

История сварочной техники и технологии

Дуговая сварка покрытыми электродами

Дуговая сварка покрытыми электродами



Оскар
Кьельберг
(1870-1931)

В 1904 г. О. Кьельберг основывает фирму «ЭСАБ» по производству электротехнического оборудования для судостроения, которая в настоящее время известна сварщикам всего мира высококачественным сварочным оборудованием, материалами и технологиями. Начинаются его исследования по сварке, в результате которых в 1907 г. был создан **плавящийся электрод в виде отрезка проволоки, покрытого с помощью клея порошком силикатов.**

Так изобретатель хотел предотвратить стекание электродного металла при сварке швов в потолочном положении, но дополнительно обнаружил, что улучшается и защита зоны сварки. В патенте сказано, что цель покрытия – *«защитить расплавленный металл от кислорода и азота воздуха и обеспечить надлежащие физические и химические свойства шва, а также сделать возможной сварку во всех пространственных положениях».*

Дуговая сварка покрытыми электродами

Непокрытым оставался только один конец, который вставлялся в электрододержатель и торец электрода на другом конце, которым зажигали дугу. Однако «защита» была очень слабая.

Расплавленные силикаты обволакивали конец электрода, но поверхность капель металла не полностью покрывалась шлаком.

Компоненты воздуха – азот и кислород – могли контактировать и взаимодействовать с металлом.

Несмотря на это, качество металла удалось улучшить.

Дуговая сварка покрытыми электродами

Существенно улучшил электродное покрытие англичанин А. Стромелгер в 1911 г.

Он предложил обматывать металлический стержень асбестовым шнуром, пропитанным силикатом натрия (жидким стеклом). Тонкая алюминиевая проволока наматывалась поверх покрытия. Шлака от такого покрытия образовывалось столько, что обеспечивалась **достаточно надежная защита и образующихся капель металла и сварочной ванны**. Алюминий выступал в роли **раскислителя и обеспечивал удаление кислорода**.

Под названием «**Квази-арк**» эти электроды распространились по Европе и Америке.

Дуговая сварка покрытыми электродами

В 1917 г. английский инженер С. Джонс получил патент, по которому на оплетку из асбеста или другого непроводящего материала наносилась специальная паста, состоящая **из шлака и связующего (жидкого стекла)**. Разработчики обратили внимание и на материал электродного стержня.

В 1917 г. в Америке выпускали 8 типов специализированных электродов, отличающиеся друг от друга маркой стали, из которой изготовлен электрод.

Дуговая сварка покрытыми электродами

В 1917 году американские ученые О. Андрус и Д. Стреса изобрели новый тип электрода.

Стальной стержень был обернут полосой бумаги, приклеенной силикатом натрия. Бумага при горении электрода давала дым, который **оттеснял воздух из зоны сварки**. Обнаружилось еще одно интересное свойство покрытия – **дуга зажигалась сразу, с первого касания, и не гасла при удлинении**.

В 1925 г. англичанин А.О. Смит несколько изменил конструкцию штучного электрода: на бумагу с помощью жидкого стекла наносились порошкообразные компоненты, улучшающие защиту и легирующие металл шва. По мере добавления различных компонентов **покрытие становилось толще, а качество наплавленного металла – лучше**.

Дуговая сварка покрытыми электродами

В этом же 1925 году французские изобретатели О. Саразен и О. Монейрон разработали покрытие, которое толстым слоем наносилось на металлический стержень.

Компонентами в рецепте покрытия стали соединения щелочных и щелочноземельных металлов: полевой шпат, мел, мрамор, сода.

Элементы (калий, натрий и кальций) обладают **низким потенциалом ионизации, что обеспечивает легкое возбуждение дуги и поддержание ее горения.**

В октябре 1914 г. С. Джонсу был выдан британский патент на метод получения электрода, покрытие которого наносилось **методом опрессовки.**

Металлический стержень проталкивался через фильеру одновременно с шихтой, ложившейся на стержень.

