

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ НОВОГО НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ – ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

* Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук, ул. Ким Ю Чена, 65, г. Хабаровск, 680000, Россия

** Институт проблем материаловедения Национальной академии наук Украины, ул. Кржижановского, 3, Киев-142, 03680, Украина

*** Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка РАСХН, 1-й Институтский проезд, д. 1, г. Москва, 109428, Россия, tehnoinvest-vip@mail.ru

**** Институт материаловедения Хабаровского научного центра Дальневосточного отделения Российской академии наук, ул. Тихоокеанская, 153, г. Хабаровск, 680042, Россия, konevts@narod.ru

Новые возможности по формообразованию материалов, их обработке вне зависимости от твёрдости появились после создания в 1943 г. в СССР супругами Б.Р. и Н.И. Лазаренко принципиально нового метода обработки материалов – электроэрозионного (ЭЭО).

Предлагается (рис. 1) упрощённая схема развития методов обработки материалов резанием с древнейших времён и до наших дней. Мы условно разделили этот период на два этапа: первый – только механической обработки, который начался несколько миллионов лет назад и продолжился до 1943 г. На первом этапе формообразование деталей осуществлялось преимущественно путём механического воздействия одного материала (инструментального), как правило, более твёрдого, на другой (конструкционный).



а



б

Рис. 1. Этапы обработки материалов с древнейших времён и до наших дней (а); событие 1943 года: Б.Р. и Н.И. Лазаренко у первого станка ЭЭО (б)

При этом по мере совершенствования свойств конструкционного материала к свойствам инструментального непрерывно предъявлялись всё более высокие требования. К середине 20-го века круг замкнулся, возникли непреодолимые трудности при обработке твёрдых сплавов и сверхтвёрдых материалов. Однако его “разомкнули” наши соотечественники – супруги Б.Р. и Н.И. Лазаренко, создав в 1943 г. принципиально новый метод электроэрозионной обработки материала (ЭЭО), когда в качестве инструмента был использован электронный поток, что ознаменовало собой начало второго этапа обработки материалов – концентрированными потоками энергии.

Это эпохальное событие в области технологии обработки металлов резанием сразу было замечено, но в нашей стране не получило должного внимания. В текущем году, отмечая 100-летие со дня рождения выдающегося учёного и организатора науки Б.Р. Лазаренко (1910–1979 гг.), мы должны напомнить о значительной роли его друга и соратника Г.В. Самсонова (1918–1975 гг.) в формировании нового научного направления, связанного с ЭЭО, – “электродного материаловедения”. Как известно, метод ЭЭО имеет три основные области применения с различным его практическим использованием: электроэрозионная размерная обработка (ЭЭРО), электроискровое легирование (ЭИЛ), электроэрозионное диспергирование (рис. 2).



Рис. 2. Основные области применения ЭЭО

Уже в войну 1941–45 гг. при производстве легендарных “катуш” метод ЭЭРО сразу нашёл своё применение. Он стал интенсивно развиваться в мирное время в связи с потребностью промышленности в обработке ряда ответственных деталей из высокопрочных, тугоплавких материалов. Как отметил лауреат Ленинской премии Б.И. Ставицкий (премию он получил за обработку методом ЭЭО деталей космической техники), “...первые десятилетия электроискровых технологий практически все нынешние мировые лидеры только тем и занимались, что изучали советские достижения и пытались их копировать в своих установках. Основных причин ведущего положения СССР было, пожалуй, две: сама технология зародилась в этой стране и была применена для изготовления передовых систем вооружения” [1]. В послевоенные годы центром по исследованию, практическому использованию метода ЭЭО стала лаборатория ЦНИЛ-Электром, созданная и возглавляемая Б.Р. Лазаренко с 1948 по 1961 г. Первые исследования лаборатории были направлены на изучение физической сущности ЭЭО (Б.Н. Золотых), создание оборудования, разработку оптимальных техпроцессов ЭЭРО, что нашло отражение в научных трудах [2–5]. Менее интенсивно изучались изменения исходных свойств материала катода под действием электрических импульсов, протекающих в газовой среде применительно к ЭИЛ (Н.И. Лазаренко). Выполнялись исследования поверхностного слоя электродов при ЭЭРО и ЭИЛ (И.З. Могилевский, С.А. Чеповая, Я.Л. Линецкий).

Вопросы создания электродных материалов на первом этапе развития ЭЭРО ещё не обсуждались, и большая часть работ лаборатории, других организаций [1] была посвящена технологическим аспектам ЭЭРО, хотя проблема электродных материалов для ЭЭО уже становилась актуальной. Следует отметить, что к проблемам материаловедения применительно к ЭЭО с глубоким интересом относились в первую очередь Б.Р. Лазаренко, Г.В. Самсонов, А.Б. Артамонов, Б.Н. Золотых (рис. 3).

После целенаправленного развала определёнными силами лаборатории ЦНИЛ-Электром в 1961 г. Б.Р. Лазаренко переехал из Москвы в Кишинёв, где стал директором Института энергетики и автоматики, основал Институт прикладной физики АН МССР. В 1965 г. он организовал выпуск журнала “Электронная обработка материалов”, в редколлегию которой вошел зав. лабораторией ИПМ АН УССР д.т.н. А.Я. Артамонов (1908–1967 гг.), работавший в секторе Г.В. Самсонова, выполнивший и защитивший в ИПМ АН УССР первую докторскую диссертацию в области материаловедения с использованием метода ЭЭО.

Можно предполагать, что Б.Р. Лазаренко и Г.В. Самсонов тогда или даже ранее договорились о сотрудничестве в области электродного материаловедения. У Самсонова и его сотрудников по проблеме электродного материаловедения накопилось достаточное количество научных работ, выполненных в ЦНИЛ-Электроме, других организациях, но к решению этой проблемы подступиться было непросто. Тем не менее высокая культура научного мышления и методологический подход Г.В. Самсонова позволили ему в короткий срок создать основы электродного материаловедения для ЭЭО.

