

Обмен опытом

ОБРАЗЦЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НА КОРРОЗИОННОЕ РАСТРЕСКИВАНИЕ В АВТОКЛАВАХ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ

Статья поступила 26 марта 2014 г.

Коррозионное растрескивание (КР) — особый вид коррозии, наблюдающийся при одновременном воздействии коррозионной среды и растягивающих напряжений (внешних или внутренних). При этом коррозионный процесс локализуется в виде узкой трещины, распространяющейся межкристаллитно или транскристаллитно. Кроме зоны распространения коррозионной трещины, на основной части поверхности металла коррозионных разрушений не отмечается [1, 2].

В лабораториях исследования по определению стойкости к КР проводят в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным. Специалистами ОАО «ИркутскНИИхиммаш» разработан стенд коррозионной стойкости (рис. 1, а), основным элементом которого является автоклав, в котором проводятся коррозионные испытания под давлением. Автоклав представляет собой сосуд длиной 700 мм, внутренним диаметром 45 мм с линзовым уплотнением. К крышке автоклава приварен карман диаметром 12 мм, в который помещаются спай термопар для контроля температуры внутри автоклава, к нему же подвешиваются образцы. Автоклав помещается в асбестовый термостакан с нихромовой обмоткой. Полезный внутренний объем составляет один литр, площадь сечения — 29 см² (рис. 1, б).

Образцы для испытания на коррозионное растрескивание могут быть в виде С-образного кольца или U-образной формы (ASTM G38, G30; РТМ 26-01-38–71; РТМ 26-01-45–71; ГОСТ Р 9.901.3–2007 и др.). Деформационные напряжения в образце задаются и фиксируются с помощью болта. При использовании толстолистовых заготовок (поковок или листов) возникают сложности с изготовлением данных образцов — необходимы специальный инструмент и техно-

логия производства. Специфика изготовления образцов не позволяет также задавать и регулировать напряжения в упругой области, а при изгибании пластин, помимо упругих, возникают остаточные напряжения, не поддающиеся расчету. Кроме С- и U-образцов, в стандартах приводятся также различные примеры образцов на одноосное растяжение (гантелеобразные или «гагаринские»), которые используются совместно со специальными приспособлениями. Однако при соблюдении рекомендуемых размеров образцов и приспособлений возникают сложности с размещением данной конструкции в автоклаве.

Поэтому для испытаний на КР необходимы образцы, отвечающие требованию стандартов, свободно размещающиеся в автоклаве, а также позволяющие простым способом определить величины задаваемых деформационных напряжений.

Для испытаний был выбран образец, выполненный в виде П-образной пластины (рис. 2), верхняя центральная часть которой является областью с изменяемыми и задаваемыми механическими напряжениями.

Напряжение верхней центральной части рассчитывают исходя из размеров образца, а также с учетом изменения расстояния между двумя П-рычагами:

$$\sigma = \frac{6Fl}{bh}, \quad (1)$$

где σ — задаваемое напряжение; h — высота сечения; l — длина рычага образца; b — толщина образца; F — усилие нагружения.

Высота сечения образца $h = 2$ мм. С учетом размеров образца (см. рис. 2) и формулы (1) напряжения $\sigma_x = 738,93\Delta T$, где $\Delta T = T_0 - T_1$ — изменение расстояния между плечами «без нагрузки» и «после нагруз-

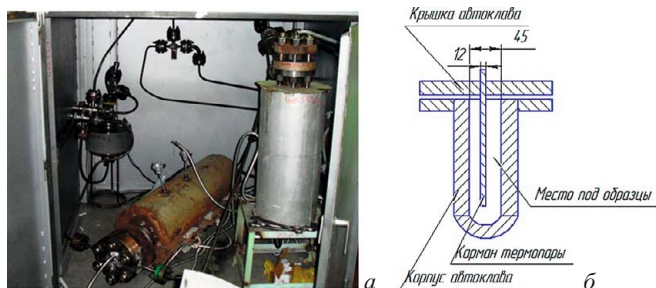


Рис. 1. Общий вид стенда коррозионной стойкости (а) и схема автоклава (б)

