

ЖЕЛЕЗНЫЕ ГЕТТЕРЫ – ВОЗМОЖНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА ТИТАНОВЫМ В ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ СОРБЦИОННЫХ ВЫСОКОВАКУУМНЫХ НАСОСАХ

Л.П. Саблев, А.А. Андреев, Р.И. Ступак, В.М. Шулаев

*Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»
тел.: (057) 335-25-45, факс: 335-35-29, E-mail: v.shulayev@kipt.kharkov.ua*

Обнаружена высокая сорбционная способность железного геттера по азоту в электродуговом вакуумном насосе. В диапазоне исследованных давлений (0,1...1 Па) в режиме непрерывного горения дугового разряда сорбционные свойства титана и железа различаются по производительности лишь в 1,2 раза. Такое небольшое преимущество титана нивелируется большим ресурсом работы железа при одинаковых геометрических размерах катодов, безопасностью в эксплуатации железных геттеров и их коммерческой доступностью.

В вакуумных технологических установках с повышенными газовыми нагрузками наиболее перспективными насосами являются электродуговые сорбционные высоковакуумные агрегаты [1]. В качестве рабочего тела (источника геттерного материала) в них могут быть использованы целый ряд металлов, химически активных по отношению к большинству газов. К таким металлам относятся: Sc, Y, La, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, Ti, Cr и др. [2,3]. Однако из-за относительно низкой коммерческой стоимости и достаточно высокой химической активности в насосах такого типа наибольшее распространение получили титан и его сплавы. Другие металлы применяются крайне редко и только в специализированных геттерных насосах [4].

Однако, несмотря на высокие геттерные характеристики титана имеется ряд потенциальных проблем, связанных с его применением. Общие свойства титановых геттерных пленок – иницирование и ускорение обменных химических и плазмохимических реакций в результате каталитического воздействия титановой поверхности, потоков заряженных частиц и фотонов на остаточные газы. Наиболее неприятный результат этих процессов – интенсивный синтез углеводов и водяных паров в сорбционных электродуговых насосах [5]. Другая проблема связана с пирофорностью продуктов конденсации, усложняющей эксплуатацию этих насосов. При проведении регламентных работ по периодической чистке насоса возможно возгорание продуктов конденсации при их контакте с атмосферным воздухом. Поэтому поиск оптимального геттерного материала, свободного от вышеуказанных недостатков, остается актуальной задачей для данного типа насосов.

Авторы настоящей работы, основываясь на результатах исследований [2,3], обратили внимание на возможность использования в качестве рабочего тела для геттерного насоса такого элемента, как железо, которое в тонкопленочном состоянии по химической активности не должно заметно уступать титану. Причем коммерческая доступность железа намного выше, чем у титана. Однако какие-либо дан-

ные по практическому применению железа в геттерных испарительных насосах отсутствуют.

Цель данной работы – исследование сорбционных свойств железной пленки в электродуговых насосах при откачке основного компонента воздушной атмосферы – азота, и сравнение их с аналогичными характеристиками для титана.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

На рис. 1 приведена схема экспериментальной установки. Водоохлаждаемые стенки вакуумной ка-

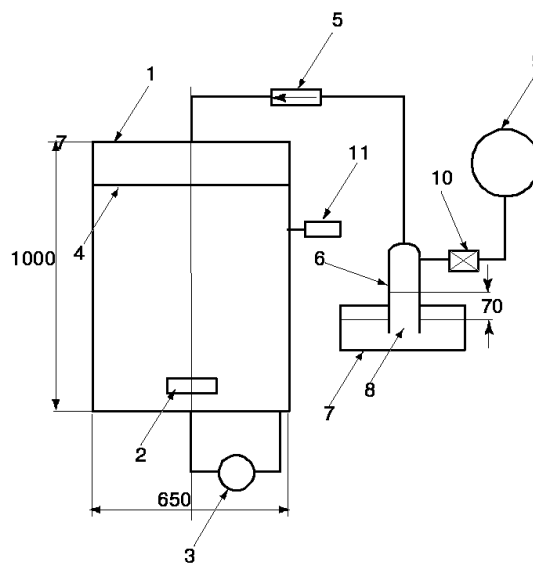


Рис. 1. Схема экспериментального электродугового насоса с железным геттером (пояснения в тексте)

