

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный ресурс ppdsio.narod.ru.
2. Электронный ресурс www.rems.ru/nakat.
3. Устройство для упрочнения тонкостенной трубы накаткой спирали: а.с. 13839 РБ.
4. Устройство для накатывания профильных канавок: а.с. 980906, 1982.

УДК 537.533; 621.384

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОНОВ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ДАВЛЕНИЯХ В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ

Д. А. Антонович, В. Г. Залесский

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Предложена концепция и алгоритм расчета газодинамического канала с двухлинзовой электронно-оптической системой для транспортировки электронного пучка в плазменных источниках электронов при повышенных давлениях в рабочей камере.

В реальных технологических условиях процесс электронно-лучевой сварки сопровождается интенсивным газоотделением, что приводит к всплеску давления в рабочей камере и пробоям ускоряющего промежутка независимо от типа эмиттера электронов – термокатодного или плазменного [1]. Для снижения влияния давления в технологической камере на условия формирования пучка в ускоряющем промежутке используют принцип отдельной откачки технологической камеры и электронной пушки с транспортировкой пучка через газодинамический канал (ГДК). Электронно-лучевые установки с таким способом откачки имеют значительно меньшее подготовительное время для реализации технологического процесса, что повышает их производительность.

Плазменные источники электронов (ПИЭЛ) имеют рабочее давление на порядок выше, чем термокатодные пушки (до 10^{-2} Па), и менее чувствительны к повышенному давлению в области формирования электронного пучка. Поэтому ПИЭЛ целесообразно применять при создании энергокомплексов с отдельной откачкой технологической камеры и области формирования пучка. Однако в ПИЭЛ электронные пучки являются расходящимися, что не позволяет применять системы транспортировки термокатодных пушек к плазменным источникам. Поэтому в ПИЭЛ целесообразно применять ГДК с двухлинзовой электронно-оптической системой. Здесь приведен пример расчета такого ГДК.

В простейшем случае ГДК представляет собой длинный цилиндрический канал (трубу), длина которого определяется скоростью откачки системы

откачки пушки и допустимым потоком газа в пушку из технологической камеры. Диаметр канала определяется расходимостью электронного пучка (его максимальным диаметром) в ГДК. Первая (по движению электронов пучка) электромагнитная линза обеспечивает снижение до минимума среднего диаметра пучка в ГДК и должна устанавливаться как можно ближе к промежутку ускорения. Вторая электромагнитная линза осуществляет фокусировку пучка на свариваемом изделии после его прохождения через ГДК. Исходными данными для расчета ГДК являются: давление в технологической камере P_T ; рабочее давление в ускоряющем промежутке P_y ; зависимость скорости откачки S_H насосного комплекса откачки пушки от давления на его входе P_H ; расход плазмообразующего газа Q_H , напускаемого в газоразрядную структуру электронной пушки; геометрические размеры электронного пучка в области его транспортировки от отверстия в ускоряющей электроде до обрабатываемой детали. Схема, используемая для расчета ГДК, показана на рис. 1.

При проектировании ГДК можно использовать следующий примерный алгоритм расчетов:

1. Приблизительно оцениваем поток газа, откачиваемого насосным комплексом 4. С одной стороны $Q = Q_H + Q_T = Q_H (1 + \beta)$, где $\beta > 1$ (можно считать $\beta = 2 \dots 3$) – коэффициент, определяющий во сколько раз поток газа из технологической камеры Q_T превышает поток напускаемого плазмообразующего газа Q_H и задаваемый экспериментально. С другой стороны $Q = \alpha P_H S_H$, где коэффициент $\alpha < 1$ (можно считать $\alpha \approx 0,8$) учитывает повышение давления газа P_T в процессе сварки: чем больше объем технологической камеры, тем больше следует брать величину α .

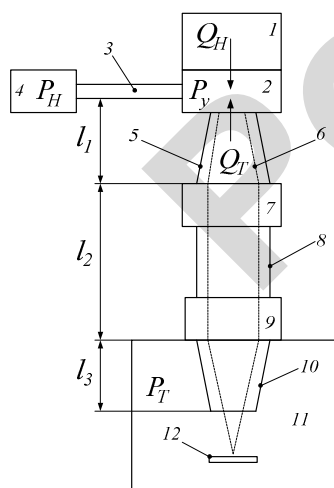


Рис. 1. Схема газодинамического канала с двухлинзовой электронно-оптической системой:
 1 – ПИЭЛ; 2 – ускоряющий промежуток;
 3 – трубопровод откачки ускоряющего промежутка;
 4 – насосный комплекс откачки пушки;
 5, 8, 10 – элементы ГДК; 6 – траектории краевых электронов пучка; 7 – первая магнитная линза; 9 – вторая магнитная линза; 11 – технологическая камера;
 12 – свариваемое изделие; Q_T – поток газа из технологической камеры через ГДК в ускоряющий промежуток; Q_H – поток плазмообразующего газа из ПИЭЛ в ускоряющий промежуток

2. Определяем ориентировочное значение требуемой скорости откачки: $S_H = \frac{Q_H (1 + \beta)}{(P_y - \Delta P_3) \alpha}$, где ΔP_3 – перепад давления на трубопроводе (в пер-

вом приближении $\Delta P_3 \approx 0,5P_y$) и определяем тип необходимого паромасляного насоса.

