

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РАЗРЯДЫ ВДОЛЬ СТРУИ ЭЛЕКТРОЛИТА

Ключевые слова: механизм, струя, объемный разряд, электролит.

Изучено развитие электрического разряда вдоль и вне струйного электролитического электрода. Выявлен механизм образования объемных электрических разрядов вне струйного электролита.

Keywords: mechanism, stream, volume category, electrolyte.

The development of an electric discharge along and around a jet electrolyte electrode is studied. The mechanism of forming of volumetric discharge outside of electrolyte jet is established.

Более двухсот лет тому назад была установлена физическая природа линейной молнии, но природа шаровых молний остается не выясненной до настоящего времени. Можно выделить две группы гипотез, касающиеся физической природы шаровых молний. Согласно первой группе предположений, шаровые молнии непрерывно получают энергию снаружи. Гипотезы, согласно которым шаровые молнии после своего возникновения становятся самостоятельно существующим объектом, образуют другую группу.

В 1974 г. И.П. Стахановым была предложена так называемая кластерная гипотеза. Согласно которой физическую природу шаровой молнии сложно объяснить на основе понятия кластер. Кластер – это положительный или отрицательный ион, окутанный плотным облаком из нейтральных молекул. Поскольку центры ее положительных зарядов не совпадают с центрами отрицательных зарядов. Она в силу своей полярности удерживается вблизи ионов силами электростатического притяжения. Гидратированным называется ион, окруженный молекулами воды. Согласно гипотезе Стаханова, вещество шаровой молнии состоит из таких комплексов.

Таким образом, кластерная гипотеза Стаханова утверждает, что шаровая молния – это самостоятельно существующее тело (т.е. тело к которому не подводится энергия от внешних источников. Это тело состоит из тяжелых положительных и отрицательных ионов, рекомбинация которых серьезно замедлена из-за гидратации ионов). В отличие от остальных, данная гипотеза достаточно хорошо поясняет все свойства шаровой молнии, которые были выявлены в результате многочисленных наблюдений за этим явлением. И все же нужно признать, что пока это – всего лишь одна из самых правдоподобных гипотез, только гипотеза не подтверждена никакими фактами. Однако природа объемных разрядов до сих пор остается загадкой.

П.Л. Капицей, более 40 лет назад, была предложена резонансная модель шаровой молнии. В ней впервые, возникновение и устойчивость шаровой молнии объясняется влиянием коротковолновых резонансных электромагнитных колебаний во время грозы на движение ионов. Резонансная модель П.Л. Капицы, объяснив многое, не объяснила причин возникновения и

существования интенсивных коротковолновых электромагнитных колебаний во время грозы.

Существует и такая версия, предложенная физиками из Гёттингена и основанная на строгих расчетах. Они полагают, что загадочные огненные шары обязаны своим появлением ударам молнии в грунт, при которых возможны возгорания различных органических объектов. Это может быть древесина, трава, пух и прочее. При этом нагрев столь велик, что мгновенно воспламенившаяся органика становится сгустком плазмы, порождающий шаровую молнию. Это явление возникает во время грозы в воздухе чаще всего, вблизи поверхности. Шаровая молния обычно заканчивает взрывом, иногда распадается на несколько частей или просто угасает.

Анализ литературы показывает, что природа шаровой молнии пока остается не разгаданной. Это надо объяснить тем, что шаровая молния – редкое явление, а поскольку до сих пор нет указаний на то, что явление шаровой молнии удалось убедительно воспроизвести в лабораторных условиях, она не поддается систематическому изучению. Было высказано много гипотетических предположений о природе шаровой молнии [1-4 и др.]. Выдвинутые гипотезы не дают удовлетворительное наиболее непонятному из свойств шаровой молнии – ее проникновению в помещение через окна, щели и чаще через печные трубы.

Целью данной работы является получение и изучение развития объемных разрядов вдоль и вне струйного электролитического электрода при атмосферном давлении полученный путем подачи напряжения между электродами, равного $U \geq 200$ В, при токе разряда $I \geq 20$ мА, при общей длине струи $l_e \geq 2$ мм, диаметре струи $d_c \geq 2$ мм, при расходе струи электролита $G_c \geq 1$ г/с, при использовании технической воды или растворов солей, щелочей и кислот в технической воде.

Фотографии на рис. 1а-е получены с помощью скоростной цифровой видеокамеры Fastec HiSpec. Скорость съемки составляет 7529 кадров в секунду. На фотографиях рис. 1а-в представлено развитие объемного разряда в перпендикулярном, а также в горизонтальном направлении к рисунку (фотографии рис. 1д и е). На фотографии рис. 1г показан объемный разряд с множеством локальных объемных разрядов.

