

производственной базы, ни организаторского опыта. Общество ограничивалось преимущественно продажей лицензий и консультациями [1].

Новое «Товарищество» включило в свой состав и общество «Электрогешест». «Товарищество» было слабым, ниоткуда не получало поддержки и было не в состоянии обеспечить развитие дуговой сварки. Что касается лично Н. Н. Бенардоса, то деятельность новой организации лишь ухудшила его положение. Он постепенно отгеснялся от дела, потерял всякую материальную базу для выполнения исследований. Однако, несмотря на неблагоприятные обстоятельства, дуговая сварка начинала применяться все шире не только в России, но вскоре и в ряде зарубежных стран — в Англии, Германии, США и др. Имя Бенардоса стало чрезвычайно популярным в технических кругах [3]. На IV электротехнической выставке 1892 г. Бенардос получил высшую награду — золотую медаль Русского технического общества. Ученый совет Петербургского электротехнического института в 1899 г. присвоил ему звание почетного инженера-электрика. В конце 90-х годов Н.Н. Бенардос переехал в г. Фастов, в 60 км от Киева, где продолжал заниматься изобретениями в различных областях техники, совершенствовал процесс сварки на заводе и в железнодорожных мастерских. Проводя многолетние исследования свинцовых электрических аккумуляторов в примитивных условиях, Бенардос получил тяжелое отравление свинцом. В самом начале XX в. Бенардос приезжал лечиться в Москву, жил у сына. Он скончался 8(21) сентября 1905 в возрасте 63 лет в Фастове. В бурный 1905 г. смерть крупнейшего изобретателя в маленьком провинциальном городке прошла незамеченной [1-3].

Вывод.

Русский изобретатель Н. Н. Бенардос в 1881 г. изобрел способ дуговой сварки угольным электродом и назвал его в честь древнегреческого бога-кузнеца электрогешестом. Чтобы сварить детали электрической дугой, не требовалось нагревать их целиком. Металлические конструкции любых размеров и любой конфигурации стало возможным соединять прочными и плотными швами. Так появилась электродуговая сварка — выдающееся изобретение XIX в.

Родившись в России, дуговая электрическая сварка была быстро запатентована почти во всех промышленно развитых странах. Однако прошло много лет, пока дуговую сварку признали за один из видов сварки металлов и пока установилась современная техническая терминология, относящаяся к этому новому способу.

Литература.

1. Анисимов Ю.А., Антонов И.А., Бакши О.А. Сварка в СССР. Том 1. Развитие сварочной техники и науки о сварке. Технологические процессы, сварочные материалы и оборудование // Сварка в дореволюционной России. – Москва: Изд. «Наука». Москва. 1981.
2. А. А. Чеканов. Николай Николаевич Бенардос. – Изд. «Наука». Москва. 1983.
3. Энциклопедия «Техника». – М.: Росмэн. 2006.
4. Б.Е. Патон. Искра, горящая сто лет // Наука в СССР. – 1981. – № 5. – С. 112-113.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЛЕЮЩЕГО И ДУГОВОГО РАЗРЯДА

А.Р. Асмандьяров, студент группы 10600

Научный руководитель: Степанов А.П.

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

Появление новых областей приложения газового разряда, таких, как лазеры, плазмохимия, термоэмиссионные преобразователи, плазменные технологии поверхностей, нанотехнологии и др., стимулирует интерес к классическим типам разрядов, возможности приложения которых, как свидетельствует практика, постоянно расширяются. В докладе проводится общий сравнительный анализ тлеющего и дугового разрядов.

Как тлеющий, так и дуговой разряд являются самоподдерживающимися разрядами в газах [1], т.е. такими, которые не зависят от внешних ионизаторов и занимают соответственно область CE и область больших токов, находящуюся за точкой H вольтамперной характеристики, приведенной на рис. 1.

