

История сварочной техники и технологии

Создание электродуговой сварки

Создание электродуговой сварки

С электрическими явлениями в природе человек познакомился очень давно.

Таковыми явлениями были: гроза; способность янтаря, натёртого шерстью, притягивать мелкие частички различных веществ; с древних времён были известны людям и некоторые свойства природных магнитов и т. д.

В России интерес к электричеству постоянно возрастал со времён Ломоносова.

В 1799 г. А. Вольта в Италии построил первый в мире источник электрического тока **«ВОЛЬТОВ СТОЛБ»**, который состоял из разнородных металлических кружков (медь + цинк, серебро + цинк), проложенных бумажными кружками, смоченными водным раствором нашатыря.

Создание электродуговой сварки

В начале 1802 года профессор Петербургской медико-химической академии В.В. Петров построил самый крупный для того времени источник тока - батарею из 4200 пар медных и цинковых кружков, проложенных бумагой, смоченной водным раствором нашатыря.

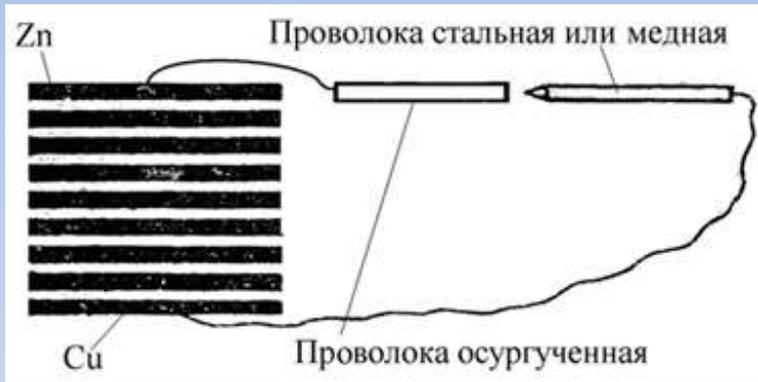


Схема опытов В.В. Петрова

К ее медному полюсу он присоединил первоначально медную, а затем стальную проволоку с конусной шляпкой, к цинковому полюсу – стальную осургученную проволоку, на острие которой иногда надевал древесный уголек.

Именно этой батарее и было суждено стать исторической: на ней была впервые в мире получена **электрическая дуга**. Ее называли **ВОЛЬТОВОЙ**, по названию источника тока - **ВОЛЬТОВА столба**.

Создание электродуговой сварки

При замыкании проволоки со шляпкой на уголек или металл по замкнутой цепи протекал электрический ток, а при размыкании образовывалась электрическая дуга.

Петров В.В. отметил, что дуговой разряд является **источником чрезвычайно яркого света, пригодного для освещения.**

Им было установлено, что дуговой разряд развивает весьма **высокую температуру, расплавляет и обращает в пары все металлы,** которые в форме полосок и проволочек были введены в пламя дугового разряда.

Таким образом, сразу были намечены возможности практического использования дугового разряда для **освещения и плавления металлов.**

Создание электродуговой сварки



В.В. Петров
(1761-1834)

Василий Владимирович Петров родился в 1761 г. в городе Обояни Курской губернии. Преподавал физику и математику в горном училище в Барнауле, в 1793 г. был переведен в Медико-хирургическое училище в Петербург, преобразованное в 1795 г. в Медико-хирургическую академию. В Петербурге Петров проработал 41 год — до конца жизни (1834 г.). Здесь он создал большой физический кабинет, в свое время бывший одной из лучших физических лабораторий мира. Высокообразованный человек, он владел многими языками, внимательно следил за иностранной литературой и поддерживал связи с европейскими учеными. Был искусным экспериментатором и прекрасным педагогом. Петров был назначен ординарным профессором Медико-хирургической академии в 1801 г., избран членом-корреспондентом Петербургской академии наук в 1803 г. и академиком в 1807 г.

Создание электродуговой сварки

К моменту открытия дугового разряда электротехника только начинала создаваться, электротехнической промышленности не было.

Для технического использования дугового разряда прежде всего не хватало сколько-нибудь приемлемых источников тока для питания дуги, достаточно мощных, не слишком сложных в эксплуатации и дающих недорогую электрическую энергию.

Кроме источников тока, необходима была различная электрическая аппаратура: выключатели, регуляторы, измерительные приборы, электрические провода, кабели и пр., а они в то время отсутствовали.

Создание электродуговой сварки

От открытия В.В. Петрова до технического применения дугового разряда с целью соединения (сварки) и разъединения (резки) металлов прошло около 80 лет.

Открытие В.В. Петрова значительно опередило свой век.

Надо было появиться на свет новому русскому умельцу-самородку Николаю Николаевичу Бенардосу, который на основании дуги Петрова и достижений мировой электротехники создал принципиально новый способ сварки и резки металлов - **электродуговой**.

Создание электродуговой сварки



Н. Н. Бенардос
(1842—1905)

Николай Николаевич Бенардос родился 26 июля (7 августа) 1842 г. в деревне Бенардосовке Херсонской губернии (ныне село Мостовое Братского района Николаевской области Украины). Род Бенардосов в России ведет свое начало от деда Пантепея Егоровича Бенардоса, который родился в 1763 г. в Греции. Юношей он приехал в Петербург, где окончил гимназию и кадетское училище. П. Е. Бенардос участвовал в войнах России с Турцией, отличился при штурме Измаила и Очакова. Будучи генерал-майором, в Отечественную войну 1812 г. командовал полком и дошел до Парижа. Выйдя в отставку, он поселился в Херсонской губернии.

Отец Н. Н. Бенардоса также был военным, в должности командира конно-артиллерийского полка участвовал в Крымской войне в 1853—1856 гг.

По обычаям того времени будущий изобретатель получил воспитание и образование дома. В 1862 г. Н. Н. Бенардос поступил в Киевский университет на медицинский факультет. Однако в 1866 г. он перевелся в Петровскую земледельческую и лесную академию в Москве.

В 1869 г. Бенардос поселился в Лухском уезде Костромской губернии, вблизи г. Кинешмы. Он построил на перешедшем к нему от матери земельном участке жилой дом и механические ма-стерские, собирался здесь создавать и разрабатывать всевозможные изобретения. В 1884 г. имение Бенардоса было продано за долги, и он поселился в Петербурге.

Создание электродуговой сварки

В конце 70-х — начале 80-х годов XIX в. Н.Н. Бенардос, работая в Кинешме на электротехническом заводе и в Петербурге на предприятии П.Н. Яблочкова, начал соединять элементы свинцовых аккумуляторов, расплавляя кромки теплом электрической дуги.

В 1881 г. он демонстрирует новый способ сварки металлов в лаборатории Кабата в Париже.

Вот что сказано о первых работах Бенардоса в известном французском Электротехническом словаре Дюмона (Dumont): *«Работая в 1881 г. в лаборатории Кабата, Бенардос сделал первые попытки применения электрической энергии для сварки свинцовых пластин аккумуляторов. Так как результаты опытов оказались удовлетворительными, то Бенардос применил свой способ сварки и к другим металлам и таким путем был приведен к созданию новой промышленности».*

Создание электродуговой сварки

Своему изобретению Н.Н. Бенардос дал название «**Электрогефест**», произведя его от имени Гефеста — бога-кузнеца, покровителя ремесел в древнегреческой мифологии.

После детальной разработки способа «Электрогефест» Н.Н. Бенардос получил патенты на него в Англии, Бельгии, Германии, Италии, России, США, Франции, Швеции и других странах.

Русский патент, или, как тогда называли, **привилегию**, он получил только **31 декабря 1886 г. за № 11982** на «**Способ соединения и разъединения металлов непосредственным действием электрического тока**».

