

3. Черноиванов, В.И. Организация и технология восстановления деталей машин/ В.И.Черноиванов, В.П.Лялякин. – М.:ГОСНИТИ, 2003. – 488с.
4. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика) / Ф.Х. Бурумкулов [ и др.]. – Саранск: Тип. «Крас. Окт.», 2003.- 504 с.

УДК 621.787

### **Восстановление и упрочнение деталей вращения электроискровым легированием**

**А.В. Люкшин, студент 5 курса инженерного факультета  
Научный руководитель: Г.Д. Федотов, к.т.н., доцент**

**ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»**

Методы упрочнения металлов можно условно разделить на шесть групп:

1. Упрочнение созданием пленки на поверхности изделия.
2. Упрочнение изменением химического состава поверхностного слоя металла.
3. Упрочнение изменением структуры поверхностного слоя.
4. Упрочнение изменением энергетического запаса поверхностного слоя.
5. Упрочнение изменением шероховатости поверхности.
6. Упрочнение изменением структуры всего объема металла.

Электроискровое легирование (ЭИЛ) металлических поверхностей основано на явлении электрической эрозии и полярного переноса материала анода (электрода) на катод (деталь) при протекании электрических разрядов в газовой среде. ЭИЛ осуществляется при искровой форме электрических разрядов с длительностью  $10^{-6} \dots 10^{-3}$  с. (рис. 1)

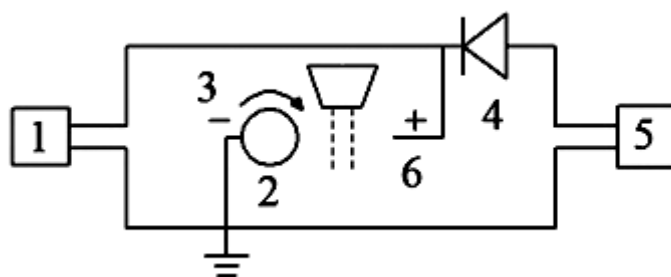


Рисунок 1- Схема электроискрового легирования

1 – высоковольтный слаботочный источник; 2 – деталь – катод; 3 – бункер; 4 – вентиль; 5 – RC-генератор; 6 – рабочий электрод-анод

При разности потенциалов на электродах, один из которых обрабатываемая деталь, а другой инструмент (катод) происходит ионизация межэлектродного пространства. Когда напряжение достигает определенного значения, между электродами образуется канал проводимости, по которому устремляется

электрическая энергия в виде импульсного искрового или дугового разряда. При высокой концентрации энергии мгновенная плотность тока в канале проводимости достигает  $8000 \dots 10000 \text{ А/мм}^2$ , в результате чего температура на поверхности обрабатываемой детали – электрода возрастает до  $10000 \dots 12000 \text{ }^\circ\text{С}$ . При этой температуре мгновенно оплавляется и испаряется элементарный объем металла и на поверхности детали образуется лунка. Удаленный металл застывает в диэлектрической жидкости в виде гранул диаметром  $0,01 \dots 0,005 \text{ мм}$ . Следующий импульс тока пробивает межэлектродный промежуток там, где расстояние между электродами наименьшее. Процесс будет продолжаться до тех пор, пока не будет удален весь металл, находящийся в зоне пробоя при заданном напряжении.

В процессе прямого переноса паровой и жидкой фаз материала электродов их взаимного перемешивания и диффузного проникновения на поверхности детали формируются слои, состоящие из чистого материала анода или являющиеся результатом взаимодействия между собой материала электрода и межэлектродной среды (рис. 2, 3)



Рисунок 2-Изменение состава и твердости по толщине легированного слоя

В зависимости от количества энергии расходуемой в импульсе, режим обработки делят на жесткий или средний – для предварительной обработки и мягкий или особо мягкий – для отделочной обработки.

Мягкий режим обработки позволяет получать размеры с точностью до  $0,002 \text{ мм}$  при шероховатости поверхности  $R_a = 0,63 \dots 0,16 \text{ мкм}$ . Обработку ведут в ваннах, заполненных диэлектрической жидкостью. Жидкость исключает нагрев электродов (инструмента и детали), охлаждает продукты разрушения, уменьшает величину боковых разрядов, уменьшает разброс, что повышает точность обработки.

В результате ЭИЛ изменяются размеры деталей, рельеф, физические, химические и механические свойства ее поверхностного слоя. Поверхностный слой приобретает измененную структуру и состав (возникает

мелкокристаллическая структура, образуются интерметаллы, нитриды, карбиды и тому подобное). Чаще всего он состоит из нескольких различных слоев – белого (который обычно не поддается травлению реактивами, применяемыми для травления материала основы) – термодиффузного или переходного, представляющего собой область термического воздействия искровых разрядов и диффузного взаимопроникновения элементов анода и катода.