меры (1) являются анодом электродугового испарителя. Железный катод испарителя (2) установлен на нижнем торце вакуумной камеры. Электропитание испарителя осуществляется от регулируемого источника постоянного тока. Ток дугового разряда (I) в экспериментах изменялся от минимального значения $I \sim 130$ А до максимального $I \sim 470$ А. Испаряемое с поверхности катода железо конденсировалось в

виде пленки на внутренней поверхности стенок вакуумной камеры электродугового насоса и выполняло функции геттера. Откачка вакуумной камеры до давления $P \sim 10^{-3}$ Па производилась паромасляным вакуумным агрегатом с угловым затвором $D_y - 250$ мм. Давление газов в вакуумной камере измерялось с помощью ионизационного преобразователя МИ-10(11) и вакуумметра ВИТ-3.

Количество азота, откачиваемого железным геттером в единицу времени, определялось методом постоянного давления по следующему способу. Напуск азота производился через верхний торец вакуумной камеры. Диафрагма (4) с отверстиями служит для создания однородного газового потока. Дозированная подача азота в вакуумную камеру осуществлялась через автоматический игольчатый натекатель (5). Вход натекателя подсоединялся к измерительной ячейке (6). Измерительная ячейка представляла собой стеклянную трубку диаметром 24 мм с миллиметровой шкалой на боковой поверхности, нижний открытый конец которой опущен в сосуд (7), заполненный вакуумным маслом ВМ-1 (8). Для снижения вязкости (снижения инерционности измерительной ячейки) масло в сосуде подогревалось. Напуск азота в измерительную ячейку (6) происходил через впаянную стеклянную трубку из резиновой емкости (9), находящейся под атмосферным давлением. Между резиновой емкостью (9) и измерительным объемом (6) установлен затвор (10).

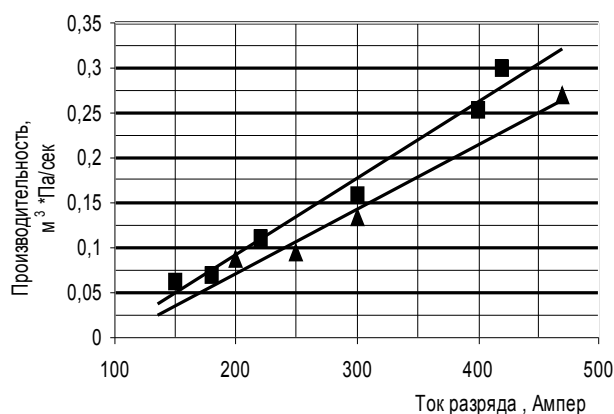
Измерение производительности откачки азота производилось по следующей схеме. В откачанную до $P \sim 10^{-3}$ Па вакуумную камеру производился напуск азота через игольчатый натекатель (5) при открытом затворе (10). После закрытия затвора (10) паромасляный диффузионный насос откачивал газ из измерительной ячейки (6), поступающий в вакуумную камеру выключенного электродугового насоса через натекатель (5). Объем откачиваемого азота контролировался по изменению уровня масла в измерительной ячейке. Измерялось время (t_1) подъема уровня масла от нулевого уровня до отметки 70 мм. Затем производился замер времени (t_2) подъема уровня масла в вышеуказанных пределах, но уже при совместной откачке паромасляным и электродуговым насосами. Причем ток дугового разряда в каждом эксперименте был фиксированным. Количество газа, откачиваемого электродуговым насосом в единицу времени (производительность Q) определялась как

$$Q = \frac{q \cdot (t_1 - t_2)}{t_1 \cdot t_2},$$

где q - количество газа, откачанного насосом из измерительной ячейки. Значение q является для данной измерительной системы постоянным и составляет величину $3,17 \text{ м}^3 \cdot \text{Па}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Откачка азота велась конденсируемой пленкой железа в режиме непрерывного горения дуги. На рис. 2 приведен экспериментальный график производительности электродугового насоса в зависимости от тока дуги разряда при давлении $P=0,67$ Па. Характер зависимости $Q(I)$ в диапазоне измеренных давлений $0,1 \dots 1$ Па практически не отличается от приведенного на рис. 2. Сопоставление производительностей насосов с титановым и железным геттером при одном и том же значении тока дуги свидетельствует о более высоких геттерных свойствах титана (примерно в 1,2 раза). В случае железного геттера для обеспечения производительности работы насоса, одинаковой с титановым геттером, необходимо увеличить ток дугового разряда при-



мерно в 1,28 раза. При этом напряжение на электродах железного электродугового испарителя составляет 22 В, а титанового испарителя – 20 В.

