

«электродомов» в стране. Полная мощность новостройки — около 625 кВт. Это в три раза больше, чем в обычной многоэтажке.

В доме применена схема 3 с одноконтурными котлами. В каждой квартире — по два электрических счетчика (на отопление и остальные нужды). Тариф на отопление в 4,43 раза меньше тарифа на остальные нужды. Один счетчик показывает расход электричества на отопление и подогрев воды — электроэнергия на эти цели оплачивается по специальному тарифу, по 0,0335 рубля за кВт·ч. Второй — на освещение и другие нужды (по 0,1484 рубля за кВт·ч — такой тариф применяется во всех домах, где есть электроплиты). Обычный тариф на электроэнергию в квартирах, где нет электрических плит и водонагревательных приборов, составляет 0,1746 рубля за кВт·ч.

Все квартиры в доме оборудованы СВО с электродкотлами мощностью 4 и 6 кВт — они установлены на кухне. Воду системы гвс подогревают электрические бойлеры в санузлах емкостью на 80 литров в одно- и двухкомнатных квартирах, в трехкомнатных — 100л.

Весьма актуальным является исследование эксплуатационного энергопотребления в таких домах и сравнение его с проектными данными, для чего необходим мониторинг работы систем отопления и горячего водоснабжения, а также изучение характера использования систем теплоснабжения жильцами квартир.

Список использованных источников:

1. ТКП 45-3.02-324-2018 Жилые здания. – Минск, 2018.

Веремейчик А.И., Сазонов М.И., Хвисевич В.М., Томашев И.Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ЭРОЗИИ ГАФНИЕВОГО КАТОДА ПЛАЗМОТРОНА ДЛЯ ГЕНЕРИРОВАНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ КИСЛОРОДА

Брестский государственный технический университет, кафедра прикладной механики

Введение. Генераторы низкотемпературной плазмы кислорода находят все более широкое применение в машиностроении при дуговой резке специальных сталей и плазменной обработке, при получении озона, в химической промышленности, например, в производстве TiO_2 , пиролизе нефтепродуктов и т.д. Увеличение мощности и ресурса работы таких плазмотронов в значительной мере определяется успехами в изучении эрозии электродов в области приэлектродных участков дуги [1, 2]. Эрозия катода возникает вследствие сложных тепловых, электрических, химических и механических процессов в приэлектродной области. Эти процессы до сих пор в достаточной мере не изучены. Основной упор в большинстве исследований по эрозии делается на экспериментальное изучение явлений и эмпирическое обобщение опытных данных для того, чтобы в дальнейшем создать обоснованную математическую модель и найти рациональные методы расчета оптимальных конструкций катодов [1–8]. Известно [7], что ресурс работы электродов определяется многими факторами, из которых следует отметить состав материала электрода, конструкция электродуговой камеры, температура в зоне привязки электрической дуги и способ ее перемещения. При этом основными факторами, влияющими на эрозионный унос материала, является

величина тока в дуге, характер привязки к электроду (катодное или анодное пятно), а также организация газового потока в зоне пятна.

При повышении мощности плазмотронов за счет увеличения тока следует иметь в виду, что скорость эрозии примерно пропорциональна току. Одним из путей снижения скорости эрозии является использование коаксиальных плазмотронов, плазмотронов с вихревой стабилизацией, в которых приэлектродные участки дуги перемещаются с большими скоростями вдоль поверхности электродов под действием аэродинамических или электромагнитных сил. Основным фактором, определяющим скорость эрозии, является удельный тепловой поток в катод. Для термоэмиссионных электродов он, как правило, превышает 50 кВт/см^2 и зависит от рода рабочего газа, силы тока, характера охлаждения электрода и других факторов.

Методика исследований и некоторые результаты.

Цирконий и гафний применяют в установках для резки в среде воздуха или кислорода, работающих в условиях повторно-кратковременного режима [3]. В качестве рабочего материала катода плазмотрона наибольшее распространение получил вольфрам, активированный окисями тория, лантана, бария, калия и другими веществами, внесение которых значительно снижает работу выхода электронов из металла и улучшает тем самым его эмиссионную способность при высоких температурах. Однако гафний является более перспективным материалом благодаря более низкой скорости его испарения, более высокими температурами плавления и кипения, большей величиной термоэмиссии двуокиси гафния, образующейся на поверхности катода в результате взаимодействия гафния с кислородом воздуха, а также большей допускаемой величиной действующего в пятне теплового потока.

