

2000-83

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ**

На правах рукописи

ЖУСУПКЕЛДИЕВ Шаршенбек

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИМПУЛЬСНЫХ
ПОТОКОВ ПЛАЗМЫ С ПОВЕРХНОСТЬЮ**

01.04.14 — теплофизика и молекулярная физика

А в т о р е ф е р а т

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

БИШКЕК 2000

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ

На правах рукописи

ЖУСУШКЕЛДИЕВ ШАРШЕНБЕК

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ПОТОКОВ ПЛАЗМЫ С
ПОВЕРХНОСТЬЮ**

01.04.14 - теплофизика и молекулярная физика

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Бишкек – 2000

- провести исследования динамических параметров импульсного потока плазмы методом визуализации
- измерить концентрацию и температуру электронов зондовым методом;
- исследовать процессы взаимодействия потока плазмы с поверхностью преграды и влияние различных режимов работы ИПИ на структуру поверхности.

Научная новизна.

1. Метод визуализации модернизирован и впервые использован для обнаружения радиального расширения импульсных потоков плазмы у поверхности преграды.
2. Степень модификации поверхности импульсным потоком плазмы возрастает при увеличении длительности разряда при той же энергии разряда.
3. При взаимодействии импульсного плазменного потока с преградой в вакууме концентрация и температура электронов у поверхности преграды меньше, чем в свободной струе.
4. Доля тепловой энергии, передаваемой преграде импульсным потоком плазмы, уменьшается с увеличением энергии разряда.

Практическая ценность работы.

1. Разработанный импульсный плазменный инжектор с соответствующими источником питания, системой контроля и измерений может быть использован в дальнейшем для изучения свойств потоков плазмы и их взаимодействия с поверхностью твердого тела, а также в практике модификации поверхности металлических и неметаллических изделий.
2. Результаты исследований и разработок уже нашли практическое применение:

- в Институте сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля АН Украины для обработки деталей авиационных двигателей, что позволило увеличить теплостойкость лопаток турбин в 1,5 + 1,7 раза;
- в Производственной фирме «Гидростройтранс», г. Киев, для импульсно-плазменного упрочнения деревообрабатывающего инструмента, что позволило увеличить стойкость инструмента в 1,3-1,5 раза.

Положения, выдвигаемые на защиту.

1. Экспериментальная установка для генерации импульсного потока плазмы в вакууме с высоковольтным и низковольтным накопителями энергии, включающая плазменный инжектор, источник питания, систему контроля и измерений.
2. Результаты исследований электрических и энергетических характеристик импульсного генератора плазмы, в том числе временные зависимости тока, напряжения, мощности и энергии. При использовании высоковольтных накопителей энергии, в отличие от низковольтных, сдвиг фаз между током и напряжением отсутствует, и выделенная при этом мощность является активной.
3. Результаты исследования структуры и скорости импульсного потока плазмы с помощью сверхскоростной фотографии. Показано, что при низковольтном накопителе энергии наблюдается длительный разряд с практически однородным потоком во времени. При высоковольтном - генерируются отдельные сгустки плазмы. Установлено, что при длительном разряде скорость потока плазмы (до 20 км/с) меньше, чем при коротком разряде (до 30 км/с).
4. Результаты зондовых измерений концентрации и температуры электронов в радиальном и продольном направлениях потока плазмы при разряде с низковольтным накопителем. Максимальные температура и концентрация электронов $T_e=23000\text{K}$, $N_e=2,3 \cdot 10^{16}\text{см}^{-3}$. Установлено, что при взаимодействии импульсного плазменного потока с пре-

градой в вакууме концентрация и температура электронов у поверхности преграды меньше, чем в свободной струе.

5. Результаты исследований взаимодействия импульсного потока плазмы с металлическими и неметаллическими материалами. Разработанным методом визуализации определена скорость растекания плазмы по поверхности преграды. Установлено, что скорость растекания на порядок меньше, чем скорость набегающего потока плазмы. Калориметрическим методом измерена тепловая энергия, передаваемая потоком плазмы преграде. Величина энергии не превышает 25% энергии, запасенной в накопителе. Доля передаваемой энергии уменьшается с увеличением энергии разряда. При импульсном воздействии плазмы на поверхность металлических изделий (титан, сталь) увеличивается микротвердость (1,5-1,7 раза), износостойкость (1,3-1,5 раза). При воздействии на поверхность неметаллических изделий (оксид циркония модифицированный оксидом иттрия) уменьшается шероховатость в два раза.

Апробация работы.

