

А. Е. Гитлевич, А. Н. Вишнеvский, П. А. Топала

### Влияние импульсного магнитного поля на взаимодействие канала разряда с поверхностью электродов

г. Кишинев

Наложение магнитного поля (МП) на межэлектродный промежуток (МЭП) при импульсных разрядах оказывает существенное влияние на процессы в плазме разряда, а также в приэлектродных зонах и на поверхности электродов [1—4]. Так, при контактном электроискровом легировании (ЭИЛ), несмотря на весьма малые межэлектродные промежутки (от долей до нескольких микрометров), наложение продольного МП приводит к изменению характеристик формируемых слоев, что связывается с влиянием МП на расширение канала разряда и передачу энергии от канала электродам [1]. При относительно больших МЭП (от долей до нескольких миллиметров), когда на поверхности электродов четко формируются электродные пятна первого и второго типов, поперечное магнитное поле изменяет динамику их развития, скорость перемещения, взаимодействие с электродами [2]. Последнее представляет существенный интерес для процессов электроискрового упрочнения и нанесения покрытий из порошковых материалов при использовании импульсных разрядов в режиме недонапряжения, так как в этом случае пятна первого и второго типов играют важную роль в определении свойств поверхности электродов [5, 6]. Очевидно, с помощью МП можно управлять процессами их взаимодействия с поверхностью электродов и тем самым создавать различные режимы обработки.

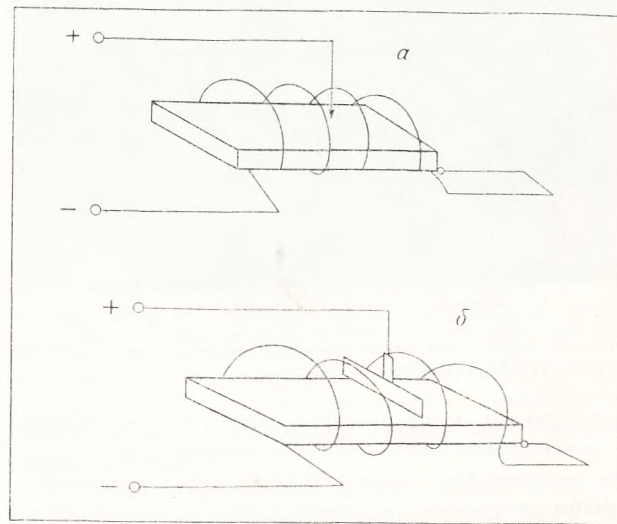
В этой связи применительно к условиям бесконтактного ЭИЛ [7, 8] нами было изучено воздействие импульсных разрядов на поверхность электродов в МП соленоида, по которому протекал ток разряда. Исследование проводилось на экспериментальном образце установки типа «Разряд» [7] при системе электродов острье—плоскость и величине МЭП 0,5—1,5 мм. Напряжение на рабочей емкости  $U_c$  изменялось ступенчато и составляло 160, 240, 320, 400 В. Воздействие разрядов на поверхность электродов изучалось как при единичных разрядах, так и режиме непрерывной обработки участка плоского электрода длиной 10—20 мм, путем его перемещения относительно стержневого электрода со скоростью 60 мм/мин. Частота следования импульсов составляла

10—15 Гц. В зависимости от величины  $U_c$  амплитуда тока достигала 1,0—1,7 кА при длительности импульсов  $\tau_{и} \sim 200$  мкс. В качестве плоских электродов использовались пластины размером  $(2-4) \cdot 20 \times 100$  мм из стали Ст3, титана ВТ23, меди М1. Стержневые электроды изготавливались из стали Ст3, вольфрама и графита (в ряде экспериментов вместо стержня применялись и тонкие пластины из стали и графита).

Магнитное поле создавалось с помощью катушки, включенной последовательно в цепь разрядного контура, через которую протекал ток разряда и внутри располагался плоский электрод (рис. 1). Катушка состояла из 10—15 витков медного провода  $\varnothing 3$  мм, диаметр витка катушки не превышал 30 мм. По методике [5] оценивали величину зон воздействия разряда, где формировались электродные пятна первого и второго типов.

На рис. 2 представлены зависимости диаметров зон, где в период разряда возникают пятна первого и второго типов, от величины напряжения заряда рабочей емкости  $U_c$ , с помощью которого варьировалась энергия разряда. Кривые приведены как для ус-

Рис. 1. Схема эксперимента при исследовании эрозии электродов в поперечном МП при системах электродов стержень—плоскость (а) и пластина—плоскость (б)



ловий наложения ( $d_{1M}$ ,  $d_{11M}$ ), так и отсутствия ( $d_I$ ,  $d_{II}$ ) поперечного магнитного поля.

В поперечном МП наблюдается уменьшение размеров зон с электродными пятнами первого и второго типов ( $d_{1M} < d_I$ ,  $d_{11M} < d_{II}$ ), причем более резко это проявляется с ростом величины МЭП (рис. 2, б).