Первый феномен Самсонова – за короткий период своей жизни (57 лет, из них 7 лет военной службы) он выпустил более 1000 научных статей, более 40 монографий, подготовил более 100 кандидатов и 40 докторов наук! Одновременно он сотрудничал с многочисленными организациями, встречался и работал со многими крупными учёными мира. На вопрос, в чём секрет успешной научной работы Г.В. Самсонова, можно ответить так: в системном подходе и методологии научного познания. На наш взгляд, работы по созданию электродных материалов для ЭЭО и электродного материаловедения он осуществлял по следующей методологической схеме (рис. 4).



Рис. 3. Г.В. Самсонов, Б.Р. Лазаренко, А.Б. Артамонов, Б.Н. Золотых

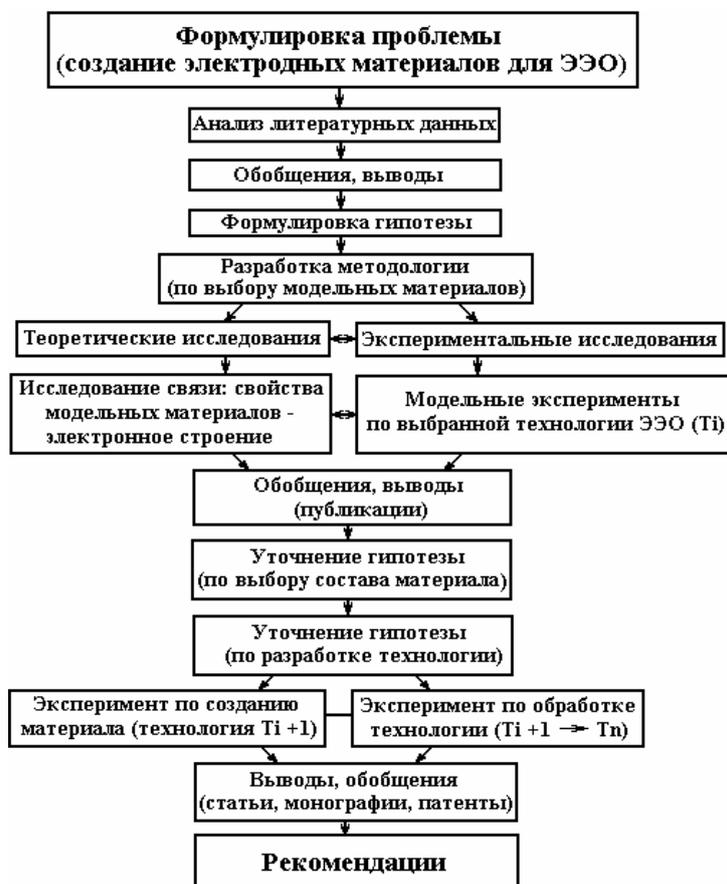


Рис. 4. Методологическая схема создания электродных материалов по Г.В. Самсонову

Как мы предполагаем, Г.В. Самсонов определил начало своей методологической схемы как “Формулировка проблемы”, что объясняется многими причинами, одной из которых явилась связь дальнейшего развития ЭЭО с разработкой электродных материалов, обладающих высокой эрозионной стойкостью [6]. Следовательно, проблема создания электродного материаловедения возникла в результате научно-технического прогресса и в немалой степени определялась сотрудничеством и дружбой Г.В. Самсонова и Б.Р. Лазаренко. Касаясь второго этапа методологической схемы Г.В. Самсонова “Анализ литературных данных”, С.Я. Плоткин писал [7]: “...с исключительной педантичностью он следил за отечественной и мировой литературой, строго систематизировал новые сведения и охотно делился ими со своими учениками и сотрудниками”. Кроме того, он был оппонентом докторских диссертаций Б.Н. Золотых, главного теоретика метода ЭЭО и видного специалиста в этой области К.К. Намитокова. Всё это позволяло ученому свободно ориентироваться в проблемах ЭЭО. Он понимал, что для создания электродных материалов следует определить хотя бы начальные критерии их создания, а для этого необходимо сделать обобщающие выводы по влиянию физико-химических свойств на эрозионную стойкость материалов.

В работах Б.Н. Золотых, и в частности [8], предпринималась попытка установить связь эрозии с теплофизическими константами материала. Было установлено, что величина эрозии имеет тенденцию к снижению по мере роста “полной теплоты плавления массы металла, подвергшейся эрозии”, а также температуры плавления (рис. 5) [9]. Однако Б.Н. Золотых сделал вывод, что однозначная функциональная связь “между величиной эрозии и какой-либо одной теплофизической константой материала электрода невозможна, так как величина эрозии зависит не от одной теплофизической характеристики материала, не от одного вида фазовых превращений, а от комплекса величин и процессов” [8].

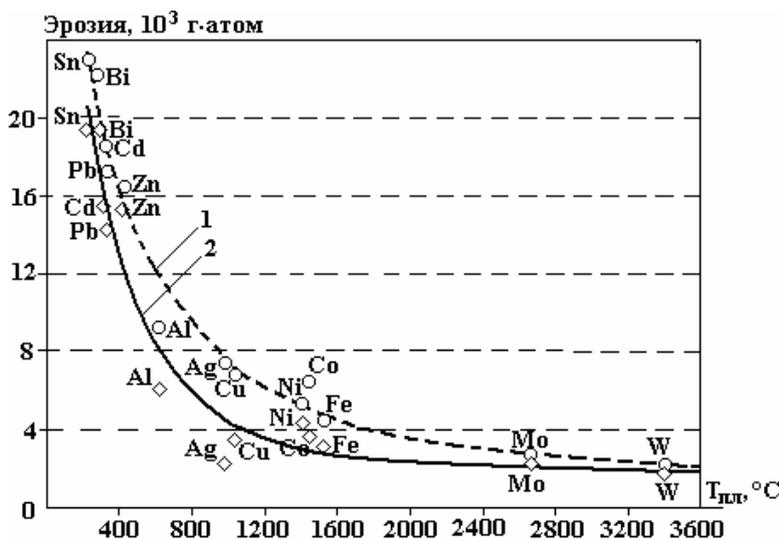


Рис. 5. Зависимость величины эрозии анода и катода (курсив) от температуры плавления материала [9]. 1 – анод; 2 – катод