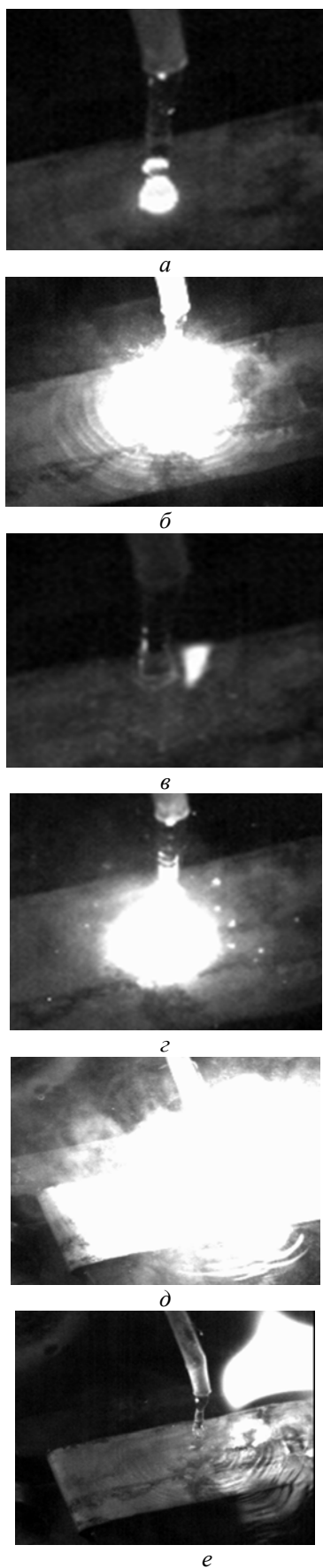


Рис. 1 - Развитие объемного разряда для различных моментов времени: а – 590,1 ms; б – 591,9 ms; в – 592,7 ms; г – 418,3 ms; д – 718,8 ms; е – 762,5 ms

Анализ фотографий развития объемного разряда в поперечном направлении к рисункам показал, что при 590,1 ms на конце струи электролита наблюдается объемный разряд с диаметром 6 мм. На расстоянии от объемного разряда возникает вокруг струи разряд кольцевой формы. С течением времени $\Delta t = 0,8$ ms образуется объемный разряд с диаметром ~ 24 мм. Этот объемный разряд начинает двигаться в поперечном направлении из-за конвекции воздуха. Как видно из фотографии рис. 1б, объемный разряд на поверхности твердого электрода образует поперечные волны. Через промежуток времени $\Delta t = 0,8$ ms объемный разряд из-за конвекции воздуха улетает на расстояние ~ 25 мм и существенно уменьшается в объеме и постепенно гаснет.

На фотографии рис. 1г наблюдается интересная особенность. Одновременно с объемным разрядом возникают локальные разряды с уменьшением объема разряда. Они возникают только в том случае, когда объемный разряд горит вдоль струи электролита. Следующей интересной особенностью является развитие объемного разряда и движение из-за конвекции воздуха в горизонтальном направлении к рисунку. Анализ многочисленных скоростных съемок показал, что формирование объемного разряда начинается аналогично как на фотографии рис. 1а при $\Delta t = 679,5$ ms. С течением времени от 679,5 до 718,8 ms диаметр объемного разряда возрастает от 6 мм до 40 мм и более. При $\Delta t = 718,8$ ms объемный разряд начинает двигаться в горизонтальном направлении. Как видно из фотографии рис. 1, возникают волны электролита на поверхности твердого электрода. Электрический разряд по объему уменьшается и отделяется от струи электролита ($\Delta t = 762,5$ ms). С течением времени электрический разряд по объему уменьшается и начинает отделяться от поверхности твердого электрода. Однако с левого конца происходит электрический разряд между отлетающим объемом. При $\Delta t = 771,6$ ms поперечные волны исчезают на поверхности твердого электрода. С ростом времени от 771,6 до 780,5 ms свечением разряда существенно убывает и объемный разряд гаснет на расстоянии ~ 60 мм. В данном случае вне струй электролита вокруг объемного разряда локальных объемных разрядов не наблюдаются.

Таким образом, в результате экспериментальных исследований развития объемных разрядов вдоль и вне струи электролита выявлены следующие особенности. Установлено, что объемные разряды возникают только при определенных условиях и структурах. Они возникают вблизи поверхности и приобретают шаровую форму на некотором расстоянии от места формирования.

Выявлено, что уменьшение объема разряда вдоль струи электролита происходит из-за распада на мелкие частицы. Показано, что в процессе отделения объемного разряда от поверхности твердого электрода внизу наблюдается распространение поперечных волн.

Литература

1. Стаханов И.П. *Физическая природа шаровых молний*. - М.: «Атомиздат», 1979. -240 с.
2. Смирнов Б.М. *Шаровая молния – что же такое ж Природа*. 1987. -№2. -С. 17-28.
3. Смирнов Б.М. *Шаровая молния, ж Природа*. 1989. -№ 4. -С. 35-46.
4. Дж. Барри. *Шаровая молния и четочная молния*. -М, 1983.
5. Гайсин А.Ф. *Способ получения электрического разряда (варианты)* / Патент РФ № 2457571 от 19.07.2011.

© Ал. Ф. Гайсин - к.т.н., доц. каф. технической физики КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ, almaz87@mail.ru.