

8. Зайцев, В.А. Высокотемпературная коррозия малоуглеродистой стали в условиях электроплазменной обработки / В.А. Зайцев [и др.] // Электронная обработка материалов. – 1983. – № 5. – С. 56–58.

9. Дураджи, В.Н. Исследование эрозии анода при воздействии на него электролитной плазмы / В.Н. Дураджи, И.В. Брянцев, А.К. Товарков // Электронная обработка материалов. – 1978. – № 5. – С. 13–17.

10. Мурас, В.С. Некоторые элементы процесса электролитического нагрева / В.С. Мурас // Сборник трудов ФТИ АН БССР. – Минск, 1956. – Вып. 3. – С. 53–58.

11. Verfahren zum Hochglänzen stromleitender Werkstücke im anodischen Elektrolytplasma: patentschrift 238074 DDR, С 25 F 3/16 / Н. Hoyer, E. Rößner, K. Rabending, E. Kirsche, J. Pampel; VEB Forschungszentrum. – № 2771201; 07.06.85; 06.08.86. 14. Способ электрохимической обработки: а. с. 1314729 СССР, МКИ4 С 25 F 3/16 / В.К. Станишевский, А.Э. Паршутто, А.А. Кособуцкий; Белорус. политехн. ин-т. – № 3905831; заявл. 27.05.85. – ДСП.

12. Чачин, В.Н. Метод электроимпульсного полирования сталей и цветных металлов / В.Н. Чачин [и др.]. – Минск: БелНИИНТИ Госплана БССР, 1987. – 4 с. – (Информац. листок БелНИИНТИ Госплана БССР о науч.-техн. достиж. № 87–150).

13. Гюнтершульце, А. Электролитические конденсаторы / А. Гюнтершульце, Г. Бетц. – М.: Оборонгиз, 1938. – 200 с.

14. Баковец, В.В. Плазменно-электролитическая анодная обработка металлов / В.В. Баковец, О.В. Поляков, И.П. Долговесова. – Новосибирск: Наука. Сибирское отд., 1991. – 168 с.

**УДК 621.923.7**

**Синькевич Ю.А.**

**ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА**

**ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО ПОЛИРОВАНИЯ**

**Белорусский национальный технический университет**

**Минск, Беларусь**

*Приведен краткий анализ факторов, влияющих на стабильность процесса электроимпульсного полирования, производительность, точность и качество обработки. Дана оценка влияния электроимпульсного полирования на эксплуатационные характеристики поверхности деталей. Показано, что для того, чтобы в полной мере реализовать все преимущества электроимпульсного полирования требуется провести комплексные исследования основных физико-химических и технологических закономерностей процесса и создать на этой основе промышленное оборудование, соответствующее мировому уровню развития машиностроения.*

**Введение.** Электроимпульсное полирование (ЭИП), обладая преимуществами, характерными для химического и электрохимического полирования, выгодно отличается от них высокой производительностью и стабильностью качества обработки, экологической безопасностью, низкой себестоимостью обработки единицы поверхности и возможностью полной автоматизации управления и контроля параметров процесса обработки. В последнее время вопросам, связанным с исследованием процесса ЭИП и его внедрением в производство, уделяется большое внимание в Беларуси, Болгарии, Германии, Китае, Нидерландах, России, Словакии, США, Украине и других странах. Однако, несмотря на значительный объем исследований физико-химических и технологических аспектов процесса, проведенных учеными разных школ, и большое количество научных публикаций и патентов, широкое внедрение ЭИП в промышленных масштабах сдерживается отсутствием высокоэффективных технологий и серийного технологического оборудования, для разработки которых необходимы систематизированные теоретические и экспериментальные данные о физико-химических процессах, протекающих на обрабатываемой поверхности и в парогазовой оболочке (ПГО), механизмах и основных закономерностях электрической проводимости ПГО, анодного растворения металлов и компонентов сплавов, сглаживания неровностей профиля поверхности

и формирования топографии, о влиянии технологических режимов на точность и производительность обработки, качество, механические свойства и эксплуатационные характеристики поверхности деталей. По этой причине проведем краткий анализ известных данных о физико-химических и технологических закономерностях процесса ЭИП.

