



Спасенные звонят колокола



Николай ГРИГОРЬЕВ

Nickolay D. GRIGORIEV

Едва ли кто посягнет на его приоритет в изобретении дуговой электрической сварки плавящимся электродом. Заслуги 38-летнего русского инженера показательны квалифицирует формулировка полученных им медали и диплома на Всемирной выставке 1892 года в Чикаго: «За произведенную техническую революцию». И, конечно, сделанные Н. Г. Славяновым открытия помогли не только паровозам и пароходам. Сегодня подавляющее число сварочных операций на металлах производится на основе его метода. В мае 160-летие со дня рождения великого таланта.

Ключевые слова: история, Славянов, дуговая электросварка, транспортные конструкции, техническая революция.

Григорьев Николай Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика транспорта» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Будущий изобретатель Николай Гаврилович Славянов родился в многодетной семье (8 мальчиков и 3 девочки) штабс-капитана царской армии 5 мая (23 апреля по старому стилю) 1854 года в селе Никольское Задонского уезда Воронежской губернии (ныне Задонский район Липецкой области). Детские годы он провел в родовом имении отца, где и получил начальное домашнее образование.

В 1862 году мальчика отдали в Михайловский кадетский корпус, расположенный в Воронеже. Быть военным он не собирался, поэтому на предпоследнем курсе подал прошение об увольнении и поступил в Воронежскую мужскую гимназию, которую окончил с золотой медалью. В 1872 году юноша поступил в Санкт-Петербургский горный институт. Мать, обремененная семьей (отец умер в 1868 году), не могла материально помогать старшему сыну. Ему приходилось переключать печи и давать частные уроки по математике, черчению и музыке. Студент отлично выполнял учебные проекты, которые отличались оригинальностью и практической ценностью. За проект машины с особым парораспределением, выполненный на последнем курсе, он был удостоен почетного отзыва совета института.

УПЛОТНЕНИЕ С ФЛЮСОМ

После блестящего окончания института в декабре 1877 г. молодой инженер-металлург первого разряда был направлен на Воткинский казенный горный завод (ныне в Удмуртии, в 50 км к востоку от Ижевска), где сначала был практикантом, а затем назначен смотрителем механических фабрик (цехов) и механиком завода. В 1881 году его перевели на Омутнинские частные заводы братьев Пастуховых (ныне Кировская область, в 180 км от областного центра), а в декабре 1883 года – в рабочий поселок Мотовилиха (позднее вошел в состав Перми) на казенные пушечные заводы управителем оружейных и механических фабрик. Здесь трудилось свыше четырех тысяч человек. На заводах, оснащенных новой техникой и укомплектованных опытными специалистами, изготавливали стальные пушки, артиллерийские снаряды, паровые машины и котлы, пароходы и детали к ним. В 1884 году Славянов сконструировал специальную печь по производству проката тонколистового железа.

С 28 мая по 28 сентября следующего года Николай Гаврилович был командирован в Германию и Бельгию для ознакомления с производством заводов общества Кокериль и Круппа в Виттене на Руре и Бохуме, а также для осмотра Всемирной выставки в Антверпене и Электротехнической выставки в Кенигсберге (ныне Калининград).

Чтобы лучше узнать производство, трудился на бельгийских заводах рабочим. Знакомство с мировыми достижениями в технике способствовали появлению его изобретений. Он увлекся электротехникой и, начав самостоятельно ее изучать, разработал проект электрической станции и руководил ее строительством. На основе сконструированных им в 1885 году электротехнических приборов и генератора на 300 А при напряжении 60 В была создана первая на уральских заводах и в Перми электростанция с приводом от паровой машины.

С 1887 года производственные здания заводов по разработанной им системе электропроводки из полосового железа стали освещаться дуговыми лампами с регуляторами, изготовленными опять же по его



проекту. Всего в цехах горело 2,5 тысячи дуговых фонарей. Генератор, дуговые лампы с регуляторами и различные электроизмерительные приборы, спроектированные инженером, экспонировались на Урало-Сибирской научно-промышленной выставке в Екатеринбурге. Экспертная комиссия наградила Славянова большой серебряной медалью «За достоинства предметов, представленных на выставке».