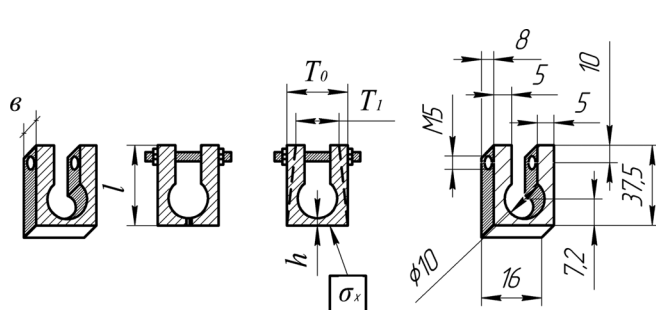


Рис. 2. Вид П-образных образцов

ки». При необходимости можно превысить предел текучести при нагружении образца и задавать остаточные напряжения. Однако для испытаний сварных соединений данные образцы обладают недостатком — неравномерностью нагрузки в зоне термических влияний.

Согласно NACE TM 0177 или PTM 26-01-38–71 для испытания сварных образцов на коррозионное растрескивание рекомендуется использовать гантелеобразные образцы. Данные образцы за счет распределения нагрузки вдоль оси имеют одинаковые растягивающие напряжения. Сварной шов и область термического влияния оказываются в месте этих напряжений.

Для размещения гантелеобразных образцов в автоклаве были разработаны специальные приспособления (рис. 3).

Соответствующие напряжения в упругой области задают с помощью затяжки гайки. Гайку изготавливают из того же материала для уменьшения влияния температуры и электрохимической коррозии.

Для создания в образце необходимых напряжений рассчитывают необходимое усилие затяжки из формулы

$$d_1 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi\sigma}}, \quad (2)$$

где d_1 — диаметр образца; Q — усилие; σ — задаваемое напряжение.

Подставляют полученное значение в формулу крутящего момента

$$M_{кр} = \zeta Q d_2 \quad (3)$$

(d_2 — диаметр резьбы образца; ζ — коэффициент трения), который задают с помощью динамометрического ключа [3 – 5].

При высокой температуре испытаний и разности материалов приспособления и образца дополнительно учитывается влияние теплового расширения [5].

Таким образом, для испытания на коррозионное растрескивание выбраны П-образные образцы, которые можно изготовить из поковок и толстолистовой стали. Предложен простой способ расчета напряже-



Рис. 3. Крестообразные приспособления с образцами

ний в упругой области на П-образном образце по изменению расстояния между плечами.

Для проведения испытаний на КР выбран способ создания напряжений в упругой области в гантелеобразных образцах за счет соответствующего крутящего момента. Разработано приспособление для нагружения упругим усилием гантелеобразных (гагаринских) сварных образцов для испытания в автоклаве.

П-образные образцы и крестообразные приспособления используются для испытаний на коррозионное растрескивание в автоклавах при высоких давлениях и температуре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Басиев К. Д., Величко Л. Н., Дзиев К. М., Алборов А. Д. Исследование коррозионного растрескивания металлических конструкций под напряжением / Коррозия: материалы, защита. 2011. № 7. С. 7 – 11.
2. Коррозия и защита химической аппаратуры: Справочное руководство. Т. 9 / Под ред. А. М. Сухотина. — Л.: Химия, 1974. — 576 с.
3. ГОСТ 26303–84. Сосуды и аппараты высокого давления. Шпильки. Методы расчета на прочность. — М.: Изд-во стандартов, 1984.
4. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (ПНЭА Г-7-002–86) / Госатомэнергонадзор СССР. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 525 с.
5. РД РТМ 26-01-44. Детали трубопроводов на давление свыше 10 до 100 МПа. Нормы и методы расчета на прочность. — М.: Всесоюзное промышленное объединение, 1978. — 72 с.

© М. В. Давыдкин, Г. Г. Золотенин,
О. В. Немыкина, Д. Ю. Габайдулин
ОАО «ИркутскНИИхиммаш», г. Иркутск, Россия;
e-mail: m.davidkin@himmash.irk.ru