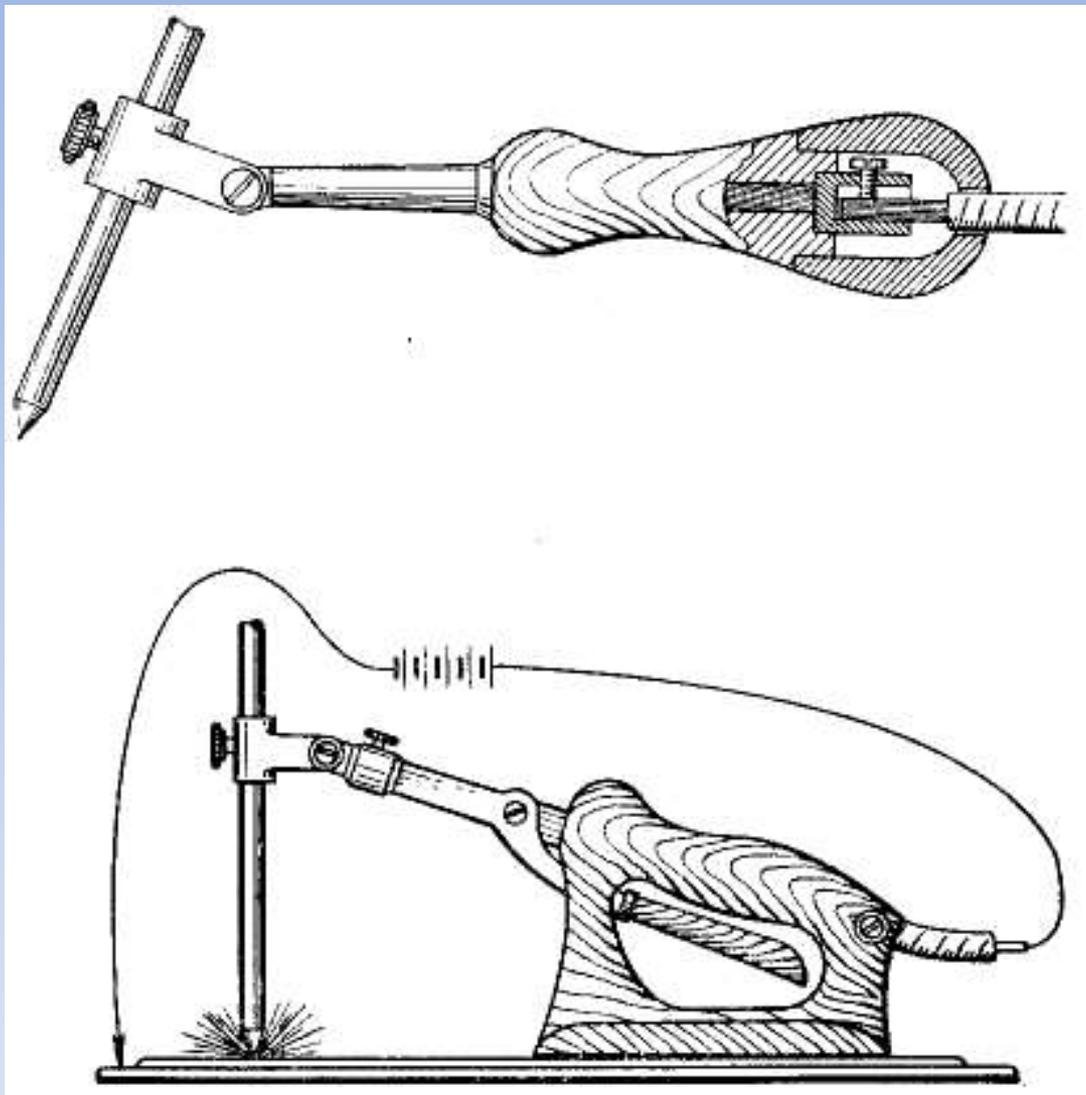
Так официально был создан первый способ дуговой сварки, принесший Бенардосу мировую славу.

Создание электродуговой сварки

Сущность изобретения и возможные области его применения сформулированы в привилегии следующим образом:

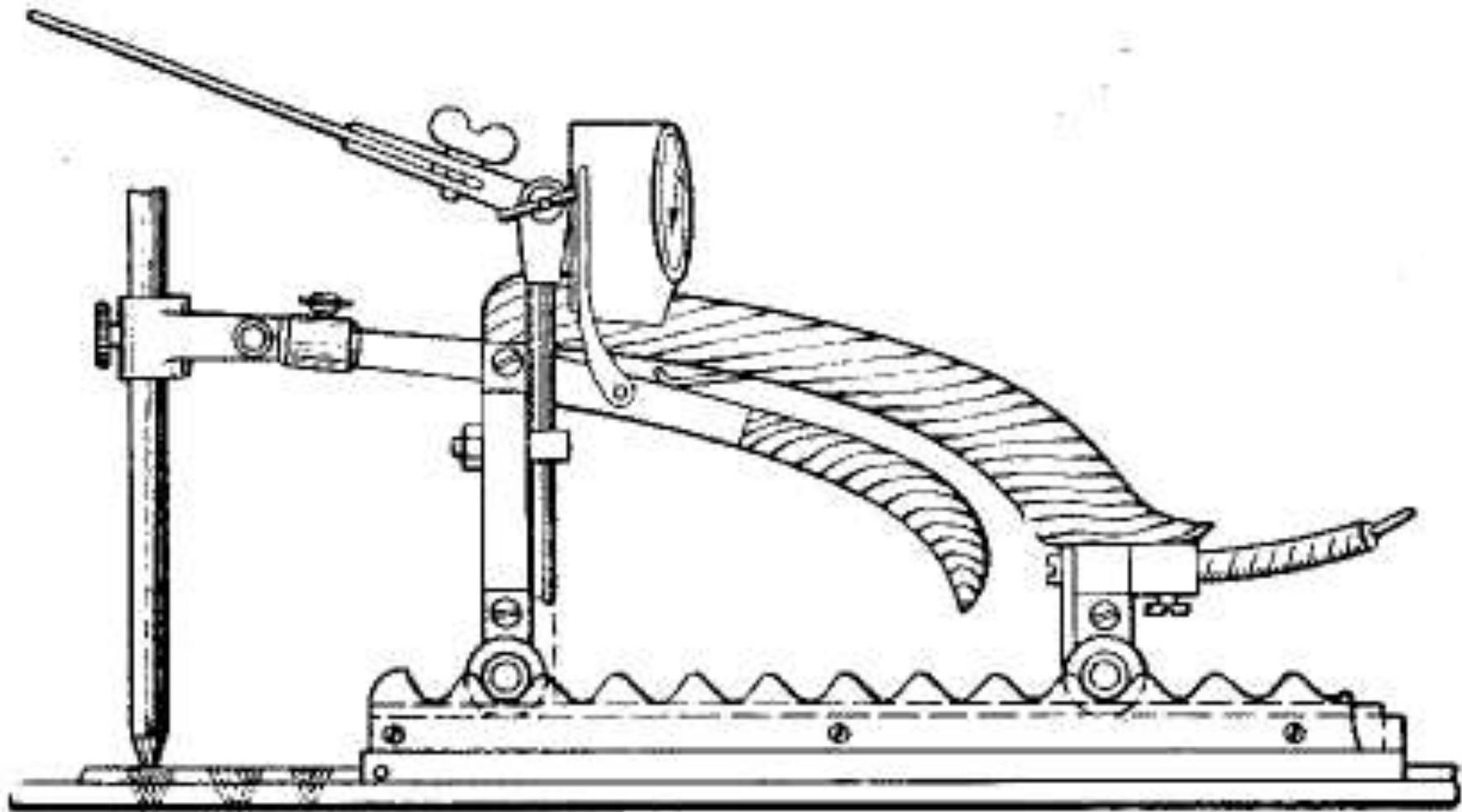
«Предмет изобретения составляет способ соединения и разъединения металлов действием электрического тока, названный «Электрогефест» и основанный на непосредственном образовании вольтовой дуги между местом обработки металла, составляющим один электрод, и подводимую к этому месту рукояткою, содержащей другой электрод, соединенный с соответственным полюсом источника электрического тока. С помощью этого способа могут быть выполнены следующие работы: соединение частей между собою, разъединение и разрезывание металлов на части, сверление или производство отверстий и полостей и наплавление слоями».