Основные результаты и положения диссертации опубликованы в 14 работах и докладывались:

- на V Всесоюзном совещании (Москва, 1988г.);
- на XIV конференции молодых ученых (г. Киев, 1989г.);
- на IV Всесоюзной конференции по взаимодействию излучения, плазменных и электронных потоков с веществом (Фрунзе, 1990г.);
- на XVII Международной конференции молодых ученых (Киев, 1992г.);
- на III Межреспубликанского семинара «Физика быстропротекающих плазменных процессов» (Гродно, 1992г.);

Структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и библиографии. Работа имеет объемом 138 страниц текста, 39 рисунка, 4 таблиц и 121 библиографических ссылок.

Основное содержание работы.

Во Введении приведена общая характеристика работы, обоснована актуальность темы, описана цель работы, ее научная новизна и практическая ценность, сформулированы выносимые на защиту положения.

Первая глава посвящена аналитическому обзору литературы. Рассматриваются принципы работы и конструкции различных типов импульсных плазменных ускорителей. Анализируются методы регистрации осциллограмм тока и напряжения разряда, определения полной реактивной мощности, исследования динамических параметров потока плазмы. Рассматриваются зондовые методы определения температуры и концентрации электронов. Анализируются методы исследования взаимодействия плазменных потоков с преградой. На основе анализа литературы формулируются цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе «Импульсный плазменный ускоритель. Электрические и энергетические характеристики» описана конструкция плазменного инжектора, источника электрического питания, системы управления и контроля. Приводятся электрические и энергетические характеристики импульсного генератора плазмы.

Плазменный инжектор выполнен в виде коаксиально-конического канала. Центральный электрод в виде стержня изготовлен из композиционного материала W+Si+LaB₆. Данный состав материала электрода выбран для уменьшения эрозии электрода. Конусный - внешний электрод изготовлен из нержавеющей стали и имеет размеры: входной диаметр - 60мм, выходной - 30мм, длина - 80 мм. Инжектор рас-

положен в вакуумной цилиндрической камере диаметром 500мм и длиной 500 мм, в которой находится также держатель подложки для исследования взаимодействия импульсного плазменного потока с преградой. Камера откачивалась последовательно включенными форвакуумным и диффузионным насосами до давления $P=0,1$ Па. Давление газа в камере измерялась ионизационно-термопарным манометром ВИТ-3, датчиком которого служила ионизационная лампа ПМИ-2. Источник питания импульсного генератора плазмы состоит из регулятора напряжения, повышающего трансформатора (0-40кВ), и выпрямительного моста. Поджиг разряда осуществляется с помощью вспомогательного высоковольтного генератора. Установка дополнительно содержит «пояс Роговского» для измерения импульсного тока разряда, делителя напряжения и запоминающего осциллографа (С-17 и С-14). Кроме того, вакуумная камера имеет оптические окна для фоторегистрации потока плазмы. Блок-схема экспериментальной установки показано на рис.1.

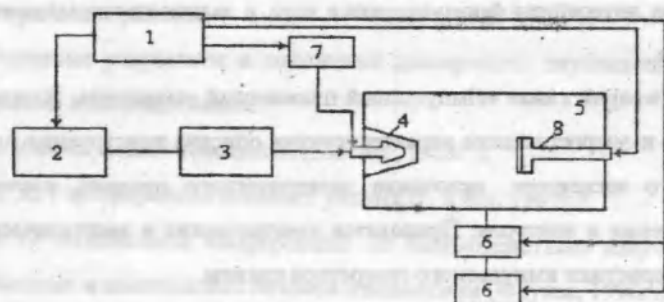


Рис.1. Блок-схема экспериментальной установки.

1 - блок управления установкой, 2 - блок питания, 3 - емкостный накопитель энергии, 4 - плазменный инжектор, 5 - вакуумная камера, 6 - вакуумные насосы, 7 - управляемый разрядник и импульсный клапан, 8 - устройство для перемещения преграды.

Исследованы два режима разряда с низковольтным и высоковольтным накопителями энергии, параметры которых показаны в таблице 1.

Электрические параметры экспериментальной установки.

Таблица 1.

Характеристики	Значение	
	Вариант-1	Вариант-2
Напряжение	10-40кВ	1-4кВ
Емкость конденсаторов	36мкФ	2000мкФ
Сопротивление разрядного контура	$2,6 \cdot 10^{-2}$ Ом	$2,1 \cdot 10^{-2}$ Ом
Индуктивность разрядного контура	$5,8 \cdot 10^{-7}$ Гн	$2,7 \cdot 10^{-6}$ Гн
Период разрядного тока	60мкс	280мкс
Длительность разряда	148мкс	900мкс
Максимальное амплитудное значение разрядного тока	30кА	55кА

Осциллограммы тока и напряжения полученные для низковольтного накопителя при напряжении на конденсаторе $U_0=1; 2; 3; 4$ кВ, для высоковольтного накопителя - при $U_0=10; 20; 30; 40$ кВ. Типичные осциллограммы приведены на рис.2.

