

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P13-85-29

**Н.И.Балалыкин, И.Б.Енчевич*, С.А.Коренев,
М.К.Михов***

**ЭЛЕКТРОННАЯ ПУШКА
ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ
ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ**

Направлено на Международную конференцию
по электронно-лучевым технологиям
/Варна, НБР, 1985 г./

* Институт ядерных исследований
и ядерной энергетики БАН, София

1985

В последнее время надежно установлен факт упрочнения стальных изделий поверхностной обработкой импульсным электронным пучком^{/1/}. При этом к электронному пучку предъявляются следующие основные требования: плотность мощности в импульсе $\geq 10^6$ Вт/см², неоднородность плотности тока по поперечному сечению $\sim 15 \div 20\%$, кинетическая энергия электронов $\sim 20 \div 250$ кэВ^{/2/}. Практический интерес представляет упрочнение металлических труб с целью увеличения ресурса их работы в условиях механических нагрузок. Для этого необходимы электронные пушки, формирующие веерный пучок электронов.

В настоящей работе предлагается конструкция электронной пушки для этих целей и приводятся ее основные характеристики.

Анализ конструкций электронных пушек показал, что для генерации веерного электронного пучка могут подойти коаксиальные электронные пушки^{/3/}. При этом из соображений вакуумных условий работы пушки и получения больших плотностей тока целесообразнее использовать в пушке плазменный катод. Сопоставляя характеристики плазменных катодов, можно сделать вывод о том, что для данной конструкции пушки наиболее подходящим является углеродно-волоконистый катод. Исходя из условия формирования однородной катодной плазмы^{/4/}, применительно для коаксиальной геометрии диодного промежутка необходимо выполнить условие:

$$E = \frac{Uk}{r \ln R/r} \geq (300 \div 400) \text{ кВ/см}, \quad /1/$$

где: E - пороговая напряженность электрического поля на катоде до зажигания плазмы; U - напряжение на пушке, [кВ]; K - коэффициент усиления электрического поля в волокнах углеродной ткани; обычно $K = 100 \div 200$; r - радиус катода, R - радиус металлической трубы. При указанных r и R /см. рис.1/, напряжении на пушке $U = 100$ кВ, коэффициенте усиления электрического поля $K = 100$ условие /1/ выполняется для довольно широкого диапазона диаметров облучаемых труб.

В рассмотренном катоде волокна углеродной ткани направлены в сторону анода и их малый диаметр /8-10 мкм/ позволяет получить довольно высокий коэффициент усиления электрического поля.

На рис.1 схематично показана конструкция электронной пушки, которая отличается от конструкции^{/5/} коаксиальной геометрией ее элементов. Она состоит из вакуумной камеры 1, проходного высоковольтного изолятора 2, катодной ножки 3, углеродно-волоконистого катода 4. Функции анода выполняет облучаемая металли-

ИЗДАНИЕ
БИБЛИОТЕКА

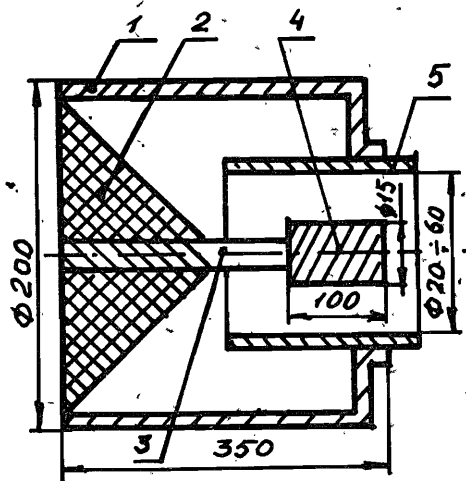


Рис.1. Конструкция электронной пушки: 1 - вакуумная камера; 2 - проходной высоковольтный изолятор; 3 - катодная ножка; 4 - углеродно-волокнистый катод; 5 - анод /облучаемая труба/.

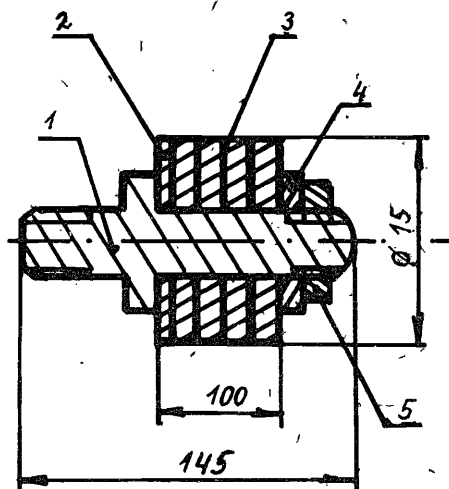


Рис.2. Конструкция катода: 1 - металлический стержень; 2 - шайбы из углеродной ткани; 3 - эпоксидная смола; 4 - шайба; 5 - гайка.

ческая труба 5, которая может перемещаться в продольном направлении. Катод представляет собой набор цилиндрических шайб из углеродной ткани. На рис.2 показана конструкция катода. Для механической обработки катода цилиндрические шайбы из ткани заливаются эпоксидной смолой.