Создание электродуговой сварки



Держатели для дуговой сварки, предложенные Н. Н. Бенардосом

Создание электродуговой сварки



Держатель для точечной дуговой сварки,
предложенный Н.Н. Бенардосом

Создание электродуговой сварки

Как видно из привилегии, Н.Н. Бенардос применял созданный им способ не только для сварки, но и для наплавки и резки металлов.

Иногда под сваркой по методу Бенардоса подразумевают сварку только угольным электродом. **Однако это не вполне точно.**

В привилегии по этому вопросу сказано:

«Вольтова дуга образуется в месте, где должна быть произведена одна из вышеупомянутых работ приближением угля (или другого проводящего вещества) к обрабатываемой части, причем этот уголь будет положительным или отрицательным полюсом, а другим полюсом будет обрабатываемая часть. Угли или вещества, заменяющие уголь, могут иметь различные формы.»

Создание электродуговой сварки

Н.Н. Бенардос разработал технологию дуговой сварки и типы сварных соединений, применяемых и в настоящее время (**встык, внахлестку, заклепками** и др.).

При сварке металла значительных толщин он применял **скос кромок**.

При выполнении стыковых сварных швов с разделкой кромок присадочный металл предварительно закладывался в место будущего шва.

Подготовка кромок при сварке тонких листов заключалась в **отбортовке их краев**, в этом случае присадочный металл не применялся.

В зависимости от толщины металла между свариваемыми частями при сборке под сварку устанавливался **зазор, величина которого определялась толщиной соединяемых изделий**.

Для улучшения качества сварки применялись **флюсы**: при сварке сталей — кварцевый песок, мрамор, при сварке меди — бура и нашатырь.

Создание электродуговой сварки

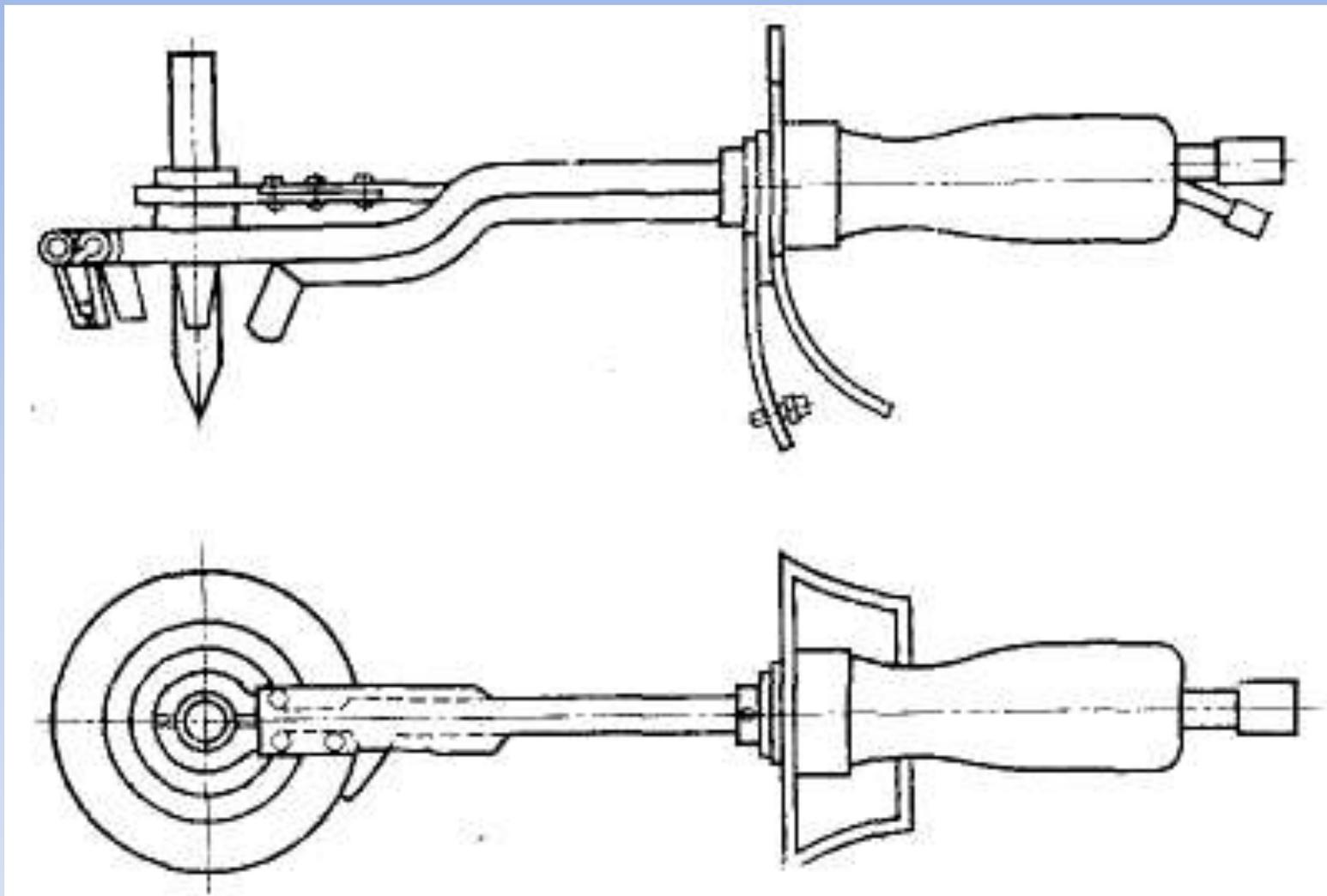
Работая над совершенствованием способов дуговой сварки, Н. Н. Бенардос создал большое количество оригинальных приспособлений и устройств.

Изобретатель создал **комбинированные электродержатели с угольными электродами, вокруг которых концентрически располагались сопла для подачи светильного газа и кислорода.**

Одновременная работа сварочной дуги и газового пламени увеличивала поверхность нагрева и защищала расплавленный металл от вредного влияния воздуха.

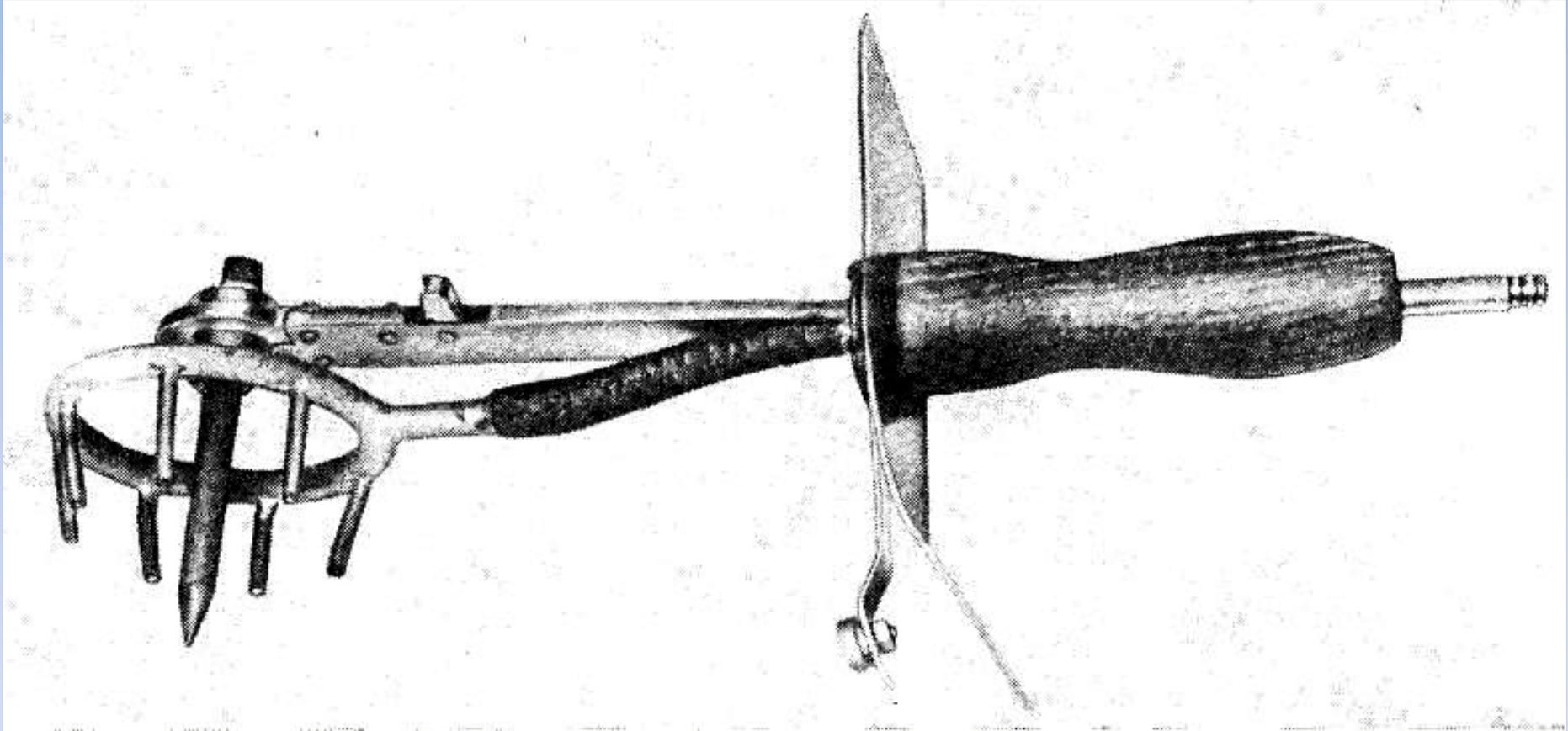
Способ, предложенный Бенардосом, стал предметом дальнейшей разработки; в нем можно видеть черты современного способа **дуговой сварки в защитном газе.**

