

Сущность управления образованием регулярных микрорельефов состоит в том, что оно производится за счет варьирования соотношения скоростей движения обрабатываемой детали и деформирующего инструмента. Это соотношение определяет образование регулярного или частично регулярного микрорельефа того и или иного класса, группы, вида, типа и все значения всех их параметров, а также степени перекрытия выдавливаемыми канавками исходными поверхностями.

Основными параметрами режима вибронакатывания являются: усилие обработки P , Н; величина продольной подачи инструмента $S_{пр}$, мм/об; частота вращения детали $\Pi_{дв}$, мин⁻¹; амплитуда колебания рабочего инструмента λ , мм; число двойных ходов рабочего инструмента $\Pi_{дв-х}$; величина эксцентриситета \mathcal{E} , мм; диаметр шара или радиус алмазного выглаживателя R_b , мм.

Таким образом, используя модернизированную виброголовку, можно в широких пределах изменять вышеперечисленные параметры режима вибронакатывания, рассчитать и получить конструктором оптимальный регулярный микрорельеф, необходимый для конкретных условий эксплуатации пар трения, и рекомендовать технологу этот режим при изготовлении и восстановлении деталей машин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Швейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом. 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. - 248с.

УДК 669.715:621.43

МАРТЫНЕНКО А.Д., инженер

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СЛОЕ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКИ (ЭИО)

Так как при ЭИО в качестве электродов используются не только стандартные сплавы но и высоколегированные [1,2], поэтому может оказаться эффективным использование не только хромистых сплавов, но и феррохрома, твердых сплавов. Для проведения исследований по оценке качества формируемого слоя для анода выбрали сплавы (табл.1).

ТАБЛИЦА 1. СОДЕРЖАНИЕ КОМПОНЕНТОВ В ИССЛЕДУЕМЫХ СПЛАВАХ

Материал	Содержание компонентов, %					
	C	Cr	Fe	WC	TiC	Co
Феррохром		73,0	27,0			
Твердый сплав Т15К6				79,0	15,0	6,0
Сплав 30Х13	0,3	13,0	86,7			

Распределение химических элементов оценивали по разработанной методике послойного спектрального анализа. Спектральные линии при наращивании образцов из стали 40X и Ст.3 приведены в табл.2.

ТАБЛИЦА 2. СПЕКТРАЛЬНЫЕ ЛИНИИ ПРИ НАРАЩИВАНИИ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫМ МЕТОДОМ

Материал электрода (1) и образца (2)	Спектральные линии материала наращиваемого слоя, нм	Спектральные линии материала образца, нм
1. Феррохром	Cr 279,21 Fe 275,57	—
2. Сталь 40X	—	Fe 275,57 Cr 279,21 Mn 293,30
2. Ст.3	—	Fe 257,57 Mn 293,30
1. Сплав Т15К6	W 311,30 Ti 308,80 Co 258,03	—
2. Сталь 40X	—	Fe 275,57 Cr 279,21 Mn 293,30
2. Ст.3	—	Fe 275,57 Mn 293,30
1. Сплав 30X13	Fe 275,57 Cr 279,21	—
2. Сталь 40X	—	Fe 275,57 Cr 279,21 Mn 293,30
2. Ст.3	—	Fe 275,57 Mn 293,30

Из приведенных данных видно, что спектры исследуемых элементов, входящих в наращиваемый слой и исследуемый образец в ряде случаев отличаются, что позволит оценить их распределение по глубине и периметру. Следует отметить, что линии вольфрама идентифицировались слабо. Разность почернений линий хрома и железа при наращивании феррохромом и сплавом 30X13 ΔS_{Cr-Fe} составляла 0,30.

Разность почернений при исследовании спектра сплава Т15К6 линий титана и кобальта ΔS_{Ti-Co} составляла 0,60. При изучении кинетики изменения во времени химического состава наращиваемого слоя по значениям почернения спектральных линий строим графические зависимости (рис. 1, а и рис. 2, а).

Поскольку при наращивании феррохромом и сплавом 30X13 имели высокую концентрацию железа как и в образцах из Ст.3 их интенсивность линий и почернения близка, то не оценивали распределение этого элемента.