Ещё ранее (1951 г.) Л.С. Палатник (Харьковский гос. ун-т) провёл спектральные рентгенографические исследования искрового разряда и превращений в поверхностном слое металлов после его воздействия [10]. Исследования показали, что существует эффект полярности в составе парообразной фазы, то есть связь между концентрацией паров материала электродов и полярностью, при этом концентрация паров материала анода больше, чем катода. Её можно описать соотношением $X_k/X_a = C_a \cdot \rho_a \cdot \lambda \cdot T_2(k, a) / C_k \cdot \rho_k \cdot \lambda \cdot T_2(k, k)$, где X – концентрация паров; C – теплоёмкость; ρ – плотность; λ – коэффициент теплопроводности; T – температура кипения; “а” и “к” – индексы анода и катода соответственно. Л.С. Палатник предположил, что указанное соотношение можно рассматривать как общий критерий полярности, если заменить температуру кипения в нём температурой плавления. Соотношение $K = C \cdot \rho \cdot \lambda \cdot T_2$ получило название критерия эрозионной стойкости Палатника [9].

Можно полагать, что анализ литературных данных позволил Г.В. Самсонову сделать следующие обобщающие выводы.

– Электрическая эрозия материала электродов при импульсных разрядах имеет “тепловую природу” [8], то есть он принял теорию Б.Н. Золотых, которая хорошо математически оформлена.

Однако последние исследования показали, что электродинамическая теория Б.Р. Лазаренко более актуальна.

- Удаление материала из электродов происходит в жидкой и паровой фазах [8].
- Эрозионная стойкость материала электродов определяется комплексом их теплофизических свойств.
- Механические свойства не оказывают существенного влияния на эрозию материала.
- Наиболее привлекательным критерием эрозионной стойкости является критерий Палатника.

Однако он в некоторых случаях не совпадает с результатами экспериментальных исследований [8, 10].

Эрозионностойкими могут быть материалы с высокой температурой плавления и высокой теплопроводностью – композиты на основе тугоплавких соединений. Это была рабочая гипотеза Г.В. Самсонова.

Приведённые выводы чётко формулировались Г.В. Самсоновым в беседах с аспирантами, позволили ему выдвинуть и другую гипотезу: эрозионная стойкость материалов электродов определяется особенностями их электронного строения, что существует прямая зависимость эрозии металлов от особенностей их электронного строения, а именно – от статистического веса атомов с устойчивыми конфигурациями (СВАСК) d5 атомов. При этом он не отрицал определения критерия эрозионной стойкости в зависимости от ряда теплофизических свойств материалов, заставляя перепроверять достоверность критерия Палатника. И предполагал, что определение критериев является важным шагом к зависимостям, определяющим свойства материалов.

Проверяя свою гипотезу, Г.В. Самсонов отчётливо представлял методологическую основу выполнения работы. Она базировалась на впервые предложенной концептуальной основе, впоследствии представленной в его монографии совместно с И.Ф. и Л.Ф. Прядко [11], как исследование взаимосвязи “состав-технология-структура-свойства” (рис. 6). Что также является основой парадигмы новой науки о материалах – материалогики, предложенной нами.

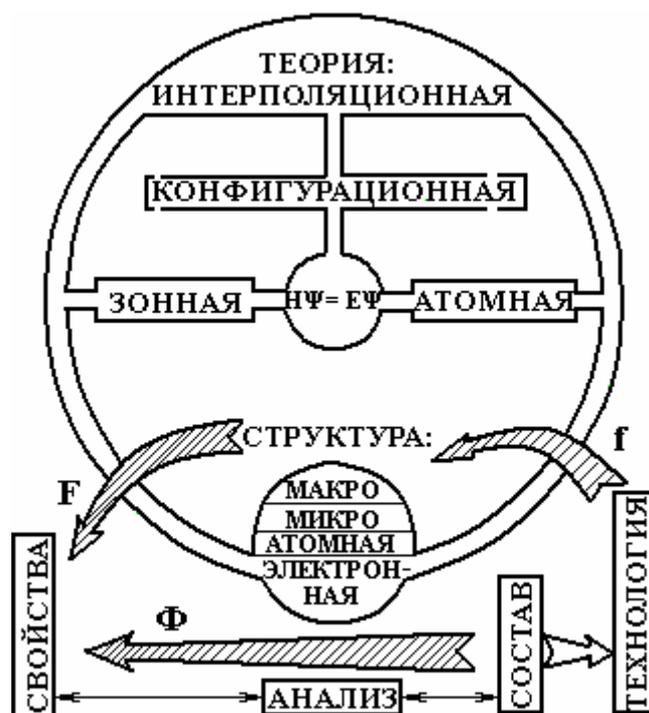


Рис. 6. Парадигма Г.В. Самсонова “состав-технология-структура-свойства”, где Φ , f , F – функциональные зависимости составляющих звеньев

Проверялась гипотеза о высокой эрозионной стойкости композита, состоящего из твёрдого сплава с добавками меди и никеля, была показана высокая эрозионная стойкость сплава ВКМ-30. Предпринималась попытка объяснить повышение эрозионной стойкости с позиций конфигурационной модели вещества. На кафедре порошковой металлургии Киевского политехнического института под руководством Г.В. Самсонова И.М. Мухой, А.Н. Крушинским и другими сотрудниками были выполнены предварительные исследования эрозионной стойкости электродных материалов, результаты которых опубликовал журнал “Электронная обработка материалов” [6]. Следует отметить, что

первая диссертационная работа (в 1966 г.) по исследованию и созданию электродов для ЭЭРО на медной основе принадлежит Г.С. Шмакову [12] и защищена в ИПМ.