Рис. 2. Производительность насоса с титановым и железным геттером (■ – титан, ▲ – железо)

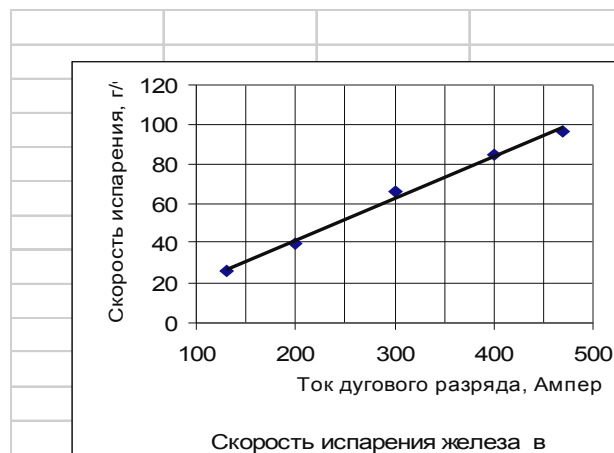


Рис. 3. Скорость испарения железа в зависимости от тока дугового разряда

На рис. 3 приведена зависимость скорости испарения железного геттера от величины тока дугового

разряда в электродуговом насосе. Из данной зависимости следует, что коэффициент эрозии железа составляет $5,8 \cdot 10^{-5}$ г/Кулон (для титана эта величина составляет $4,2 \cdot 10^{-5}$ г/Кулон). Из данных, приведенных на рис. 2 и 3 следует также, что для железного геттера сорбционное отношение (число атомов геттера, необходимое для откачки одной молекулы) составляет 5,2 ат. (для сравнения, у титана – 3,7). По этому параметру железный геттер в 1,4 раза менее эффективен, чем титановый. Однако, учитывая более высокий коэффициент эрозии железного геттера при электродуговом испарении, эта разница не влияет существенно на такую важную характеристику работы насоса, как производительность (см. рис. 2). Отметим также, что ресурс работы железного геттера будет больше (при одинаковых геометрических размерах катода электродугового испарителя) из-за большего (в 1,5 раза) количества атомов в единице объема, чем у титана.

Таким образом, можно сделать однозначный вывод, что железный геттер может стать альтернативой титановому в случае откачки такого газа, как азот. При этом устраняется такой существенный недостаток титанового геттера, как образование пирофорных продуктов конденсации в процессе работы электродугового сорбционного насоса. Следую-

щее неоспоримое преимущество – доступность железа как материала и во много раз более низкая коммерческая стоимость в сравнении с титаном.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Л.П. Саблев, В.М. Шулаев, А.А. Андреев. Сорбционные высоковакуумные электродуговые насосы большой производительности для технологического оборудования // *Труды научно-практического симпозиума «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов в машиностроении»*. Харьков, 2000, с. 16-21.
- 2.В.С. Коган, А.А. Сокол, В.М. Шулаев. *Влияние вакуумных условий на формирование структуры конденсатов. Взаимодействие активных газов с металлическими пленками*. М.: «ЦНИИАтоминформ», 1987, 40 с.
- 3.В.С. Коган, В.М. Шулаев. *Адсорбционно-диффузионные вакуумные насосы (вакуумные насосы с нераспыляемым геттером)*. М.: «ЦНИИАтоминформ», 1988, 67 с.
- 4.Г.Л. Саксаганский. *Источники возобновляемых геттерных пленок*. М.: «ЦИНТИхимнефтемаш», 1988, 38 с.
- 5.Г.Л. Саксаганский. *Испарительные геттерные и ионно-геттерные насосы*. М.: «ЦИНТИхимнефтемаш», 1988, 56 с.