

# РАСЧЕТ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПК ABAQUS

Яхно Б.О. кандидат технических наук, доцент.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Киев, Украина.

В современное время сварные соединения являются одними из наиболее распространённых типов соединений в машиностроении. Контроль их качества и технического состояния является одной из ключевых задач диагностирования и оценки технического состояния магистральных трубопроводов, энергетического оборудования, строительных конструкций и др. Современный уровень развития техники требует от молодых специалистов, оканчивающих сварочный факультет НТУУ «КПИ», глубоких знаний и умений в области определения, оценки безопасности и назначения методов ремонта дефектов сварных швов ответственных сварных конструкций.

Нормативные документы [1] для оценки запаса прочности трещиноподобных дефектов в сварных швах магистральных трубопроводов рекомендуют использовать двухкритериальный подход, который основывается на учете двух типов разрушения: хрупкого и вязкого. За хрупкое разрушение отвечает коэффициент интенсивности напряжений (КИН), определяемый аналитически или численно, с помощью пакетов программ, использующих метод конечных элементов, например Abaqus. Отношение текущего значения КИН к его критическому значению определяет запас прочности для трещины по хрупкому типу разрушения:

$$K_r = \frac{K_I}{K_{IC}} \quad (1)$$

где  $K_I$  - текущее значение КИН,  $K_{IC}$  - критическое значение КИН.

Запас прочности по вязкому типу разрушения определяют согласно следующей зависимости:

$$S_r = \frac{\sigma_r}{\sigma_B} = \frac{1}{q} \quad (2)$$

где  $\sigma_r$  - так называемое ссылочное напряжение,  $\sigma_B$  - предел прочности материала,  $q$  - коэффициент понижения прочности.

Для оценки степени опасности дефекта используется диаграмма сопротивления разрушению (ДСР), представленная на рис.1, на которой по горизонтальной оси откладывается величина  $S_r$ , а по вертикальной -  $K_r$ . Дефект представлен на диаграмме в виде точки (т. А) с координатами  $K_r^A$  и  $S_r^A$ . Если т. А находится снаружи диаграммы – то дефект считается критическим. При чем на ДСР выделяется зона, с гарантированным запасом прочности  $k$ , для которой горизонтальная и вертикальная координаты составляют  $1/k$ .

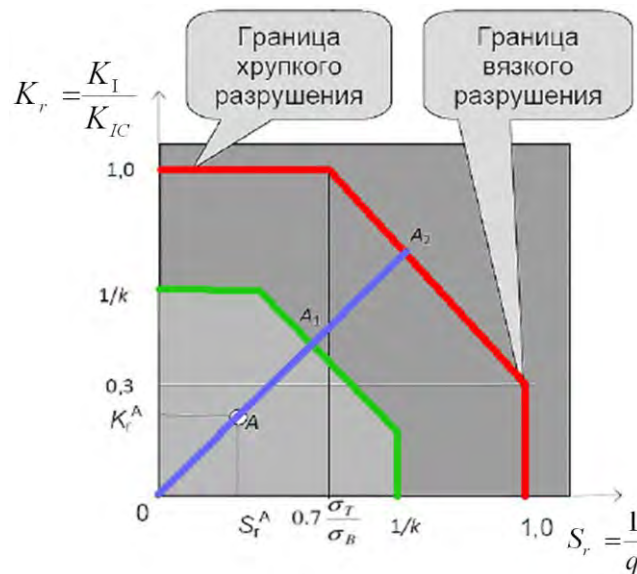


Рис.1 – Диаграмма сопротивления разрушению (ДСР)

Если через начало координат и т. А провести луч, то он пересечет границу ДСР в т.  $A_2$ , тогда запас статической прочности для дефекта будет определяться, как отношение отрезков  $OA$  к  $OA_2$ :

$$n = \frac{OA}{OA_2} \quad (3)$$

Для определения коэффициента понижения прочности  $q$  используют алгоритм, представленный на рис.2. Вначале исходную диаграмму деформирования  $\sigma(\varepsilon)$  модифицируют, умножая на отношение предела текучести  $\sigma_{0.2}$  к пределу прочности  $\sigma_B$ , получая при этом диаграмму  $\sigma'(\varepsilon)$ . Далее решают задачу методом конечных элементов и ищут значение максимальной деформации  $\varepsilon_{MAX}$ . Если это значение не равно 2%, то диаграмму деформирования снова модифицируют,  $\sigma'(\varepsilon) = \sigma'(\varepsilon)/q$ , подбирая величину  $q$  таким образом, чтобы получить  $\varepsilon_{MAX} = 2\%$ . Когда данное условие выполняется можно найти горизонтальную координату на ДСР для данного дефекта согласно формулы (2)