**Стабильность процесса ЭИП.** Процесс ЭИП считается стабильным в том случае, если вся обрабатываемая поверхность заготовки покрыта сплошной, динамически устойчивой ПГО, в электрической цепи отсутствуют пульсации электрического тока большой амплитуды, а температура заготовки равна температуре электролита или незначительно ее превышает. Одним из важных факторов, влияющих на стабильность процесса, является соотношение площадей поверхностей анода  $S_a$  и катода  $S_k$  ( $S_a:S_k$ ). При нарушении баланса площадей происходит инверсия анодного процесса в катодный – анодный электрогидродинамический режим обработки (режим ЭИП) скачкообразно изменяется на режим катодного нагрева. При этом ПГО исчезает около поверхности анода (обрабатываемой заготовки) и одновременно образуется около поверхности катода. Поверхность заготовки начинает интенсивно травиться, что приводит к потере ее качества и точности. При характерных для процесса ЭИП рабочих напряжениях в ПГО около поверхности катода зажигается аномальный тлеющий разряд [1] (рис. , вызывающий интенсивную эрозию и нагрев катода вплоть до его плавления. Катод разрушается и выходит из строя. В установках ЭИП катодом обычно служит корпус электролитической ванны.

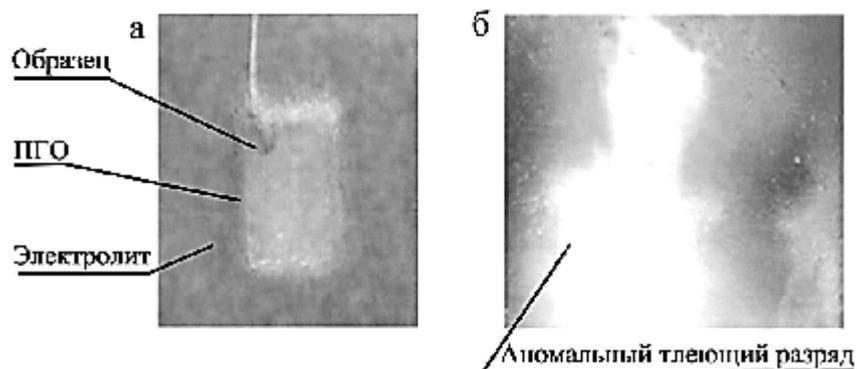


Рис. 1. – Внешний вид анодного (а) и катодного (б) процессов при рабочем напряжении 300 В

Следует отметить, что учет перечисленных обстоятельств важен при расчете максимально допустимой загрузки ванны как на этапе проектирования технологического оборудования, так и на этапе его промышленной эксплуатации. Однако на сегодняшний день экспериментально обоснованного соотношения площадей поверхностей электродов для процесса ЭИП не установлено. Основываясь на опыте электрохимического полирования, авторы работы [2] утверждают, что соотношение площадей поверхностей электродов должно составлять более чем 1:5.

Таким образом, несмотря на очевидную практическую значимость стабильности процесса ЭИП, до настоящего времени данному аспекту не уделялось должного внимания.

**Производительность и качество обработки.** Одними из основных факторов, существенно влияющих на ход анодного растворения металла в условиях ЭИП и в значительной мере определяющих производительность обработки и качество поверхности, являются химический состав и свойства электролита. К настоящему времени разработано достаточно большое количество составов электролита для ЭИП заготовок из различных металлов и сплавов. Однако следует отметить, что из-за отсутствия в литературе информации о возможных химических и электрохимических реакциях, протекающих на поверхности электродов, в ПГО и электролите, значительно затруднен целенаправленный поиск составов электролита для ЭИП различных по химическому составу и свойствам металлов и сплавов.

Для ЭИП низколегированных углеродистых и коррозионностойких сталей наибольшее распространение получили электролиты на основе водных растворов солей аммония. В

авторском свидетельстве [3] для ЭИП коррозионностойких сталей предложен 2–6%-ый водный раствор сульфата аммония. В работе [4] установлено, что оптимальным составом для ЭИП низколегированных углеродистых сталей является 1–4%-ый водный раствор хлорида аммония. Большой вклад в разработку составов электролитов внесли ученые Белорусского национального технического университета и Объединенного института энергетических и ядерных исследований – Сосны Национальной академии наук Беларуси. Разработанные составы позволяют полировать изделия, изготовленные из сплавов на основе железа, хрома и никеля, а также из цветных металлов и сплавов на их основе.