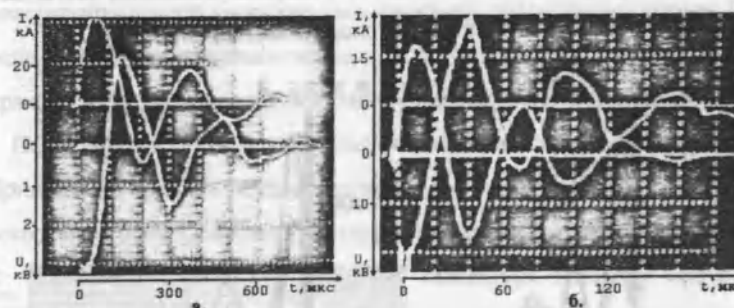


Рис.2 Осциллограммы тока $I(t)$ и напряжения $U(t)$ для низковольтного накопителя (а), при $U_0=3$ кВ и высоковольтного накопителя (б) при $U_0=30$ кВ

Анализ осциллограмм показывает следующее. Амплитудные значения тока разряда зависят от U_0 и изменяются для низковольтного накопителя в диапазоне от 10кА до 40кА, для высоковольтного нако-

пителя - от 10 кА до 30 кА. В том и другом случаях диапазоны тока примерно одинаковы, что обусловлено близостью запасенной энергии на накопителях. Длительность разряда слабо зависит от U_0 и составляет для высоковольтного накопителя ~170 мкс («короткий» разряд), для низковольтного накопителя ~900 мкс («длинный» разряд). Разряд носит периодический затухающий характер. При использовании высоковольтного накопителя энергии, в отличие от низковольтного накопителя, сдвиг фаз между током и напряжением отсутствует, и выделяемая мощность является активной (см. также рис.3, рис.4). На рис.3 и рис.4 показаны соответствующие мгновенная мощность разряда и энергия, выделяемая в разряде, как функции времени. Характерным для низковольтного разряда является наличие реактивной (отрицательной на рис.3б) мощности. Это обусловлено, по-видимому, большей индуктивностью контура. Для высоковольтного разряда реактивная мощность не регистрируется в пределах погрешности измерений.

Сопоставление полной энергии разряда с энергией на накопителе показала, что в разряде выделяется до 60% энергии. Остальная часть, по-видимому, выделяется на активном сопротивлении цепи.

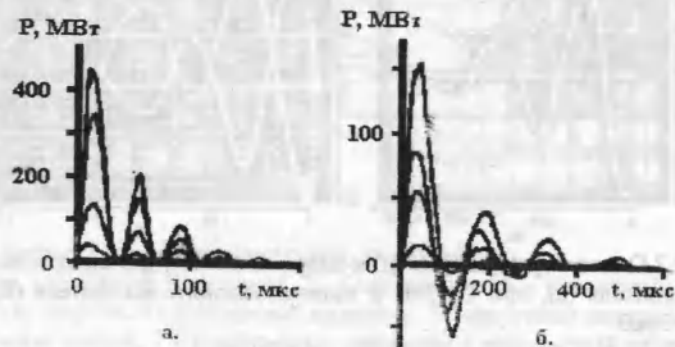


Рис.3. Мгновенная мощность разряда высоковольтного накопителя (а) и низковольтного накопителя (б) при напряжении на накопителе соответственно $U_0=10; 20; 30; 40$ кВ и $U_0=1; 2; 3; 4$ кВ

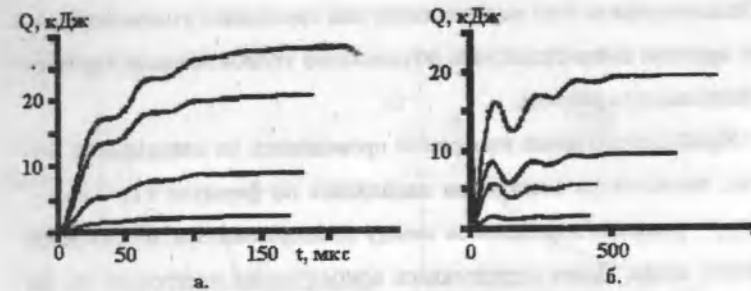
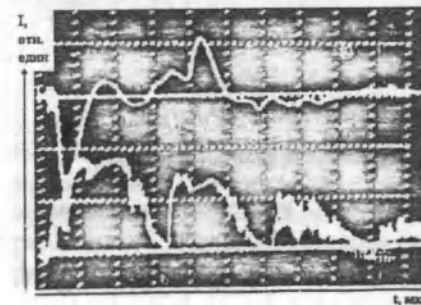


Рис.4 Энергия импульсного разряда как функция времени для высоковольтного накопителя (а) и низковольтного накопителя (б) при напряжении на накопителе соответственно $U_0=10; 20; 30; 40$ кВ и $U_0=1; 2; 3; 4$ кВ.

