

Список использованных источников

1. Устройство колонны для переработки нефти [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hozuyut.ru/otxody/ustrojstvo-kolonny-dlya-pererabotki-nefti.html>. – Дата доступа: 15.03.2023.
2. Диффузионный аппарат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ngpedia.ru/id75152p3.html>. – Дата доступа: 18.03.2023.
3. Нефтяные насосы [Электронный источник]. – Режим доступа: https://www.arkronix.ru/fluid-types/nasos_dlya_perekachki_nefti_vybor_oborudovaniya/. – Дата доступа: 15.03.2023.

УДК 622.831.322

Определение газовыделения в вакуумной термической печи

Савчук Д. О., студент,

Олехнович В. А., студент

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: к. ф.-м. н., доцент Босяков М. Н.

Аннотация.

В данной статье рассмотрен вопрос определения газовыделения в вакуумной термической печи. Описаны физические процессы, влияющие на газовыделение, а также расчет его измерения.

Вакуумные термические печи широко используются в промышленности для термообработки различных материалов, таких как металлы, керамика и полимеры. Однако, при работе в вакууме с повышенными температурами, материалы могут выделять газы, что может привести к деградации продукции и снижению качества процесса. Поэтому важно иметь возможность измерять и контролировать газовыделение в вакуумной термической печи. К основным технологическим процессам, в которых используется нагрев и вакуум относятся дегазационный и рекристаллизационный отжиг, плавка, спекание, пайка, сварка, нагрев металлов под обработку дав-

лением, химико-термическая обработка, закалка, производство керамики и стекла, вакуумная сушка материалов, нанесение покрытий и многое другое.

В вакуумных электропечах газовыделение происходит не только из нагреваемого материала, нагревателя и теплоизоляции, которые в процессе работы находятся при повышенной температуре, но также и из поверхностей, обращенных в вакуум, которые в процессе работы печи не подвергаются нагреву – это водоохлаждаемый корпус печи, токовводы, кристаллизаторы, трубопроводы вакуумных систем, уплотнения и др.

Расчет вакуумной системы электропечи проводится в следующей последовательности:

1. Определяются временные зависимости изменения газовых потоков из элементов печи с учетом нагреваемых и холодных поверхностей, находящихся в вакуумной камере. По полученным данным рассчитывается общий газовый поток из печи, включая натекание.

2. Исходя из заданного рабочего давления в печи и рассчитанного общего газового потока, выбираются вакуумные насосы (тип и производительность), включая основные и вспомогательные.

3. Определяются размеры вакуумных трубопроводов, типы и диаметры коммутирующей арматуры, средства измерения давления.

4. Определяется время предварительной откачки камеры от атмосферного давления до давления начала проведения технологического режима обработки.

Суммарный газовый поток, поступающий в камеру, состоит из следующих составляющих:

$$Q'_п = Q'_{нат.} + Q'_{н./п.п.} + Q'_{п.п.} + Q'_{изд.}, \quad (1)$$

где $Q'_{нат.}$ – поток газов, проникающих через неплотности в разъемных соединениях (натекание в камеру);

$Q'_{н./п.п.}$ – поток газов с внутренних не прогреваемых поверхностей; $Q'_{п.п.}$ – поток газов с внутренних прогреваемых поверхностей;

$Q'_{изд.}$ – поток газов из обрабатываемых изделий.

Значение $Q'_{нат.}$ для вакуумных печей принимается обычно равным $1 \times 10^{-4} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$.

Газовыделение с не прогреваемых поверхностей в вакууме происходит в основном за счет десорбции газов, находящихся на поверхности материала.

На первом этапе рассчитывается газовыделение $Q'_{н./п.п.}$ с внутренних не прогреваемых поверхностей корпуса, крышек, резиновых уплотнителей и т. д. Расчет газовыделения проводится по формуле:

$$Q'_{н./п.п.} = q'_{дес.} \cdot A_{н./п.п.}, \quad (2)$$

где $q'_{дес.}$ – скорость удельного газовыделения, $\text{м}^3 \times \text{Па}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;

$A_{н./п.п.}$ – площадь не прогреваемых поверхностей элементов печи (м^2).

Скорости удельного газовыделения с поверхности металлов и органических материалов при комнатной температуре – $q'_{дес.}$ представлены в соответствующей литературе [1].