Управлять производительностью и качеством обработки путем регулируемого съема металла возможно, в частности, за счет выбора состава раствора электролита. Так, введение маннита в количестве 0,5–4 масс.% в 2–6%-ый водный раствор сульфата аммония позволяет при обработке сталей 0,8кп, 12Х18Н9Т и 40Х13 повысить скорость съема металла на 16,7% и блеск поверхности на 49–53% при относительном сглаживании шероховатости 70–79% [5]. Однако, несмотря на расширение технологических возможностей процесса ЭИП, промышленное применение двух- и трехкомпонентных составов электролита сопряжено со значительными трудностями по корректировке концентрации компонентов растворов вследствие их неравномерной выработки в процессе работы.

Согласно описанию к патенту [6], повышение производительности и качества обработки может быть достигнуто за счет применения импульсного источника тока. По данным автора, при ЭИП поверхности с исходной шероховатостью  $Ra$  6,3 мкм в течение 1–3 мин шероховатость поверхности снижается до  $Ra$  0,01 мкм. Однако, учитывая результаты исследований, приведенные в [4] и других научных публикациях, и отсутствие в описании к патенту информации о способе применения импульсного источника тока и его влиянии на интенсивность обработки ставят под сомнение возможность достижения заявленных результатов.

В работе [7] предлагается повысить производительность и качество обработки при одновременном снижении в 1,5–2 раза энергоемкости процесса ЭИП за счет дополнительного наложения на заготовку ультразвуковых колебаний с амплитудой 5–50 мкм и частотой 20 кГц. Предполагается, что под действием ультразвуковых колебаний заготовка будет перемещаться внутри ПГО и периодически приближаться к поверхности колеблющегося электролита, приводя к снижению плотности тока и повышению производительности обработки. Однако в работе отсутствует экспериментальное обоснование предлагаемого решения.

В патенте [8] предлагается повысить производительность обработки при одновременном снижении энергопотребления и риска поражения обслуживающего персонала электрическим током за счет полирования при напряжении до 80 В в течение 2–60 с в электролитах, содержащих сильные неорганические кислоты. Так, для обработки коррозионностойких сталей предлагается использовать водный раствор, содержащий наряду с другими компонентами 70% фосфорной кислоты. Следует отметить, что применение этих электролитов резко снижает экологическую безопасность процесса ЭИП.

Повысить производительность на 45–50% и качество обработки в патенте [9] предлагается путем применения автоматизированного комплекса ЭИП за счет автоматического поддержания параметров технологического процесса в узком диапазоне значений и автоматизации операций полирования, промывки заготовок и их загрузки–выгрузки.

Исследователями уделяется большое внимание изучению влияния температуры электролита на интенсивность съема металла и качество обработки. В работе [10] впервые показано, что повышение температуры электролита приводит к значительному снижению величины съема металла вне зависимости от химического состава обрабатываемого сплава и вида предварительной термической обработки. Установлено, что, чем ниже температура электролита, тем интенсивнее протекает процесс ЭИП, но при этом увеличивается риск смещения процесса в область коммутационного режима, сопровождающегося «бросками» тока, дугowymi разрядами между технологической оснасткой и заготовкой, прижогами острых и нагревом тонких конструктивных элементов заготовки. Позже аналогичные результаты были получены авторами других работ. Однако до сих пор механизм съема металла в условиях ЭИП, учитывающий природу обрабатываемого материала, физико-химические свойства раствора электролита и режимы обработки, однозначно не установлен.

В работе [10] впервые установлено, что при ЭИП низколегированных углеродистых и коррозионностойких сталей минимально достижимая шероховатость поверхности составляет  $Ra$  0,03–0,02 мкм. При этом скорость снижения и уровень достигаемой шероховатости определяются величиной исходной шероховатости, составом раствора электролита, технологическими режимами обработки, микроструктурой и фазовым составом обрабатываемого сплава. В более поздних работах других авторов были получены аналогичные результаты. Следует отметить, что в настоящее время вследствие отсутствия систематизированных экспериментальных данных о динамике сглаживания шероховатости поверхности в зависимости от указанных выше факторов продолжительность обработки, как правило, определяется опытным путем.