Магнитное поле изменяет форму эрозионного следа единичной лунки — она вытягивается в сторону действия силы ампера и при определенных параметрах разряда может приобрести форму отрывающейся от струи жидкости капли (рис. 3, б, в). Для таких эрозионных следов характерно наличие небольших зон с эрозионными пятнами первого типа в узкой части следа, а основная его площадь занята жидкой фазой, обусловленной воздействием электродных пятен второго типа.

Если при непрерывной обработке дорожки формируются поперек образца (вдоль радиуса витка катушки), то за счет наложения лунок друг на друга практически полностью исчезает зона пятен первого типа (рис. 3, г). При формировании дорожки вдоль образца (параллельно силовым линиям магнитного поля) эрозионные пятна первого типа сохраняются с одной стороны дорожки, что связано с более быстрым движением и выносом плазмы пятен первого типа в направлении действия силы в магнитном поле [2].

Наблюдаемые явления можно объяснить на основе данных, полученных в [2, 4]. Во-вторых, в поперечном МП прикатодная плазма имеет небольшие размеры и более компактно движется по поверхности электродов в сравнении со случаем отсутствия МП. Это, очевидно, приводит к повышению плотности мощности в зоне разряда и более интенсивному нагреву поверхности электрода в этой зоне при практически неизменной длительности импульсного разряда.

Во-вторых, смещение максимума энерговыделения разряда на его более ранние стадии и уменьшение осциллирующий канала разряда в поперечном МП [4], возможно, также способствуют повышению температуры электрода в зоне воздействия плазмы разряда и появлению там преимущественно жидкой фазы.

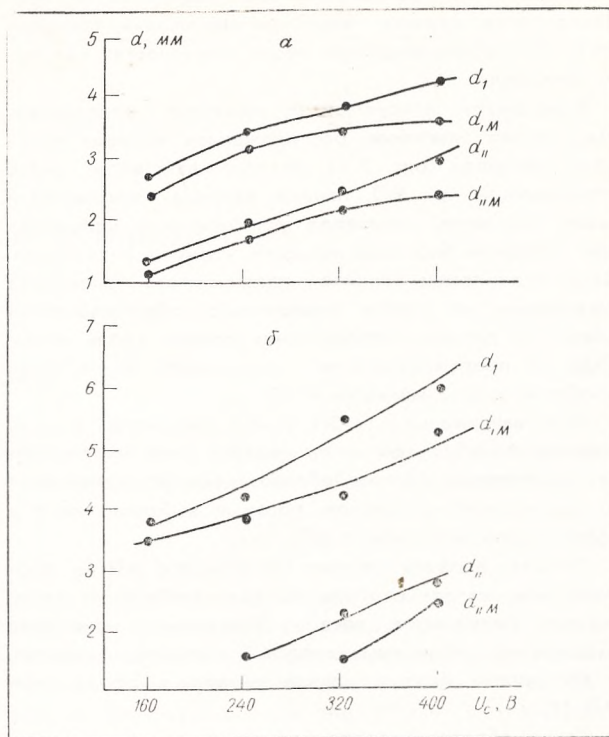
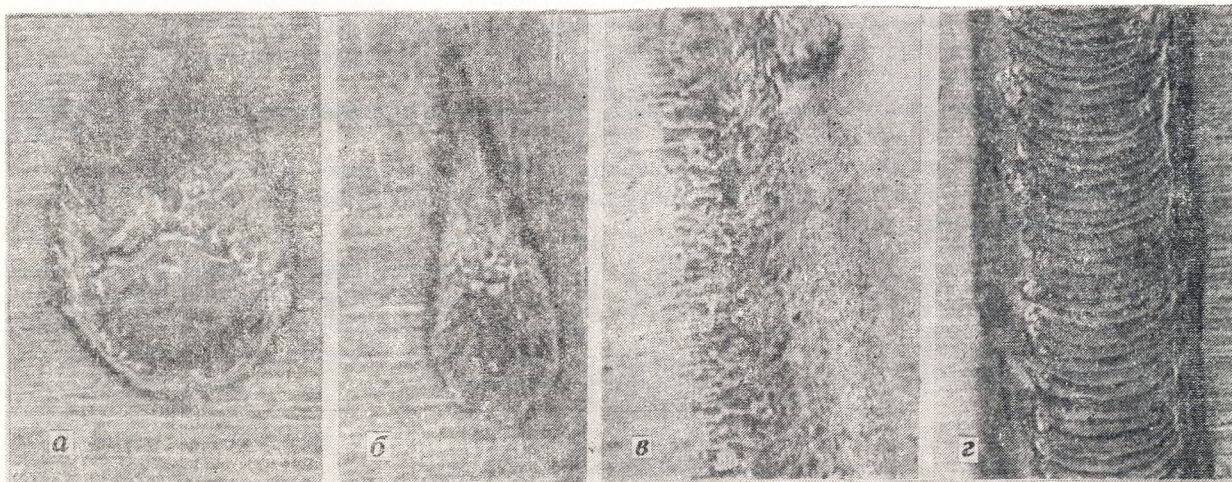