Создание электродуговой сварки



**Горелка Н.Н. Бенардоса для сварки угольной дугой
в атмосфере защитных газов**

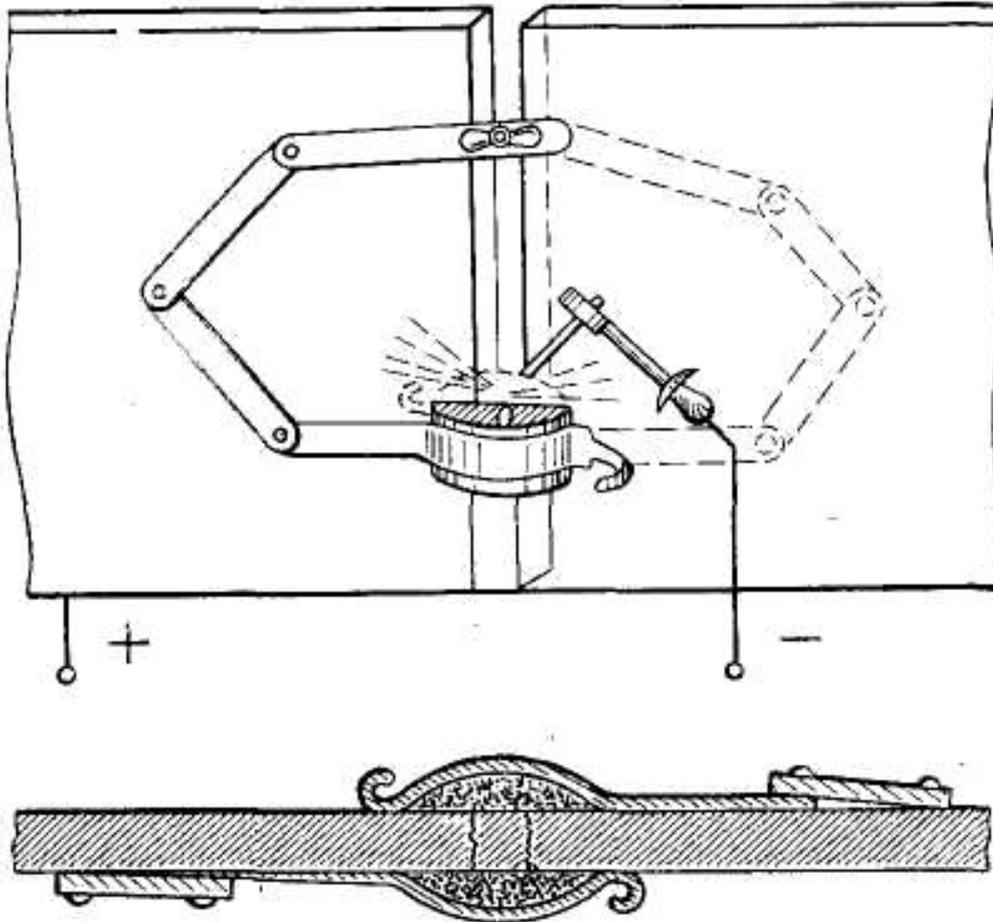
Создание электродуговой сварки



**Горелка Н.Н. Бенардоса для сварки угольной дугой
в атмосфере защитных газов**

Создание электродуговой сварки

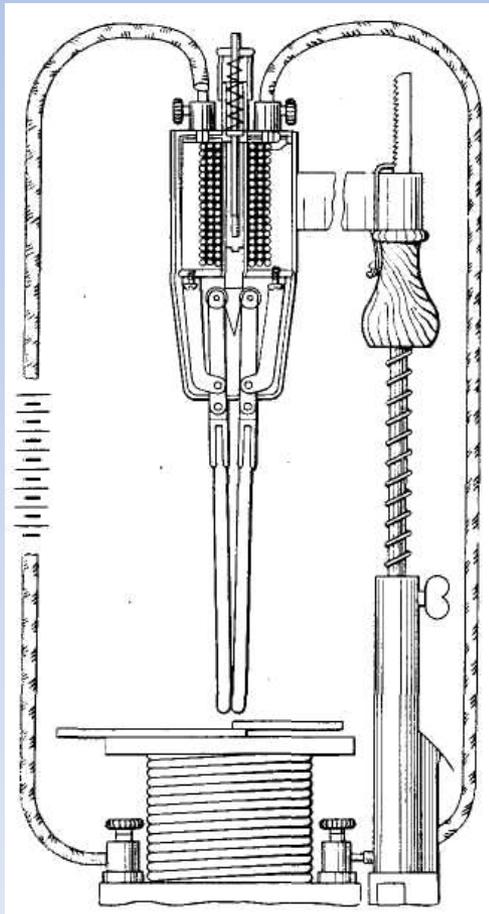
Н. Н. Бенардос предложил для сварки листов вертикальным швом приспособление, в котором шов выполнялся с принудительным формованием.