В работах [12, 13] и других представлены результаты исследований влияния ЭИП на твердость поверхности сталей Ст3; 20; 30ХГСА; 08Х18Н10 и 12Х18Н10Т. Снижение твердости поверхности авторы работ связывают с удалением наклепанного поверхностного слоя металла, возможным отпуском или отжигом вследствие локального термического воздействия ПГО на тонкий поверхностный слой или снижением в поверхностном слое количества карбидов и карбонитридов вследствие их избирательного травления. В более ранней работе [10] было показано, что влияние ЭИП на твердость поверхностного слоя имеет более сложный характер.

**Точность обработки.** Для обеспечения точности обработки с заданным качеством поверхности на этапе проектирования технологического процесса ЭИП следует учитывать ряд факторов. В работах [14, 15] и других приведены данные о влиянии глубины погружения заготовки в электролит на величину съема металла. Показано, что зависимость скорости съема металла от глубины погружения описывается линейной функцией. Установлено, что увеличение глубины погружения на каждые 100 мм повышает скорость съема на 10–14%. Авторы работ связывают этот эффект с ростом гидростатического давления, температурным градиентом в вертикальном направлении, турбулентным перемешиванием электролита вследствие образования и роста пузырьков пара и газа и их движением к поверхности электролита с переменной скоростью.

Для снижения неравномерности съема металла по длине при ЭИП вертикально расположенной в электролите длинномерной заготовки в авторском свидетельстве [16] предлагается использовать пароотвод с перфорированным каркасом, расположенным коаксиально обрабатываемой заготовке. По мнению авторов, применение пароотвода должно способствовать отводу газообразных продуктов от обрабатываемой поверхности, в результате чего толщина ПГО на всех участках поверхности заготовки будет одинаковой, а градиент гидростатического давления электролита по длине заготовки должен иметь минимальное значение.

В работах [15, 17] экспериментально установлено влияние кривизны обрабатываемой поверхности на точность обработки вследствие различий в толщине ПГО в различных областях кривизны. Показано, что ЭИП выпуклых поверхностей приводит к увеличению съема металла в криволинейной области заготовки по сравнению с плоским участком, а ЭИП вогнутых поверхностей – к снижению. Теоретическое обоснование этого эффекта приведено в [14].

В авторском свидетельстве [18] предлагается повысить точность и качество обработки при ЭИП заготовок сложной конфигурации за счет изменения угла наклона катодов по отношению к криволинейным участкам поверхности заготовок и регулирования межэлектродного расстояния. Предполагается, что это позволит регулировать плотность электрического тока на обрабатываемой поверхности. Для стабилизации процесса ЭИП предлагается создавать направленный снизу вверх принудительный ламинарный поток электролита, который должен исключить срыв ПГО около поверхности заготовки.

Для повышения точности обработки полых изделий за счет более равномерного съема металла в патенте [19] предлагается вводить в обрабатываемую полость дополнительный вращающийся катод в форме стакана, в нижней части которого расположены отверстия. Вращение катода должно обеспечить эффективную циркуляцию электролита в нижней полости заготовки, а принудительная циркуляция электролита должна способствовать более равномерному теплоотводу от стенок полости. Предполагается, что предложенное решение позволит ликвидировать области локального перегрева электролита, обеспечить постоянную плотность тока и стабилизировать ПГО за счет центробежных сил.

Согласно [20, 21] и других работ, повысить точность и производительность обработки при ЭИП заготовок сложной конфигурации возможно за счет придания заготовке дискретного или равномерного вращательного движения, а также качательного движения с переменной угловой скоростью. Эти движения должны снизить негативное влияние неравномерности структуры ПГО на съем металла и обеспечить более легкий отвод газообразных продуктов, что должно привести к более равномерному съему металла и сглаживанию шероховатости обрабатываемой поверхности. В монографии [17] показано, что ЭИП можно использовать не только для финишной обработки поверхности, но и в качестве формообразующей операции при обработке длинномерных деталей типа тел вращения малого диаметра. Так, при изготовлении ступенчатого ультразвукового волновода длиной 540 мм из коррозионностойкой нагартованной стали 12X18H10T на экспериментальной установке ЭИП, оснащенной приводами вращения и продольного перемещения заготовки, обеспечивается формообразование цилиндрических ступеней волновода  $\varnothing 1,0$ ; 1,6 и 1,9 мм с отклонением от круглости менее 0,005 мм и шероховатостью поверхности  $Ra$  0,08 мкм.