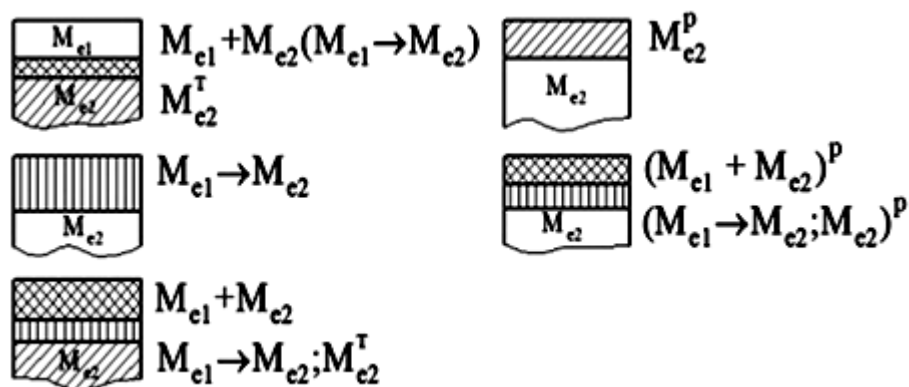


Рисунок 3- основные схемы образования легированного слоя при ЭИЛ

$M_{e1}$ -материал анода;  $M_{e2}$ -материал катода;

$M_{e1} \rightarrow M_{e2}$ - диффузия материала анода в катод;

$M_{e2}$ -импульсное тепловое воздействие на материал катода;

$M_{e2}^P$ -импульсное механическое воздействие на материал катода.

Таблица 1 – Производительность процесса ЭИЛ по току

Наименование	Рабочий ток, А		
	1,5	4,5	10
Производительность, см <sup>2</sup> /мин, не менее	2,2	5,4	15
Удельный прирост массы, мг/мин	3,5	10,5	50,0
Толщина нанесенного слоя, мм	0,07	0,15	0,25
Высота микронеровностей, мкм не более	15	40	80

В настоящее время ЭИЛ используется для:

1. Увеличения твердости, износо-, жаро- и коррозионной стойкости металлических поверхностей.

2. Упрочнение и восстановление деталей машин и инструментов.

3. Снижение склонности к схватыванию поверхностей при трении.

4. Проведение на обрабатываемой поверхности микрометаллургических процессов для образования на ней необходимых химических соединений.

5. Подготовка поверхности для других видов обработки – создания переходных слоев, получения переходной шероховатости.

6. Изменение электрических свойств контактирующих элементов, электро и радиоаппаратов и эмиссионной способности поверхности.

7. Нанесение радиоактивных изотопов и росписи по металлам.

Важной технологической характеристикой процесса ЭИЛ является интенсивность формирования поверхностного слоя, которая зависит от величины энергии разряда, выделяющегося в межэлектродном промежутке и среднего тока источника рабочих импульсов. В процессе обработки возникает необходимость управлять данными параметрами, что осуществляется с помощью изменения режимов. Различные режимы обработки применяются в зависимости от требований предъявляемых к формируемой поверхности: ее чистоте, сплошности, толщине, пористости, а так же допустимой величине переходного слоя. Энергия разряда обычно варьируется в диапазоне от долей до 8...10 Дж, а средний ток от 0,2...0,5А до 50...80А и более. Эти диапазоны обеспечивают проведение как чистовых, так и грубых процессов ЭИЛ.

Чем «мягче» применяемый процесс обработки, то есть, чем меньше энергия разряда, тем меньше толщина нанесенного слоя и его шероховатость. В этом случае имеет место весьма небольшая толщина переходного слоя, а сам нанесенный слой наиболее плотный и поверхность его наиболее чистая. Отсутствие переходного слоя и наличие чистой поверхности имеет иногда решающее значение при выборе режимов обработки, поэтому часто оказывается целесообразным отдавать предпочтение тонким слоям покрытий, нежели толстым, являющимися обычно более пористыми и хрупкими.

К основным преимуществам ЭИЛ можно отнести:

1. Высокую прочность сцепления нанесенного материала с основой .
2. Локальность проведения процесса (обработку можно осуществлять в строго заданных местах радиусом от долей мм и более, не защищая при этом остальную поверхность детали).
3. Возможность использования в качестве легирующих материалов как чистых металлов, так и многих сплавов, металлокерамических композиций, тугоплавких соединений и тому подобное.
4. Отсутствие нагрева или незначительный нагрев детали в процессе легирования, который может изменить ее физико-механические свойства и геометрию
5. Возможность диффузионного обогащения металлической поверхности элементами материала анода.
6. Простота технологического процесса, малогабаритность и транспортабельность оборудования.

Литература:

1. Федотов Г.Д., Бадыков М.М. Электромеханическая обработка поверхностей восстановленных электроимпульсным легированием. АПК: состояние, проблемы, перспективы. Сборник материалов МНПК. Пенза – Нейбрандербург, 2002.
2. Верхотуров А.Д., Муха И.М. Технология электроискрового легирования металлических поверхностей. – Киев, Техніка, 1982, - 181 с.