Приспособление Н.Н. Бенардоса для сварки встык вертикальных швов

Создание электродуговой сварки

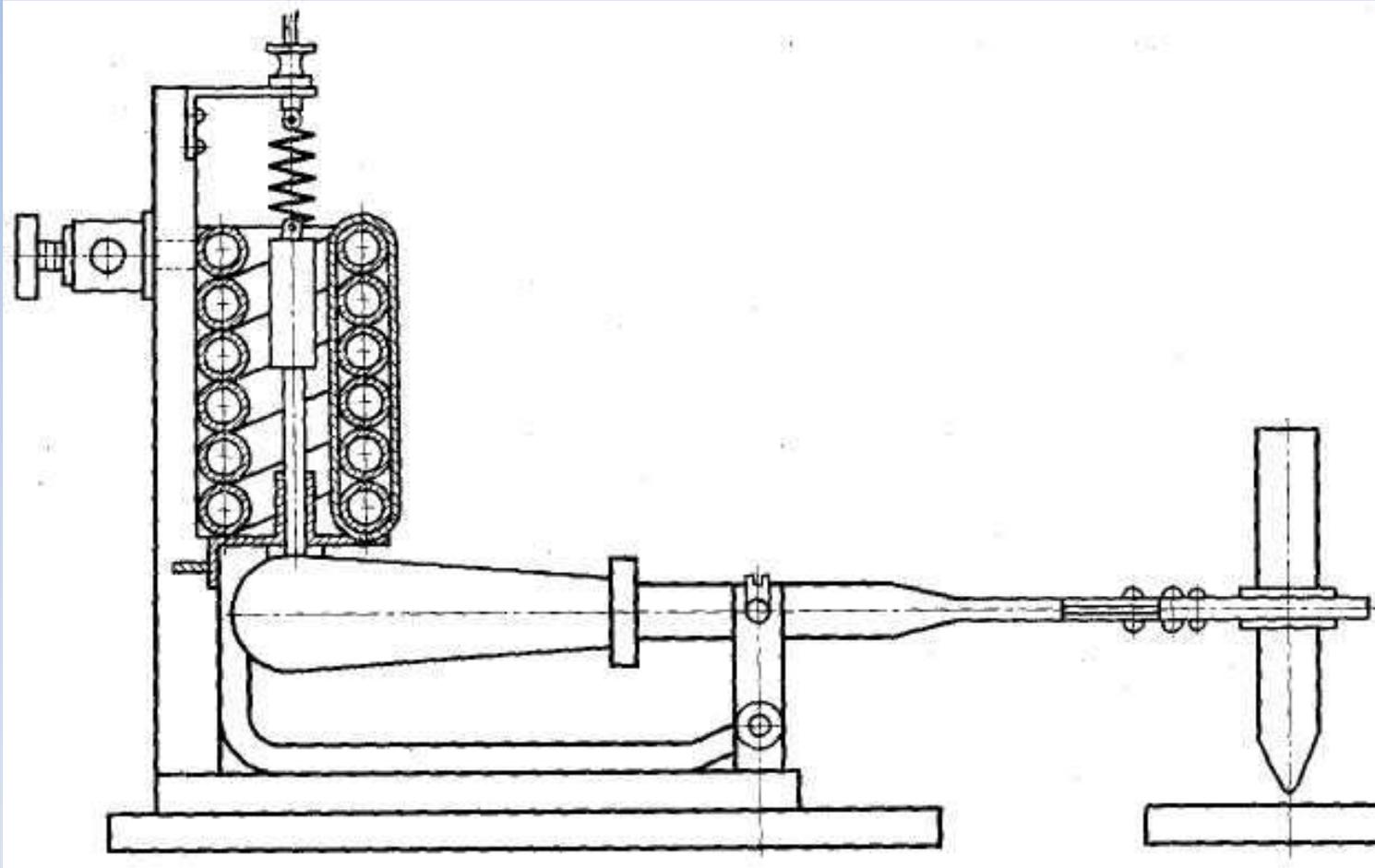
Н. Н. Бенардос сделал первые шаги в области регулирования дуги, разработал устройство для сварки косвенной дугой с автоматическим регулятором,



Устройство Н.Н. Бенардоса для сварки косвенной (независимой) дугой с автоматическим регулятором дуги

Создание электродуговой сварки

а также установку для дуговой сварки с автоматическим регулированием дуги.



Установка Н.Н. Бенардоса для дуговой сварки с автоматическим регулированием дуги

Создание электродуговой сварки

Патентование изобретений в России стоило больших денег и осуществлялось в основном с коммерческими целями.

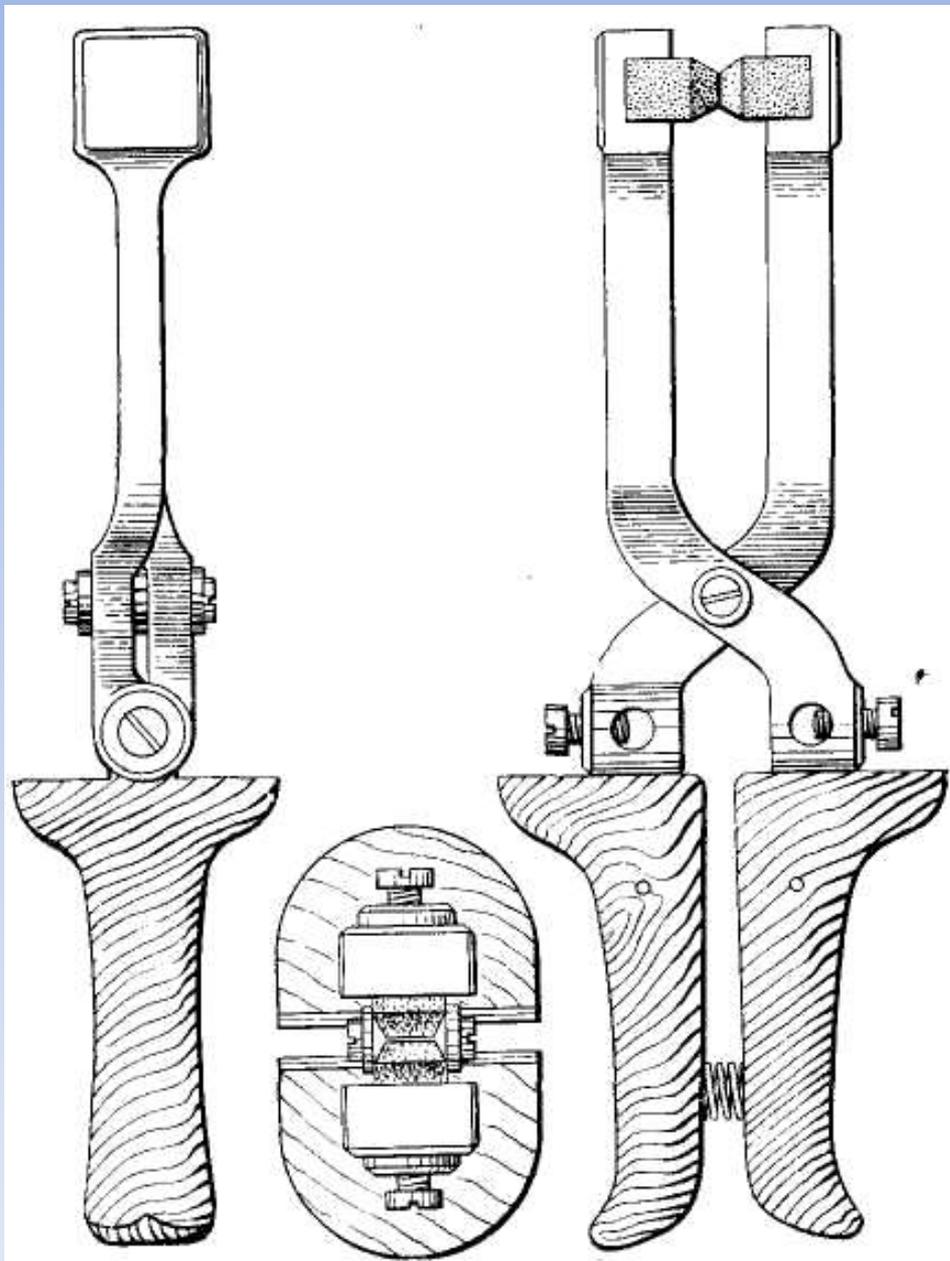
Н.Н. Бенардос не располагал достаточными средствами для получения привилегий на изобретения, поэтому многие свои идеи и разработки он не запатентовал, при патентовании некоторых изобретений в качестве соавторов привлекал состоятельных компаньонов.

Создание электродуговой сварки

Наиболее активным и плодотворным в его творчестве был период с 1884 г. в Петербурге.