Анализируя результаты измерений и графических зависимостей следует отметить, что при наращивании образцов из стали 40X слой более однородный по хрому, чем при обработке Ст.3 (почернение изменяется в пределах $\Delta S=0,9-1,6$), что связано в первом случае с поступлением этого элемента в зону дополнительно из материала катода.

Сопоставляя кривые 1 и 2 (рис.1,а) видно, что при использовании в качестве анода феррохрома уровень почернения линий Cr более интенсивный по сравнению с 30X13, однако характер распределения этого элемента по времени анализа имеет идентичный характер, т.е. до 10-20мин. обработки в зоне разряда его концентрация выше, чем при более длительном периоде обработки (в среднем 23,0-28,0%).

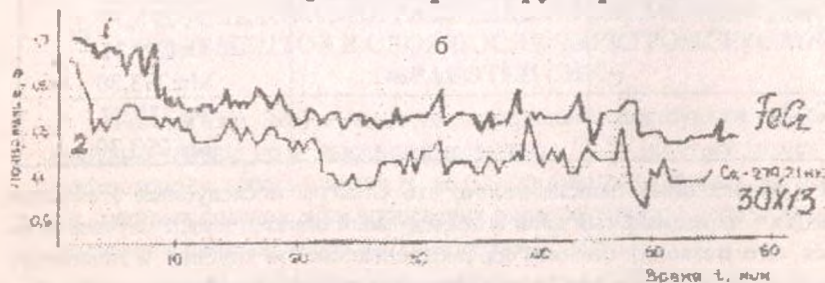
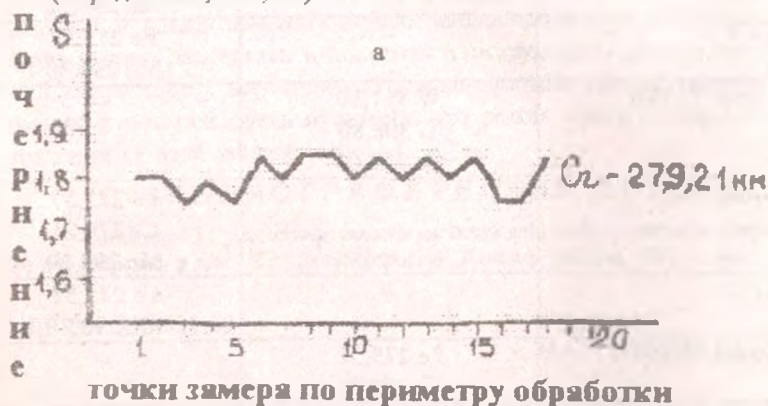


Рис.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ Cr В ОБРАЗЦАХ: а - по глубине слоя; б - по периметру образца.

Анализируя кривые, характеризующие изменение почернения (концентрации) элементов в наращиваемом слое с анодом из сплава T15K6, можно отметить, что снижение содержания титана, кобальта (из анода) и железа, марганца (из катода) происходит через 20-25мин. обработки, а затем стабилизируется (рис.2,а). Такой характер изменения объясняется тем, что в

зону разряда поступают химические элементы не только анода, но и катода. Поэтому отличается в наращиваемом слое железо и марганец. Повышенная концентрация титана и кобальта в первый период обработки связана с тем, что элементы с анода поступают с большей скоростью, чем с катода. Более стабильная и пониженная концентрация элементов анода в наращиваемом слое наблюдается при длительном времени обработки. При этом плотность формируемого слоя существенно снижается.

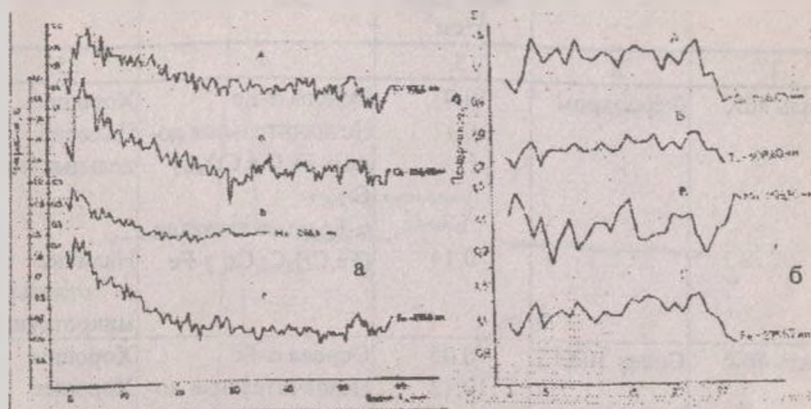


Рис. 2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В НАНЕСЕННОМ СЛОЕ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ОБРАЗЦА АНОДОМ ИЗ Т15К6: а - по глубине слоя, б - по периметру образца