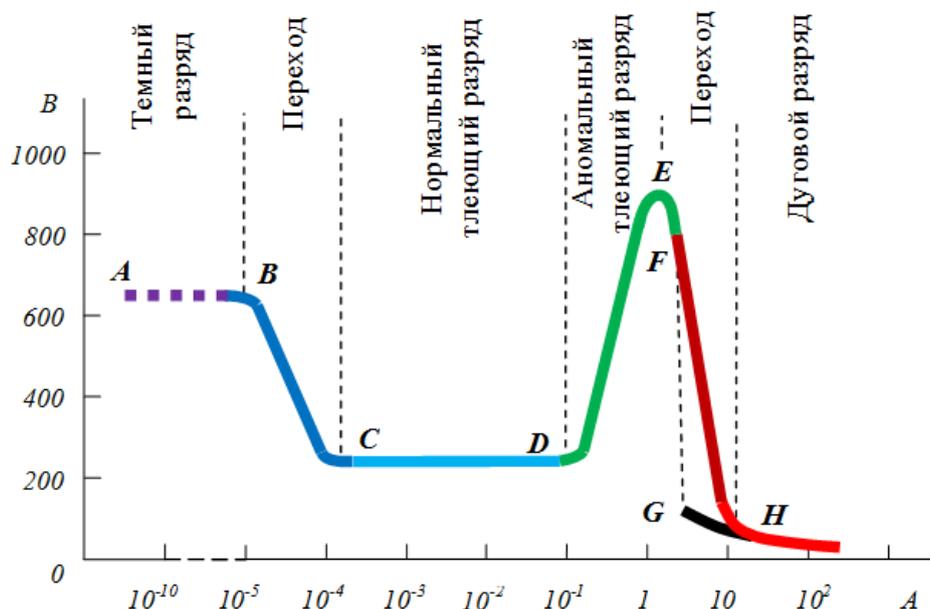


Рис. 1. Статическая вольтамперная характеристика разряда низкого давления (порядка 1 мм. рт. ст.)

Тлеющий разряд (ТР) – это газовый разряд типичный при давлении $\sim 0,1 - 10$ Тор, холодных электродах, при напряжении между электродами порядка нескольких сот вольт. ТР – слабый, его разрядный ток I_p от 10^{-6} до 1 А. Характерные плотности тока на катоде в “нормальном” ТР ~ 10 мА/см².

Схематическое изображение внешнего вида ТР приведено на рис. 1. Буквами на рисунке обозначены области с различными свойствами и характером свечения. Непосредственно к катоду прилежит тонкий светящийся слой (первое катодное свечение). Область *ab* представляет собой область катодного падения напряжения, или темное катодное пространство (область большого положительного объемного заряда); *bc* – область отрицательного свечения, возникающая вследствие соударений с электронами, ускоренными в области катодного падения напряжения; *cd* – фарадеево темное пространство, где электроны, потерявшие значительную часть своей энергии в области *bc* движутся слишком медленно, чтобы вызвать заметное возбуждение; *de* – положительный столб (плазменная область, в которой концентрации электронов и положительных ионов примерно равны). В некоторых случаях этот столб распадается на ряд слоев, или страт. Область от точки *e* до анода является анодной областью ТР.

Разность потенциалов, существующая между катодом и ближайшей к нему границей темного пространства, называют катодным падением потенциала. Оно измеряется сотнями а в некоторых случаях и тысячами вольт. Наличие катодного падения потенциала является самым важным признаком ТР; без катодного падения потенциала ТР не может существовать.

Основные экспериментальные данные о положительном столбе (ПС) ТР:

- Свойства ПС ТР практически не зависят от его длины;
- Электронная температура в ПС $T_e \sim 2$ эВ, тогда как ионная температура T_i порядка комнатной ($T_i \sim 0,03$ эВ).

- Плотность электронов $n_e \leq 10^{-6}$ см⁻³ и, соответственно степень ионизации $\alpha = n_e / n_0 \leq 10^{-6}$ при плотности атомов $n_0 \geq 10^{16}$ см⁻³.

Таким образом видно, что плазма в ТР принципиально неравновесная, поскольку имеет место большой разрыв величин электронной и ионной температур.

Повышение плотности газа в разрядном промежутке или увеличение напряжения приводит к переходу от нормального ТР к аномальному ТР, а затем к дуговому разряду (ДР) (рис. 1).