Таким образом, во многих работах отмечено, что при ЭИП на точность обработки существенное влияние оказывают самоорганизованное или принудительное движение электролита и его рассеивающая способность, под которой понимают степень равномерности распределения электрического тока на обрабатываемой поверхности. Однако влияние межэлектродного расстояния, геометрической формы электролитической ванны, расположения обрабатываемых заготовок относительно друг друга и относительно стенок ванны на точность обработки, несмотря на практическую значимость этих факторов, до настоящего времени не исследовано. В конечном итоге, вследствие недостатка экспериментально обоснованных данных о рассеивающей способности электролита при ЭИП деталей с высокими требованиями к точности размеров приходится использовать сложную технологическую оснастку, что значительно снижает производительность и повышает стоимость обработки.

**Эксплуатационные характеристики поверхности деталей.** Исследование влияния ЭИП на эксплуатационные характеристики поверхности деталей имеет важное научное и практическое значение. Однако, несмотря на широкое применение ЭИП в промышленных масштабах, до настоящего времени известны лишь ограниченные сведения о влиянии ЭИП на эксплуатационные характеристики поверхности деталей. Так, в работе [12] приведены данные о контактном электрическом сопротивлении, коэффициенте трения и износостойкости поверхности стали 20 после механического, химического, электрохимического полирования и ЭИП. Показано, что ЭИП обеспечивает меньшую величину контактного электрического сопротивления и коэффициента трения и большую износостойкость, которая выше на 22 и 32% по сравнению соответственно с механически и электрохимически полированными поверхностями.

В работах [17, 22, 23] представлены результаты коррозионных испытаний аустенитных коррозионностойких сталей 08X18H10 и 12X18H10T в 0,9%-ом водном растворе хлорида натрия. Исследовалось влияние концентрации и температуры электролита, глубины погружения образца, продолжительности ЭИП и микротвердости поверхности на потенциал коррозии. Авторы работ считают, что повышение коррозионной стойкости связано с удалением дефектного поверхностного слоя металла, снижением шероховатости и микротвердости поверхности.

Таким образом, проведение комплексных экспериментальных исследований влияния ЭИП на эксплуатационные характеристики поверхности позволит значительно расширить область применения технологий ЭИП, номенклатуру обрабатываемых металлов и сплавов и повысить надежность деталей и узлов различного назначения.

**Вывод.** Для того, чтобы в полной мере реализовать все преимущества ЭИП требуется провести комплексные исследования основных физико-химических и технологических закономерностей процесса ЭИП и создать на этой основе промышленное оборудование, соответствующее мировому уровню развития машиностроения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Райзер, Ю.П. Основы газоразрядных процессов / Ю.П. Райзер. – М.: Наука, 1980. – 416 с.

2. Словецкий, Д.И. Электрический разряд в электролитах – источник неравновесной плазмы при атмосферном давлении / Д.И. Словецкий, С.Д. Терентьев [Электронный ресурс]. – 2005. – Режим доступа: <http://www.isuct.ru/istapc2005/proc/5–23.pdf>. – Дата доступа: 19.08.2015.

3. Способ электрохимической обработки: а. с. 1314729 СССР, МКИ4 С 25 F 3/16 / В.К. Станишевский, А.Э. Паршутто, А.А. Кособуцкий; Белорус. политехн. ин-т. – № 3905831; заявл. 27.05.85. – ДСП.

4. Янковский, И.Н. Электроимпульсное полирование коррозионностойких и углеродистых конструкционных сталей с обеспечением заданного комплекса свойств обрабатываемых поверхностей: дис. ...канд. техн. наук: 05.03.01 / И.Н. Янковский. – Минск, 2008. – 187 с.

5. Раствор для полирования стальных изделий: а.с. 1515785 СССР, МКИ4 С25 F 3/16 / В.К. Станишевский, Г.Е. Слепнев, Л.М. Семенов, А.Э. Паршутто, А.А. Кособуцкий; Белорус. политехн. ин-т. – № 4358303; заявл. 30.11.87. – ДСП.

6. Способ электроимпульсной обработки металлических деталей: пат. 2186662 РФ, МПК7 В 23 Н 5/02, 5/12, С 25 F 3/24 / Е.И. Ботов; заявитель Е.И. Ботов – № 99118730; заявл. 27.08.1999; опубл. 10.08.2002 // Официальн. бюл. / Российское агентство по патентам и товарным знакам. – 2002. – № 22.