Дуговая сварка покрытыми электродами

К концу 20-х годов прошлого века электроды с обмазкой содержали специальные компоненты:

- **газообразующие** – оттесняющие воздух из зоны сварки;
- **легирующие** – улучшающие состав и структуру металла шва;
- **шлакообразующие** – защищающие расплавленный и кристаллизующийся металл от взаимодействия с газовой фазой;
- **стабилизирующие** – вещества с низким потенциалом ионизации.

Изменяя состав компонентов покрытия, можно было получать электроды со специальными свойствами.

Судьба дуговой сварки зависела также от решения проблемы источника питания.

Дуговая сварка покрытыми электродами

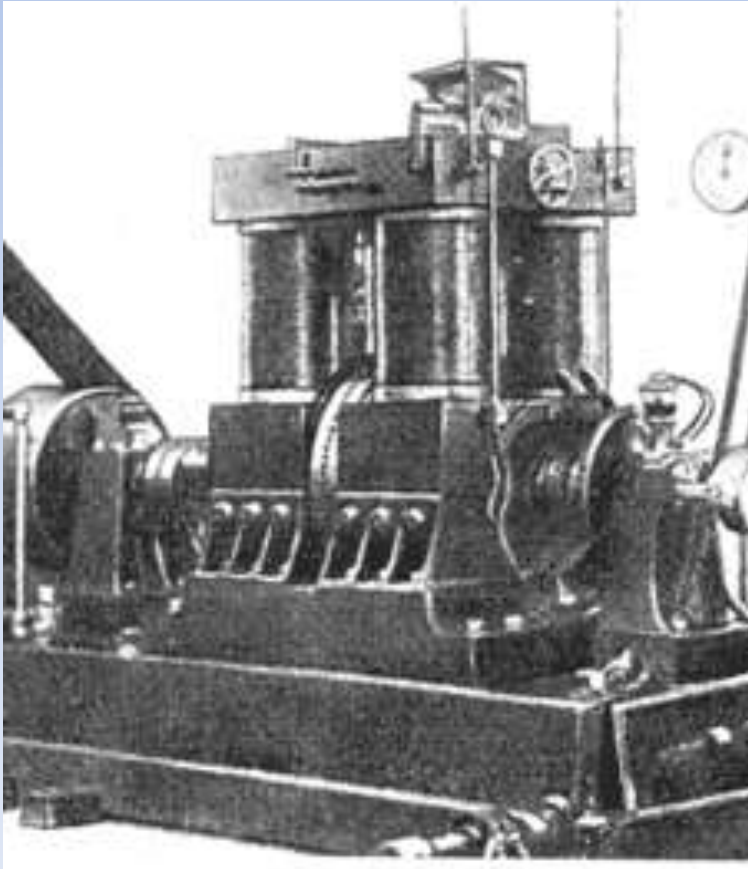
Первый специализированный источник питания для сварки был разработан Н.Н. Бенардосом.

Его **сварочный аккумулятор** нашел применение во многих странах мира, проработав на отдельных предприятиях до 30-х годов XX в.

Однако эксплуатация аккумуляторов представляла серьезные трудности, вызванные вредными условиями труда, необходимостью систематической зарядки, невозможностью транспортировки.

Дуговая сварка покрытыми электродами

Сварочный генератор Н.Г. Славянова упростил уход за источником питания. Однако для обеспечения стабильности горения дуги пришлось оставить в цепи буферную аккумуляторную батарею, сглаживающую пики токов.



Первый электрический генератор для сварки, разработанный и построенный Н.Г. Славяновым

Дуговая сварка покрытыми электродами

Развитие сварки и электротехники привело к тому, что в первом десятилетии XX в. в Германии и США начали выпускать **специальные сварочные генераторы.**

В 1907 г. первый **генератор с регулируемым напряжением** был выпущен на заводе «Линкольн электрик».

В том же году другая американская фирма «Си-Си электрик» наладила производство **мотор-генераторов.**

В 1909 г. **генератор постоянного** тока создал американский промышленник и изобретатель Дж. Вестингауз, а фирма «Дженерал электрик» стала выпускать **моторгенераторы.**

Дуговая сварка покрытыми электродами

Между тем электротехника в развитых странах мира уже осваивала **переменный ток**. Его применение сулило большие выгоды, в первую очередь **за счет упрощения конструкции источников питания**.