В третьей главе «Исследование импульсных потоков плазмы электрическим зондом» приведены электрическая схема эксперимента, методика обработки зондовых характеристик и результаты измерений температуры и концентрации электронов. Измерения выполнены при использовании низковольтного накопителя. Использовались двойной и тройной цилиндрические зонды Ленгмюра. Собирающая поверхность зондов располагалась навстречу плазменному потоку. По осциллограммам двойного зонда при подаче на него различных напряжений строились вольтамперные зондовые характеристики.

По характеристикам определялась область насыщения ионного тока. Привязка по времени осуществлялась с помощью «пояса Роговского», который располагался непосредственно на выходе наружного электрода



инжектора. Типичная осциллограмма двойного зонда и токового датчика показаны на рис.5

Рис.5 Осциллограммы двойного зонда и токового датчика (верхняя кривая) в потоке плазмы низковольтного накопителя при $U_0=2,5$ кВ.

Осциллограмма тока на зонд имеет вид трапеции с уменьшающейся по времени амплитудой, что обусловлено колебательным характером импульсного разряда.

Обработка зондовых измерений проводилась по стандартной методике, температура электронов находилась по формуле $kT_e \sim 1,4V_{2,3}$, где $V_{2,3}$ – разность потенциалов между незаземленными электродами тройного зонда. Далее определялась концентрация электронов N_e по ионному току насыщения I_{is} двойного зонда $N_e = \frac{I_{is}}{Se \sqrt{\frac{kT_e}{M_i}}}$, где S

$$N_e = \frac{I_{is}}{Se \sqrt{\frac{kT_e}{M_i}}}$$

площадь зонда, M_i – масса иона плазмы.

На рис.6,7,8 показаны измеренные температуры электронов в потоке плазмы импульсного инжектора при $U_0 = 2,5$ кВ.

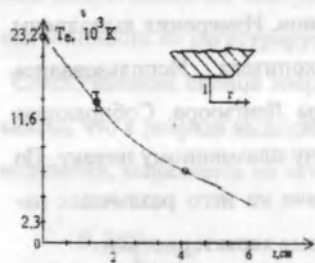


Рис.6. Радиальное распределение максимальной температуры электронов в потоке плазмы на расстоянии 4 см от среза инжектора. $U_0 = 2,5$ кВ.

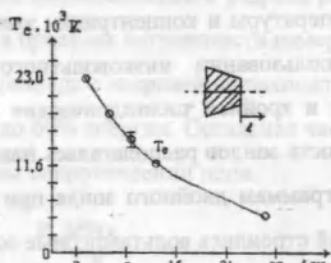


Рис.7. Осевое распределение максимальной температуры электронов в потоке плазмы. $U_0 = 2,5$ кВ.

Максимальная температура электронов уменьшается как в радиальном направлении, так и в продольном. Последнее обусловлено, по-видимому, расширением плазмы в вакуум. Та же причина изменения концентрации электронов (см. рис.9).

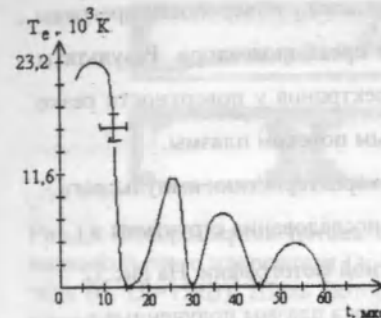


Рис.8. Изменение температуры электронов в потоке плазмы на расстоянии 4 см от среза инжектора во времени. $U_0 = 2,5$ кВ.

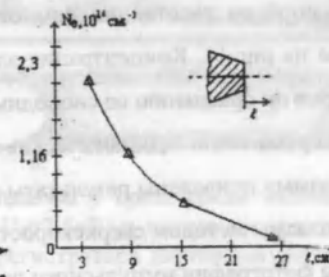


Рис.9. Осевое распределение максимальной концентрации электронов в потоке плазмы. $U_0 = 2,5$ кВ.

Электронная температура осциллирует во времени (см. рис.8). Продолжительность времени, в течение которого удастся зарегистрировать электронную температуру, существенно меньше длительности разряда, и соответствует лишь первому полупериоду тока ускорителя (ср. рис.8 и рис.2).