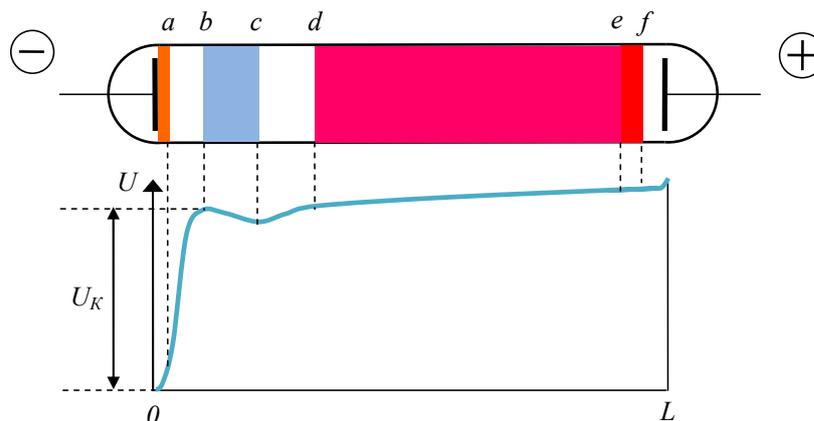


Рис. 2. Схематическое изображение внешнего вида ТР и распределения потенциала

Дуговой разряд (ДР) – электродный разряд при достаточно больших давлениях ($p \geq 10$ Тор) вплоть до десятка и более атмосфер. Разновидностей ДР очень много. Они связаны с различием катодных процессов, давлений, газов, форм и размеров сосудов окружающих дугу и т.д. Его внешними признаками могут служить наличие катодного и анодного пятен дуги, а также наличие трех зон: прикатодной, положительно столба и прианодного слоя (рис. 3).

Организация физических процессов в этих зонах в ДР совсем другая, чем в ТР, соответственно различны параметры плазмы и ВАХ [2]. В отличие от ТР дуговой разряд низковольтный. Характерные напряжения 15 – 30 В. ДР – сильноточный, его разрядные токи $I_p \geq 1$ А и могут достигать многих тысяч ампер. Плотность тока в катодном пятне может достигать больших величин $j = 10^6$ А/см² и более. Малая величина катодного падения (порядка 10 В) является характерной чертой дугового разряда.

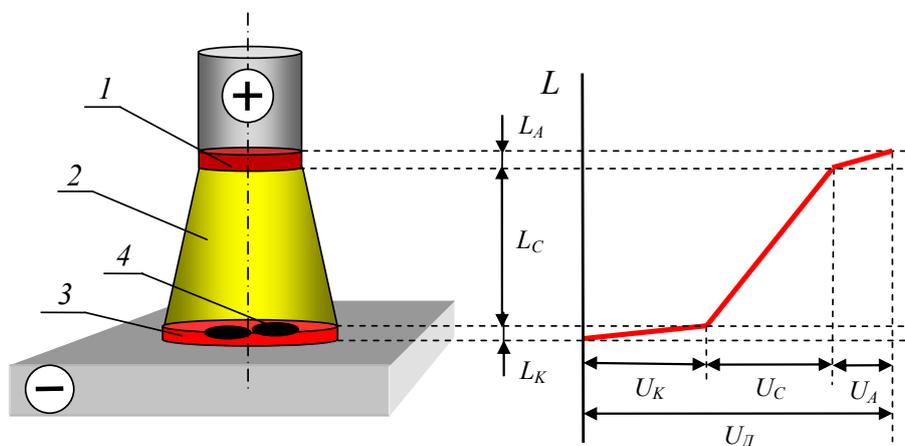


Рис. 3. Электрическая дуга и распределение потенциала вдоль столба дуги:
1 – анодная область, 2 – столб плазмы, 3 – катодная область, 4 – катодные пятна

Принципиальной особенностью ДР является электронная эмиссия с катода. Радикально изменяются и положительные столбы. В ТР он термодинамически неравновесен, а в ДР он с хорошей точностью находится в термодинамическом равновесии. Отметим несколько экспериментальных фактов ПС, касающихся дуг горящих в неограниченной атмосфере:

– ВАХ таких дуг – падающая. Поэтому для стабилизации разряда в цепь включается балластное сопротивление.

