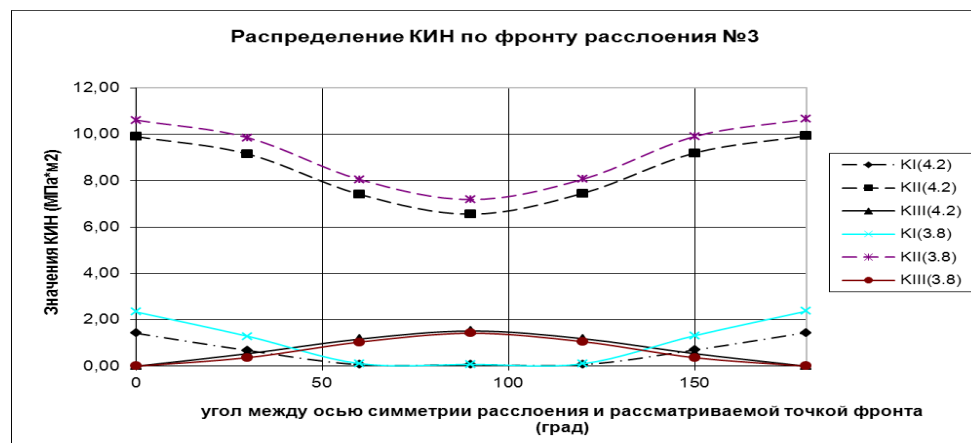


Рис. 3 Распределение КИН по фронту расслоения № 3

В результате упругого расчета выяснилось что максимальные эквивалентные напряжения в вершинах расслоения составляют: для расслоения № 1-1,7 МПа а для расслоения №3-1,6 МПа. Полученные напряжения малы по сравнению с допускаемыми для материала обечайки 142 МПа. В связи с чем необходимо проанализировать сопротивление хрупкому разрушению, возможность дальнейшего роста. Разрушения этого вида особенно опасны, так как происходят внезапно, распространяясь с высокой скоростью без заметной макропластической деформации.

На рисунках приведены результаты расчета коэффициента интенсивности напряжений (КИН) в 7 точках вдоль фронта расслоения. Из графиков видно, что для расслоений расположенных параллельно поверхности преобладает КИН второго типа (поперечного сдвига). КИН возрастает по мере приближения дефекта к внутренней стенке обечайки. Величины КИН малы по сравнению с критическим для данного материала, что исключает дальнейший рост дефекта (расслоения) в данных условиях эксплуатации. А следовательно не оказывает негативного влияния на прочность сосуда.

Литература:

1. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.03.2013 г. № 96 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств»;
2. Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» с изменениями;
3. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 ноября 2013 г. № 538 «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности»;
4. М.Х. Сабитов, С.И. Поникаров, С.И. Валеев Оценка ресурса безопасной эксплуатации газосепараторов с дефектами угловых сварных швов приварки штуцеров// Вестник Казанского Технологического университета. 2013.-Т.16, № 15-С. 118ч120.
5. Ю.И. Шакирова, С.И. Валеев, В.А. Булкин Эксплуатация технических устройств (сосудов и аппаратов) с дефектами типа расслоение//Вестник Казанского Технологического университета. 2012.-Т.15, № 16-С. 157ч158;
6. И.Е. Харламов, С.И. Валеев, Ф.Р. Зайнуллин, В.А. Булкин Исследование расслоений различной формы и ориентации в обечайке с определением параметров трещиностойкости//Вестник Казанского Технологического университета. 2014. Т.17,-№ 20-С. 267ч269;



7. РД 03-421-01 Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2002;
8. ПНАЭ Г-7-002-86 Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Москва ЭНЕРГОИЗДАТ, 1989.