Как правило, Г.В. Самсонов предлагал начинать исследования с модельных экспериментов, применяя в качестве электродов “чистые” (“модельные”) металлы, а также карбиды, бориды и нитриды переходных металлов. В связи с этим для установления зависимости эрозии от особенностей электронного строения требовались дополнительные исследования, которые провели И.М. Муха, используя “чистые” металлы [13–14], и А.М. Лемешко, используя карбиды, бориды и нитриды переходных металлов IV-VI групп [15]. Предварительно осуществлялось сопоставление эрозионной стойкости материалов с критерием Палатника. Установлено, что критерий Палатника можно применять только для некоторых “групп металлов”, то есть он не является всеобщим критерием эрозионной стойкости. При этом постулировалось, что особенности электронного строения, которые представляются конфигурационной моделью вещества, служат всеобщим критерием эрозионной стойкости материала. Представленные зависимости эрозии материала электродов от СВАСК доказывали это утверждение [13–14]. Но прямая зависимость эрозии от СВАСК наблюдалась только для отдельных групп металлов, при этом И.М. Мухой были установлены аномальные значения эрозии, например для циркония [13]. Потребовалось продолжение теоретических и экспериментальных работ.

Однако на кафедре порошковой металлургии КПИ по причинам, не зависящим от желания ученых, работы были прекращены. Продолжились они в ИПМ АН УССР, возглавляемом Б.Р. Лазаренко, который направил исследования процесса ЭЭО преимущественно применительно к процессу ЭИЛ. Первые работы по ЭИЛ в ИПМ АН УССР были проведены Г.А. Бовкун под руководством А.Я. Артамонова и содействию Н.И. Лазаренко по повышению износостойкости металлов при ЭИЛ карбидами, боридами [16]. Во второй половине 1960-х гг. научное направление возглавил Г.В. Самсонов. Под его руководством в соответствии с указанной методологической схемой (см. рис. 4) были впервые выполнены исследования эрозионной стойкости металлов, тугоплавких соединений, а также процесса формирования легированного слоя (ЛС) и его свойств [17].

Многие известные учёные, например И.Н. Францевич, В.И. Трефилов и их ученики, занимались определением взаимосвязи различных физических и химических параметров, а также разработкой критериев. Так, И.Н. Францевич в книге “Сверхтвёрдые материалы” сделал попытку установления связи модулей упругости с другими физическими параметрами твёрдого тела по аналогии формул Т. Эндрюса и Т. Ричардса. Были сделаны своего рода обобщения на достаточно высоком научном уровне. Г.В. Самсонов не отрицал критерии (в том числе и Палатника), но считал, что наиболее высоким обобщением является связь физических параметров, в том числе эрозионной стойкости с электронным строением материала. Всё было бы логично, если бы не выяснилось при исследовании электродных материалов, что эрозия во многих случаях происходит не только в паровой и жидкой, но и в твёрдой фазе. В связи с этим возникли сложности в установлении связи эрозии с особенностями электронного строения.

На рис. 7 представлены полученные на электронном сканирующем микроскопе изображения продуктов эрозии (ПЭ) при ЭИЛ боридами: ZrB_2 твёрдого сплава ВК8 (а), а также $HfB_2/VK8$ и $CrB_2/VK8$ (б). Выявлено, что образуются ПЭ трёх групп из твёрдой и жидкой фаз: шаровой формы, неправильной формы хрупкой фазы и неправильной формы со следами оплавления. На шарообразных видны и другие частицы сферической формы размером $<0,5$ мкм, образовавшиеся из паровой фазы.

На основании изложенных фактов можно сделать вывод, что при ЭИЛ боридами ПЭ по составу образуются не только из продуктов эрозии материала анода, но и катода, а также продуктов их взаимодействия: $ПЭ = ПА + ПК + П(А+К)$; где ПА, ПК, П(А+К) – продукты эрозии с составом элементов анода, катода и анода+катода соответственно. Так, в процессе эрозии материала ВК8 первоначально происходит миграция канала разряда по более легкоплавкому токопроводящему металлу (Со) с его

испарением. Уравнение реакции: $WC + 3/2 O_2 \xrightarrow{t=650^\circ C} WO_3 + CO_2 \uparrow$. На второй стадии, кроме испарения легкоплавкого компонента $Co \uparrow$, может происходить термическое разложение карбида вольфрама в атмосферном воздухе по схеме $WC + O_2 \xrightarrow{t=650^\circ C} W + CO_2$.

В межэлектродном промежутке продукты испарения взаимодействуют с переносимым материалом анода и окружающей средой (рис. 8). В связи с этим в ПЭ материала анода (Me-B-O) могут в небольших количествах присутствовать W, Со. На третьей стадии происходит хрупкое разрушение ЛС. В составе ПЭ отсутствуют образовавшиеся из жидкой фазы (WC-Co, $t=1340^\circ C$) ПЭ материала катода (шарообразные WC, Со, W), а присутствуют продукты термодеструкции материала катода в виде оксидных соединений.