3. В первом приближении радиус r_3 трубопровода откачки 3 можно оценить, задавая его длину l_3 , или, задавая r_3 , определить его длину l_3 . Для этого используем равенство $Q = K_3 \Delta P_3$, где K_3 – проводимость трубопровода откачки 3, в молекулярно-вязкостном режиме течения газа для элементов цилиндрической формы [2] задается соотношением

$$K_3 = \frac{3\pi^2}{64} \frac{r}{\lambda} \frac{r^3}{l} \bar{u} + \frac{2\pi}{3} \frac{r^3}{l} \bar{u} \frac{1 + 3 \frac{r}{\lambda} \sqrt{\frac{\pi}{2}}}{1 + 3,705 \frac{r}{\lambda} \sqrt{\frac{\pi}{2}}}. \quad (1)$$

4. По заданным значениям P_y и P_T определяем в первом приближении проводимость ГДК, используя равенство $Q_T = K_K (P_T - P_y)$, где $K_K = (K_1^{-1} + K_2^{-1} + K_3^{-1})^{-1}$ – проводимость ГДК, необходимая для обеспечения требуемого перепада давления на нем; K_1, K_2, K_3 – проводимость элементов 5, 8, 10 ГДК (рис. 1), рассчитываемая по формуле (1).

5. С учетом расходимости электронного пучка на участке l_1 ГДК, диаметра пучка на участке l_2 и сходимости пучка на участке l_3 определяем в первом приближении конструкцию ГДК и определяем ее проводимость K_{K1} в первом приближении.

6. Сравниваем значения K_K и K_{K1} . Если $K_{K1} > K_K$, следует изменить конструкцию ГДК, удлиняя его участки l_1 и l_2 . Удлинение участка l_3 нецелесообразно, т.к. при этом ухудшаются электронно-оптические свойства фокусирующей системы. В другом варианте возможно уменьшение длины участка l_1 , в результате чего оказывается возможным уменьшение диаметра пучка на участках l_2 и l_3 , и, следовательно, радиуса ГДК на участках l_2 и l_3 . При этом также может быть увеличена длина l_2 . Если $K_{K1} < K_K$, длины участков l_1, l_2 и l_3 ГДК могут быть уменьшены, что снизит потери электронов пучка на стенках ГДК в результате их рассеяния на остаточном газе в ГДК. Если выполняется соотношение $K_{K1} \approx K_K$, первое приближение конструкции ГДК можно использовать при конструировании электронной пушки. Пункты 5 и 6 алгоритма необходимо повторять до достижения условия $K_{K1} \approx K_K$.

Эксперименты по формированию электронных пучков в ГДК с двухлинзовой электронно-оптической системой показали, что при выполнении условия соосности всех элементов электронно-оптической системы токопрохождение составляет не менее 90 %, а параметры пучка соответ-

ствуют требованиям к сварочным пучкам, что позволяет использовать ПИЭЛ для создания электронно-лучевых сварочных установок с высокой производительностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологические процессы и системы в микроэлектронике / А.П. Достанко [и др.]; под ред. А.П. Достанко. – Минск: Беспринт, 2009. – 200 с.
2. Гейнце, В. Введение в вакуумную технику / В. Гейнце. – М.: Гос. энергетич. изд-во, 1960. – 511 с.

УДК 621.9(031)

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛАСТИЧНОГО ИНСТРУМЕНТА С ОРИЕНТИРОВАННЫМИ ЗЕРНАМИ АБРАЗИВА

А. С. Кириенко

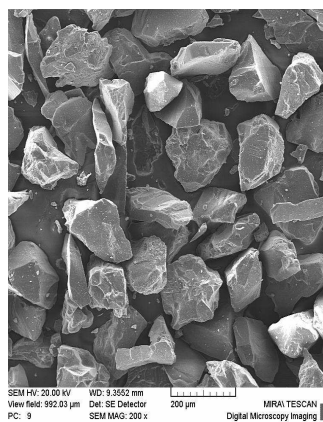
Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Исследования посвящены вопросам разработки технологии и оборудования для получения эластичного инструмента с ориентированными зернами абразива.

Использование такого инструмента при обработке конструкционных материалов приведет к повышению производительности и качества отделочной обработки. Эксплуатационные характеристики такого инструмента значительно выше за счет строгой ориентированности получаемого поверхностного абразивосодержащего слоя (рис. 1) в электростатическом поле [1]. Все это представляет исследования в данной области актуальными.



а)



б)

Рис. 1. Поверхностный ориентированный абразивосодержащий слой эластичного инструмента: а – увеличение $\times 100$; б – увеличение $\times 200$