На рис.9,10 приведены измеренные концентрации электронов в радиальном и аксиальном направлениях.

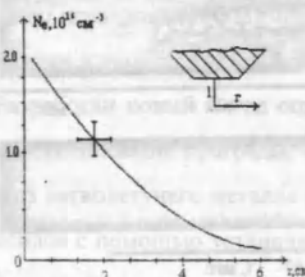


Рис.10. Радиальное распределение максимальной концентрации электронов в потоке плазмы на расстоянии 4 см от среза инжектора. $U_0 = 2,5$ кВ.

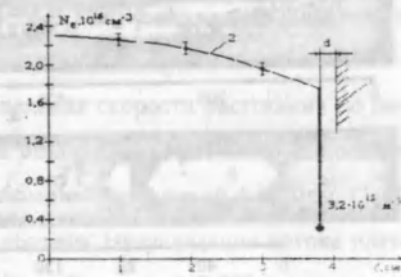


Рис.11. Осевое распределение максимальной концентрации электронов в потоке плазмы и у преграды. $U_0 = 2,5$ кВ.

Концентрация электронов измерена также у поверхности преграды расположенной на расстоянии 4см от среза инжектора. Результаты приведены на рис.11. Концентрация электронов у поверхности резко уменьшается по сравнению со свободным потоком плазмы.

В четвертой главе «Динамические характеристики импульсного потока плазмы» приведены результаты исследования структуры и скорости плазмы методом сверхскоростной фотографии. На рис.12 приведены фотографии импульсного потока плазмы полученные с помощью фоторазвертки на сверхскоростной камере ВФУ-1. Щель фоторегистратора параллельна потоку плазмы. При низковольтном накопителе структура потока плазмы квазистационарна. При высоковольтном накопителе поток плазмы состоит из отдельных сгустков. Это связано с большей длительностью разряда для низковольтного накопителя.

На рис.13 приведены фотографии при ориентации щели фоторегистратора перпендикулярно потоку. По наклону светящихся определялась скорость потока плазмы.

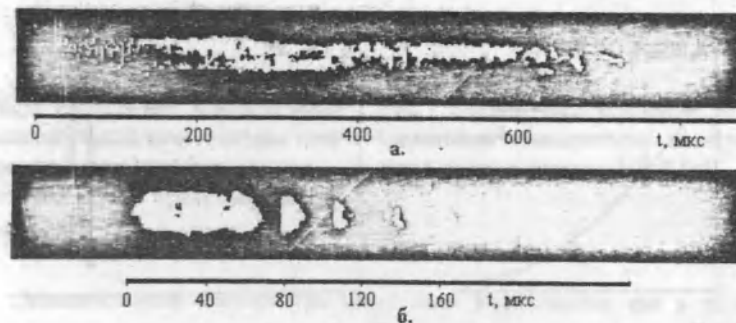


Рис.12 Фоторазвертка потока плазмы у среза сопла инжектора для низковольтного накопителя (а, $U_0=2,5\text{кВ}$) и высоковольтного накопителя (б, $U_0=14\text{кВ}$). Щель фоторегистратора параллельна потоку плазмы.

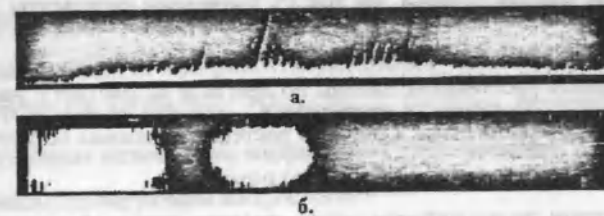


Рис.13 Фоторазвертка потока плазмы у среза сопла инжектора для низковольтного накопителя (а, $U_0=2,5\text{кВ}$) и высоковольтного накопителя (б, $U_0=15\text{кВ}$). Щель фоторегистратора перпендикулярна потоку плазмы.

На рис.14 приведены некоторые результаты определения скорости потока плазмы. Скорость потока плазмы достигает 20-30км/с.

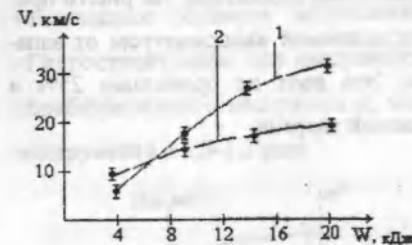


Рис.14 Зависимость скорости плазменного потока от величины запасаемой энергии у среза сопла для высоковольтного накопителя (а) и низковольтного накопителя (б).

В пятой главе «Взаимодействие ИПП с преградой» приведены результаты исследований взаимодействия импульсного потока плазмы с металлами и неметаллическими материалами.