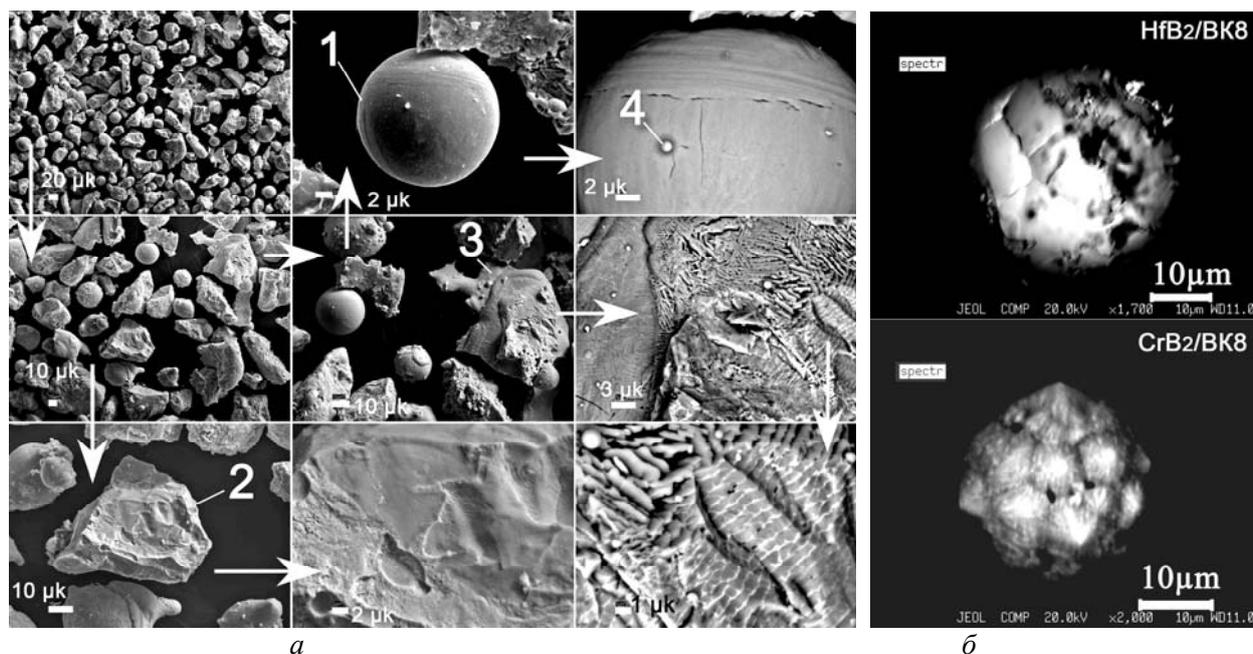


Рис. 7. Продукты эрозии при ЭИЛ ВК8 электродными материалами: а – ZrB_2 , где 1–4 – исследованные частицы; б – HfB_2 (верх) и CrB_2 (низ)

Это подтверждают положения миграционной теории эрозии, в соответствии с которой в эрозионном эффекте материала катода главную роль играют поверхностные процессы испарения вещества. Парообразные продукты шарообразной формы диаметром $d \leq 10^{-4}$ см (рис. 7,а) присутствуют в ПЭ только в виде осаждаемых частиц. Объем частиц паровой (ПП) фазы гораздо меньше объема частиц, образованных из жидкой (ПЖ) и твердой (ПТ) фаз, то есть $ПП \ll ПЖ + ПТ$; $ПА = ПП + ПЖ + ПТ$; $ПК = [ПП + П(А+К)] \approx П(А+К)$; где ПП, ПЖ, ПТ – продукты эрозии из паровой, жидкой, твердой фаз (в том числе оплавленные частицы в твердой фазе) анода и катода соответственно.

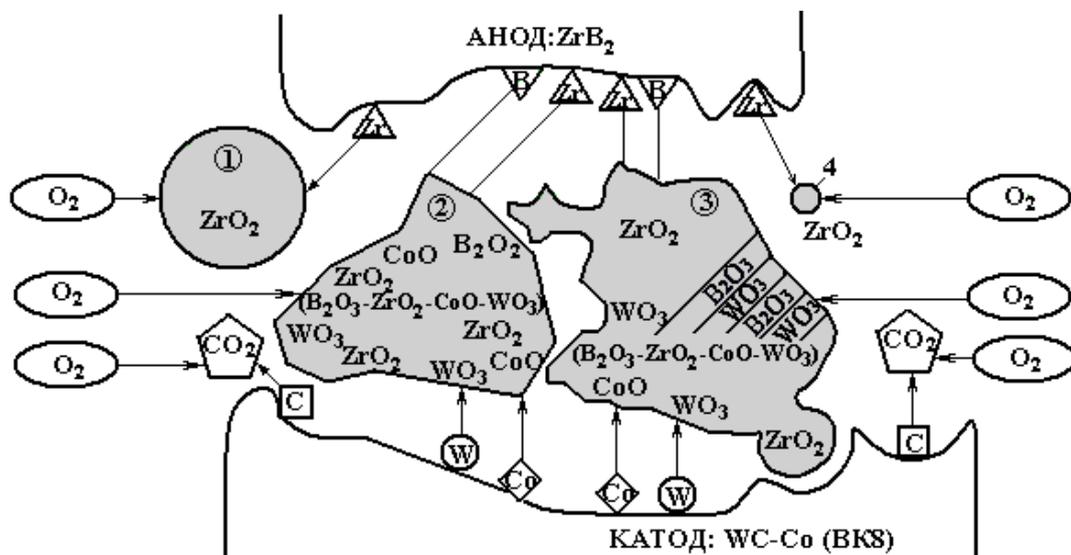


Рис. 8. Схема формирования состава продуктов эрозии при ЭИЛ $ZrB_2/BK8$

Частицы ПЭ жидкой фазы, как правило, представляют оксиды боридообразующего металла (например, ZrO_2 , HfO_2 , CrO_2). Их образование связано с воздействием искрового разряда в атмосфере воздуха на материал катода с разложением борида: $MeB_2 + 3/2O_2 = MeO_2 + B_2O_3$.

