

А. Е. Гитлевич, П. А. Топала,
И. И. Куку, В. И. Иванов,
В. А. Снегирев

г. Кишинев

О возможности упрочнения металлических поверхностей на установках для электроискрового легирования типа «Разряд»

Электроискровое легирование (ЭИЛ) на установках типа «Разряд» основано на взаимодействии частиц порошка, подаваемых в межэлектродный промежуток (МЭП), с каналом импульсного разряда и полярным переносом продуктов взаимодействия на катод-деталь [1, 2]. На таких установках процесс ЭИЛ осуществляется при МЭП, равных 0,5—1,5 мм и более, и напряжениях 50—300 В, для которых данные промежутки больше пробивных. Аналогичные промежутки используются при ЭИЛ с помощью двухкаскадных разрядных систем [3] для обеспечения повышения равномерности и сплошности формируемых поверхностных слоев.

При МЭП больше пробивных создаются благоприятные условия для управления основными процессами, протекающими при развитии и взаимодействии с поверхностью электродов импульсного разряда. Подробно эти процессы проанализированы при изучении динамики импульсного разряда в условиях использования его для ЭИЛ в [4], где отмечено, что варьирование величиной МЭП позволяет регулировать в широких пределах термическое воздействие импульсного разряда, полярный перенос материалов электродов, очистку поверхности в зоне контакта плазмы разряда с твердым телом, создавая условия для различных режимов электроискровой обработки металлических поверхностей, например термического упрочнения, нанесения покрытий, контактной сварки и т. п.

Если при контактном ЭИЛ газоразрядная плазма находится в стесненных условиях и приэлектродные процессы и процессы в столбе разряда практически неразделимы (при этом эрозия электродов при каждом разряде проявляется в виде образования единой лунки, размеры которой определяются энергией разряда), то при больших МЭП по-

является возможность проследить за явлениями в приэлектродной зоне и в столбе разряда, за различными стадиями его развития и особенностями взаимодействия плазмы с поверхностью электродов [4]. В последнем случае это взаимодействие более сложное, приводящее к появлению двух видов эрозионного разрушения поверхности катода, связанных с образованием в период разряда электродных пятен первого и второго типа [5, 6]. Первые возникают на поверхности электрода сразу после пробоя МЭП и представляют собой быстро-перемещающиеся катодные пятна, существующие независимо друг от друга и вызывающие незначительную эрозию поверхности катода (эрозионный след имеет вид отдельно расположенных неглубоких лунок с неровными краями без явных следов оплавления), вторые появляются спустя некоторое время после пробоя МЭП на местах существования пятен первого типа, обладают меньшей скоростью перемещения и вызывают значительно большую эрозию, чем первые (в зоне их воздействия появляется жидкая фаза материала электрода).

Как показали эксперименты, преобладание того или иного типа пятен, а следовательно, характера электрической эрозии и других термических эффектов взаимодействия плазмы с поверхностью электродов зависит от величины МЭП, параметров разряда и других факторов. Ими можно и задавать вид обработки поверхности. Например, в [7] при вакуумном дуговом разряде создавались условия, когда разряд осуществлялся при преимущественном развитии пятен первого типа, что позволило практически без эрозии катода проводить термическую обработку поверхности образцов из стали 65Г, получив при этом толщину упрочненной зоны 100—120 мкм и микротвердость 790—820 кгс/мм² (выше исходной более чем в 1,5 раза).

Учитывая результаты [4, 7], нами была изучена возможность проведения аналогичных процессов в воздушной среде на установках типа «Разряд» при использовании импульсных разрядов с длительностью ~ 250 мкс. Обычно процесс ЭИЛ на установках «Разряд» осуществляется путем подачи в МЭП порошкового материала. В данных экспериментах изучались электроэрозионные и термические явления на катоде при условиях, когда порошковые материалы в МЭП не подавались, в основном рассматривалась возможность упрочнения металлических поверхностей за счет термических явлений.

Обработка образцов из стали 3 и 45, титана ВТ1, ВТ6 проводилась с помощью стержневого (графитового) и дискового (медного) вращающихся электродов (рис. 1). В первом случае деталь перемещалась относительно неподвижного электрода, во втором — электрод (диск) перемещался относительно детали. МЭП изменялся в пределах 0,03—2,5 мм, напряжение разряда — в диапазоне 160—400 В при рабочей емкости 600 мкФ. Частота поджигающих импульсов составляла 1—40 Гц. При МЭП $> 0,3$ —0,5 мм как при единичных разрядах, так и при непрерывном процессе обработки в области воздействия разряда появляются две зоны (рис. 2). Внешняя зона имеет цвет свежетравленной поверхности и покрыта сплошным слоем мелких лунок (1—3,0 мкм) с неровными краями, внутренняя представляет собой сплошной слой жидкой фазы, созданной пятнами второго типа. Величина этих зон изменяется с ростом МЭП — внутренняя монотонно уменьшается и при МЭП $> 1,5$ —2 мм на поверхности электрода отмечаются отдельные небольшие (30—40 мкм) лунки со следами жидкой фазы. При непрерывном процессе ЭИЛ практически вся обработанная поверхность представляет собой внешнюю зону.