Рис. 2. Зависимость диаметра зон воздействия пятен первого ( $d_I$ ,  $d_{1M}$ ) и второго ( $d_{II}$ ,  $d_{11M}$ ) типов от величины напряжения ( $U_c$ ) заряда рабочей емкости при МЭП 0,5 (а) и 1,5 (б) мм.  $d_{1M}$ ,  $d_{11M}$  — диаметры зон определялись при наложении МП,  $d_I$  и  $d_{II}$  — без поля

Рис. 3. Единичные лунки (а, б) и дорожки (в, г), полученные на стальном электроде при  $U_c=240$  В,  $l=0,5$  мм (а);  $U_c=240$  В,  $l=1,0$  мм (б); в, г —  $U_c=230$  В,  $l=1,0$  мм (обратная полярность); в — при отсутствии магнитного поля, а, б, г — при обработке в магнитном поле,  $\times 5$



Уменьшение зон воздействия электродных пятен, особенно пятен первого типа, при наложении поперечного МП наблюдается при обоих полярностях плоского электрода.

Если вместо стержневого электрода использовалась тонкая пластинка, расположенная поперек плоского электрода (рис. 1, б), то под действием силы, возникающей в МП, плазма разряда мигрировала вдоль пластинки, производя формирование непрерывной дорожки без перемещения самого электрода. Даже если торец тонкого пластинчатого электрода расположен не строго параллельно обрабатываемой плоскости, процесс перемещения плазмы вдоль электрода не прерывается — не происходит локализации пробоя в зоне с меньшим МЭП.

При максимальных МЭП ( $l \geq 1,5$  мм), когда в зоне разряда преобладают пятна первого типа, наблюдается интенсивная очистка обрабатываемой поверхности от загрязнений и окислов, которые выбрасываются в сторону действия силы в МП.

Попытка выявить влияние продольного МП на формирование канала разряда не дала стабильных однозначных результатов, хотя наблюдалось некоторое расширение эрозионных следов, связанное, очевидно, с вращением плазмы канала разряда в продольном МП [9].

Таким образом, поперечное магнитное поле уменьшает размеры зон воздействия плазмы разряда с поверхностью электродов. При этом в диапазоне МЭП 0,5—1,5 мм на электродах начинают превалировать пятна второго типа, что ведет к преимущественному образованию жидкой фазы в зоне разряда.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов Е. Г., Марченко П. Ф. Электроискровое легирование зуборезного инструмента в магнитном поле // Вестн АН БССР. Сер. физ.-тех. наук. 1970. № 1. С. 102—104.
2. Мицкевич М. К., Бушик А. И., Бакуто П. А. и др. Электроэрозионная обработка металлов. Минск, 1988. С. 216.
3. Аливердиев А. А., Эфендиев А. З., Юнусов А. М. и др. О времени формирования электрического разряда в воздухе при атмосферном давлении в поперечном магнитном поле // Изв. вузов. Физика. 1987. № 8. С. 113.
4. Аливердиев А. А., Амурбеков Н. А., Эфендиев А. З. и др. Влияние магнитного поля на энергетические характеристики разряда // Там же. 1989. № 4. С. 124 (деп. в ВИНТИ, рег. № 7245—В88 от 30.09.88).
5. Гитлевич А. Е., Топала П. А., Снегирев В. А., Игнатъков Д. А. Особенности электрической эрозии электродов при импульсных разрядах, протекающих в режиме недонапряжения // Электроэрозионная обработка материалов. 1988. № 3. С. 9—12.
6. Гитлевич А. Е., Топала П. А., Кукун П. П. и др. О возможности упрочнения металлических поверхностей на установках для электроискрового легирования типа «Разряд» // Там же. 1987. № 2. С. 24—27.
7. Гитлевич А. Е., Парканский Н. Я., Ревуцкий В. М. и др. Оборудование для электроискрового легирования металлических поверхностей порошковыми материалами // Там же. 1983. № 6. С. 78—81.
8. Гитлевич А. Е., Михайлов В. В., Парканский Н. Я., Ревуцкий В. М. Электроискровое легирование металлических поверхностей. Кишинев, 1985.
9. Лесков Г. П. Электрическая сварочная дуга. М., 1970.

Институт прикладной физики АН ССР Молдова

Поступила 18.09.89

## В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ШТИИЦА» ГОТОВИТСЯ К ВЫПУСКУ В 1991 ГОДУ

Сафронов И. И. ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ  
СПЛАВОВ. 15 л. Рус. яз. 3 р. 10 к.

В монографии излагаются основные положения по рациональному легированию наплавленного и упрочненного металла. Рассматривается определяющий принцип формирования и управления структурными составляющими упрочненного металла покрытий.

Даны рекомендации по оптимальному легированию и упрочнению сплавов.

Рекомендована для инженерно-технических и научных работников, занятых в области сварочно-упрочняющего металловедения и износостойких сплавов.

Оформление заказа см. на с. 19.