Однако природа переменного электрического тока вроде бы была несовместима с природой дуги, которая **мгновенно исчезает при нулевом значении тока**.

Одним из первых, кто предложил решение этой проблемы, был известный российский электротехник академик В.Ф. Миткевич.

Дуговая сварка покрытыми электродами

В 1905 г. в работе «**О вольтовой дуге**» В.Ф. Миткевич обосновал возможность применения для сварки **переменного тока**, в том числе и **трехфазного**.

При питании сварочной дуги переменным током новый потенциал между электродами должен подаваться раньше, чем распадется плазма.

В связи с этим скорость нарастания напряжения источника питания должна быть больше, чем скорость деионизации дугового промежутка.

Предложенные им схемы легли в основу **сварки на переменном токе**.

Дуговая сварка покрытыми электродами

В середине 20-х годов XX в. в качестве источников питания наряду со **сварочными преобразователями** стали использовать специальные **сварочные трансформаторы**, а еще через десять лет – **сварочные выпрямители**.

В нашей стране в эти же годы работы по обеспечению развития дуговой сварки были поставлены на промышленную основу.

В 1928 г. на заводе им. Г.И.Петровского (г. Днепропетровск) серийно стали выпускать **покрытые электроды для сварки**.

Дуговая сварка покрытыми электродами

К концу тридцатых годов были сформулированы **принципы регулирования тока в сварочных трансформаторах**, которые были воплощены в различных конструкциях источников питания:

- **с несколькими выводами;**
- **с магнитным шунтом;**
- **с регулируемым воздушным зазором.**

Выпуск этого оборудования стал производиться серийно на заводе «Электрик», история которого началась в 1896 г.

Дуговая сварка покрытыми электродами

Ручная дуговая сварка все шире внедрялась в производство металлических конструкций: **котлы и корабли, каркасы зданий и детали мостов, автомобили и вагоны.**

Казалось, ничто не может прервать наступление сварки.

Дуговая сварка покрытыми электродами

Но, чем шире внедрялась дуговая сварка, тем чаще возникали **отрицательные эффекты**, которые настораживали производителей и эксплуатационников, вызывая с их стороны **запрет на применение нового технологического процесса**.

Трещины в швах и околошовной зоне, напряжения и деформации целых конструкций, изменяющееся труднопредсказуемое качество при изменении сварочных материалов, ограниченность материалов, их толщин и типов соединений, которые можно сваривать – вот неполный перечень проблем, которые требовали научных решений.

Но сварочная наука тогда еще не сформировалась, а рекомендации и выводы отдельных ученых не всегда принимались во внимание.

Дуговая сварка покрытыми электродами

В большинстве исследовательских и заводских лабораторий изучали преимущественно **механические свойства сварных соединений из низкоуглеродистых сталей**, которые характеризовались удовлетворительными значениями предела прочности – 320-400 МПа.

Пластические свойства металла шва в сварных соединениях **были невысокими**: углы загиба при разрушении не превышали 30-35°, а ударная вязкость металла сварных швов при низких и высоких температурах – 100 кДж/м².

По результатам ряда экспериментов было установлено **отрицательное влияние на механические свойства сварных соединений проведения сварки при отрицательных температурах.**

Дуговая сварка покрытыми электродами

Периодически мир наполняли слухи **о ненадежности сварных конструкций**, которые, к сожалению, базировались на реальных событиях. В 1936–40 гг. в Западной Европе рухнуло несколько сварных мостов. Катастрофы происходили неожиданно.

Чаще всего этому предшествовало **резкое понижение температуры воздуха**. Во время аварии мосты не подвергались никакой нагрузке.

В этот же период тысячи железнодорожных вагонов в СССР и других странах были сняты с эксплуатации **из-за трещин в сварных рамах и тележках**.

Стало очевидным, что **дальнейшее развитие сварки и полная победа новой технологии зависят от науки**.