Наблюдаемые изменения на поверхности катода можно связывать с действием нескольких факторов: во-первых, увеличение МЭП приводит к перераспределению общей энергии разряда между каналом разряда и электродами (доля энергии, выделяющаяся в канале разряда, увеличивается с ростом МЭП, это приводит соответственно к снижению энергии, выделяющейся на электродах [8]); во-вторых, изменяется структура разряда, проявляющаяся в его многоканальности и дроблении эрозионной лунки на множество мелких. Превышение определенного значения МЭП ($l_{п} > 2,0$ мм) приводит к появлению на катоде только пятен первого типа. Кроме того, следует учитывать фактор, свя-

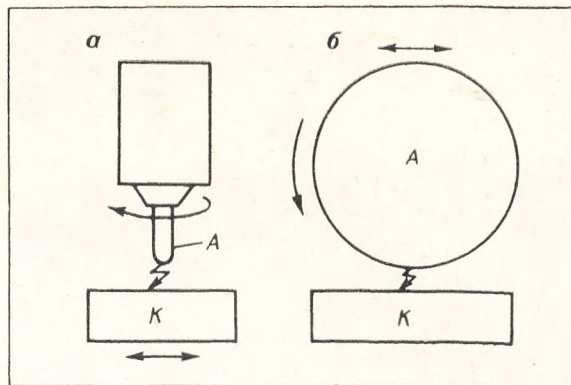
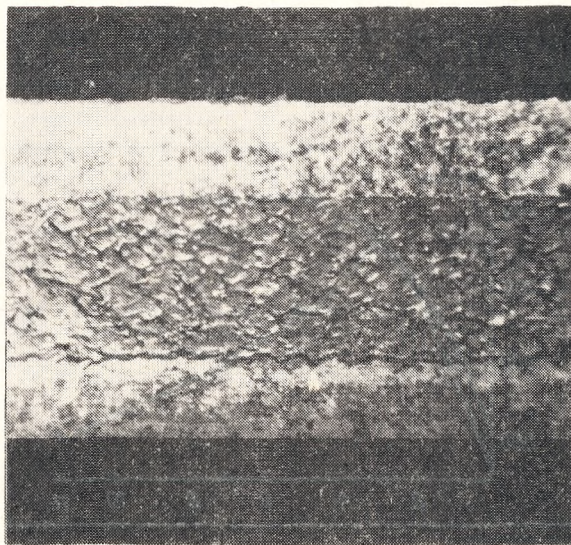


Рис. 1. Кинематические схемы электроискрового упрочнения на установках типа «Разряд» с помощью стержневого (а) и дискового (б) электродов-инструментов

занный с расширением «опорной пятки» канала на катоде с ростом МЭП, способствующего уменьшению плотности теплового потока в этой зоне. В конечном итоге все это обуславливает минимальную эрозию поверхности катода при наличии термического воздействия разряда. Следует заметить, что в нашем случае процесс происходит в воздухе и поэтому взаимодействие с материалом катода носит химико-термический характер.

Последовательное изучение влияния величины МЭП ($l_{п}$) и энергии разряда, которая изменялась

Рис. 2. Зоны воздействия импульсного разряда на сталь 45 (непрерывный режим обработки, величина МЭП 0,5 мм, напряжение разряда 240 В). Светлая полоса — зона воздействия пятен первого типа, темная — второго типа



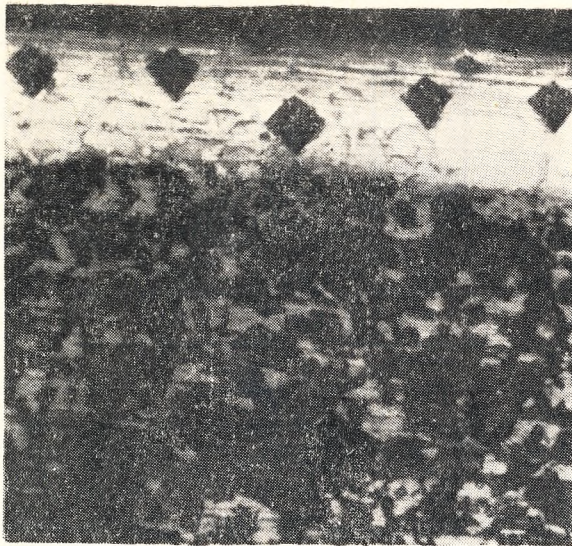
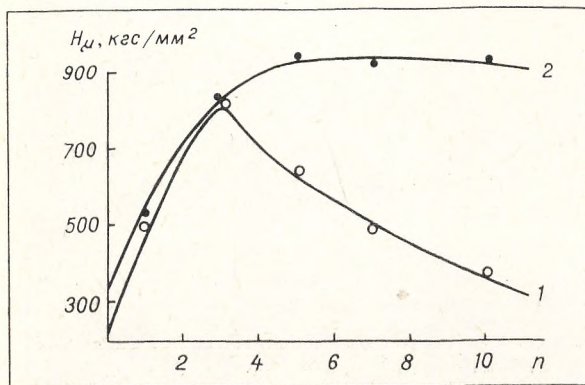