7. Клубович, В.В. Исследование способов интенсификации электролитно-разрядной обработки ультразвуковыми воздействиями / В.В. Клубович, В.А. Томило, Е.В. Хрущев // Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин: сб. науч. трудов VI Междунар. науч.-техн. конф., Новополоцк, 24–26 апр. 2007 г.: в 3 т. / Полоцкий гос. ун-т; под общ. ред. П.А. Витязя, С.А. Астапчика. – Новополоцк, 2007. – Т. 3. – С. 15–18.

8. Plasma-electrolytic polishing of metals products: pat. 2010/0200424 А 1 U.S., С 25 F 3/16 / А. Mayorov, А. Berkovich; А. Mayorov, А. Berkovich. – № 61/150881; 02.09.2009; pub. 08.12.2010 [Electronic resource]. – 2011. – Mode of access: Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.. – Date of access: 22.04.2012.

9. Автоматизированный комплекс электроимпульсного полирования деталей: пат. 2049163 РФ, МПК6 С 25 F 3/16 / Л.Г. Одинцов, А.К. Куценко, Э.Т. Зеликов, В.Н. Дзегиленок, Е.Н. Коваленок, Ю.И. Боровко; заявитель Л.Г. Одинцов. – № 93004361/26; заявл. 01.02.93; опубл. 27.11.95 // Официальн. бюл. / Комитет РФ по патентам и товарным знакам. – 1995. – № 33.

10. Синькевич, Ю.В. Влияние электролитной анодной обработки на удельный съем и микротвердость поверхности сталей / Ю.В. Синькевич, Е.Я. Головкина, С.Н. Терехов // Интенсификация и автоматизация отделочно-зачистной обработки деталей машин: тез. докл. науч.-технич. конф., Ростов–на–Дону, 1988 г. / Ростовский ин-т сельскохоз. машиностр.; редкол.: А.П. Бабичев [и др.]. – Ростов–на–Дону, 1988. – С. 65–67.

11. Головкина, Е.Я. Исследование параметров шероховатости поверхности стальных деталей после электроимпульсного полирования и нанесения тонкопленочных покрытий / Е.Я. Головкина [и др.] // Известия ВУЗов СССР. Сер. Машиностроение. – 1989. – № 6. – С. 134–138.

12. Хмыль, А.А. Влияние метода полирования стали на шероховатость и эксплуатационные свойства контактных поверхностей / А.А. Хмыль [и др.] // Трение и износ. – 1996. – Том 17. – № 4. – С. 491–496.

13. Новиков, В.И. Повышение эффективности изготовления сложнопровильных деталей из легированных сталей методом электролитно-плазменного полирования: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.02.07 / В.И. Новиков; СПб гос. политехн. ун-т. – СПб, 2010. – 19 с.

14. Синькевич, Ю.В. Электроимпульсное полирование деталей из коррозионностойких и углеродистых конструкционных сталей: дис. ...канд. техн. наук: 05.03.01; 05.02.08 / Ю.В. Синькевич. – Минск, 1998. – 163 с.

15. Фомихина, И.В. Исследование влияния равномерности полировки различных зон сложной поверхности изделия в зависимости от глубины погружения, пространственной ориентации и скорости гидротоков при электролитно-плазменной обработке / И.В. Фомихина [и др.] // Сварка и родственные технологии: респ. межвед. сб. науч. трудов / Ин-т порошковой металлург.; ред. кол. М.А. Андреев [и др.]. – Минск, 2008. – Вып. № 10. – С. 37–42.

16. Способ электролитно-плазменной обработки длинномерных изделий и устройство для его осуществления: а. с. 1615241 СССР, МКИ5 С 25 F 7/00, С 25 D 7/06 / В.К. Станишевский, А.А. Кособуцкий, А.Э. Паршутто, В.А. Хлебцевич, И.И. Матюшевский, Б.Г. Левин; Белорус. политех. ин-т. – № 4611410; заявл. 01.12.88; опубл. 23.12.90 // Открытия. Изобретения. – 1990. – № 47.

17. Алексеев, Ю.Г. Комбинированная технология изготовления гибких ультразвуковых концентраторов-инструментов / Ю.Г. Алексеев [и др.]; под общ. ред. Б.М. Хрусталева. – Минск: БНТУ, 2015. – 203 с.