К концу 1880-х годов в связи с развитием быстрыми темпами машиностроения, судостроения, энергетики и других отраслей народного хозяйства возросла востребованность стальных отливок. Все дороже стало обходиться брак больших металлических заготовок: трещины, раковины и пузыри, заполненные газами, поры и пустоты, наполненные шлаками и посторонними земляными веществами. Их присутствие понижало качество отливок и в некоторых случаях делало заготовку непригодной. Для улучшения качества стальной болванки, а также уменьшения усадочной воронки применяли химические и механические (прессование) способы. Они, впрочем, или не достигали полностью цели, или являлись сложными и дорогими. В результате на переплав нередко шли массивные крупногабаритные заготовки и изделия.

Славянов после ряда опытов предложил в 1890 году применять нагрев электрической дугой для уплотнения крупных металлических отливок и улучшения их структуры, в частности стальных болванок, употребляемых для изготовления артиллерий-





ских орудий. Способ применения энергии электростанции для промышленного нагрева заключался в том, что неостывший и жидкий металл сразу после заливки в изложницу подогревался в верхней части до температуры плавления стали мощной электрической дугой, возникающей между неметаллическим (графитовым, из кокса) отрицательным электродом, расположенным вблизи поверхности отливки, и металлом, соединенным с положительным зажимом генератора постоянного тока. При таких условиях металл застывал постепенно в направлении снизу вверх. Все образующиеся газы свободно удалялись, а возникающие при затвердевании металла усадочные пустоты заполнялись имеющимся в верхней части запасом жидкого металла. Без электродугового уплотнения большая верхняя часть болванки, в которой имелись газовые пузыри и усадочные раковины, шла в отходы.

В случае добавления к отливке расплавленного электрическим током металла или сплава, сходного по химическому составу с изделием, электроды изготовлялись в форме стержней (железо или сталь — катаная или кованая, чугун и сплавы меди — литые) разной толщины в зависимости от силы тока и величины отливаемой детали. Стержни вставлялись в сварочный автоматический регулятор, сконструированный и названный изобретателем «электрическим плавильником», который в принципе был подобен дифференциальному регулятору для дуговых осветительных ламп и поддерживал постоянство дуги между электродом и обрабатываемым изделием.

Постоянство длины дуги в определенных пределах оплавления электрода поддерживалось двумя соленоидами, катушки которых были включены последовательно и параллельно в цепь дуги, втягивающими железный сердечник, сочлененный посредством рычажной передачи с укрепленным в нем стержнем, и обеспечивающими автоматическую подачу электрода. Стержни под действием автоматически регулируемой электрической дуги быстро расплавились. Расплавленная поверхность металлической детали соединялась (сливалась) с наливаемым металлом.

Во время отливки один полюс электрической машины соединялся с формовкой,

а другой — с зажимом автоматического регулятора, через который ток проходил в расплавляемый металлический стержень и далее через дугу в формовку, замыкая электрическую цепь. Зажигание электрической дуги и подача электрода после существенного его обгорания производились вручную. Значительное перемещение стержня выполнялось с помощью соединенной с держателем электрода горизонтальной оси, приводимой во вращение от руки маховиком, укрепленным на конце оси. Элементы этого устройства используются в современных автоматических сварочных головках.

В качестве материалов формовки изобретатель рекомендовал для чугуна и сплавов меди прессованный кокс, а для стали и железа — сцементированный кварцевый песок. Хотя металлические стержни предварительно очищались от загрязнений, переносимый в дуге металл вступал в реакцию с атмосферным воздухом и окислялся. В целях изоляции металла от воздуха, участвующего в металлургическом процессе, уплотнение по методу Славянова производилось под шлакообразующими расплавляющимися покрытиями (металлургическими флюсами). Для этого в ванну вводилось битое стекло. Оно по своему химическому составу соответствует материалам, которые составляют основу известных теперь и применяемых в современной автоматической сварке флюсов.