Разработан новый метод определения скорости растекания по поверхности плоской преграды. На стеклянную пластинку наносился слой из легколетучего металла (алюминий) толщиной 1,5-3мкм. Слой наносился с помощью установки «Булат». Визуализация потока плазмы осуществлялась покадровой съемкой камерой ВФУ-1 с внешней стороны стеклянной пластинки. При набегании потока плазмы на преграду алюминий испаряется, стекло становится прозрачным, и по скорости расширения прозрачного окна определяется радиальная ско-

рость растекания плазмы. На рис.15 приведены результаты эксперимента.

Скорость растекания плазмы по преграде возрастает с увеличением энергии накопителей. Скорость растекания плазмы по преграде на порядок ниже скорости плазменного потока.

Методом энтальпийного зонда измерен тепловой поток передаваемый преграде от плазмы. Калориметр представлял собой цилиндр диаметром 4см и глубиной 4см с глухим дном. Калориметр изготовлен из меди с толщиной стенок 2мм. В дно калориметра встроена термопара, по показаниям которой, при известной теплоемкости и массе медного калориметра, определялся тепловой поток. Калориметр устанавливался непосредственно у среза сопла инжектора. На рис.16 приведена доля тепловой энергии поглощаемой калориметром от запасаемой энергии на конденсаторе. Это доля не превышает 25% и уменьшается с увеличением запасаемой энергии.

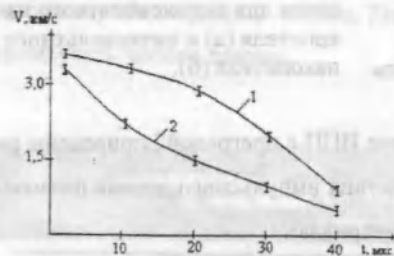


Рис.15. Зависимость радиальной скорости растекания плазмы по поверхности преграды от времени. При высоковольтном накопителе (1) и низковольтном накопителе (2), запасаемая энергия $W=12 \cdot \kappa \text{Дж}$.

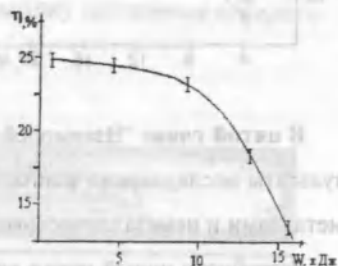


Рис.16. Доля тепловой энергии поглощаемой калориметром от энергии запасаемой в низковольтном накопителе.

Изучена модификация поверхности преграды при воздействии импульсно плазменного потока. Определялась микротвердость материала методом выдавливания на приборе ПМТ-3. Для определения глу-

бины он послойно сошлифовывался на шлифовальном станке. Параметры шероховатости поверхности измерялись с помощью профилометра «TOYLOL-HOBSON». Поверхность образцов фотографировалась с помощью оптического микроскопа с фотонасадкой, а также на электронном сканирующем микроскопе.

Установлено, что под воздействием плазменного потока микротвердость металлических образцов (сталь У-8, титановый сплав ВТЗ-1) увеличивается в 1,75 раза от исходного состояния. Глубина модифицированного слоя при воздействии одного импульса плазмы достигает до 40 мкм (рис.17). Фотографии обработанного плазмой образца показали оплавление поверхности. Повышение микротвердости металлических образцов использованы в Производственной фирме «Гидростройтранс», для импульсно-плазменного упрочнения деревообрабатывающего инструмента, что позволило увеличить стойкость инструмента в 1,3-1,5 раза.

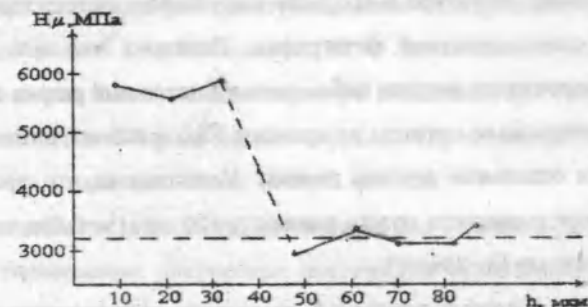


Рис.17. Изменение микротвердости по глубине модифицированного слоя титанового сплава ВТЗ-1. Пунктир – исходное состояние.

При воздействии импульсного потока плазмы на поверхность неметаллических изделий уменьшается шероховатость в два раза, происходит оплавление поверхности и залечивание трещин. Эти результаты были использованы в Институте сверхтвердых материалов им.