Характеристики электронной пушки измерялись на экспериментальном стенде^{/6/} при давлении остаточного газа в вакуумной камере $\sim 10^{-3}$ Па. Электронная пушка запитывалась промышленным генератором импульсного напряжения Аркадьева-Маркса типа ГИН-500. Длительность импульса напряжения составляла ~ 150 нс. Для измерения тока пучка электронов использовался цилиндрический коллектор, который устанавливался за сетчатым анодом. Цилиндрический сетчатый анод изготавливался из нержавеющей стальной сетки с коэффициентом прозрачности $K \sim 0,6$. Для измерения распределения плотности тока применялся секционированный коллектор, состоящий из набора плоских электродов, расположенных как по азимуту /для измерений азимутального распределения плотности тока/, так и в продольном направлении /кольцевые электроды для измерения продольного распределения плотности тока/. Напряжение на пушке измерялось высокоомным делителем напряжения. Регистрация сигналов проводилась широкополосным осциллографом.

На рис.3 приведена типичная вольт-амперная характеристика электронной пушки при зазоре между анодом и катодом 1 см. Ха-

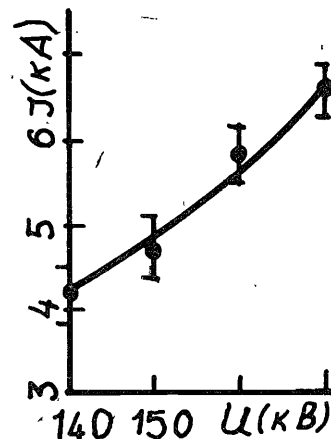


Рис.3. Вольт-амперная характеристика диода.

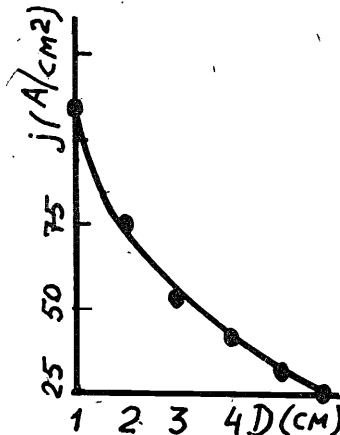


Рис.4. Зависимость плотности тока пучка электронов j от расстояния между анодом и катодом D при напряжении на пушке 160 кВ.

рактеристика измерялась по 100 импульсам в каждой точке. На графике представлены максимальные разбросы амплитуды тока, не превышающие $+12\%$. Проведенные измерения показали, что азимутальная неоднородность плотности тока не больше $\sim 15\%$, а продольная неоднородность на длине катода $\sim 20\%$. На рис.4 представленная зависимость плотности тока пучка электронов от расстояния между анодом и катодом указывает на возможность получения требуемой плотности мощности в импульсе пучка для обработки труб.

Анализ характеристик веерного пучка электронов в коаксиальной конструкции электродов пушки показывает пригодность предложенной конструкции для обработки внутренних поверхностей металлических труб диаметром 20 ± 60 мм.

ЛИТЕРАТУРА

- Итин В.И. и др. В кн.: Тезисы докладов IV Всесоюзного симпозиума по сильноточной электронике. Изд-во Ин-та сильноточной электроники СО АН СССР, Томск, 1982, с.251.
- Коваль Б.А. и др. В кн.: Сильноточные электронные пучки в технологии. "Наука", Новосибирск, 1983, с.26.
- Абрамян Е.А., Альтеркоп Б.А., Кулешов Г.Д. Интенсивные электронные пучки. Энергоатомиздат, М., 1984.
- Смирнов В.П. ПТЭ, 1977, №2, с.7.

5. Корнев С.А. и др. В кн.: Тезисы докладов V Всесоюзного симпозиума по сильноточной электронике. Изд-во Ин-та сильноточной электроники СО АН СССР, Томск, 1984, с.45.
6. Корнев С.А. ОИЯИ, 9-81-703, Дубна, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 января 1985 года.

Балалыкин Н.И. и др.

P13-85-29

Электронная пушка для поверхностной обработки
внутренних поверхностей цилиндрических деталей

Рассматривается конструкция электронной пушки для обработки внутренних поверхностей цилиндрических металлических деталей. В коаксиальной конструкции пушки диодного типа применяется углеродно-волоконистый катод. Анализ характеристик пушки показывает соответствие параметров пучка, необходимых для реализации режимов обработки с целью упрочнения металлических труб.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1985

Перевод О.С.Виноградовой

Balalykin N.I. et al.

P13-85-29

Electron Gun for Processing Internal Surface
of Cylindrical Details

Construction of an electron gun intended for processing the internal surfaces of cylindrical metal details is described. The carbon-fibrous cathode is used in coaxial construction of the diode type gun. Analysis of gun characteristics demonstrates the correspondence of beam parameters needed for processing in order to strengthen the metal pipes.

The investigation has been performed at the Department of New Acceleration Methods JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1985