

К вопросу формирования направленного перемещения катодных пятен вакуумной дуги.

В.Н. Арустамов, Х.Б. Ашуров, И.Х. Худайкулов,
Б.Р. Кахрамонов

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий
АНРУз, Ташкент, Узбекистан; i_khudaykulov.ru

Экспериментальные исследования влияния электрического и магнитного полей тока дугового разряда в катоде, в области катодной привязки, элементарного катодного пятна показали, новые микропятна преимущественно образуются у кромки пятна, со стороны асимметрично расположенной точки съема тока на катоде, формируя направленное перемещение катодных пятен к ней. Однако непосредственное исследование влияния градиента потенциала в катоде на этот процесс является чрезвычайно сложной задачей, так как катодные пятна обладают микроскопическими размерами 10^{-4} см, малым временем жизни 10^{-4} сек., большими плотностями тока и температурой в несколько тысяч градусов. В работе проведено модельное экспериментальное изучение влияния электрического поля тока катода на перемещение катодных пятен. Имитируя поверхность катода электролитической ванной и катодного пятна опорным электродом, при отношении удельного сопротивления электролита к диаметру опорного электрода, максимально приближенных к реальным величинам, позволило смоделировать распределение линий тока и эквипотенциальных линий в электролитической ванне при различных значениях диаметра опорного электрода (имитирующего катодное пятно) и проводимости электролитической ванны. Отношение диаметра катодного пятна d_n к удельному сопротивлению катода ρ_k , достигнутое в модельных экспериментах, составляет $\xi = \frac{d_n}{\rho_k} 0,85 \text{ ом}^{-1}$, что на порядок больше, чем в реальных условиях. Характерное распределение линий тока и эквипотенциальных линий в электрической ванне для различных значений d_n и ρ_k приведено на рис. 1

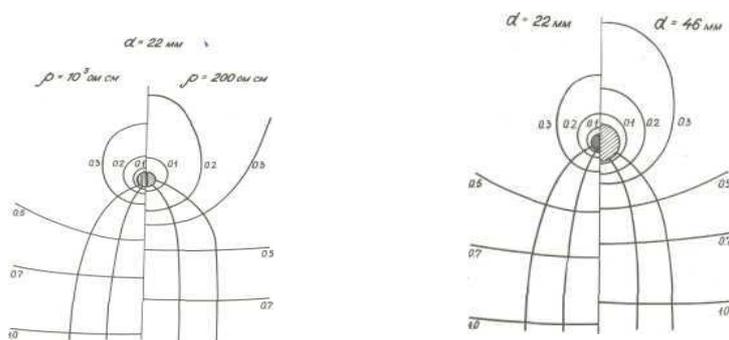


Рис.1 Характерное распределение линий тока и эквипотенциальных линий в электролитической ванне при различных значениях диаметра опорного электрода (имитирующего катодное пятно) и проводимости электролитической ванны.

Полученные результаты показывают, что, при асимметричном съеме тока в электролитической ванне (катоде), относительно опорного электрода (катодного пятна) близи от него происходит трансформация линий тока и эквипотенциальных линий. У передней кромки электрода со стороны токосъема плотность тока выше по

сравнению с плотностью тока у тыльной кромки электрода. Эквипотенциальные линии располагаются ближе к электроду у передней кромки опорного электрода. С увеличением удельного сопротивления электрической ванны и уменьшением диаметра электрода усиление электрического поля в области опорного электрода возрастает, увеличивается и превышение электрического поля у передней кромки опорного электрода по сравнению с тыльной стороной. На рис.2 представлены зависимости усиления электрического поля в области опорного электрода μ от его диаметра и превышения градиента потенциала у передней кромки К от величины $\frac{dn}{\rho_K} = \xi$. кривая 3

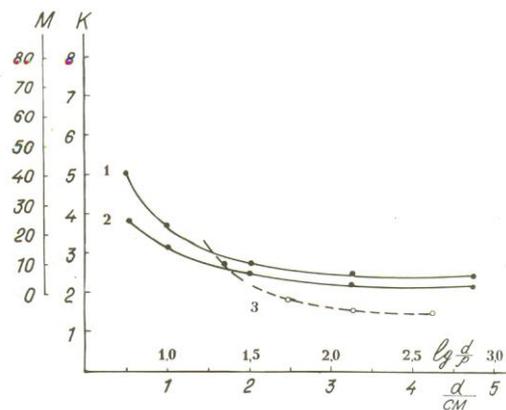


Рис.2. Зависимость усиления электрического поля в области опорного электрода μ от диаметра электрода d - 1- 2, и превышение градиента потенциала у передней кромки электрода К от величины $\xi = \frac{dn}{\rho_K}$. кривая 3. - 3. Кривая 1 - соответствует $\rho = 200$ Ом.см, кривые 2-3- $\rho = 15,5$ Ом.см

Из полученных зависимостей следует, что с уменьшением диаметра опорного электрода и соотношения ξ усиления электрического поля μ величина превышения градиента потенциала К возрастают. Аппроксимируя полученные результаты к реальным значениям величины ξ , характерной для дугового разряда в вакууме на медном катоде, получим, что усиление электрического поля в области катодного микропятна может достигать $\sim 10^2$ раз, а превышение электрического поля на передней кромке пятна по отношению к тыльной - нескольких десятков раз. Таким образом, проведенное экспериментальное моделирование электрических полей при различных значениях d_n и ρ_K и асимметричном расположении электродов, указывает на то, что преимущественное образование новых микропятен (перемещений) в направлении к точке съема тока с катода, обусловлено возникновением асимметрии. С учетом реальных значений параметров $J_g = 100-200$ А, $\rho_K = 10^{-5}$ Ом.см (для меди), $S = 0,2$ см² согласно выражение (3.1) получим величину тангенциального электрического поля в катоде $E_T = 10^{-2} - 10^{-3}$ В/см. Электрическое поле в теле катода при протекании тока разряда определяется соотношением $\frac{I_g \rho}{S} = E_T$, где J_g - сила тока разряда, А ; ρ - удельное сопротивление материала катода, (ом•см) ; S - площадь поперечного сечения катода, (см²). Учитывая, что в области катодного пятна происходит усиление электрического поля в $\sim 10^2$ раз, то можно полагать, его величина непосредственно у основания пятна имеет величину порядка $E_T = 10^{-1}$ В/см. Проведенные модельные экспериментальные исследования на электролитической ванне и перемещения катодных пятен, можно заключить, что причиной направленного перемещения катодных пятен в направлении тока съема является превышение электрического поля (следовательно, и плотности тока) на передней кромке пятна по сравнению с тыльной. Роль магнитного поля катода оказывается менее существенной. Полученные закономерности имеют важное значение для

техники управления поведением катодных пятен более простыми способами в различных технологических операциях

Литература

1. V. N. Arustamov, Kh. B. Ashurov, Kh. Kadirov, and Kh. Khudaikulov « Effect of the Cathode Spots of a Vacuum Arc on the Properties of the Surface Layer of Structural Materials ». Journal of Surface Investigation. X ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2014, Vol. 8, No. 3, pp. 573–580.
2. V. N. Arustamov, K. B. Ashurov, Kh. Kh. Kadirov, R. B. Nagaybekov, and I. Kh. Khudaykulov «Structure and Parameters of Vacuum Arc Cathode Spots» Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics, 2014, Vol. 78, No. 6, pp. 558–562