При проведении исследований в качестве исходного материала для катодов служил гафний йодидный марки ГФИ-1, который затем переплавляли в дуговой печи в атмосфере аргона. Из слитков механической обработкой получали катоды диаметром 2,5 мм и длиной 3-12 мм.

Для исследования эрозии гафниевого катода и тепловых потерь в него разработан экспериментальный плазмотрон, схема которого приведена на рисунке 1. Плазмотрон состоит из гафниевого катода 1, впаянного в медную обойму 2, поджигающего электрода 3 с минимальным внутренним диаметром 6 мм и медного анода 4 (цельного или составного) ступенчатой геометрии. Рабочий и стабилизирующие газы подавались с закруткой соответственно в вихревые камеры 5 и 6, что обеспечивало как стабильность положения столба дуги на оси электродов, так и катодного пятна, что, в свою очередь, повышало точность определения диаметра пятна и плотности тока на катоде. Стабилизирующим дугу на катоде газом служил кислород, рабочим газом — воздух с расходами 0,4-1 л/с и 30-50 л/с соответственно. Охлаждение электродов и межэлектродной вставки осуществлялось водой.

Гафниевый стержень спаивался в медную обойму серебряным припоем в вакууме. Межэлектродную вставку применяли для стабилизации катодного пятна дуги на гафниевом стержне, устраняя пробой в межэлектродном промежутке. С этой целью в вихревую камеру подавали небольшой расход воздуха с закруткой. Поджиг дуги производился осциллятором между катодом и межэлектродной вставкой, которая на время запуска электрически подключалась к аноду.

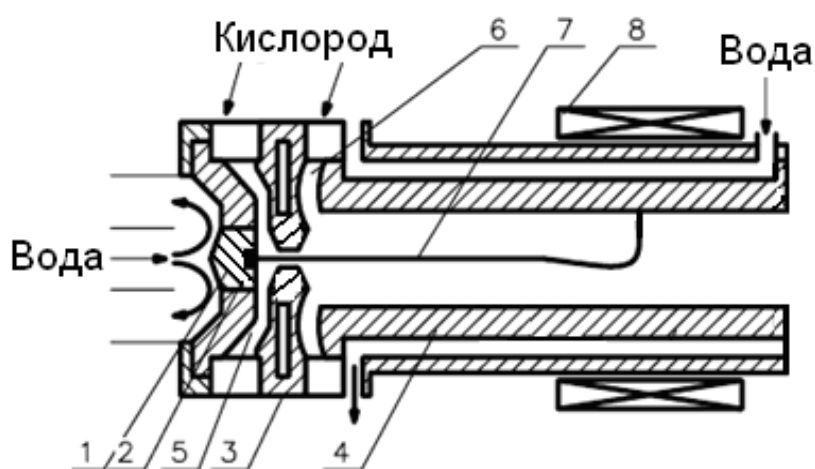
Электропитание установки осуществлялось от генератора постоянного тока с номинальным напряжением 750 В, причем напряжение дуги составляло 130-280 В. Основную величину δ (глубина кратера в катоде) измеряли при помощи микроскопа.

При конструировании катодных узлов плазмотрона необходимо знать тепловые потоки в катод. Для отыскания путей снижения скорости разрушения катода

исследован тепловой поток в него. Основная доля тепловой энергии, равная $I_i(U_k+U_i-\varphi)$, передается в катод ионами. Потеря тепла катодом в приэлектродной области происходит в основном за счет термоэмиссии электронов и выражается величиной $I_i\varphi$. Кроме того, теплообмен в области катода происходит излучением нагретой поверхности катода и высокотемпературного газа дуги, конвективным теплообменом, испарением материала катода и т.д. Вклад этих слагаемых в тепловой поток обозначим через Q . Величину теплового потока от дуги в катод определим по формуле [1]:

$$Q_k = I_i(U_k + U_i - \varphi) - I_i\varphi + Q, \text{ или } Q_k = I[s(U_k + U_i) - \varphi] + Q, \quad (1)$$

где I – ток дуги, s – доля ионного тока, U_k – катодное падение потенциала, U_i – потенциал ионизации дуги, φ – работа выхода электронов. Из уравнения (1) видно, что при увеличении тока дуги возрастает тепловой поток Q_k .