На втором этапе расчета определяется газовыделение с нагреваемых поверхностей $Q'_{н.н.}$ нагревателя и тепловых экранов, при условии, что в печи имеется экранная теплоизоляция. Так, например, если нагреватель выполнен из вольфрама, а экраны изготовлены из молибдена и нержавеющей стали, то поток $Q'_{н.п.}$ рассчитывается для выделения окиси углерода и азота из вольфрама и молибдена и при выделении водорода из нержавеющей стали, для чего предварительно необходимо определить коэффициенты диффузии для указанных газов при температурах каждого из экранов и нагревателя. Для расчета необходимо знать температуру нагревателя, всех теплозащитных экранов и температуру нагрева обрабатываемого изделия.

Поток газов с внутренних прогреваемых поверхностей $Q'_{п.п.}$ рассчитывается аналогично (2):

$$Q'_{п.п.} = q' \cdot A_{п.п.}, \quad (3)$$

где q' для пластины рассчитывается как:

$$q' = \frac{2C_0\gamma D}{b} e^{\frac{\pi}{8} \frac{8D}{b^2} t}, \quad (4)$$

а для цилиндра соответственно:

$$q' = \frac{C_0 \gamma D}{R} e^{\frac{\pi}{4} - \frac{6D}{R^2} t}. \quad (5)$$

В формулах (4) и (5) b – толщина пластины (м), R – радиус цилиндра (м), t – длительность нагрева (с), C_0 – начальная концентрация газа, ($\text{м}^3 \cdot \text{Па}/\text{кг}$), γ – плотность материала, ($\text{кг}/\text{м}^3$), D – коэффициент диффузии соответствующего газа ($\text{м}^2/\text{с}$).

Коэффициент диффузии газов из металла определяется по формуле:

$$D = D_0 e^{-E_D/RT}, \quad (6)$$

где D_0 – предэкспоненциальный множитель, ($\text{м}^2/\text{с}$); E_D – энергия активации диффузии, ($\text{Дж}/\text{моль}$); R – универсальная газовая постоянная, равная $8,315$ ($\text{Дж}/\text{К} \cdot \text{моль}$). Значения D_0 и E_D для различных материалов имеются в [1].

На третьем этапе расчета определяется газовыделение из нагреваемого изделия $Q'_{\text{изд.}}$.

Расчет удельного газового потока проводится по формуле (7):

$$q' = \frac{C_0 \gamma}{2} \sqrt{\frac{D}{t}}, \quad (7)$$

а суммарное газовыделение соответственно по формуле (8):

$$Q'_{\text{изд.}} = q' \cdot A_{\text{изд.}}. \quad (8)$$

Суммируя газовые потоки за счет натекания, с внутренних поверхностей и из изделия, получаем зависимость газового потока из печи от длительности нагрева. С учетом неучтенного газовыделения, полученные результаты обычно увеличивают на 20 % – таким образом определяется суммарное максимальное газовыделение из камеры $Q'_{\text{п.}}$ значение которого и будет использоваться для определения эффективной скорости откачки насоса $S_{\text{эфф.}}$ и последующего расчета всей вакуумной системы.

В заключении можно сказать, что поток газа в следствии десорбции зависит от площади стенок, в следствии газовой выделения – от температуры и типа материала.

Список использованных источников

1. Конструирование и расчет вакуумных систем / А. И. Пипко В. Я. Плисковский, Е. А. Пенчко – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1979. – 504 с.

УДК 621.793

Исследование свойств покрытия на основе высокоэнтропийного сплава (Al, Ti, Fe, Cr, Ni) N

Сечко И. А., магистрант

*Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: к. т. н., доцент Комаровская В. М.,
зав. лаб. Вакуумно-плазменных покрытий*

*ГНУ «ФТИ НАН Беларуси», к. т. н., доцент Латушкина С. Д.
ст. науч. сотрудник лаб. Вакуумно-плазменных покрытий
ГНУ «ФТИ НАН Беларуси», к. т. н., Посылкина О. И.*

Аннотация.

В данной работе приведены результаты исследования физико-механических свойств (коррозионная стойкость, адгезионная прочность и термостойкость) многокомпонентного нитридного покрытия на основе высокоэнтропийного сплава с целью выявления возможности использования их для увеличения срока службы различных инструментов.

Физико-механические свойства высокоэнтропийных соединений делают их потенциально пригодными в качестве покрытий для упрочнения инструмента, пресс-форм, штампов, механических частей и деталей, которые требуют высокой прочности, термостойкости, сопротивления окислению и износу [1, 2].