

УДК 621.791.75.037

О ВОПРОСЕ ЭМИССИИ ПЕРВИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ С КАТОДА СВАРОЧНОЙ ДУГИ

А.Ю. Третьяков, Г.К. Сафонов

Расчетным путем, с учетом экспериментальных данных установлено, что эмиссия первичных электронов с катода сварочной дуги может обеспечиваться за счет напряженности электрического поля у катода. Такая напряженность электрического поля у катода позволяет преодолеть потенциальный барьер, препятствующий выходу первичных электронов.

Ключевые слова: напряженность электрического поля, доля ионного тока, эмиссия первичных электронов.

У катода дуги под влиянием объемного заряда положительных ионов возникает электрическое поле, достаточное для понижения потенциального барьера у поверхности металла. При таких условиях должна наблюдаться холодная эмиссия электронов с катода.

Для возможности эмиссии электронов у катода за счет полей высокой напряженности следует учитывать плотность ионного тока и плотность электронного тока у катода. Изменение работы выхода электронов (эффект Шоттки) должно наступать при напряженности электрического поля у катода порядка $10 \cdot 10^7 - 1,8 \cdot 10^8$ В/см.

При таких напряженностях потенциальный барьер должен быть преодолен [1].

Тогда плотность тока в катодном пятне должна составлять соответственно порядка 10^8 А/см².

Однако в дугах с ячейчатой структурой катодного пятна при плотности тока в ячейках порядка $1 \cdot 10^8$ А/см² электростатический механизм высвобождения электродов из катодов металлических дуг является решающим [2].

Основной нагрев переносится с поверхности катода. Ионизированное пространство, расположено на расстоянии от одного до десяти свободных пробегов атомов газовой среды от поверхности катода [1]. Из-за небольшой теплоемкости и теплопроводности газа вблизи поверхности катода газ должен нагреваться при прохождении тока гораздо сильнее, чем какой-либо участок металла катода. В этом объеме газа должно происходить освобождение электронов за счет высоких температур. Регенерация необходимых для поддержания разряда электронов и ионов обеспечивается за счет термической ионизации газа в ионизированном пространстве, откуда образующиеся ионы направляются к катоду, а электроны к аноду, проводя ионизацию газа в анодном столбе. Следовательно, роль основного носителя тока в области катодного падения предоставляется ионами.

Однако утверждение, что образование первичных электронов в катодной области за счет высоких температур кажется маловероятных.

Расчет ожидаемых напряженностей электрического поля у катода показывает, что объемный заряд у отрицательного электрода в разряде создается движущимися к нему положительными ионами, плотность которых определяется концентрацией ионов в плазме дуги.

Эмиттируемые катодом электроны компенсируют положительный объемный заряд. Результаты вычисления напряженности поля у катода должны зависеть от того, какая часть переносится ионами. Эта зависимость напряженности поля от величины ионного тока вносит неопределенность в задачу вычисления поля у катода. В настоящее время доля ионного тока для различных холодных дуг принимается порядка 0,5 [3].

Настоящее исследование катодных пятен сварочной дуги позволило установить их структуру [4]. На основании полученных данных, следует иметь в виду, что общее катодное пятно состоит из отдельных автономных пятен, которые, в свою очередь, образуются отдельными ячейками, перемещающимися с большой скоростью (3000 см/сек). Диаметр ячеек составляет порядка $1,5 \cdot 10^{-4}$ см.

Полученные данные позволяют оценить долю ионного тока и напряженность электрического поля у катода.

Доля ионного тока:

$$f \cdot a = \frac{q}{I_{\text{я}}(U_{\text{к}} + U_{\text{i}} - \varphi)},$$

где f – доля ионного тока у катода; a – коэффициент аккомодации; q – тепловая мощность ячейки; $U_{\text{к}}$ – катодное падение напряжения; U_{i} – катодное падение напряжения; U_{i} – потенциал ионизации; φ – работа выхода электрона.

Тепловая мощность ячейки:

$$q = \frac{\text{бсу}\Delta v\Gamma_{\text{пл}}}{0,484}.$$

Расчеты показывают: доля ионного тока у катода составит 0,065.

Напряженность электрического поля у катода:

$$E_{\text{к}}^2 = 7,57 \cdot 10^5 j_{\text{е}} U_{\text{к}}^{\frac{1}{2}} \left(\frac{43 \mu^{\frac{1}{2}} j_{\text{i}}}{j_{\text{е}}} - 1 \right).$$

Напряженность электрического поля у катода позволяет определить снижение работы выхода электронов:

$$\Delta\varphi = 3,8 \cdot 10^{-4} E^{1/2}.$$

Таким образом, при напряженности поля $1,73 \cdot 10^8$ В/см и плотности тока у катода $5,1 \cdot 10^8$ А/см² преодолевается потенциальный барьер, что обеспечивает эмиссию первичных электронов у катода.

Библиографический список

1. Кесаев, И.Г. Катодные процессы электрической дуги / И.Г. Кесаев. – М.: Наука, 1968. – 244 с.
2. Лесков, Г.И. Энергетическая сварочная дуга / Г.И. Лесков. – М.: Машгиз, 1970. – 330 с.
3. Раховский, В.И. Физические основы коммутации электрического тока в вакууме / В.И. Раховский. – М.: Наука, 1970. – 536 с.
4. Норин, П.А. Структура, геометрические и физические характеристики катодного пятна / П.А. Норин, А.Ю. Третьяков // Сварочное производство. – 2001. – № 9. – С. 3–5.