Дуговая сварка покрытыми электродами

В СССР и за рубежом стали создаваться сварочные научные центры, в которых начались всесторонние исследования **по влиянию различных параметров сварочного процесса на состав и свойства металла шва и околошовной зоны**, позволившие найти **способы управлять качеством сварного соединения.**

Первой по времени возникновения в нашей стране сложилась **научная школа В.П. Вологодина.**

Дуговая сварка покрытыми электродами



Вологдин В.П.
(1883 – 1951 гг.)

Вологдин Виктор Петрович

Родился в Пермской губернии в поселке Кувинского завода.
1904 г. - посещение, будучи учеником реального училища,, знаменитого электросварочного цеха ("электролитейной фабрики") Н.Г. Славянова на Пермских пушечных заводах.
1910 г. - окончание Политехнического института в г.Петербурге
С 1919 г. - работа техническим руководителем судоремонтного и судостроительного завода "Дальзавод" в г.Владивостоке.
1920 г. - избрание профессором Дальневосточного университета (ДВГУ) в г.Владивосток
1925 г. - создание первой в СССР научно-исследовательской сварочной лаборатории в ДВГУ
1925 г. - назначение ректором ДВГУ
1933 г. -назначение руководителем сварочной группы технического отдела Главморпрома
1934 г. - избрание профессором Ленинградского кораблестроительного института
1934 г. - построено цельносварное морское судно типа "Седов"
С 1934 г. - руководство кафедрой сварки Ленинградского кораблестроительного института
1946-1950 гг. - руководство постройкой цельносварных кораблей и судов на заводах г.Ленинграда, научная и педагогическая деятельность

Дуговая сварка покрытыми электродами

В лаборатории сварки Дальневосточного университета В.П. Вологдиным и его учениками были разработаны вопросы, относящиеся к технологии дуговой сварки, деформациям и напряжениям металла при сварке, среди которых можно отметить:

- **определение коэффициентов прочности сварных соединений;**
- **изучение влияния пространственного положения деталей при сварке на прочность шва;**
- **разработку системы обозначений сварных швов на чертежах;**
- **разработку методов расчета сварочных деформаций и напряжений;**
- **введение важнейших объективных показателей видов сварки плавлением – «коэффициента наплавки» и «коэффициента расплавления».**

Дуговая сварка покрытыми электродами

В 1929 г. исследования сварных соединений и конструкций были развернуты под руководством **Г.А. Николаева** в Москве и **Е.О. Патона** в Киеве.

Этот год можно считать знаменательным в становлении сварочной науки в нашей стране.

В Москве организуется **автогенно-сварочный техникум**, который вскоре был преобразован в **учебный комбинат**, положивший начало **сварочным кафедрам в МВТУ им. Н.Э. Баумана**.

В Киеве при Академии наук создается **электросварочная лаборатория**. Ее организатором и руководителем был **крупный инженер и ученый в области мостостроения академик Е.О. Патон**.

В 1934 г. электросварочная лаборатория была преобразована в первый в мире научно-исследовательский институт, который занимался только вопросами сварки – **Институт электросварки АН УССР**.

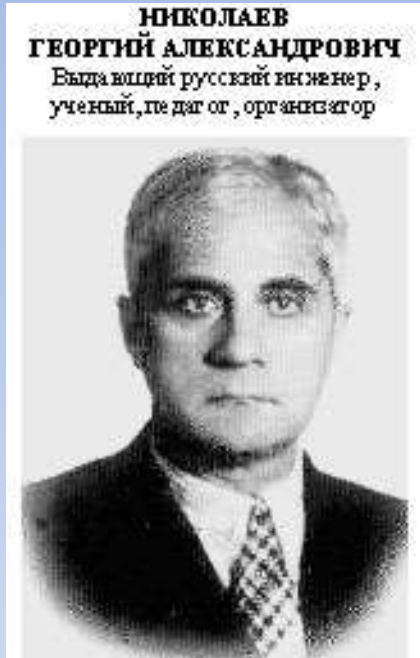
Дуговая сварка покрытыми электродами

Николаев Георгий Александрович (1903-1992) советский ученый, академик АН СССР (1979). Герой Социалистического труда (1969). Лауреат Государственной премии СССР (1972).