В.Н. Бакуля АН Украины для обработки деталей авиационных двигателей, что позволило увеличить теплостойкость лопаток турбин в 1,5 + 1,7 раза;

Общие выводы:

1. Разработана экспериментальная установка для генерации импульсного потока плазмы в вакууме с высоковольтным и низковольтным накопителями энергии, включающая плазменный инжектор, источник питания, систему контроля и измерений.
2. Исследованы электрические и энергетические характеристики импульсного генератора плазмы, в том числе временные зависимости тока, напряжения, мощности и энергии. При использовании высоковольтного накопителя энергии, в отличие от низковольтного, сдвиг фаз между током и напряжением отсутствует и выделенная при этом мощность является активной.
3. Исследованы структура и скорость импульсного потока плазмы с помощью сверхскоростной фотографии. Показано, что при низковольтном накопителе энергии наблюдается длительный разряд с практически однородным потоком во времени. При высоковольтном - генерируются отдельные ступки плазмы. Установлено, что при длительном разряде скорость потока плазмы (до 20 км/с) меньше, чем при коротком разряде (до 30 км/с).
4. На основе зондовых измерений определены концентрация и температура электронов в радиальном и продольном направлениях потока плазмы при разряде с низковольтным накопителем. Максимальные температура и концентрация электронов $T_e=23000\text{K}$, $N_e=2,3 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Установлено, что при взаимодействии импульсного плазменного потока с преградой в вакууме концентрация и температура электронов у поверхности преграды меньше, чем в свободной струе.

5. Исследовано взаимодействие импульсного потока плазмы с металлическими и неметаллическими материалами. Разработанным методом визуализации определена скорость растекания по поверхности преграды. Установлено, что скорость растекания на порядок меньше, чем скорость набегающего потока плазмы.

6. Калориметрическим методом измерена тепловая энергия, передаваемая потоком плазмы преграде. Величина энергии не превышает 25% энергии, запасенной в накопителе. Доля передаваемой энергии уменьшается с увеличением энергии разряда.

7. Установлено, что при импульсном воздействии плазмы на поверхность металлических изделий (титан, сталь) увеличивается микротвердость (1,5-1,7 раза), износостойкость (1,3-1,5 раза). При воздействии на поверхность неметаллических изделий (оксид циркония, модифицированный оксидом иттрия) уменьшается шероховатость в два раза.

Основное содержание работы опубликовано в следующих работах:

1. Жусупкелдиев Ш., Масловский Н. О возможности экспериментальной оценки контактной температуры и давления при газотермическом напылении. Сборник научных трудов «Свехтвёрдые материалы в народном хозяйстве» - Киев: 1989, С. 104-106.
2. Баринов В.В., Гасин Д.А., Жусупкелдиев Ш., Урюков Б.А. Применение нестационарных плазменных потоков для обработки и упрочнения поверхности. - Тезисы докладов XI Всесоюзной конференции по генераторам низкотемпературной плазмы. Новосибирск: Наука, 1989. Ч.2, С.270-272.
3. Урюков Б.А., Гасин Д.А., Жусупкелдиев Ш. Коаксиальный плазменный ускоритель для обработки поверхности, - там же, С. 272-273.
4. Д.А.Гасин, Ш.Жусупкелдиев, В.В.Матвиенко, Урюков Б.А. Модификация металлической поверхности импульсным потоком плазмы.

Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции «Взаимодействие излучения, плазменных и электронных потоков с веществом», - Фрунзе, 1990. С.121.

5. Д.А.Гасин, Ш.Жусупкелдиев, В.В.Матвиенко, Б.А.Урюков Исследования параметров импульсного потока плазмы в вакууме -там же.,С. 122-123.

6. Жусупкелдиев Ш., Куручбеков Т.А., Чокоев Э.С. Применение теневоего метода для исследования взаимодействия плотной плазмы с ударными волнами – Гродно, 1992, - 21с.

7. Жусупкелдиев Ш., Куручбеков Т.А., Чокоев Э.С., Эстебесов Помехоустойчивый синхронизатор для измерения мощных импульсов тока и напряжения.- Сборник тезисов межреспубликанского семинара “Измерительная техника в технологических процессах и конверсии производств”,-Хмельницкий, 1992.С.79-80.

8. Жусупкелдиев Ш., Куручбеков Т.А., Чокоев Э.С. Изучение электрического взрыва проводника между плоскопараллельными электродами.- Сборник тезисов научно-теоретической конференции физического факультета. - Бишкек, 1993, С.11-12.

9. Жусупкелдиев Ш., Эстебесов Т.К.и др. Особенности импульсных токовых структур закрученной геометрии.- Сборник тезисов конференции “Физика и техника плазмы”.- Минск, 1994, т.1.С.140-142.