1 – гафниевый катод, 2 – медная обойма, 3 – поджигающий электрод, 4 – выходной медный анод, 5 – вихревая камера стабилизирующего дугу защитного газа, 6 – вихревая камера рабочего газа, 7 – дуга, 8 – соленоид.

Рисунок 1 – Схема установки для исследования эрозии гафниевого катода



Рисунок 2 – Внешний вид катода

Согласно [4], катодное падение потенциала в воздушной и кислородной дуге при больших токах равно $9 \pm 2 B$. С целью определения s и Q , влияния на величину теплового потока условий отвода тепла от места привязки дуги были проведены тепловые измерения в диапазоне изменения токов до 300 А при диаметре стержней до 3 мм и различных интенсивностях их охлаждения. Установлено, что в исследованном

диапазоне токов зависимость $Q = f(I)$ можно описать линейной функцией тока. Из сравнения величин теплового потока для различных диаметров стержней следует, что для таких катодов тепловой поток не зависит от интенсивности охлаждения стержня и его диаметра. Полученные данные по тепловым потокам в катод подтверждают, что основными прикатодными процессами, определяющими энергетический баланс на катоде, являются передача тепла ионами и термоэмиссия электронов.

На рисунке 3 приведена зависимость теплового потока в катод от глубины кратера. С ростом δ тепловой поток возрастает от 700 до 1850 Дж/сек при увеличении глубины кратера от 0,3 до 3 мм. Вероятно, возрастание теплового потока в катод связано с тем, что с ростом δ увеличивается доля тепла, отдаваемая в катод от участка столба дуги в кратере.

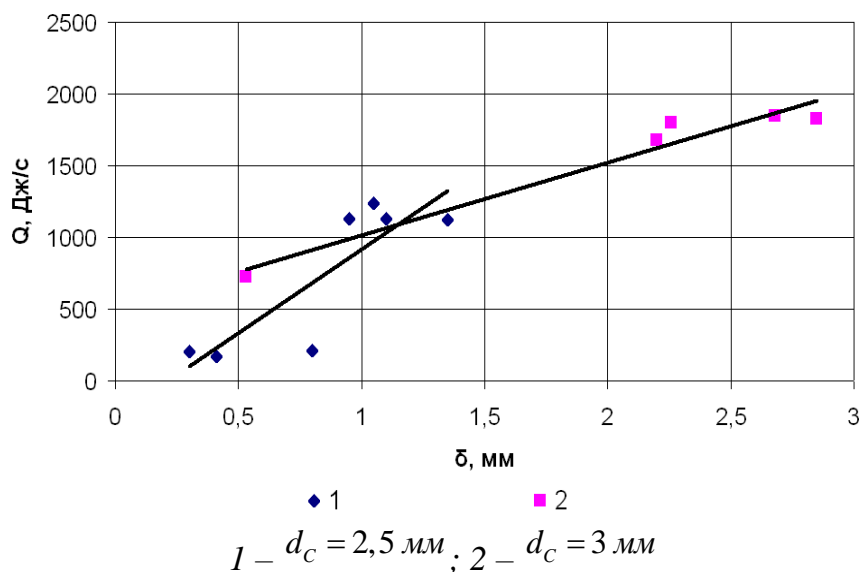


Рисунок 3 – Зависимость теплового потока в катод от глубины кратера при токе дуги 300 А

Потеря материала катода определялась путем его взвешивания до и после эксперимента, причем время непрерывной работы плазмотрона и величина потерь материала катода выбирались такими, чтобы удельная эрозия могла быть определена с точностью 10–20 %. В силу этого время испытаний варьировалось от 10 минут до 3 часов в зависимости от тока дуги.

Эрозия гафниевого катода при рассматриваемой конструкции крепления стержня минимальна в том случае, если диаметр этого стержня будет равен диаметру катодного пятна d_k . Катодное пятно на гафнии, покрытом слоем соединений, не имеет внутренних причин к перемещению [4] и представляет концентрированную тепловую нагрузку.

Экспериментально найдено, что при токе 300 А и диаметре гафниевого стержня $d_c = 2,5$ мм, диаметр катодного пятна составляет 2,3–2,4 мм, при этом плотность тока

на катоде равна $(5 \div 8) \cdot 10^{-3} \frac{A}{cm^2}$.