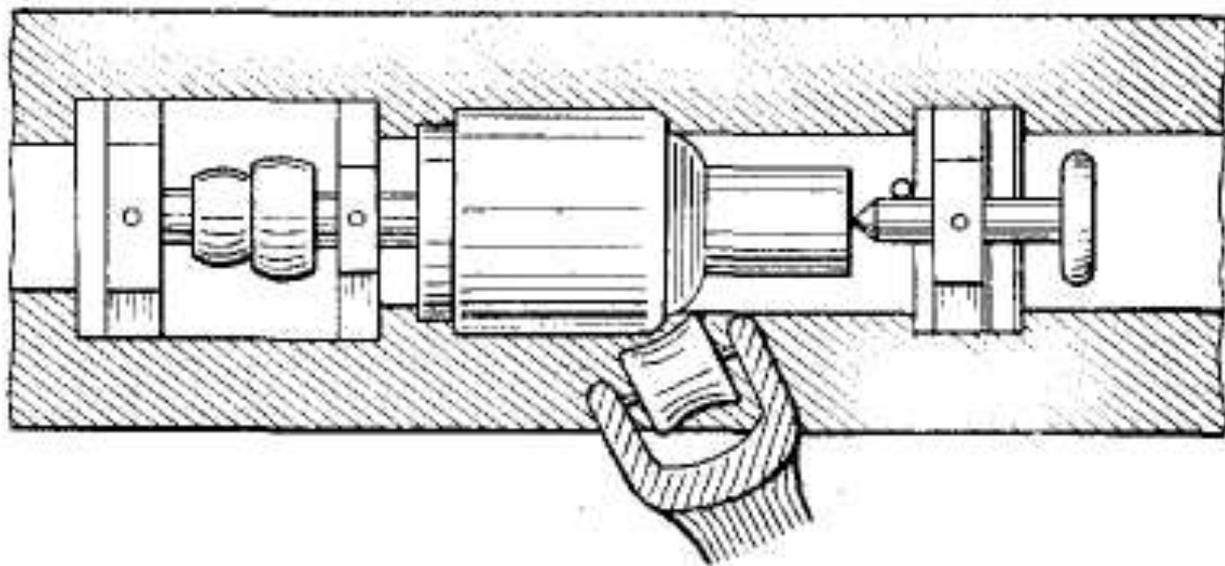
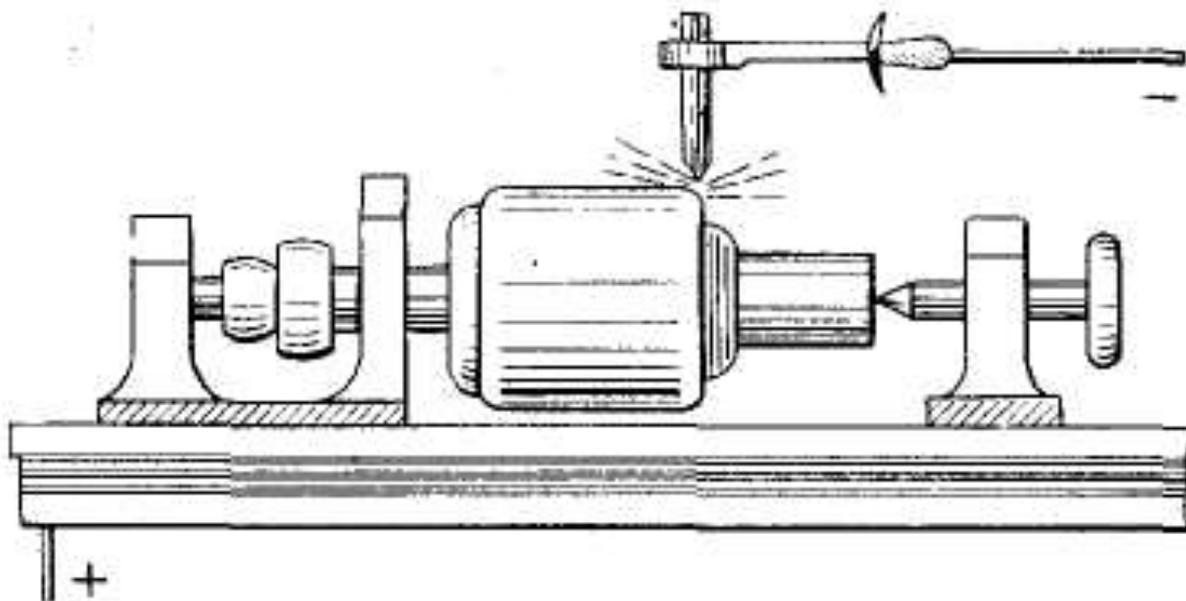
Он разработал ряд новых изобретений, примером которых служат клещи для точечной сварки, и энергично занимался дальнейшим усовершенствованием и внедрением дуговой сварки на заводах и особенно на железных дорогах.

Создание электродуговой сварки



**Клеши Н.Н. Бенардоса
для контактной сварки**

Создание электродуговой сварки



Станок Н.Н. Бенардоса для приварки доньев к цилиндрам

Создание электродуговой сварки

Бенардос окончательно, отработал систему питания сварки током, в том числе многопостовую.

Он предложил систему питания, включающую генератор постоянного тока и параллельно присоединенную батарею электрических аккумуляторов.

Система оказалась удачной для своего времени.

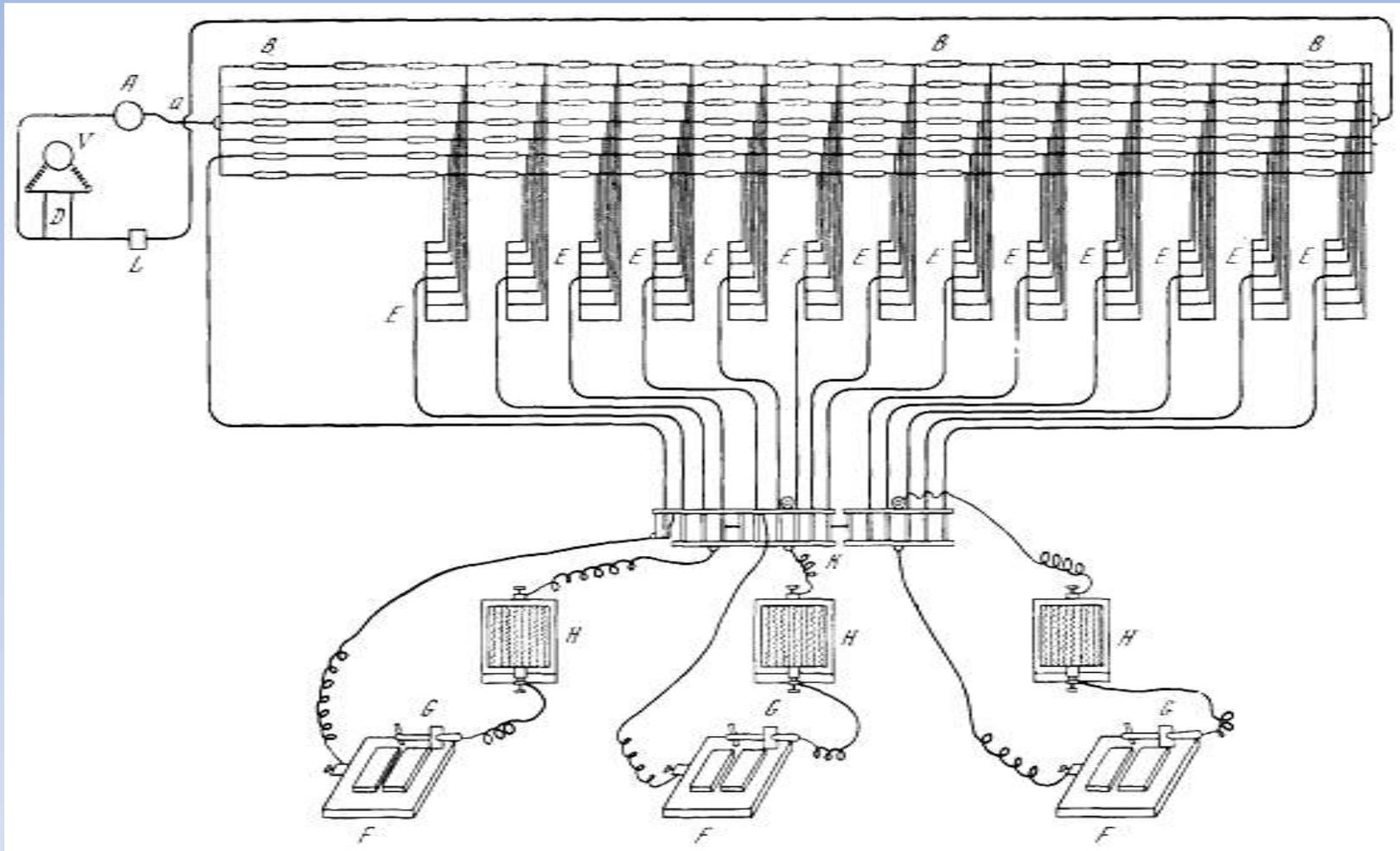
Достаточно иметь генератор небольшой мощности, заряжавший в перерывах между сваркой мощную аккумуляторную батарею, содержащую 200—300 и более отдельных аккумуляторов, которые несли основную нагрузку при сварке.

