

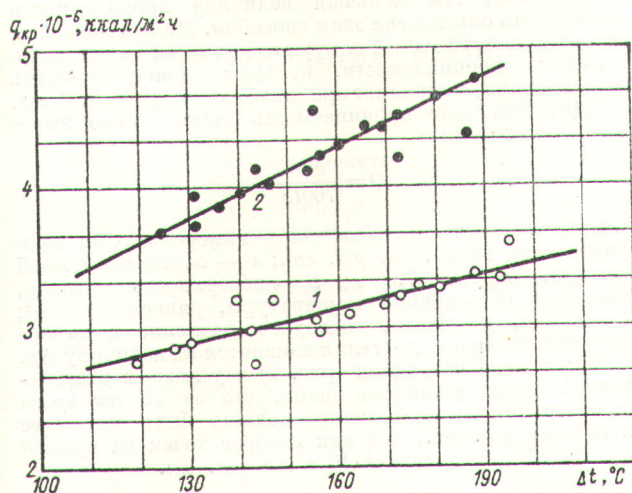


Рис. 3. Зависимость критической тепловой нагрузки от величины недогрева жидкости для двух скоростей циркуляции (1, 2 — скорость циркуляции 4,24 и 6,27 м/сек соответственно).

ценным уменьшением недогрева жидкости до температуры насыщения. Перегорание опытного элемента при наступлении кризиса теплоотдачи происходило на выходе из жидкости.

Критическая тепловая нагрузка менялась от $3,7 \times 10^6$ до $4,8 \cdot 10^6$ ккал/м²·ч при скорости жидкости 6,3 м/сек и изменении величины недогрева от 124 до 190°С и от $2,7 \cdot 10^6$ до $3,6 \cdot 10^6$ ккал/м²·ч при скорости 4,24 м/сек и изменении величины недогрева от 120 до 195°С. Точность определения величины критической нагрузки 4,5%.

Результаты опытов при двух указанных скоростях жидкости представлены на рис. 3. На основании этих данных можно заключить, что критические тепловые потоки для МИПД меняются линейно в зависимости от величины недогрева, как это было ранее установлено для других жидкостей.

Достаточная близость расположения опытных точек, относящихся к различным давлениям (давление менялось от 3 до 6 атм), к прямой указывает на слабое влияние давления в указанном диапазоне его изменений на критическую тепловую нагрузку. Сравнение показало, что полученные опытные данные не совпадают с рядом предложенных критериев зависимости для определения критических тепловых потоков [1—3].

Поступило в Редакцию 23/X 1962 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. С. Кутателадзе. Теплопередача при конденсации и кипении. М., Машгиз, 1952.
2. А. А. Ивашкевич. «Атомная энергия», 8, 51 (1960).
3. Б. А. Зенкевич. «Атомная энергия», 6, 169 (1959).

ГДК 621. 039. 53

Определение проницаемости стенок труб для гелия

И. С. Луников, Ю. С. Кузьмичев, Ю. В. Захаров

Применение гелия в качестве теплоносителя в установках, работающих при высоких температурах и давлениях, связано с существенными затруднениями, вызванными его возможной утечкой через стенки сосудов и труб или сварные швы.

Утечки гелия возможны через микродефекты сварных швов самого металла и в результате диффузии гелия через стенки труб или сосудов.

О диффузии инертных газов через металлы в литературе весьма разноречивые данные. Одни авторы [1, 2] утверждают, что инертные газы вообще не диффундируют через металлы, другие приводят экспериментально определенные коэффициенты диффузии инертных газов через различные металлы [3, 6]. В экспериментах инертный газ вводился внутрь металла ионной бомбардировкой, или растворением радиоактивных изотопов, в результате распада которых образуются инертные газы.

Диффузия гелия, введенного в металлы такими способами, подтверждает только возможность диффузии гелия из газовой фазы. Однако прямых опытов, доказывающих это, в литературе не приводится.

Поэтому для изучения проницаемости стенок трубчатых металлических образцов для гелия была разработана установка, (рис. 1), состоящая из вакуумной печи с образцом, теченосителя ПТИ-4А, систем откачки и подачи гелия в образец.

Вакуумная печь представляет собой цилиндрическую камеру 2 объемом 7,5 л с размещенной внутри

нее трубчатой печью 3, изготовленной из алундовых цилиндров 1 с фехрелевой спиралью 4. Один торец камеры наглухо заварен, с другой стороны камера

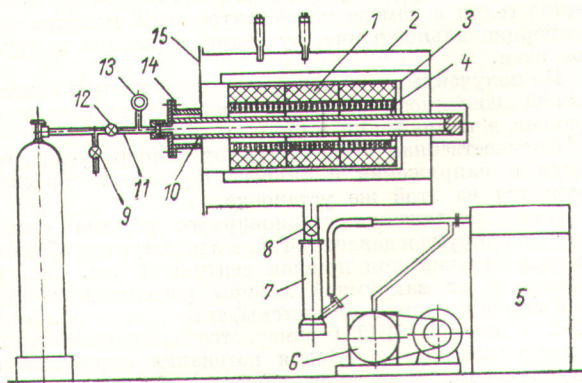


Рис. 1. Схема установки для определения проницаемости гелия.

закрывается съемной крышкой 15 на резиновом уплотнении. К крышке приварен патрубок с фланцем 14, к которому крепится исследуемый образец 10, представляющий собой трубу с заваренным наглухо кон-

цом; с другой стороны трубы имеется фланец со штуцером. Максимальный диаметр трубы 35, длина 600 мм. К штуцеру образца подводится трубка 11, по которой гелий подается в образец из баллона, с двумя вентилями точной регулировки (9, 12) и манометром 13 для измерения давления гелия в образце.