Для металлургической обработки расплавленного металла он рекомендовал также вводить в ванну ферросплавы (ферромарганец, ферросилиций, феррохром, ферроалюминий). Уплотнение выполняли отдельными участками, а чтобы шлак и расплавленный металл не растекались, рабочую зону ограничивали барьером из формовочной земли.

Славянов применил свое изобретение при ремонте. Были прилиты отломленная подошва длиной излома около 1 м станины от большой ножницы прокатной фабрики весом около 2,5 т и отломанный конец штока и облита бронзой поверхность ползуна поршневого штока от паровой пилы, а также отремонтированы крышка от золотниковой коробки трехтонного молота и рама от паровой машины.

Его изобретение стали использовать на заводах России и зарубежья. Электрическое уплотнение металлических отливок по способу Славянова позволяет ныне получать слитки высокого качества из легированных сталей, изготовленных электрошлаковым, плазменно-дуговым и электронно-лучевым переплавами. Срок службы деталей из таких сталей повышается в три раза.

ПЕРВЫЙ В МИРЕ СВАРОЧНЫЙ ЦЕХ

Работу с металлическими электродами оказалось возможным использовать для сварки металлических частей. В 1888 году Славянов, через семь лет после открытия Н. Н. Бенардосом дуговой электросварки угольным электродом, критически оценил и развил его идею, разработал и применил сварку плавящимся металлическим электродом с предварительным подогревом и защитой расплавленным слоем шлака изделия.

Одним из основных недостатков способа Бенардоса была опасность порчи металла под влиянием высокой температуры угольного электрода. Металл выгорал и становился хрупким в месте сварки. Происходило также сильное обугливание металла за счет угольных частиц, попадающих в расплавленный металл от накаливаемого до высокой температуры угольного стержня. Без металлургического флюса сварка сталей, содержащих легирующие компоненты и примеси, не всегда получалась удачной. В шов из воздуха попадали оксидные включения. В нем скапливались сера и фосфор.

Изобретенная Славяновым электрическая отливка (так он назвал способ сварки электрическим плавлением) заключалась в наливании расплавленного металла на поверхность металлических изделий и превращении его после отключения электрической дуги и застывания в прочное соединение. Такой способ (по современной терминологии — электрической дуговой сварки плавящимся металлическим электродом) отличался от ранее предложенного «электрогефеста» Бенардоса тем, что одним или обоими электродами служили стержни из самого материала, предназначенного для отливки.

Изобретатель указывал: «Источником электричества может служить динамо-ма-

шина без посредства аккумуляторов, но в таком случае она должна иметь несгораемый якорь и развивать силу тока не менее 200 А при напряжении не менее 50 В. Можно применить машину и более слабую или неподходящей конструкции, но тогда необходима батарея аккумуляторов». Созданная им динамо-машина явилась первым в мире электрическим сварочным генератором постоянного тока, упростившим по сравнению с аккумуляторами схему установки и давшим толчок к созданию новых, более совершенных и модифицированных сварочных источников питания, которые, в свою очередь, способствовали дальнейшему развитию сварки.

В 1888 году Славянова назначили помощником горного начальника (директора). На заводах была организована электролитейная фабрика с электрическим генератором. Это был первый в мире сварочный цех, куда узкоколейкой доставлялись большие детали и где им 18 октября впервые публично в присутствии государственной комиссии, включавшей металлургов и электротехников из Санкт-Петербурга, был успешно испытан его способ сварки вала паровой машины металлическим плавящимся электродом. Комиссия пожелала более широкого распространения способа электрической отливки.

Изобретатель сконструировал аппарат с автоматическим регулятором длины дуги, который явился родоначальником современных сварочных аппаратов. Для удобства плавильник подвешивали на специальном приспособлении. Можно было вести сварку двумя последовательно соединенными плавильниками.

Для изготовления паропроводов из листовой красной меди загибалась труба, которая заформовывалась, клалась на ролики и нагревалась. Плавильник подвешивался неподвижно, а труба передвигалась вдоль своей оси при помощи рейки на станке, сконструированном Славяновым. Еще одним отличием было применение подогрева перед сваркой.