Система работала на ряде предприятий как в России, так и за границей.

Бенардос стал известным специалистом по аккумуляторам и разработал несколько изобретений в этой области.

Создание электродуговой сварки

Схема многопостовой сварки по проекту Н.Н. Бенардоса



А — амперметр; V — вольтметр; D — генератор (динамо-машина); L — выключатель («размыкатель»); B — батарея аккумуляторов; E — коммутатор; K — «главный» коммутатор; H — реостат; G — держатель; F — сварочный стол («наковальня»)

Создание электродуговой сварки

Однако особое внимание он уделял разработке технологии и практическому использованию своего способа сварки «Электрогефест».

В 1885 г. в Петербурге было создано общество «**Электрогефест**», имевшее целью дальнейшее развитие и эксплуатацию дуговой сварки.

Общество организовало завод, на котором производились различные сварочные работы, и лабораторию, где демонстрировались посетителям приемы сварки, проводились опыты.

Но это общество не могло обеспечить быстрого распространения сварки в России. Для этого не было ни необходимых капиталов, ни серьезной производственной базы, ни организаторского опыта.

Общество ограничивалось преимущественно продажей лицензий и консультациями.

Создание электродуговой сварки

Почти одновременно с Н.Н. Бенардосом работал крупнейший изобретатель — Н.Г. Славянов, много сделавший для развития дуговой сварки.



Н.Г. Славянов
(1854-1897)

Николай Гаврилович Славянов родился 23 апреля (5 мая) 1854 года в Задонском уезде Воронежской губернии. Окончив с золотой медалью гимназию в Воронеже, он в 1872 году поступил в Петербургский Горный институт. Получив специальность инженера-металлурга в 1877 году, Н.Г. Славянов уехал работать на казённый Воткинский горный завод смотрителем механических фабрик. В 1883 году он был назначен управителем орудийных и механических фабрик Пермских пушечных заводов в Мотовилихе. С 1888 года стал там горным начальником, а с 1891 года и до конца жизни занимал должность горного начальника (директора) Пермских пушечных заводов.

Создание электродуговой сварки

Способ электросварки угольным электродом Н.Н. Бенардоса ещё только начинал своё триумфальное шествие по миру, когда на одном из заводов промышленного Урала электрическая дуга загорелась между изделием и стальным стержнем-электродом.

Славянов критически оценил изобретение Бенардоса и внес в него существенные усовершенствования, касающиеся в первую очередь металлургии сварки.

Сварка сталей, содержащих легирующие компоненты и примеси, не всегда получалась удачной, потому что в шов попадали оксидные включения, в нем скапливались сера и фосфор; металл выгорал и становился хрупким в месте сварки.

Создание электродуговой сварки

Н.Г. Славянов заменил неплавящийся угольный электрод **металлическим плавящимся электродом-стержнем**, сходным по химическому составу со свариваемым изделием.

Но самое главное то, что сварочная ванна была защищена слоем **шлака** - **расплавленного металлургического флюса**. Такой процесс повышал качество наплавленного металла при сварке.

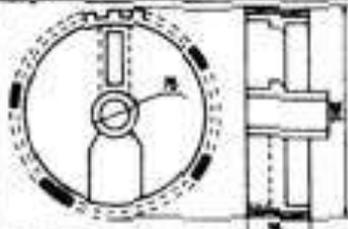
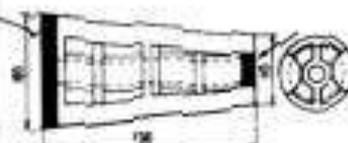
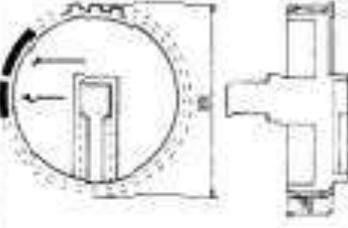
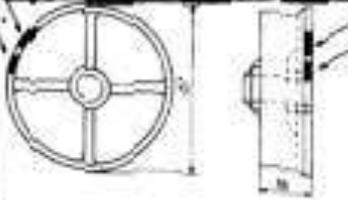
Создание электродуговой сварки

К концу 1880-х годов в европейских странах и США быстрыми темпами развивается машиностроение, судостроение, энергетика. Растёт масса стальных отливок. Всё дороже обходится брак: трещины, раковины, поры. Из-за этого массивные детали идут на переплав. Это происходит повсюду, в том числе и в Перми, и Н.Г. Славянов начинает применять свой новый способ **для исправления дефектов литья, ремонта деталей паровозов, паровых машин, зубчатых колёс и т. д.**

О масштабе решаемых задач в некоторой степени можно судить по сведениям, приведенным в таблице. Только за три с половиной года на Мотовилихинском заводе было выполнено более 1600 работ по сварке и наплавке ответственных изделий.

Создание электродуговой сварки

Выписка из "Ведомости о работах, произведённых с помощью электрической отливки горного инж. Славянова в Пермских Пушечных заводах"

Время производства работы	Чертежи изделий	Материал	Назначение и применение в промышленности	Зачем изготовлено и употреблено	Вес	Металл	Отливки	Стоимость		Рабочий курс		на электротехническую отливку		Примечание	Подпись, удостоверяющее, что работа произведена					
								Р.К.	Р.К.	Р.К.	Р.К.	Р.К.	Р.К.							
Намывы 1891 г № 1		Медно-железная	Зубчатое колесо от токарного станка	Привести в действие	24	Чугун	Чугун	5	21	1	40	I	II	75	1	53	Главный мастер Медножелезной фабрики А. Белозеров			
№ 2		Паровый цилиндр	Продвижение воды от машинного бара	Валит на толстый лист	22	Чугун	Чугун	38	25	90	4	4	65	4	50	24	-	Механик Пермского завода И. Истомин		
№ 3		Медно-железная	Зубчатое колесо от станка	Привести в действие	34	Чугун	Чугун	19	25	1	36	2	25	1	35	-	76	13	55	Главный мастер Медножелезной фабрики А. Белозеров
№ 4		-	Поршень	Залити две детали	5	Чугун	Чугун	10	75	-	75	-	90	-	30	6	30	Сметчик Медножелезной фабрики А. Древер		

Создание электродуговой сварки

Способ Славянова Получил диплом первой степени и золотую медаль на Всемирной выставке в Чикаго в 1893 году за удивительный экспонат из России - **металлический двенадцатигранный стакан высотой 210 мм.**

Николай Гаврилович наварил на сталь один за другим электроды из бронзы, томпака (сплав меди с цинком), никеля, стали, чугуна, нейзильбера (сплав меди с цинком и никелем).

Сделанный из этой многослойной заготовки стакан массой 5330 граммов представлял сразу всю гамму конструкционных металлов того времени.

Создание электродуговой сварки

Большое внимание Н.Г. Славянов уделял **механизации и автоматизации дуговой сварки**. Он изготовил и опробовал первый в мире **сварочный полуавтомат**, элементы которого использованы и в современных автоматических сварочных головках.

Постоянство длины дуги в определённых пределах оплавления электрода поддерживалось двумя соленоидами, втягивающими железный сердечник и обеспечивающими автоматическую подачу электрода.

Создание электродуговой сварки

Внимание, которое Н.Г. Славянов придавал проблеме **автоматического регулирования длины сварочной дуги**, свидетельствует о его блестящей технической прозорливости: он предвосхитил применение механизмов для регулирования длины электрической дуги, имеющих большое значение и в современной технике автоматической сварки.