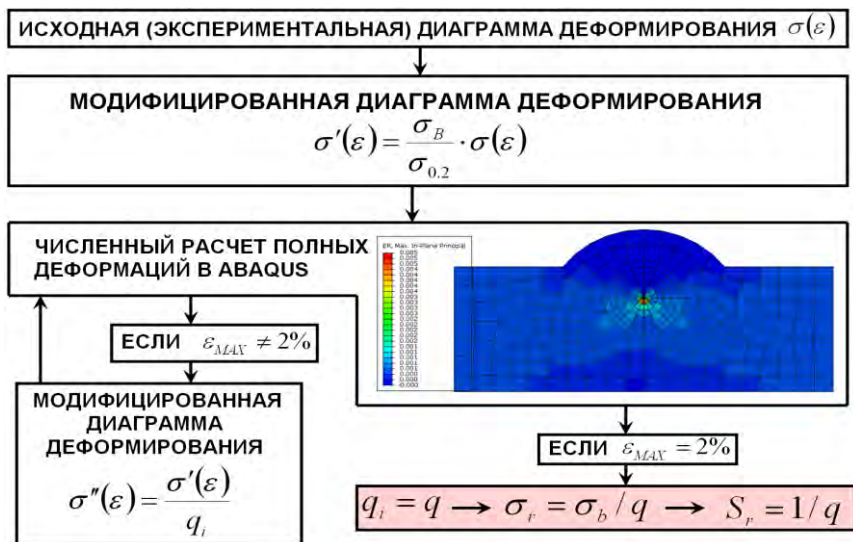


Рис.2 – Алгоритм определения коэффициента понижения прочности  $q$ .

В работе исследовался сварной шов с окружной трещиной (рис.3) магистрального трубопровода, нагруженного внутренним давлением, от которого в зоне сварного шва возникает поле растягивающих напряжений. В зависимости от абсолютной величины внутреннего давления величина растягивающего напряжения принимает значения: 80 МПа, 100 МПа, 120 МПа, 148 МПа, 186 МПа. В зависимости от уровня напряжений меняется запас прочности и точка, на ДСР принимает различные положения (рис.4).

Согласно нормативному документу [1], выделяется четыре степени опасности (категории) дефекта – «не значительный», «умеренный», «значительный» и «критический». «Критические» дефекты и дефекты, которые выходят за границу ДСР подлежат немедленному ремонту. «Значительные» дефекты должны быть отремонтированы в течение двух месяцев, «умеренные» – в течение шести, для не значительных дефектов ремонт не обязателен.

Как видно из рис.4. понижение уровня внутреннего давления может привести к изменению категории дефекта вплоть до «не значительной».

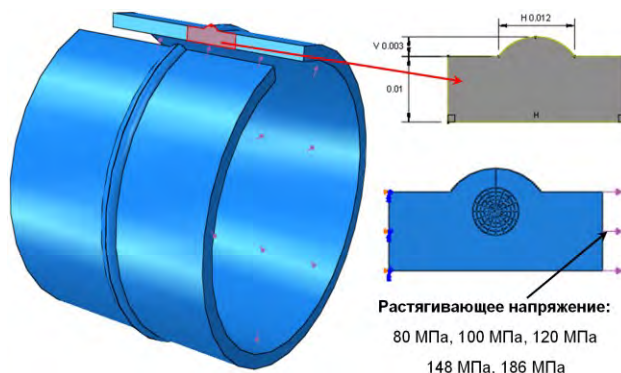


Рис.3 – Стыковой сварной шов в магистральном трубопроводе.

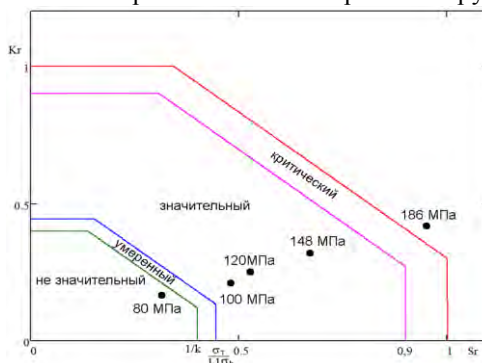


Рис.4 – ДСР с категориями и положением дефекта в зависимости от интенсивности растягивающих напряжений.

### Литература

1. ДСТУ-Н Б В.2.3-21:2008 Визначення залишкової міцності магистральних трубопроводів з дефектами. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – 2008. – 90с.
2. Ориняк І.В., Красовський А.Я., Бородій М.В. Основні особливості національного стандарту ДСТУ-Н Б В.2.3-21:2008 «Визначення залишкової міцності магистральних трубопроводів із дефектами»./ Проблемы прочности. №5 (401) – 2009г. с.18-27
3. Яхно Б.О. АВАQUS у задачах механіки. навч. посіб./ – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 128с. ISBN 978-966-622-401-2
4. Getting Started with АВАQUS. – USA, Abaqus inc., 2003. – 497 p.