10. Жусупкелдиев Ш. Применение импульсных плазменных потоков для обработки и упрочнения поверхности.- Вестник Кыргызского государственного национального университета. –Бишкек, 1996, выпуск 1, часть 2. С.68-69.

11. Жусупкелдиев Ш., Жайнаков А.Ж., Урюков Б.А., Усенканов Дж.О. Влияние излучения и конвекция на преграды при воздействии импульсного потока плазмы.- Сборник научных трудов Технологического университета “Дастан”.- Бишкек, 1997.С. 49-56.

12. Байтереков А.Т., Жусупкелдиев Ш., Куручбеков Т.А. Мощный импульсный разряд со спиралевидным каналом.- Вестник Технологического университета “Дастан”, №1,-Бишкек, 1998.С.65-71.

13. Байтереков А.Т.,Жусупкелдиев Ш., Куручбеков Т.А.и др. Электрический взрыв проводника спиральной конфигурации из тугоплавкого материала.- Вестник Технологического университета “Дастан”,№1, Бишкек,1998.С.71-78.

14. Жусупкелдиев Ш., Жайнаков А.Ж., Урюков Б.А. Анализ процесса тепловыделения в преграде при воздействии на нее электрического тока импульсного разряда.- Вестник Технологического университета “Дастан”, №1.Бишкек, 1998. С.241-247.

15. Жусупкелдиев Ш. Исследование взаимодействия импульсного потока с преградой зондовым методом - Вестник Технологического университета “Дастан”,№2, Бишкек, 1999. С.43-49с.

16. Жайнаков А.Ж., Жусупкелдиев Ш., Усенканов Дж.О. Исследование динамических параметров плазменного потока импульсного ускорителя.- Вестник ИГУ им. К.Тыныстанова. 1999,№ 3.С.200-206.

АННОТАЦИЯ

Бул иште, импульстук плазма агымынын (ИПА) бет менен аракет этүү процесстери изилденген. Жумуштун негизги максаты вакуумдук импульстук плазма инжекторун түзүү жана анын электрдик, энергетикалык динамикалык параметрлерин жана ИПА катуу заттардын бетине болгон аракетин окуп үйрөнүүгө багытталган.

Жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн негизинде төмөнкүдөй жыйынтыктар жасалды: Жогорку (10-40кВ) жана төмөнкү (1-4кВ) чыңалуудагы энергия топтогучтардын негизинде түзүлгөн им-

пульстук плазма генераторунун электрдик, энергетикалык мүнөздөмөлөрү жана алынган плазма агымдарынын түзүлүшү ар түрдүү экендиги аныкталды.-ИПА бетке берген жылуулук энергиясынын чоңдугу, жалпы топтолгон энергиядан көз каранды.-Импульстук плазманын бет менен болгон аракетинде, плазма таасир эткен металлдардын бетинин аймагында анын катуулугу жогорулап, жешилүүгө болгон туруктуулугу жогорулайт.

АБСТРАКТ

It was investigated the process of the interaction of the pulsed flows of plasma (PFP) with the surface of solid body. The aim of the investigation is creation of pulsed vacuum booster and obtain its electrical, energy and dynamic parameters and the interaction between PFP with the surface of solid body.

It was shown that the using of high voltage (10-40kV) of energy capacitor, in difference with the case of low voltage (1-4kV), there is no phase separation between current and voltage and illuminated power is active. It was obtained that duration, velocity and structure of flow depends, from type of energy capacitor.

It was measured the heat energy, transported by PFP to surface.

It was obtained, the coefficient of transferred energy depends on voltage.

It was obtained that during interaction between plasma and surface of metallic bodies, the microsolidity and wearproof of bodies was increases.

АННОТАЦИЯ

В работе исследованы процессы взаимодействия импульсных потоков плазмы (ИПП) с поверхностью. Целью работы являлось создание импульсного вакуумного инжектора, изучение его электрических,

энергетических, динамических параметров и взаимодействия ИПП с поверхностью твердого тела.

Показано, что при использовании высоковольтного (10-40кВ) накопителя энергии, в отличие от низковольтного (1-4кВ), сдвиг фаз между током и напряжением отсутствует, а выделенная при этом мощность является активной. Установлено, что длительность, скорость и структура потока зависят от вида накопителя энергии,

Измерена тепловая энергия, передаваемая ИПП преграде. Выявлено, что доля передаваемой энергии зависит от зарядного напряжения.

Установлено, что при воздействии плазмы на поверхность металлических изделий, увеличивается их микротвердость и износостойкость.

Подписано в печать 25.02.2000
Формат 60x84/16
Уч. л. 1,5
Тираж 100