Ресурсные испытания гафниевых катодов проводились при токах 300–500 А длительностью 6 ч. Скорость выгорания катода в течение первых 10–60 мин равна 1 мм/ч. Высокая первоначальная скорость выгорания катода связана с образованием эмитирующей электроны окисно-нитридной пленки на катоде и установлением температурного режима.

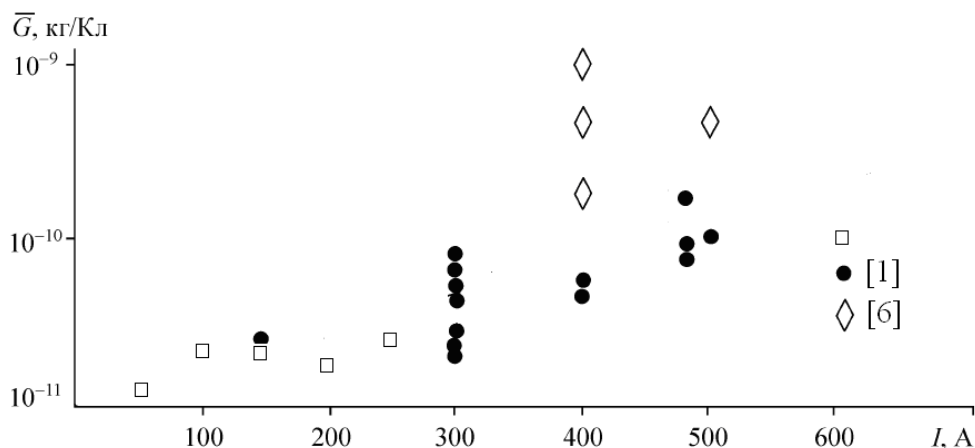


Рисунок 4 – Зависимость удельной эрозии гафниевых катодов от тока дуги

При работе установки в течение следующих 1–3 ч наблюдается снижение эрозии до 0,3 мм/ч. Средняя скорость выгорания катода составила 0,44 мм/ч,

следовательно, величина удельной эрозии $\bar{G} = (2 \div 3) \cdot 10^{-8} \frac{г}{А \cdot с}$, что соответствует 40–45 ч непрерывной работы гафниевого катода при токе 300 А.

Результаты исследований показали, что гафний может быть использован в качестве материала катода при работе в стационарном режиме.

Заключение.

Проведены исследования тепловых потоков в катод, особенности формирования зоны привязки дуги к катоду. Определена зависимость диаметра этой зоны от тока и глубина выгорания в процессе работы плазматрона. Проведены исследования возможности увеличения ресурса работы плазматрона путем применения термохимического гафниевого катода в качестве материала внутреннего электрода.

Список использованных источников:

1. Исследование термохимических катодов в дуговых плазматронах / А. С. Аньшаков [и др.] // Теплофизика и аэромеханика. – 2005. – Т. 12, № 4. – С. 685–691.
2. Туманов, Ю. Н. Плазменные, высокочастотные, микроволновые и лазерные технологии в химико-металлургических процессах / Ю. Н. Туманов. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 968 с.
3. Быховский, Д. Г. Плазменная резка / Д. Г. Быховский, А. Я. Медведев, И. М. Костылев. – Инфористандартэлектро, 1968. – С. 8.
4. Бричкин, А. В. К динамике электродных пятен электрической дуги / А. В. Бричкин, А. В. Болотов, Т. В. Борисова // ЖТФ. – 1966, № 7. – С. 301.
5. Жуков, М. Ф. Термохимические катоды / М. Ф. Жуков, А. В. Пустогаров. – Новосибирск: Ин-т теплофиз. СО АН СССР, 1982. – 157 с.
6. Болотов, А. В. Термохимический катод: конструкция и работа / А. В. Болотов, Т. В. Борисова // Тр. 4-й Всесоюз. конф. по генераторам низкотемпературной плазмы. – Алма-Ата, 1970. – С. 268–271.
7. Исследование эрозии электродов в плазматронах постоянного и переменного тока / В. Е. Кузнецов [и др.] // Прикладная физика – 2019. – № 3. – С. 24–29.
8. Исследование продуктов эрозии медного электрода плазматрона переменного тока / Д.И. Субботин [и др.] // Журнал технической физики. – 2017. – Т. 87, вып. 11. – С. 1637–1640.