– При достаточно больших разрядных токах собственное магнитное поле дуги начинает ее сжимать (пинч-эффект).

– В хорошем согласии эксперименты показывают, что: радиус канала растет с увеличением разрядного тока I_p , а плотность тока возрастает только логарифмически; также от I_p слабо зависит температура плазмы (возрастает), а напряженность E -поля падает [6].

– Температура в дуге обычно находится на уровне 5000 – 10000 К, и она особенно круто изменяется вблизи периферии плазменного столба.

Теория тлеющего разряда обычно ведется с первых работ А. Энгеля и М. Штеенбека [3]. В соответствии с концепцией, предложенной в этих работах, катодный слой представляет собой переходную область между поверхностью катода и столбом плазмы. При умеренной длине положительного столба разряда в области катодного падения сосредоточено практически все напряжение, приложенное к промежутку. Роль катодного слоя в ТР состоит в том, чтобы за счет ионизационного размножения электронов усилить слабый электронный ток эмиссии с катода до величины электронного тока в квазинейтральной плазме разряда. Исходя из этих предположений удается построить теорию процессов в ТР, которая находится в хорошем согласии с экспериментальными данными [1 – 4].

Теория ДР строится по аналогии с ТР. Для этого предполагается, что вблизи поверхности металла в области порядка длины свободного пробега иона ($l_i \sim 10^{-5} - 10^{-6}$ см) формируется слой объемного заряда, в котором имеет место существенное (~ 10 В) падение потенциала (катодное падение) и, следовательно, сильные ($\sim 10^6 - 10^7$ В/см) электрические поля. Этот слой является основным источником энергии, обеспечивающим существование катодного пятна.

Ионы прикатодной плазмы ускоряются в слое объемного заряда по направлению к поверхности электрода, приобретая кинетическую энергию, которую они передают при столкновении поверхности металла. Эта энергия, вместе с энергией, выделяющейся при нейтрализации иона, составляют основной приток энергии к поверхности металла. С другой стороны, благодаря высокой температуре поверхности электрода в пятне и сильному электрическому полю в слое объемного заряда, электрод эмитирует электроны. Эти электроны ускоряются в слое объемного заряда и образуют высокоэнергетический пучок, поступающий в прикатодную плазму. Энергия, приносимая в прикатодную плазму эмитированными электронами, расходуется в зоне релаксации пучка на ионизацию и нагрев компонент плазмы.

Литература.

1. Ховатсон А.М. Введение в теорию газового разряда: Перевод с англ. под ред. И.И. Иванчика. – М.: Атомиздат, 1980. – 182 с.
2. Финкельбург В., Меккер Г. Электрические дуги и термическая плазма: Перевод с нем. под ред. В.А. Фабриканта. – М.: ИЛ, 1961.
3. Энгель А. Ионизованные газы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986.
4. Самервилл Дж.М. Электрическая дуга: Перевод с англ. под ред. Л.Ю.Абрамовича. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 120 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ХРОМОВОЛЬФРАМОВОГО МЕТАЛЛА С УГЛЕРОДФТОРСОДЕРЖАЩИМ МАТЕРИАЛОМ ДЛЯ НАПЛАВКИ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

Д.А. Титов, магистрант кафедры МТСП

Научный руководитель: д.т.н., проф., Козырев Н.А.

*ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк
654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова 42, тел. 46-32-91*

E-mail: kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru

Для наплавки валков горячей прокатки широко используются наплавочные материалы типа 30ХГСА, 35В9ХЗСФ, 25Х5ФМС и др. [1]. Наиболее нагруженные валки горячей прокатки упрочняются наплавкой хромовольфрамового металла с большим содержанием дорогостоящего вольфрама порошковой проволокой типа ПП-Нп-35В9ХЗСФ под флюсом. Состав проволоки приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав ПП-Нп-35В9ХЗСФ, %

Элемент	С	Si	Mn	Cr	W	V	S	P
							не более	
Содержание	0,27-0,40	0,4-1,0	0,4-1,2	2,5-3,5	8,5-10,5	0,2-0,4	0,045	0,045