Рис. 3. Упроченная зона на стали 45 после воздействия импульсных разрядов (величина МЭП 2,0 мм, напряжение разряда 240 В, три прохода, частота разрядов $f=10$ Гц)

за счет напряжения заряда (U_z) рабочей емкости, показало, что оптимальные значения I_{II} и U_z с точки зрения эрозии катода и термического воздействия разряда составляют соответственно 1,5—2,5 мм и 240—400 В (термическое воздействие оценивалось по размерам зоны упрочнения (белого слоя), наблюдаемой на поперечных шлифах образцов из изучаемых материалов (рис. 3)).

Рис. 4. Зависимость микротвердости H_u белого слоя, полученного на стали (1) и титане (2) после воздействия импульсных разрядов, от числа n проходов (величина МЭП 2,0 мм, напряжение разряда 240 В, частота разрядов $f=10$ Гц)



Воздействие разряда при указанных выше условиях приводит к образованию в обработанной зоне равномерного сплошного и практически без дефектов (трещин, пор) белого слоя, микротвердость которого зависит от кратности воздействия разрядов. Кратность обработки определялась числом проходов электрода-анода по одному и тому же участку катода (или перемещением участка относительно электрода) при условии, что при одном проходе зоны воздействия каждого разряда с поверхностью катода для обеспечения сплошности располагались рядом с некоторым перекрытием.

Анализ шлифов показал, что после 2—3 проходов как на стали, так и на титане твердость белого слоя достигает максимальных значений (рис. 4). При дальнейшей обработке микротвердость стали 45 начинает уменьшаться, а титана — остается неизменной (рис. 4). Очевидно, в первом случае происходит отпуск закаленных слоев.

При МЭП > 1,5 мм шероховатость упрочняемых участков катода изменяется незначительно в зависимости от длительности обработки (измерения проводились на профилографе-профилометре модели 250), поэтому основной параметр, по которому следует оптимизировать процесс упрочнения, — максимальная микротвердость.

Рассмотренный выше вариант ЭИЛ на установке «Разряд» может быть использован и по другому назначению. Так, при МЭП < 1,5 мм после нанесения покрытий из порошковых материалов обработка импульсными разрядами поверхности сформированных слоев позволяет уменьшить ее шероховатость, а воздействие плазмы разряда на окислы и загрязнение приводит к их испарению практически без эрозии поверхности, т. е. наблюдается эффект очистки.

Таким образом, на установках типа «Разряд», варьируя условия воздействия импульсного разряда на материал электрода, например за счет изменения МЭП, возможно — помимо нанесения покрытий — создание режимов обработки, позволяющих проводить упрочнение, шлифование и очистку поверхности катода-детали.

Литература

1. Гиглевич А. Е., Михайлов В. В., Парканский Н. Я., Ревуцкий В. М. Электроискровое легирование металлических поверхностей. Кишинев, 1985. С. 195.
2. Гиглевич А. Е., Парканский Н. Я., Ревуцкий В. М. и др. Оборудование для электроискрового легирования металлических поверхностей по-

рошковыми материалами.//Электронная обработка материалов. 1983. № 6. С. 78—81.

③ А.с. 730521 СССР.МКИ³ В 23 Р 4/18. Способ электронского нанесения покрытий/М. К. Мицкевич, А. И. Бушик, И. А. Бакуто. Опубл. 30.04.80. Бюл. № 16.

④ Мицкевич М. К., Гитлевич А. Е., Бакуто И. А. и др. Динамика импульсного разряда в условиях использования его для электронского легирования//Электронная обработка материалов. 1986. № 3. С. 22—25.

5. Любимов Г. А., Раховский В. И. Катодное пятно вакуумной дуги//УФН. 1978. 125. Вып. 4. С. 665—706.

6. Бушик А. И., Мицкевич М. К., Шилов В. А., Бакуто И. А. Некоторые аспекты реакции низковольтного импульсного разряда на удлинение межэлектродного промежутка//Мат. 4-го Всесоюз. симпозиума по сильноточной электронике. Т. 2. Томск, 1982. С. 28—31.

7. Булат В. Е., Кейтлии Л. Г., Эстерлис М. Х. Структурные и фазовые преобразования в приповерхностных слоях стали при воздействии опорных пятен электродугового разряда в вакууме//ДАН УзССР. 1984. № 7. С. 30—32.

8. Золотых Б. И., Мельдер Р. Р. Физические основы электроэрозионной обработки. М., 1977. С. 42.

Поступила 31.X 1985