

рациональное использование термических ресурсов. Альbedo влажной почвы еще меньше, тем самым орошение способно стимулировать поглощение почвой коротковолновой солнечной радиации. В последнее десятилетие в сельском хозяйстве Республики Беларусь наметилась тенденция к возделыванию теплолюбивых культур. Входят в оборот бахчевые культуры, легче адаптируются к климатическим условиям Беларуси сорта винограда и др. На наш взгляд, адаптировать теплолюбивые культуры целесообразно в пределах выделенных районов. Территория Беларуси стала получать недостающие для многих сельскохозяйственных культур термические ресурсы. Увеличилась продолжительность вегетационного периода. В то же время, отрицательные разности максимальных температур воздуха (рисунки 4, 5) показывают достаточно большую устойчивость к экстремальному термическому режиму возвышенных участков, на которых сохраняется традиционное сельхозпроизводство.

Заключение

Таким образом, анализ поверхностей тренда позволяет выделить глобальные, региональные и локальные составляющие в распределении температур поверхности почвы на территории Беларуси. Учет теплообеспеченности почв открывает возможности их рационального использования.

Список использованных источников

1. Валуев, В.Е. Специфика пространственного распределения на территории Беларуси опасных метеорологических явлений в контексте анализа поверхностей тренда / В.Е. Валуев, А.А. Волчек, О.П. Мешик [и др.] // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2012. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 8–14.

2. Логинов, В. Ф. Влияние Атлантического океана на величину трендов температуры воздуха в период современного потепления / В. Ф. Логинов // География и природные ресурсы. 2010. № 3.

3. Климат Беларуси /Под ред. В.Ф.Логинова. – Мн.: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 235с.

Батрак В.В., Веремейчик А.И., Сазонов М.И.

ЭЛЕКТРОДУГОВЫЕ ПЛАЗМАТРОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ВЫСОКИМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ И ТЕПЛОВЫМ КПД

*Брестский государственный технический университет, кафедра
сопротивления материалов и теоретической механики*

Введение

Плазменные потоки используются в различных практических приложениях для изучения движения тел при входе в плотные слои атмосферы Земли и других планет, для промышленного получения различных химических веществ, которые трудно, либо вообще невозможно получить; при сварке, резке и упрочнении металлов, нанесении износостойких тонких пленок на детали машин, в металлургии и многих других процессах.

Плазмотроны для нагрева различных газов

Для получения исходных данных для расчета и разработки плазмотронов,

предназначенных для производства, например, фуллеренов [1-3], проведены исследования напряженности электрического поля дуги, горящей например, в потоке гелия. Кроме того, проводились исследования дуги в различных чистых газах при помощи плазматрона с фиксированной длиной дуги и геометрически подобными электроразрядными камерами, причем внутренним электродом-катодом служил графитовый или вольфрамовый стержень длиной 10 мм, диаметром 3-6 мм, заделанным заподлицо в медную обойму. Величины напряженности электрического поля вдоль дуги E_H определены методом измерения потенциалов изолированных друг от друга секций. Напряженность электрического поля дуги определялась по наклону кривой распределения потенциала вдоль оси Z.

Таблица 1. Диапазон изменения параметров при исследовании дуги в гелии

d, мм	10	20	30
a, мм	154	252	358
I, A	100-180	30-180	30-180
G, г/с	0,5-4	0,5-4	0,5-4

Установлено, что в исследованном диапазоне параметров, указанных в таблице 1, зависимость напряженности электрического поля от тока была падающей, а вдоль дуги практически постоянна. На рис. 1 изображены типичные вольт-амперные характеристики дуги в вихревом потоке газа при различных расходах гелия и диаметре внутреннего канала плазматрона $d = 20$ мм.