18. Устройство для электролитно-плазменной обработки изделий сложной формы: а. с. 1457461 СССР, МКИ4 С25 F 7/00 / В.К. Станишевский, А.А. Кособуцкий, С.С. Маляво, Л.М. Семенов, А.Э. Паршутто, В.А. Хлебцевич, С.В. Логинов; Белорус. политех. ин-т. – № 4207709; заявл. 18.03.87. – ДСП.

19. Устройство для полирования полых металлических изделий: пат. 984 Респ. Беларусь, МПК7 С 25 F 7/00 / С.В. Ващенко, И.С. Куликов, А.М. Дергай, В.И. Василевский, В.Л. Ермаков, Л.Г. Лукашевич; Ин-т проблем энергетики Академии наук Беларуси. – № 236 А; заявл. 06.04.93; опубл. 15.12.1995 // Афіцыйны бюл. / Нац. Центр інтэлектуал. уласнасці. – 1995. – № 4. – Ч 1.

20. Устройство для электролитно-плазменной обработки изделий сложной формы: а. с. 1659534 СССР, МКИ5 С 25 F 7/00 / В.К. Станишевский, А.А. Кособуцкий, Н.Я. Тапунов, В.Е. Владюк, П.Ф. Андрищенко, В.А. Цытик; Белорус. политех. ин-т. – № 4719467; заявл. 13.07.89; опубл. 30.06.91 // Открытия. Изобретения. – 1991. – № 24.

21. Способ электролитно-плазменного изделий сложной формы: а. с. 1775508 СССР, МКИ5 С25 А 3/16 / В.К. Станишевский, А.А. Кособуцкий, Г.Е. Слепнев, Л.М. Семенов, А.Э. Паршута, В.А. Хлебцевич; Белорус. политех. ин-т. – № 4313121; заявл. 15.10.87; опубл. 15.11.92 // Открытия. Изобретения. – 1992. – № 42.

22. Семченко, Н.И. Коррозионное поведение аустенитных нержавеющей сталей после электролитно-плазменного полирования / Н.И. Семченко, А.Ю. Королев [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: <http://www.isuct.ru/istarc2008/PROC/4-18.pdf>. – Дата доступа: 21.01.2015.

23. Алексеев, Ю.Г. Комплексная технология изготовления изделий медицинской техники, основанная на пластическом деформировании и физико-технических методах / Ю.Г. Алексеев, В.Н. Страх, А.Ю. Королев // Литье и металлургия. – 2005. – № 4. – С. 180–187.

**УДК 621.923.7**

**Синькевич Ю.А.**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МЕХАНИЗМЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
ПРОВОДИМОСТИ ПАРОГАЗОВОЙ ОБОЛОЧКИ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОЛИТНОЙ  
АНОДНОЙ ОБРАБОТКИ**

**Белорусский национальный технический университет**

**Минск, Беларусь**

*Приведен обзор литературных данных о гипотезах и механизмах электрической проводимости парогазовой оболочки для четырех режимов электролитной анодной обработки: коммутационного, электролитно-плазменного нагрева, электрогидродинамического и электролитно-разрядного. Показано, что, несмотря на проведенные многочисленные экспериментальные и теоретические исследования электрической проводимости, тесно коррелированной с механизмами съема металла, сглаживания профиля поверхности и формирования топографии, механизм электрической проводимости парогазовой оболочки и его основные закономерности в условиях электроимпульсного полирования до сих пор не установлены.*

Анодное растворение металла в водных растворах электролита приводит к сглаживанию шероховатости поверхности. Поэтому для повышения качества поверхности деталей различного назначения теоретический и практический интерес представляют исследования физико-химических закономерностей анодного процесса, в частности, исследование электрической проводимости парогазовой оболочки (ПГО), тесно коррелированной с механизмами съема металла, сглаживания профиля поверхности и формирования топографии в условиях электроимпульсного полирования.

Повышенное напряжение на электродах и сплошная ПГО около поверхности металлического анода приводят к тому, что механизм прохождения электрического тока в системе «водный раствор–ПГО–металлический анод» принципиально отличается от механизма прохождения тока в режиме электролиза. На основании результатов спектральных исследований излучения ПГО в коммутационном режиме [1], режимах электролитно-плазменного нагрева [2] и электролитно-разрядном [3] авторы работ делают вывод о наличии в ПГО электрического разряда. В спектрах излучения обнаружены линии и полосы атомарного водорода и кислорода, радикала ОН и линии, связанные с компонентами раствора электролита.