Для своих работ он применял токи силой от 200 до 1000 А при напряжении 50–75 В. Диаметр плавящегося металлического электрода был 7–12 мм. Эти значения очень близки к современным параметрам





сварочных электродов. При толщине свариваемых металлов 1–2 мм диаметр электрода выбирается равным 2–2,5 мм, при толщине 2–2,5 мм – диаметр 3–5 мм, при большей толщине – 5 мм и больше. Сила тока принимается в 30–50 раз больше диаметра электрода, если об этих величинах говорить на языке абстрактных математических соотношений.

Славянов умел работать как мастер на всех металлообрабатывающих станках. Небольшой токарный у него стоял в рабочем кабинете, чтобы в любое время можно было выточить необходимую деталь. Им самим изготовлены многие детали для сварочного автомата. Он подготовил первых в мире электролитейщиков (электросварщиков), которые в дальнейшем сами стали учителями других рабочих. По сути, еще тогда им создана настоящая школа профессионального начального образования электросварщиков.

ПАРОХОД БЕЗ КЛЕПКИ

В 1889–1890 годах электросварка с плавящимся металлическим электродом вместо клепки корпуса была впервые применена в судостроении на стапелях Мотовилихинской верфи при постройке корпуса крупнейшего в России и Европе буксирного парохода «Роденя – князь Коссогский».

Славянов на пермских пушечных заводах начал применять свой новый способ для исправления и устранения дефектов литья, считавшихся у металлургов непреодолимыми, ремонта рам паровых машин и их цилиндров, станин паровых молотов и прокатных валов, зубчатых колес, лафетов артиллерийских орудий массой 180–425 пудов (2948,4–6879,6 кг). В 1890–1892 годы на Мотовилихинских заводах была произведена 1631 ремонтная работа по сварке и наплавке ответственных деталей машин. Общая масса отремонтированных изделий составила 16953 пуда (265288 кг). При этом израсходовано 685 пудов (1120,3 кг) металлических электродов.

На основе идей Славянова в дальнейшем появились крупные изобретения и научные труды в области дуговой электросварки. Совместными усилиями изобретателей многих стран велись исследования с целью улучшения качества металла

шва. Удачно найденные решения внедрялись в практику, развивались, служили очередной ступенькой к подъему сварочного дела.

Шведский инженер О. Кельберг предложил покрывать металлические плавящиеся электроды термостойкими неэлектропроводными материалами, чтобы предотвращать стекание электродного материала и выполнять сварку в потолочном положении. Причем покрытие в некоторой степени защищало расплавленный металл от кислорода и азота воздуха.

В 1917 году американские ученые О. Андрус и Д. Стресс изобрели новый электрод. Их стальной стержень был обернут полосой бумаги, приклеенной силикатом натрия – жидким стеклом. Дуга возбуждалась сразу, с первого касания и не гасла при незначительном удалении из-за наличия в обмазке натрия. Бумага стала источником дыма, оттеснявшего воздух из зоны сварки.

В нашей стране в 1928 году наладили серийный выпуск покрытых обмазкой электродов для ручной дуговой сварки. Обмазка содержала газообразующие (крахмал, целлюлоза, мрамор CaCO_3), стабилизирующие с низким потенциалом ионизации (мел, поташ) и легирующие вещества. Они улучшали состав и структуру металла шва, а также шлакообразующие компоненты (кварц SiO_2 , плавиковый шпат CaF_2 , окислы алюминия Al_2O_3 , титана TiO_2 , марганца MnO , кальция CaO и др.), раскислители (ферросилиций FeSi , ферромарганец FeMn , ферротитан FeTi). Изменяя состав компонентов покрытия, получали электроды со специальными свойствами. При сварке конструкционных сталей различных марок обеспечивали искомые свойства швов (термостойкость, стойкость к коррозии, жаростойкость и др.), предел прочности сварного соединения до 8,5 МПа, угол загиба при малоуглеродистом стержне до 180 градусов.