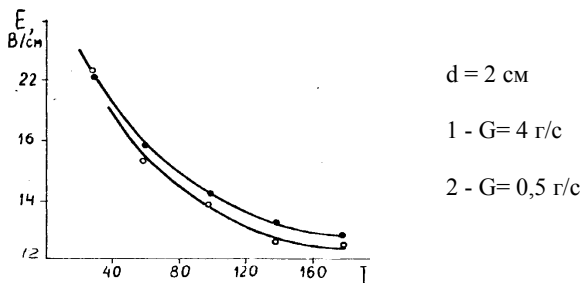


Рис. 1. Напряженность электрического поля дуги в зависимости от тока в гелии

На основе теории подобия разработана методика расчета плазматронов для нагрева гелия. Учитывая особенности горения дуги в гелии, обобщенную зависимость напряженности электрического поля E_H от определяющих критериев будем искать в виде:

$$E_H d = c \left(\frac{G}{d} \right)^\beta (pd)^\gamma \left(c_0 + c_1 \frac{I}{d} + c_2 \frac{I^2}{d^2} \right) \quad (1)$$

Для падающего участка экспериментальные данные обобщаются по:

$$E_H d = 560 \cdot \left(\frac{G}{d} \right)^{0,06} \left(\frac{d}{I} \right)^{0,37} \quad (2)$$

Следует отметить, что в гелии зависимость E_H от расхода газа слабее, чем в аргоне. Одной из причин этого является то, что диаметр дуги в гелии меньше, чем в аргоне, и значительная масса гелия протекает по периферии канала, не взаимодействуя с дугой, что приводит к значительным градиентам температуры газа по сечению канала.

Для сравнения электрического поля вдоль дуги в вихревых потоках различных газов на рис. 2 приведены вольт-амперные характеристики дуги при $d=10$ мм, $G=4$ г/с. Эти результаты показывают, что наиболее эффективно нагрев газа дугой происходит в гелии.

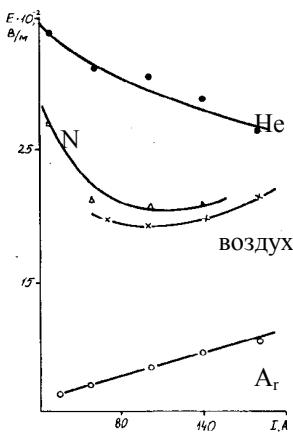


Рис.2. Напряженность электрического поля дуги для различных газов

На основе разработанной методики с использованием критериальной формулы для E_H сконструирован плазмотрон. Принципиальная схема плазмотрона, его электропитания и поджига приведена на рис. 3.

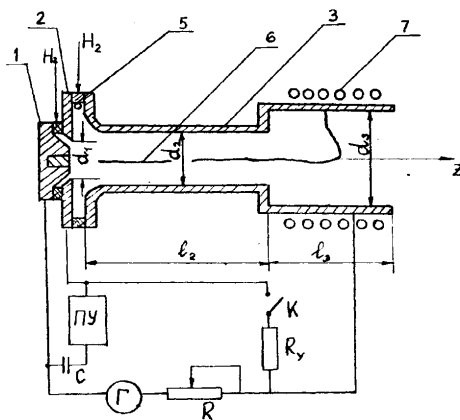


Рис.3. Схема плазмотрона и электропитания.

1 - катод, 2 - поджигающий электрод, 3 - анод, 4 и 5 - изоляторы, 6 - дуга, 7 - соленоид

Основными элементами плазмотрона являются катод 1, поджигающий электрод 2 и ступенчатый анод 3. Катод выполнен из графитового стержня длиной 20 мм, запрессованного в медную обойму. В процессе испытания использовались вольфрамовые стержни диаметром от 5 до 20 мм. Поджигающий электрод 3 выполнен из меди в виде секции-шайбы с внутренним диаметром $d_1=16$ мм. Испытанные медные ступенчатые аноды имели диаметры $d_2=8$ мм и $d_3=16$ мм, длину

$l_2=30-50$ мм. Полная длина анода $l=l_2+l_3$ изменялась от 90 до 150 мм. Для уменьшения эрозии рабочей поверхности анода установлен соленоид 7, навитый из медной трубки. Осевое магнитное поле, создаваемое им ($B_z = 0,06-0,08$ Тл), обеспечивает такие скорости вращения замыкающего радиального участка дуги, при которых ресурс работы анода достигает свыше 1000 часов. Катод, поджигающий электрод, анод и соленоид интенсивно охлаждаются химически очищенной водой, в результате чего после 200-400 часов работы на наружной поверхности электродов не наблюдалось отложения солей. Вода подается в систему охлаждения плазмотрона под давлением 10-15 атм. Для расчета тепловых потоков в электроды определяли температуру воды на входе и выходе из плазмотрона при помощи хромель-копелевых термомпар с записью показаний прибором ЭМП-109 АИ.