На поверхности хрупких частиц, образовавшихся в результате разрушения материала анода (например, ZrB_2), просматриваются оплавленные участки (рис. 7,а). При ЭИЛ различные участки таких частиц, образованных из материала анода в результате взаимодействия с материалом катода, подвергались неодинаковому тепловому воздействию при конвективном перемешивании в микро-

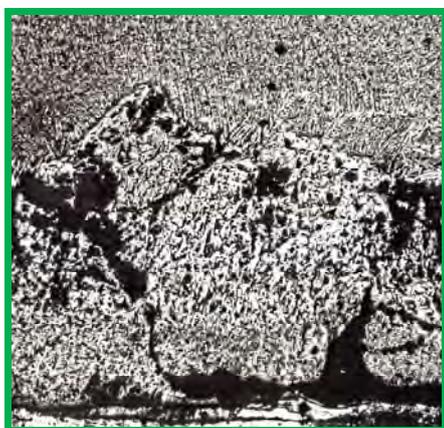
ванне расплава и окислительной газовой среде, что привело к локальному изменению состава. В результате левая часть рассматриваемой частицы 3 (рис. 7, 8) состоит из ZrO_2 , правая, после перекристаллизации – из соединения с W в виде слоистых структур. Таким образом, при ЭИЛ ВТС бориды образуются ПЭ: шаровые из паровой и жидкой фаз; неправильной формы со сколотыми краями в результате хрупкого разрушения; неправильной формы с оплавленными краями, участками перекристаллизации в результате термомеханического конвективного перемешивания в окислительной среде расплава и термохимических процессов взаимодействия материалов анода и катода. То есть по результатам гранулометрического, химического и фазового составов подтверждена гипотеза о термомеханическом характере эрозии материала электродов при ЭИЛ ВТС.

Было установлено, что в общем случае при ЭИЛ (особенно при “грубых режимах”, $I_{к.з.} > 5A$) наблюдается зависимость эрозионной стойкости материалов электродов от особенностей их электронного строения, усиливающаяся с повышением СВАСК. Однако и в этом случае наблюдались anomalously высокие значения эрозии для ряда материалов – Mo, Cr, Zr, ZrC, Cr₃C₂ и anomalously низкие для Nb, Ta, Cu, Ag, также отмечалось изменение ряда эрозионной стойкости материалов от величины $I_{к.з.}$ (табл.) [9].

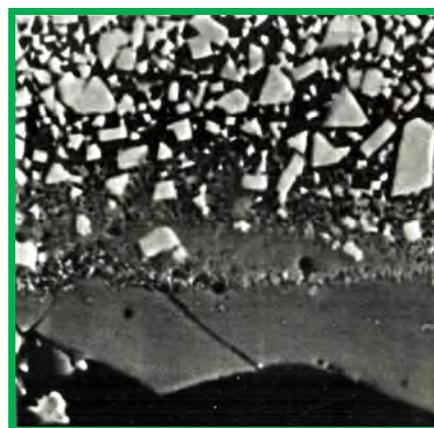
При “чистовом” ЭИЛ ($I_{к.з.} < 5A$) замечена общая закономерность уменьшения эрозии материала электродов от повышения СВАСК. Однако наблюдалось отклонение от линейной зависимости: anomalously высокие значения эрозии у Zr, Cr, W, а при безвибрационном механизированном ЭИЛ – у V, Cr. На основании проведенных экспериментов Г.В. Самсоновым была предложена гипотеза о том, что при ЭИЛ эрозия материала электродов происходит не только в паровой и жидких фазах, а на величину эрозии влияют и структурно-чувствительные свойства, в том числе температура перехода в хрупкое состояние [18], приводящая к anomalously высокой эрозии ряда металлов.

Эрозия (Δa , 10^{-4} см³) переходных металлов для разных видов и режимов ЭИЛ (катод-сталь 45, $T = 1$ мин/см²) [9]

Материал анода	“Чистовое” ЭИЛ, ЭФИ-46А			“Грубое” ЭИЛ, ЭФИ-25М			Механизированное ЭИЛ, ЭФИ-66		
	86 А/Дж	14 А/Дж	0,8 А/Дж	180 А/Дж	400 А/Дж	600 А/Дж	18 А/Дж	40 А/Дж	60 А/Дж
Ti	13,0	11,7	26,7	28,7	83,0	160,0	0,6	2,4	9,5
Zr	12,0	14,0	21,0	21,0	67,0	135,0	1,4	2,8	8,4
V	0,8	10,9	13,8			130,0	1,6	4,6	
Nb	1,0	7,3	9,9	14,0	18,0	120,0	0,4	1,3	5,1
Ta	0,5	6,1	9,8	12,0	20,0	98,0	0,3	0,9	3,0
Cr	2,1	12,7	20,6	8,7	14,0	188,0	1,2	3,3	8,7
Mo	1,4	8,1	9,8	8,5	18,0	10,0	0,3	0,9	3,0
W	0,9	13,9	15,3	7,6	12,0	31,0	0,5	1,0	3,1



а



б

Рис. 9. Образование “вторичных структур” при ЭИЛ стали 45 на аноде: а) Zr, x450; б) VK20, x300

Исследования продуктов эрозии при ЭИЛ подтвердили эту гипотезу [9]. Кроме того, было установлено, что на закономерности изменения эрозии от режимов обработки, состава межэлектродной

среды, состава и свойств второго электрода значительное влияние оказывает образование “вторичных” структур и “вторичного” тепла [9] (рис. 9).

Г.В. Самсонов полагал, что можно уверенно говорить о прямой зависимости эрозии от особенностей электронного строения материала при устранении влияния второго электрода, то есть зависимости процесса эрозии и от других концентрированных потоков энергии (лазерной, электронно-лучевой обработки). Что и было экспериментально подтверждено (рис. 10) [9].