Георгий Александрович впервые установил основные характеристики вибрационной прочности сварных конструкций и разработал технические условия на их проектирование. Его работы послужили научной основой для повсеместного внедрения в СССР сварки вместо клёпки в конструкциях промышленных сооружений, при изготовлении котлов и вагонов. Николаев Георгий Александрович автор фундаментальных исследований собственных напряжений и деформаций в сварных конструкциях, работ по регулированию остаточных напряжений при сварке, о влиянии времени на остаточные напряжения в сварных конструкциях, а также трудов по соединению и резке живых биологических тканей.

Г.А. Николаев являлся создателем и руководителем крупной научной школы сварщиков, основателем научной школы прочности и деформируемости сварных конструкций, обогатившей сварочную науку фундаментальными теоретическими и экспериментальными исследованиями. Им впервые были установлены основные характеристики прочности сварных конструкций и разработаны технические условия на их проектирование. Его глубокие исследования собственных напряжений и деформаций сварных конструкций явились основой ряда новых направлений в науке о сварке. Эти разработки и исследования послужили теоретической и практической базой широкого внедрения сварки в различные отрасли народного хозяйства. По проектам Г.А. Николаева были изготовлены первые в стране сварные железнодорожные мосты. Он участник проектирования сварных конструкций вагонов метро, электровозов, доменных печей, Останкинской телебашни, Выставочного комплекса в США, высотных зданий, некоторых скульптурных памятников и сооружений. В годы Великой отечественной войны Г.А. Николаевым разработаны и внедрены в производство вооружения технологические процессы сварки. Под непосредственным его руководством и при его участии были достигнуты выдающиеся результаты в создании принципиально новых дуговых сварочных процессов в вакууме, сварки и резки неметаллических материалов с помощью ультразвука. Г.А. Николаев - автор многих фундаментальных учебников, учебных пособий и монографий, изданных у нас в стране и за рубежом. Под его руководством на кафедре сварки были созданы три крупных научных направления:

- прочность сварных конструкций
- технология сварочных процессов
- контроль качества и диагностика сварных соединений.(сайт кафедры сварки МВТУ)



Г.А. Николаев
(1903-1992)

Дуговая сварка покрытыми электродами



**Е.О. Патон
(1870-1953)**

Патон Евгений Оскарович (1870—1953) - выдающийся ученый в области мостостроения и электросварки металлов, академик АН УССР, доктор технических наук, профессор, Герой Социалистического Труда, лауреат Государственной премии.

Родился в Ницце (Франция), в семье русского консула.

В 1888 г. окончил гимназию в Бреславле (Германия), куда был переведен его отец.

В 1894 г. окончил инженерно-строительный факультет Дрезденского политехнического института, а в 1896 г. — Петербургский институт инженеров путей сообщения.

С 1897 г. ведет преподавательскую работу в вузах Москвы, с 1904 по 1929 г. заведует кафедрой мостов в Киевском политехническом институте. В этот период он начал заниматься электросваркой.

Одной из больших заслуг Е.О. Патона — создание первого в мире научно-исследовательского Института электросварки АН УССР.

В годы Великой Отечественной войны Е.О. Патон возглавил исследовательские работы, связанные с широким внедрением сварки под флюсом в производство танков, артиллерийских самоходок, авиабомб и других видов вооружения. Е.О. Патон опубликовал свыше 400 научных трудов. Он выполнил обширные исследования прочности сварных металлоконструкций и выступил инициатором широкого внедрения электросварки вместо клепки в промышленности, строительстве и на транспорте.

Е.О. Патон возглавил исследования в области комплексной механизации дуговой сварки и работы по внедрению автоматической сварки в промышленности. Он сыграл большую роль в создании научных основ сварки и сварных конструкций, в изыскании более совершенных форм металлоконструкций, в развитии существующих и разработке новых, более эффективных процессов сварки.

Дуговая сварка покрытыми электродами

В 1929 г. Е.О.Патон начинает заниматься вопросами электросварки. Всю оставшуюся жизнь он посвятил разработке научных основ сварки, внедрению ее в промышленность.