Давление газа перед расходомерами на входе плазмотрона составляло $(4...8) \cdot 10^5$ Па. Расход газа измерялся приборами типа ПВ-1033, а его плавная регулировка осуществлялась автоматическими приборами типа ДМПК-100. В зазор между катодом и поджигающим электродом через 2 тангенциальных отверстия диаметром 1,2 мм, расположенных в кольце закрутки с внутренним диаметром 50 мм, подавался гелий (расход 0,1-0,2 г/с). Во вторую камеру закрутки 5, расположенную между поджигающим электродом и анодом, гелий поступал через 4 тангенциальных отверстия диаметром 2,4 мм, расположенных в кольце закрутки с внутренним диаметром 64 мм. Суммарный расход гелия варьировался от 0,5 до 2,4 г/с.

Электропитание плазмотрона осуществлялось от источника питания с номинальным током 600 А и напряжением 900 В. Так как его внешняя электрическая характеристика жесткая, а вольт-амперная характеристика дуги падающая, в силовую цепь последовательно с дугой с целью обеспечения устойчивого ее горения включено ступенчато изменяющееся балластное сопротивление R. Поджиг плазмотрона осуществлялся при помощи высоковольтного высокочастотного осциллятора с подачей напряжения на поджигающий электрод 2. Между поджигающим электродом и анодом через контактор включено сопротивление $R_y = 10-20$ Ом. Такая схема включения осциллятора в электрическую цепь питания плазмотрона позволяла исключить попадание ВЧ-напряжения в силовую цепь питания и обеспечивала тем самым надежную защиту выпрямителя от перенапряжения. Соленоид 7 включен в цепь электропитания последовательно с дугой.

Порядок запуска плазмотрона: устанавливают рабочий расход газа; после этого при включенном контакторе К подают напряжение от выпрямителя Г и далее кратковременно включается осциллятор, обеспечивающий пробой зазора (1,5 мм) между катодом и поджигающим электродом. Образовавшийся искровой канал служит основой для развития вспомогательной дуги, ток которой равен 10-15 А и регулируется изменением величины R_y . Под действием потока гелия слабощочная дуга выдувается из зазора. Катодное пятно устанавливается на катод-стержне, анодное - перемещается к кромке электрода 2, а образующийся высокотемпературный факел снижает напряжение пробоя между катодом и анодом; существующая разность потенциалов между ними (при мощности, вложенной в вспомогательную дугу, порядка 1-2 кВт) обеспечивает пробой и поджиг основной дуги. Ток в основной цепи регулируется балластным реостатом R. Далее радиальный участок дуги потоком гелия, подаваемого в основную вихревую камеру 5, сносится за уступ, а столб дуги устанавливается на оси разрядной камеры. После запуска плазмотрона сопротивление R_y отключают контактором К, а реостатом R устанавливается и стабилизируется необходимый рабочий ток силовой дуги.

Проведены исследования вольт-амперной характеристики плазмотрона.

Вначале отметим, что результаты экспериментов подтвердили необходимость поддержания тангенциальной скорости закрутки гелия в пределах 130-200 м/с и плавного (безотрывного) перехода от кольца закрутки к внутреннему диаметру электрода с целью обеспечения газодинамически устойчивого горения дуги. В экспериментах также было установлено, что дуга в плазмотроне рассматриваемой схемы горит с меньшими пульсациями напряжения по сравнению с дугой с самоустанавливающейся длиной, горящей в цилиндрическом канале без уступа.

Одновременно с исследованием вольт-амперных характеристик дуги проводились измерения тепловых потоков в элементы плазмотрона: катод, анод и поджигающий электрод. Это позволило вычислить тепловой к.п.д. плазмотрона, энтальпию и среднемассовую температуру T газа в зависимости от величины тока дуги и длины анода при различных расходах гелия. Установлено, что тепловой к.п.д. равен 0,68-0,74, а рассчитанная температура на выходе плазмотрона равна $T = 3700-4200$ К. В гелии тепловые потери в катод почти не зависят от диаметра вольфрамового стержня, запаянного заподлицо в медную обойму, который в опытах изменялся от 3 до 10 мм.

Тепловые потоки в катод при использовании в качестве рабочего газа гелия и длине $l_2 = 39$ мм оказались ниже, чем тепловые потоки в случае работы с азотом при равных величинах тока и стабильных режимах горения дуги, когда пятно анодного участка дуги всегда располагается за уступом. Несколько неожиданные результаты получаются для нестабильного режима ($l_2 = 50$ мм), когда возрастают амплитуда тока и снижается частота шунтирования дуги: тепловые потоки в катод в рассматриваемом диапазоне величин тока увеличиваются примерно в два раза. Это не может не отразиться на скорости эрозии катода. На рис. 4 приведен общий вид этого плазмотрона.