В июле 1891 года Славянов назначен горным начальником Пермских пушечных заводов. Русские снаряды не могли пробить броню вражеских судов. Кроме того, они были дороги. Вместе со строителем первых в России мартеновских печей А. А. Износковым, специально им приглашенным, он создал новые артиллерийские сферические снаряды из литой, не ковальной стали. По ре-

зультатам испытательных стрельб, проводившихся на полигоне в Мотовилихе, они по прочности не уступали снарядам Круп-па и пробивали шестидюймовую (152,4 мм) броню.

Тогда же Славянов получил патенты на «Способ электрического уплотнения металлических отливок» (привилегия России № 8747) и «Способ и аппараты для электрической отливки металлов» (привилегия России № 8748). В основу изобретений было положено явление электрической дуги, открытой в 1802 году академиком Санкт-Петербургской академии наук В. В. Петровым. Первый патент закрепил приоритет в электрической подпитке слитков в важном научном направлении металлургии по уменьшению усадочных пустот и получению однородной структуры металла стальных заготовок. Оба способа одновременно запатентованы во Франции, Англии, Австро-Венгрии и Бельгии, сделаны заявки в США (патент получен в 1897 году), Швеции, Италии.

В 1891 году им для пропаганды изобретения издана за свой счет (большую часть огромной зарплаты директор тратил на изобретения) первая книга с кратким изложением сущности электрической отливки металлов. Она была замечена, переведена на английский, французский и немецкий языки и напечатана за рубежом.

Через год опубликован его основной печатный труд «Электрическая отливка металлов. Руководство к установке и практическому применению ее». Это первая монография по электрической обработке металлов. В ней он предложил способы заливания пустот в металлических изделиях и сливания друг с другом двух предметов или двух частей одной сломанной или треснутой детали; методы исправления изношенных (стертых) поверхностей трущихся поверхностей наливанием на них расплавленного металла; наращивания слоями металла на металлические предметы. Здесь же шла речь о превращении твердого белого чугуна в мягкий серый; отливка небольших изделий; приливании отломанных частей металлических вещей (например, зубцов у колес, исправляемое место заключалось в литейную форму и заливалось жидким металлом электрода)

и больших количеств чугуна к чугунным деталям. Эта книга в 1929 году переиздана журналом «Сварочный вестник» в Берлине, а в 1954 году в Москве.

«ЗА ПРОИЗВЕДЕННУЮ РЕВОЛЮЦИЮ»

В 1892 году Славянов представил оформленный в отдельную экспозицию большой набор изделий, сваренных с помощью его метода, на IV электротехническую выставку Русского технического общества (РТО), проходившую в Санкт-Петербурге. Были показаны образцы медных труб с продольным сварным швом, выдержавшие гидравлическое испытание до 50 атмосфер, наплавки твердого сплава «электрик», отличающегося большой твердостью и малым коэффициентом трения (сведения о составе и свойствах не сохранились), наплавки разнородных металлов. На выставке он заваривал трещины и сплавлял металлические предметы. Выставку посетило свыше 50000 человек, что для специализированной технической выставки было несомненным достижением.

Несколько образцов сварки разнородных металлов, доставленных службой подвижного состава и тяги Орловско-Витебской железной дороги (ныне Московской и Белорусской), исследовались профессором П. К. Худяковым в лаборатории Императорского Московского технического училища (ныне Московский высший технический университет имени Н. Э. Баумана). Для изучения прочности соединения от каждого образца, испытанного на разрыв и имеющего форму цилиндра, была отрезана по вертикальной плоскости половина. Все испытания дали положительный результат. Ни один образец не разорвался по месту соединения. Металлографическое исследование показало отличное качество структуры при сварке бронзы с медью, меди со сталью и меди с латунью. Причем электрическая дуговая сварка плавящимся электродом превосходила по качеству газовую сварку и сварку угольной дугой.