В 1891 году Н.Г. Славянов запатентовал своё изобретение во Франции, Германии, Великобритании, Австро-Венгрии, Бельгии, а в 1897 году - в США.

Создание электродуговой сварки

Изобретения Бенардоса и Славянова нашли заметное применение по тем временам в первую очередь на железных дорогах, а затем на нескольких крупных машиностроительных и металлургических заводах.

Вопросы, связанные с развитием и применением дуговой сварки, неоднократно заслушивались и обсуждались на съездах инженеров службы подвижного состава и тяги.

Создание электродуговой сварки

Впервые дуговую сварку на железнодорожном транспорте начали применять в 1887—1888 гг. на Козловско-Воронежско-Ростовской железной дороге (в Воронежских паровозных мастерских) и на Орловско-Витебской железной дороге (в Рославльских паровозных мастерских) при исправлении дефектов паровозных и вагонных колес, паровозных рам, при соединении концов дымогарных труб и трубных решеток, паровозных котлов, цилиндров, золотников и т. д., а затем в мастерских Владикавказской железной дороги в Ростове-на-Дону.

Создание электродуговой сварки

В начальный период дуговую сварку применяли для ремонта простых изделий, обычно наплавливали изношенные поверхности и заваривали трещины.

Дальнейшее усовершенствование технологии сварки позволило применять ее для более ответственных работ.

С помощью сварки ремонтировали паровозные цилиндры, рамы, изготовленные из проката, вагонные колеса. Заваривали трещины в бронзовых золотниках и в перемычках между отверстиями дымогарных решеток, наплавливали шейки паровозных и вагонных осей и пр.

Создание электродуговой сварки

В 1897 г. по проекту Славянова сооружена крупная промышленная установка дуговой сварки на сталелитейном и машиностроительном заводе в Екатеринославе (ныне Днепропетровск).

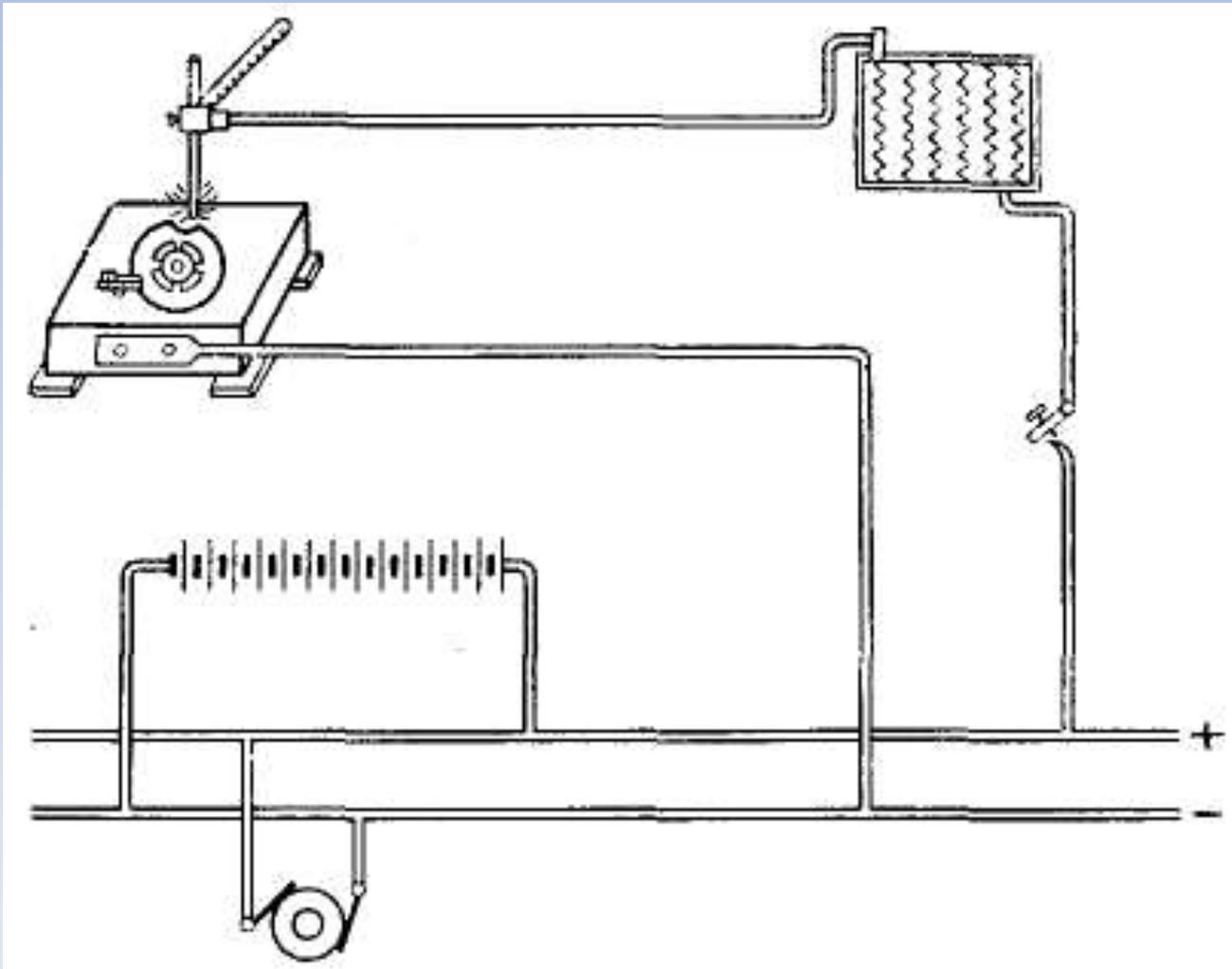
Сварку применяли для исправления поверхностных дефектов стальных отливок (в вагонных, тендерных и паровозных центрах колесных скатов).

Эта установка имела большое значение для развития промышленного применения дуговой сварки в России и в других странах.

В технических кругах зарубежных стран в тот период этот способ сварки был малоизвестен. Поэтому статья инженера Я.Л. Франкфурта, принимавшего участие в монтаже и эксплуатации Екатеринославской установки, в одном из французских журналов вызвала большой интерес среди промышленных кругов многих европейских стран.

Создание электродуговой сварки

Схема одной из первых в мире., крупных промышленных установок дуговой сварки, сооруженной в 1897 г. по проекту Н. Г. Славянова на сталелитейном и машиностроительном заводе в Екатеринославе (Днепропетровске)



Создание электродуговой сварки

В конце XIX в. установки «электрической отливки» металлов Славянова работали на заводе общества пароходства и торговли в Севастополе, на Луганском, Златоустовском, Сормовском и Ижевском заводах, в Одесских и Кронштадтских портовых мастерских.

Для сварки по способу Славянова, требовавшей значительных сил тока, часто применяли импортные электрические генераторы.

Создание электродуговой сварки

Особо следует отметить работы электросварочной мастерской при Одесских головных мастерских Юго-Западных железных дорог, организованной в 1898 г. Д. А. Дульчевским.

Здесь из года в год возрастал объем сварочных работ, совершенствовался технологический процесс сварки, вводилось более совершенное сварочное оборудование.

В зависимости от потребностей применяли способы сварки Н.Н. Бенардоса и Н.Г. Славянова.

Кроме ремонта, в ряде случаев дуговая сварка применялась для изготовления новых изделий.

Создание электродуговой сварки

В России дальнейшее развитие нового технологического процесса электродуговой сварки столкнулось с существенными трудностями: электротехническая промышленность страны была очень слабой. Применение электросварки постепенно сокращалось.

Создание электродуговой сварки

В то же время необходимо отметить, что новый технологический процесс, предложенный Славяновым, не всегда обеспечивал высокое качество соединений, так как плавление стали в дуговом разряде сопровождалось выгоранием углерода, марганца и кремния, при этом сварной шов мог насыщаться кислородом, азотом и водородом.

Сварка применялась при изготовлении второстепенных металлоконструкций и неответственных изделий.

Сварку поддерживали только отдельные энтузиасты. Удачно найденные решения внедрялись в практику, развивались, служили очередной ступенькой для дальнейшего подъёма сварочного производства.