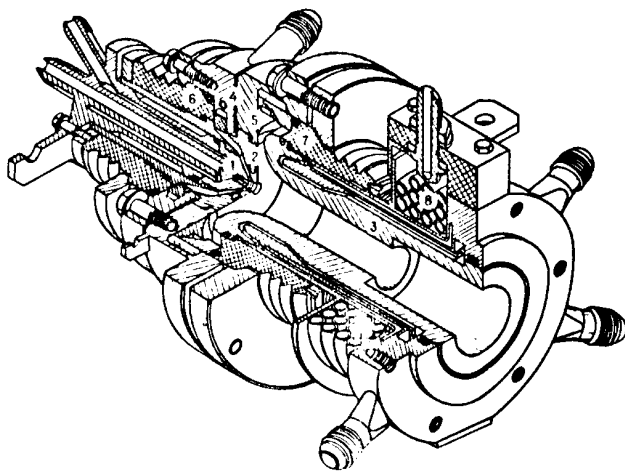


Рис. 4. Изометрия плазмотрона мощностью 0,5 МВт.
1 - катод, 2 - МЭВ, 3 - анод, 4 и 5 - узлы подачи газа,
6 и 7-изоляторы, 8 - соленоид.

Выводы

1. Для повышения эффективности преобразования энергии и использования плазменных потоков и струй исследованы электрические и тепловые характеристики электрических дуг в продольном потоке различных газов. Разработана методика

расчета генераторов плазменных струй – плазмотронов постоянного тока.

2. Созданы плазмотроны постоянного тока различных принципиальных схем мощностью 5-500 кВт для научных исследований и решения различных инженерных задач.

3. На основе проведенных исследований по техническим условиям заказчика могут быть созданы промышленные плазмотроны мощностью до 1 МВт, оказано содействие в выборе силового источника питания и курирование реализации промышленных установок.

Аннотация

Плазмотроны предназначены для получения полупроводникового кремния, чистого F, применяется для повышения эффективности преобразования энергии и использования плазменных потоков и струй исследованы электрические и тепловые характеристики электрических дуг в продольном потоке различных газов. Разработана методика расчета генераторов плазменных струй – плазмотронов постоянного тока. Созданы плазмотроны для проведения научных исследований и реализации различных технологических процессов.

Список используемых источников

1. Сазонов М.И., Хвиевич В.М., Кузмич В.А., Пекун А.И., Каролинский В.Г., Цыганов Д.Л. “Осаждение из газовой фазы алмазоподобных пленок с применением вакуумно-плазменной установки ВПУ-2”// Материалы и технологии : Тез. 4-ой респуб. конф. Гомель.2000. С.87.

2. Сазонов М.И., Хвиевич В.М., Кузмич В.А., Пекун А.И., Каролинский В.Г. Цыганов Д.Л. “Использование CVD-метода на установке ВПУ-2 для увеличения износостойкости твердосплавных пластин”//:Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения. Сборник научных трудов Международной конф. Новополоцк. 2001. С.696-699.

3. Жуков М.Ф., Коротеев А.С., Урюков Б.А. “Прикладная динамика термической плазмы”/ «Наука» СО АН. Новосибирск.1975. 299 с.

4. Даутов Г.Ю., Сазонов М.И. “Напряженность электрического поля в стабилизированной вихрем дуге”// ПМТФ. 1967 №4. С.127-131.

Дмухайло Е.И., Белов С.Г.

К ПРОБЛЕМЕ ОБРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Брестский государственный технический университет, кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов

В области очистки сточных вод наиболее значительное место, как по стоимостным, так и по объемным показателям занимает обработка осадков с целью обеспечения определенной степени их концентрирования и стабилизации. Для этого используются процессы аэробного или анаэробного сбраживания, окончательного уплотнения и обеззараживания. После этого осадки могут быть дополнительно обезвожены и депонированы.

С экологической и экономической точек зрения, использование осадков сточных вод в качестве удобрения остается наиболее приемлемым способом их устранения при исключении токсических и других санитарно-гигиенических рисков.