Вентилем 12 осуществляется подача и регулирование давления гелия в образце; вентилем 9 система высокого давления соединяется с атмосферой. Система откачки вакуумной печи состоит из форвакуумного 6 и диффузионного 7 насосов. Вентилем 8 вакуумная печь отключается от системы откачки, соединенной с течейскалем 5. Во время исследований измеряли вакуум в камере лампой ЛМ-2 с прибором ВИТ-1 и температуру образца двумя хромель-алюмелевыми термопарами.

Перед определением проницаемости для определения поверхности образца, нагреваемой до заданной температуры, на всех образцах измерялся перепад температуры. Перепад температуры по длине трубы измерялся в восьми точках хромель-алюмелевыми термопарами и переносным потенциометром.

Для проверки целостности трубы перед установкой в печь подвергались гидравлическим испытаниям давлением воды до 150 атм. Кроме того, плотность швов и целостность труб проверялась течейскалем при избыточном давлении гелия внутри трубы до 100 атм и вакуум снаружи трубы 10^{-5} мм рт. ст. Такое испытание труб при комнатной температуре до и после определения проницаемости необходимо для уверенности в том, что в испытуемых образцах отсутствуют дефекты.

После установки трубчатого образца в печь она откачивается до вакуума порядка $1 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. Одновременно к работе подготавливается течейскаль.

Когда образец в печи нагрет до заданной температуры, в исследуемую трубу подается гелий, регулируя давление которого, можно изменять напряжения в стенках трубы. После установления стационарного режима течейскалем по показаниям выносного прибора (в относительных единицах) измеряется количество гелия, проникающего из образца в камеру. В условиях стационарного режима такое измерение вполне оправдано, так как в этом случае в каждый момент количество гелия в камере масс-спектрометра течейскаля пропорционально количеству гелия в камере вакуумной печи.

По полученным результатам можно судить о качественной зависимости проницаемости от температуры, времени и напряжений в стенках труб.

Количественная зависимость от температуры, давления и напряжений в стенках трубчатых образцов изучается на этой же установке.

После достижения стационарного режима температуры, вакуума и давления гелия в испытуемом образце система откачки при помощи вентилей 8 (см. рис. 1) отсекается от вакуумной камеры (течейскаль при этом также отключен от системы) и при помощи лампы ЛМ-2 и прибора ВИТ-1 измеряется натекание газов в вакуумной камере. Время натекания определяется секундомером. Измерения проводятся, когда труба заполнена гелием и при его отсутствии. По разности натеканий в том и другом случае можно определить натекание за счет проницаемости гелия через металл.

Для более точных измерений необходимо, чтобы в обоих случаях перед началом измерений в камере был одинаковый исходный вакуум. При этом надо иметь в виду, что чем меньше натекание в системе за счет газовыделения из стенок камеры и деталей

внутри нее, тем меньшая величина проницаемости может быть определена этим способом. Можно показать, что для условий нашей вакуумной системы наименьшая величина проницаемости, которую можно измерить этим методом, составляет приблизительно 10^{-9} л/см²·сек.

Действительно проницаемость гелия можно выразить зависимостью

$$Q = \frac{\Delta p v}{760 t S},$$

где Δp — изменение давления в камере за счет проницаемости гелия, мм рт. ст.; v — объем вакуумной камеры, равный 7,5 л; S — поверхность образца, нагретая до заданной температуры, равная 300 см²; t — время, в течение которого давление в камере за счет проницаемости гелия изменится на величину Δp .

По кривой натекания (рис. 2) в условиях разработанной нами установки видно, что за 75 сек Δp за счет проницаемости гелия должно быть не менее $2 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст., так как разброс точек на кривой в этой области равен $1 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.

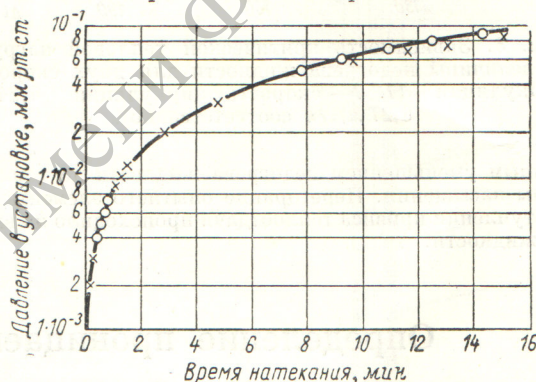


Рис. 2. Кривая натекания вакуумной системы установки:

○ — в испытуемой трубе гелия нет; × — испытуемая труба наполнена гелием.

Подставляя указанные значения, получим $Q = 0,9 \cdot 10^{-9}$ л/сек·см².

На описанной установке испытывались образцы из аустенитной нержавеющей стали двух марок и сплава на основе никеля. В процессе испытаний обнаружено, что гелий при температурах выше 600°С и давлениях выше 60 атм проникает через стенки трубчатых образцов, причем величина проницаемости менее $1 \cdot 10^{-9}$ л/см²·сек.

Поступило в Редакцию 18/VIII 1962 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. Смителлс. Газы и металлы. М., Металлургиздат, 1940.
2. Р. Бэррер. Диффузия в твердых телах. М., Изд-во иностр. лит., 1948.
3. А. М. Родин, В. В. Суренянц. «Физика металлов и металловедение», 10, вып. 2 (1960).
4. A. Le Clair, A. Rowe. Rev. met., 52, 94 (1955).
5. K. Zimen, L. Dahl. Z. Naturforsch., 12a, No. 2, 167 (1957).
6. F. Norton, C. Tucker. J. Nucl. Materials, 2, No. 4 (1960).