На основании результатов испытаний специальной комиссией министерства путей сообщения электрическая дуговая сварка плавящимся металлическим элект-





тродом разрешена для применения при ремонте подвижного состава железных дорог и механического оборудования депо и мастерских. Это было первое официальное признание способа сварки в России.

На выставке в Петербурге была представлена еще одна его работа — «Электрическое уплотнение металлических отливок». За удачное применение вольтовой дуги к производству металлических отливок и последующей их обработке с целью изменения химического состава металла и улучшения его механических свойств РТО наградило горного инженера золотой медалью и почетным дипломом.

В тот же год на Всемирной выставке в Чикаго, посвященной 400-летию открытия Америки Х. Колумбом, в числе русских экспонатов были представлены оба изобретения Славянова и его стакан массой 5,33 кг и высотой 210 мм в виде двенадцатигранной призмы с отверстием внутри. Этот металлический брусок, полученный последовательной наплавкой на сталь один за другим слоев электродов из особой колокольной бронзы, томпака (сплава 3—10% латуни с медью), никеля, чугуна, меди, нейзильбера (мельхиора, сплава 5—35% никеля, 13—45% цинка с медью) и обычной бронзы, наглядно демонстрировал возможности электроотливки.

В некоторых газетах западных стран высказывалось мнение о неприменимости электроотливки для сварки цветных металлов. Заготовка из 8 слоев представляла всю гамму технических металлов того времени и доказывала оспаривавшуюся возможность прочной сварки различных металлов. За изобретение оригинального и эффективного процесса сварки Славянов получил медаль и почетный диплом с формулировкой «За произведенную техническую революцию». Его «сэндвич» долгие годы оставался непокоренной вершиной сварочного искусства. Сейчас один стакан изобретателя находится в Политехническом музее в Москве, второй — в Пермском областном краеведческом музее.

На железнодорожной станции Левшино Уральской горнозаводской линии (ныне Свердловской железной дороги), расположенной в 10 км севернее Мотовилихи, был колокол с необыкновенным звоном. Но после того как у него испортилось било,

на станции стали звонить обломком рельса. Колокол раскололся. Славянов впервые в мире приварил отбитый кусок колокола своим способом. Метод дуговой электрической сварки плавящимся металлическим электродом сохранил чистоту колокольного голоса.

В «Пермских губернских ведомостях» появилась статья, в которой советовали везти церковные разбитые колокола в Мотовилиху на ремонт. На заводах пришлось открыть специальную электролитейную фабрику. На ней восстановлено 34 колокола общей массой 26,5 т.

На основе приобретенного опыта дуговой электрической сварки колоколов Славянов в 1893 году в брошюре «О возможности исправления московского царь-колокола» предложил капитальный ремонт царь-колокола, находящегося в Московском кремле, с сохранением индивидуального звучания. После полемики в прессе было решено, что царь-колокол имеет значение памятника и не следует приваривать отколовшуюся его часть.

БРОНЯ КРЕПКА И ТАНКИ ВСЕ БЫСТРЕЕ

Основные принципиальные положения теории электродугового подогрева верхних частей отливок, разработанные Славяновым, нашли применение во Франции в 1914 году, а к 1930-м годам — в США, Германии, Швеции. В отечественной металлургической промышленности первые опытно-производственные работы по электродуговому подогреву прибылей слитков были произведены в начале 50-х годов XX века на заводе «Электросталь», затем на Кузнецком металлургическом комбинате, Новокраматорском машиностроительном заводе, Уральском заводе тяжелого машиностроения. Предложенный Славяновым способ электродугового уплотнения стальных слитков не потерял значения и в наши дни.

Доклады Николая Гавриловича об электрическом способе сварки и отливке металлов были заслушаны на общем собрании членов РТО в 1892 и 1895 годах. Его работам посвящались обстоятельные статьи в российских и иностранных журналах (в частности, многочисленные статьи профессора М. А. Шателена в журнале «Электричество»).