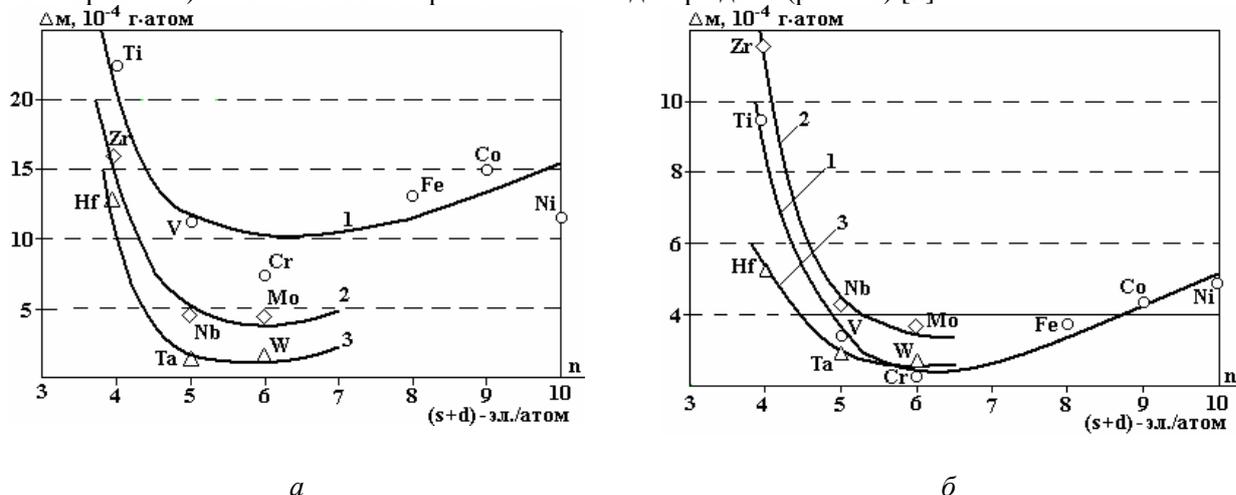


Рис. 10. Зависимость эрозии (Δm) переходных металлов групп: IV – 1, V – 2 и VI – 3 от числа электронов на d -оболочке при лазерной обработке в аргоне (а) и воздухе (б)

Параметр эрозионной стойкости материала электродов тем не менее только один из факторов, определяющих эффективность процесса ЭИЛ, где важнейшим направлением в исследовании является изучение взаимосвязи “состав-структура-технология-свойства” поверхностных слоёв электродов в зависимости от различных режимов и параметров процесса. В связи с этим аспекты исследования процесса формирования ЛС и его свойств, а также создания электродных материалов являются важнейшими разделами ЭИЛ. Эти и другие вопросы решались в ИПМ и ИПФ при совместном обсуждении результатов и зачастую совместном выполнении экспериментальных работ, которые стимулировались организационной и научной деятельностью Г.В. Самсонова и Б.Р. Лазаренко (рис. 11).

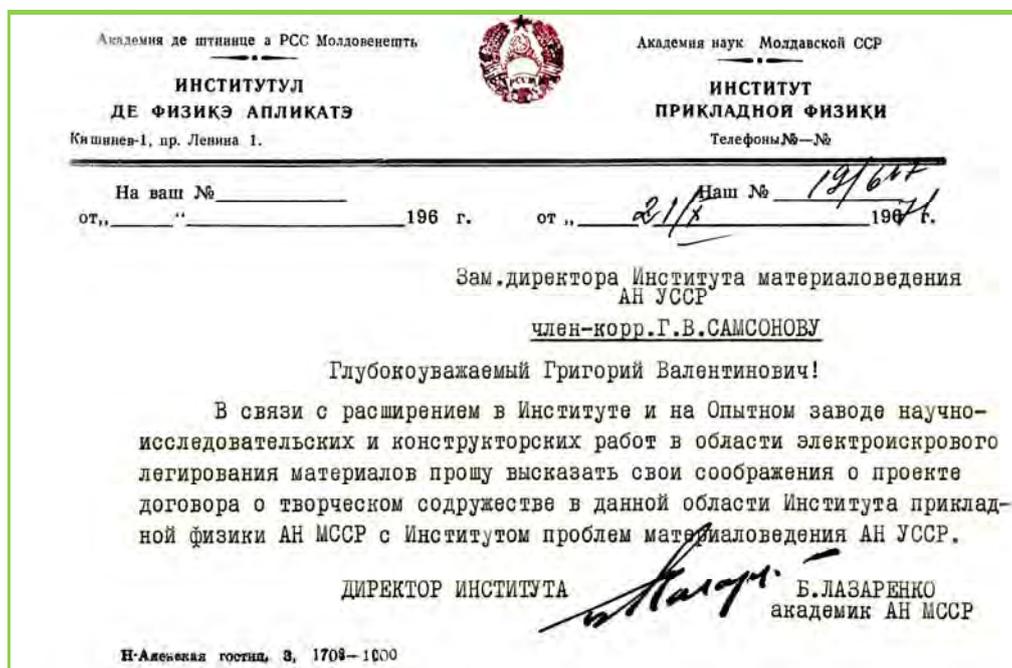


Рис. 11. Письмо академика Б.Р. Лазаренко к члену-корреспонденту Г.В. Самсонову

В ИПФ проводимые работы были сосредоточены преимущественно на создании и исследовании новых установок, а также формировании ЛС и его свойств при ЭИЛ сталей, титана и его сплавов.

Это работы А.Е. Гитлевича, В.В. Михайлова, А.М. Парамонова, В.И. Иванова, С.З. Бакала, И.И. Сафронова, Е.А. Зайцева и других, они были защищены в ИПМ. В то время в ИПМ в основном занимались изучением формирования ЛС и его свойств при ЭИЛ тугоплавкими металлами и соединениями (“самсонидами”, как их сейчас называют по предложению академика М. Ристича), а также создания электродных материалов. Это работы Г.А. Бовкун, А.Д. Верхотурова, В.С. Сычева, И.А. Подчерняевой, К.С. Ковальченко, Ю.Г. Ткаченко, С.Н. Кириленко, Новиковой, Паустовского и других.