Первые исследовательские работы касались вопросов **прочности сварных соединений и конструкций.**

Е.О. Патону и его сотрудникам удалось установить условия применения электросварки при изготовлении конструкций, испытывающих не только **статические**, но и **динамические нагрузки.**

Значительный интерес представляли исследования **статической и вибрационной прочности сварных конструкций.**

Одними из первых ученые института изучили **процессы плавления основного и электродного металлов, тепловой баланс при сварке открытой дугой**, а также основные **вопросы металлургии сварки и свариваемости низколегированных сталей.**

Дуговая сварка покрытыми электродами

В начале тридцатых годов были опубликованы работы Г.А. Николаева **о влиянии сварочных напряжений и деформаций на работоспособность ответственных сварных конструкций.**

Г.А. Николаев является одним из основателей **науки о прочности сварных конструкций.**

Его глубокие **исследования собственных напряжений и деформаций сварных конструкций** явились основой для ряда новых направлений в науке о сварке и послужили теоретической и практической базой для широкого внедрения сварки в различные отрасли хозяйства.

При его участии были созданы **первые сварные железнодорожные мосты.**

В период Великой Отечественной войны Г.А. Николаев внес большой вклад **в применение сварки при производстве вооружения.**

Дуговая сварка покрытыми электродами

В эти же годы начала формироваться **уральская школа сварщиков**, у истоков создания которой стоял Г.П. Михайлов.

Григорий Петрович Михайлов родился 1 января 1899 г. в г. Елабуге. Первоначальное образование он получил в реальном училище, а в 1924 г. окончил Московский институт инженеров путей сообщения.

В 1927-28 гг. Г.П. Михайлов руководит строительством нового мартеновского цеха Пермского пушечного завода, применяя сварку **при изготовлении металлоконструкций**. В их изготовлении электродуговая сварка тогда почти не применялась. Не было методов расчета на прочность, технологий изготовления.

Дуговая сварка покрытыми электродами

В середине 1928 г. Г.П. Михайлов был переведен на строительство Уралмашзавода, где возглавил отдел по проектированию, производству металлических конструкций и возведению металлических сооружений.

В 1930 г. были спроектированы и изготовлены **первые сварные межэтажные перекрытия**. Они представляли собой смесь элементов, которые в настоящее время считаются традиционными для подобного типа конструкций (**пояса, раскосы, косынки и т.д.**), и большого числа дополнительных крепежных элементов.

По мере изготовления и эксплуатации ферм число дополнительного крепежа уменьшалось, что оптимизировало и внешний вид, и технологию изготовления. Вскоре для строящегося завода были изготовлены **мачты для прожекторов высотой 24 м, дымовые трубы высотой до 40 м, подкрановые балки для кранов грузоподъемностью 50 т длиной пролета 10 м, смонтирован сварной газопровод протяженностью 3 км.**

Дуговая сварка покрытыми электродами

Исследования, выполненные **В.П. Вологдиным, Е.О. Патоном, Г.А. Николаевым** и другими специалистами по применению сварки при изготовлении металлических конструкций, дали положительные результаты.

Внедрение электросварки в производство металлических конструкций происходило **на основе разработанных рекомендаций по итогам исследований.**

Впервые веское слово сказала **сварочная наука.**

Дуговая сварка покрытыми электродами

В дальнейшем будут изучены **свойства сварочного дугового разряда, его электроэнергетические особенности и процессы превращения электрической энергии в тепловую.**

Получат объяснение **процессы распространения теплоты в металле от концентрированного дугового источника, возникновения напряжений и деформаций в сварных конструкциях.**

Станут понятными **закономерности при плавлении, взаимодействии и затвердевании фаз при сварке.**

Появится специальный раздел металлостроения, изучающий **структурные превращения металла шва и околошовной зоны.**

Все это станет не только фундаментом разработки приемов улучшения качества сварных соединений, полученных ручной дуговой сваркой, но и **предпосылками создания новых способов.**

Дуговая сварка покрытыми электродами

Одним из первых, в результате систематических работ в Институте электросварки по изучению металлургических и электрических процессов дуговой сварки, был разработан **способ сварки под флюсом.**