Для эксплуатации изобретений Славянова в октябре 1895 года в Санкт-Петербурге было создано объединение «Русское товарищество электрической обработки металлов». Электрическая сварка стала применяться на паровозостроительном заводе в Коломне, в обществе пароходства и торговли в Севастополе, Нижегородских и Сормовских судоремонтных мастерских, на Санкт-Петербургском, Варшавском, Ижевском, Воткинском, Луганском, Златоустовском заводах. Не меньшей поддержкой новшество пользовалось и на заводах Германии (Круппа в Эссене), Англии, Франции, США (машиностроительные и железнодорожные мастерские) и других зарубежных стран.

Первая мировая война дала дополнительный толчок развитию электрической дуговой сварки плавящимся электродом. Ее стали применять вместо клепки при сооружении железных каркасов зданий и судовых корпусов и вместо отливки очень тяжелых частей больших машин.

В 1920 году на «Дальзаводе» В. П. Вологдин (с 1939 года член-корреспондент АН СССР) организовал сварочный участок, на котором ремонтировали детали и узлы судов, изготавливали паровые котлы, начали строить сварные буксирные катера, суда, крупные доки, морские траулеры и т. п. На станции Большой Невер Забайкальской железной дороги по его проекту сварен резервуар для хранения нефтепродуктов.

В 1923 году В. П. Никитиным (позднее — академик АН СССР), К. К. Хреновым и А. А. Алексеевым разработаны сварочные генераторы постоянного тока смешанного возбуждения СМ-1, СМ-2, СМ-3 с размагничивающей последовательной обмоткой возбуждения. Через год Никитин создал сварочный трансформатор СТН. Для небольших сварочных токов им сконструирован трансформатор с внутренним реактивным сопротивлением, представляющий собой комбинацию трансформатора и реактивной катушки. Были сформулированы три принципа регулирования тока в сварочных трансформаторах: с магнитным шунтом, регулируемым воздушным зазором, несколькими выводами. В 1932 году Хренов осуществил подводную сварку и резку металлов.

В Киеве в институте электросварки в 1940—1945 годах появились автоматическая сварка под флюсом и специализированное оборудование для сварки броневой стали корпусов танков, орудий, боевых кораблей, то есть дуговая сварка нашла применение при изготовлении оружия Победы в Великой Отечественной войне.

Область использования электрической дуговой сварки плавящимся металлическим электродом расширилась. Она обозначила себя в производстве вагонов, электровозов, тепловозов, котлов, при сооружении металлических конструкций, железных дорог, трубопроводов различного назначения и т. д. Применение ее сделало возможным изготовление в машиностроении, морском и речном судостроении таких заказов, которые раньше считались невыполнимыми, сократило время их производства.

Тепловая мощность электрической дуги легко регулируется изменением силы сварочного тока. Основными преимуществами электросварки как метода соединения металлов по сравнению с клепкой были признаны повышение производительности и улучшение условий труда, экономия металла, облегчение веса конструкций, сокращение потребных производственных площадей и др. Трудоемкость конструкций, выполненных с помощью ручной дуговой электросварки, при изготовлении строительных ферм пролетом 12—18 м составила 0,85 по сравнению с клепанной конструкцией.

После длительных сварочных работ в зимнее время на открытом воздухе Славянов сильно простудился и тяжело заболел. Затем последовали ревматизм, болезни сердца. Он скончался в Мотовилихе 17 (5 по старому стилю) октября 1897 года от инфаркта в возрасте 43 лет в расцвете творческой деятельности.

Его безвременная смерть прервала блестяще начатые им работы по внедрению электродуговой сварки на промышленных предприятиях России. Будучи директором двух крупных пушечных заводов, руководителем огромного числа инженеров, мастеров и рабочих и имея большие материальные возможности экспериментировать в широких масштабах, он сумел раньше других сделать то,





что лишь десятилетиями позже появилось и за границей.

Возрождение идей изобретателя в России началось через 30 лет после его смерти. Предложенные им методы позволили создать современные высокопроизводительные способы промышленной автоматической дуговой электросварки.