Под руководством Г.В. Самсонова и Б.Р. Лазаренко и в результате совместных обсуждений экспериментальных исследований был сформулирован ряд выводов и обобщений, которые послужили основой создания нового научного направления – электродного материаловедения для ЭЭО:

- разработана обобщённая модель процесса ЭИЛ с учётом физико-химических явлений в приповерхностном слое анода и катода. Она включает следующее: разрушение электродов в жидкой, паровой и твёрдой фазах, формирование “вторичной” структуры на рабочей поверхности анода, ограничение толщины ЛС на катоде за счёт внутренних напряжений и термоусталости, дискретный характер формирования ЛС;

- установлены научные принципы создания легирующих композиций на основе тугоплавких соединений, а также металлов, главными из которых являются образование неограниченных твёрдых растворов или химических соединений с материалом катода компонентов металлической связки в первом случае и легирующего материала – во втором;

- предложен критерий выбора материала легирующего электрода, дана его оценка при ЭИЛ железа наиболее широко применяемыми на практике металлами и карбидами;

- решена задача создания методами порошковой металлургии специальных псевдосплавов, электродов для ЭИЛ конструкционных материалов;

- разработаны модифицированные твёрдые сплавы, сплавы на основе борида W_2B_5 и безвольфрамовые сплавы на основе TiC , ZrC , Mo_2B_5 , TiN , ZrN .

Отмеченные “обобщения” были опубликованы уже в конце жизни Г.В. Самсонова, Б.Р. и Н.И. Лазаренко.

Таким образом, на базе трудов и результатов научной деятельности Г.В. Самсонова с его системным и методологическим подходом, его друга и соратника Б.Р. Лазаренко было обосновано новое научное направление – “Электродное материаловедение для ЭЭО”.

Это направление продолжает своё дальнейшее развитие в ИПМ НАНУ (г. Киев) и ИМ ХНЦ ДВО РАН (г. Хабаровск) [19–22].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ставицкий Б.И. Из истории электроискровой обработки материалов: почему СССР потерял лидерство в электроискровых технологиях // Металлообработка. Международный информационно-технический журнал. 2007. № 4. С. 52–56.
2. Электроискровая обработка металлов // Труды ЦНИЛ-Электром / ред. Б.Р. Лазаренко. Вып. 1. М.: Изд-во АН СССР. 1957. 228 с.
3. Электроискровая обработка металлов // Труды ЦНИЛ-Электром / ред. Б.Р. Лазаренко. Вып. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 264 с.
4. Проблемы электрической обработки материалов / ред. Б.Р. Лазаренко. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 248 с.
5. Проблемы электрической обработки материалов // Труды ЦНИЛ-Электром / ред. Б.Р. Лазаренко. М.: Изд-во АН СССР. 1962. 256 с.
6. Самсонов Г.В., Муха И.М., Крушинский А.Н. О выборе материала электродов для электроискровой обработки // Электронная обработка материалов. 1966. № 1. С. 28–32.
7. Plotkin S.Ya. A Word about Samsonov. Science of sintering. Beograd. 1978. V. 10. Special issue. P. 27–42.
8. Золотых Б.Н. О физической природе электронной обработки металлов // Сб. тр. ЦНИЛ-Электром / ред. Б.Р. Лазаренко. М.: Изд-во АН СССР. 1957. С. 38–69.
9. Верхотуров А.Д. Научные основы формирования легированного слоя при электроискровом легировании / Автореф. д-ра. техн. наук. Киев: ИПМ АН УССР. 1984. 54 с.
10. Палатник Л.С. Неравновесные и квазиравновесные состояния в сплавах / Автореф. д-ра. техн. наук. Харьков: Харьковский гос. Ун-т. 1952. 54 с.

11. Самсонов Г.В., Прядко И.Ф., Прядко Л.Ф. Электронная локализация в твёрдом теле. М.: Наука, 1976. 338 с.
12. Шмаков Г.С. Исследование условий получения и свойств жаропрочных и электроэрозионностойких металлокерамических материалов на медной основе / Автореф. канд. техн. наук. Киев: ИПМ АН УССР, 1966. 32 с.
13. Самсонов Г.В., Муха И.М. Анализ данных по износу материала обрабатываемых электродов // Электронная обработка материалов. 1967. № 3. С. 3–13.
14. Самсонов Г.В., Муха И.М. Закономерности, определяющие износ катода при электроискровой обработке металлов // Электронная обработка материалов. 1961. № 3. С. 17–24.
15. Лемешко А.М. Исследование эрозии электродов при электроискровой обработке тугоплавких металлов и их соединений с углеродом, бором и азотом / Автореф. канд. техн. наук. Киев: ИПМ АН УССР. 1971. 24 с.
16. Бовкун Г.А. Исследование сопротивления абразивному изнашиванию тугоплавких соединений / Автореф. канд. техн. наук. Киев: ИПМ АН УССР. 1969. 26 с.
17. Самсонов Г.В., Верхотуров А.Д. Закономерности эрозии катода и анода при электроискровом упрочнении // Электронная обработка материалов. 1969. № 1. С. 25–29.
18. Трефилов В.И., Мильман Ю.В., Фирстов С.А. Физические основы прочности тугоплавких металлов. Киев: Наукова думка, 1975. 316 с.
19. Верхотуров А.Д., Фадеев В.С. Некоторые вопросы современного состояния и перспективы развития материаловедения. Владивосток: Дальнаука, 2004. 320 с.
20. Мулин Ю.И. Технологические и методологические основы формирования функциональных покрытий методом электроискрового легирования с применением электродных материалов из минеральных концентратов Дальнего Востока / Автореф. д-ра. техн. наук. Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ. 2007. 42 с.
21. Химухин С.Н. Разработка научных основ формирования изменённого слоя на металлах и сплавах с заданными свойствами при низковольтной электроискровой обработке / Автореф. д-ра. техн. наук. Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2009. 40 с.
22. Верхотуров А.Д., Николенко С.В. Классификация, разработка и создание электродных материалов для электроискрового легирования / Упрочняющие технологии и покрытия. 2010. № 2. С. 13–22.

Поступила 29.06.10

Summary

In article stages of development of electroerosive processing a floor-materials, about an outstanding role of the founder of this method of B.R. Lazarenko, and also a considerable role of its friend and the colleague in researches of the alloyed layers and creation of electrode materials of G.V. Samsonov, results of researches in this area of other known scientists are described. On the basis of scientific and experimental researches a number of conclusions and generalisations which have formed a basis of creation of a new scientific direction – electrode materials technology for creation by electroerosive processing of the alloyed layers with the improved operational properties has been formulated.