Сварка как процесс изготовления неразъемных соединений нашла массовое применение при изготовлении металлургического, химического, энергетического и транспортного оборудования, магистральных трубопроводов, в транспортном машиностроении, строительных, железнодорожных и прочих конструкциях. Без нее невозможно производство судов, автомобилей, тракторов, самолетов, подвижного состава железнодорожного транспорта, турбин, котлов, мостов.

Перспективы сварки безграничны. В настоящее время дуговая электросварка плавящимся металлическим электродом — один из основных технологических процессов во многих отраслях промышленности, им выполняется около 95% сварочных работ при производстве изделий из металла.

Ученый в области металлургии и сварки академик Б. Е. Патон писал: «Будучи по специальности металлургом Н. Г. Славянов разработал основы металлургических процессов, которые происходили при сварке. Он внес в методы электросварки много усовершенствований и по праву считается основоположником современной металлургии сварки».

Деталь, важная в эпоху глобальных сетей: в Перми в доме, построенном по проекту изобретателя, находится мемориальный дом-музей Н. Г. Славянова. **По-видимому, нет никаких препятствий посетить его любому из нас.**

ЛИТЕРАТУРА

1. Флоринская О. Н. Творцы электросварки Н. Н. Бенардос и Н. Г. Славянов: Библиографический указатель. — Л.: 1951. — 56 с.
2. Истомин С. В. Самые знаменитые изобретатели России. — М.: Вече, 2000. — 469 с.
3. Шарц А. И. Николай Гаврилович Славянов (1854–1897). — Пермь, Книжное издательство, 1965. — 64 с.
4. Шателен М. А. Русские электротехники XIX века. — М.: Госэнергоиздат, 1955. — 432 с.
5. Хренов К. К. Сварка, резка и пайка металлов. — М.: Машиностроение, 1973. — 408 с.
6. Хренов К. К. Подводная электрическая сварка и резка металлов. — М.: Машгиз, 1946.
7. Никитин В. П. Русская школа в развитии электрической дуговой сварки// Известия Академии наук СССР. Отделение технических наук. — 1948. — № 6.
8. Никитин В. П. Н. Г. Славянов как один из творцов изобретения электросварки// Известия Академии наук СССР. Отделение технических наук. — 1952. — № 1.
9. Чеканов А. А. Николай Гаврилович Славянов. 1854–1897. — М., 1977.
10. Чеканов А. А. История автоматической электросварки. — М., 1963.
11. Огиевицкий А. С., Радунский Л. Д. Николай Гаврилович Славянов. — М. — Л.: Госэнергоиздат, 1952.
12. Веселовский О. Н., Шнейберг Я. А. Очерки по истории электротехники. — М.: Изд-во МЭИ, 1993.
13. Шнейберг Я. А. Титаны электротехники: Очерки о жизни и творчестве. — М.: Изд-во МЭИ, 2004.
14. Григорьев Н. Д. Дугой он резал рельс// Мир транспорта. — 2012. — № 2. — С.192–201. ●

SAVED BELL-RINGING

(Dedicated to 160th anniversary of birth of Nikolay Gavrilovich Slavyanov)

Grigoriev, Nikolay D. — Ph.D. (Tech), associate professor of the department of electrical power engineering of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

There will be few people who would like to question Nikolay Slavyanov's priority in invention of electric arc welding by consumable cathode (also known as arc welding with consumable metal electrodes, or shielded metal arc welding). The merits of 38 years old Russian engineer were recognized with formulae «For realized technological revolution» that followed his decoration with medal and diploma of 1892–1893 Chicago World's Fair: Columbian. And the inventions of Nikolay Slavyanov were fruitful not only for locomotives and steamships. The overwhelming majority of welding operations have

been made till now with his method. In May, 2014 there will be celebration of 160th Anniversary of birth of this great talent.

ENGLISH SUMMARY.

Future inventor Nikolay Gavrilovich Slavyanov was born in a large family (8 boys and 3 girls) of the captain of the tsarist army on 5 May (April 23, old style), 1854 in village Nikolsky of Zadonskiy county in Voronezh province (now Zadonskiy district of Lipetsk region). He spent his childhood at the family estate of his father, where he received his primary education at home.