Исследования методом спектрального анализа по периметру обрабатываемого образца показали, что изменения почернения элементов незначительны и не превышают для хрома 5,0% (рис.1,б) при наращивании сплавом 30X13 и для титана достигает 28% (рис.2.б), кобальта - 11% при наращиванием сплавом Т15К6. В случае когда $\Sigma \Delta k$ не превышает $0,1 \text{ г/мм}^2$, то в наращиваемом слое выявляются элементы катода (Fe, Mn) и неравномерность их распределения по периметру образца составляет для железа - 24%, а для марганца 31,0%. Для выявления фазового состава по глубине наращиваемого слоя (в качестве анода - феррохром, сплавы 30X13 и Т15К6) анализировали методом рентгеноструктурного анализа образцы с различным привесом катода (табл. 3).

Из приведенных данных видно, что в случае когда наращенный слой в небольшой и привес катода не превышает $0,05-0,07 \text{ г/см}^2$, то при рентгенографировании выявляется лишь матричная фаза и наращиваемый слой не идентифицируется. С ростом $\Sigma \Delta k$ от $0,11$ до $0,18 \text{ г/см}^2$ доля матричной фазы $\alpha\text{-Fe}$ уменьшается от незначительного количества до полного исчезновения. Вместо $\alpha\text{-Fe}$ выявляется только $\gamma\text{-Fe}$, что по всей вероятности связано с диффузией железа в наращиваемый слой как из матричной фазы (поскольку его нет в сплаве Т15К6), так и наличие его в материале анода при использовании феррохрома и сплава 30X13. Кроме того использование хромистых материа-

лов выявило наличие карбидов цементитного типа $-(Fe,Cr)_3C$ и свободного Cr, а твердого сплава T15K6 - спецкарбидов WC, W_2C , а также W и соединений с азотом - Fe_2N, Fe_4N .

ТАБЛИЦА 3. ФАЗОВЫЙ СОСТАВ НАРАЩИВАЕМОГО СЛОЯ

Материал катода	Материал анода	Величина привеса катода $\Sigma \Delta K$, г/см ³	Фазовый состав	Качество слоя
1.	2.	3.	4.	5.
Сталь 40X	Феррохром	0,07 0,11 0,14	Основа α -Fe Незначительная доля α -Fe $(Fe,Cr)_3C$; Cr, α -Fe не выявляется $(Fe,Cr)_3C$; Cr, γ -Fe	Хорошее Наличие отдельных пор Наличие пор и отдельных микротрещин
Сталь 40X	Сплав 30X13	0,05 0,12 0,18	Основа α -Fe Незначительная доля α -Fe; $(Fe,Cr)_3C$; Cr α -Fe не выявляется γ -Fe; $(Fe,Cr)_3C$; Cr	Хорошее Хорошее Наличие пор и отдельных трещин
Сталь 40X	T15K6	0,05 0,17	основа α -Fe; WC; Fe_2N ; Fe_4N ; W_2C γ -Fe; Fe_4N ; Fe_2N ; WC; W; W_2C	Хорошее Хорошее

При исследовании наращиваемых слоев методом рентгеновской дифрактометрии (рис.3) установлено, что образовавшийся после обработки устенист пересыщен углеродом [4].

Известно, что дефекты кристаллического строения оказывают влияние на положение и форму дифракционных линий. Макронапряжения смещают линии, а микронапряжения вызывают их размытие. Твердые растворы, атомы внедрения и вакансии смещают атомы и приводят к ослаблению отражения и смещению линий. Поэтому рентгено-дифрактометрического анализа чувствительна к изменению кристаллической решетки. На рис.3,а представлены профили дифракционных линий

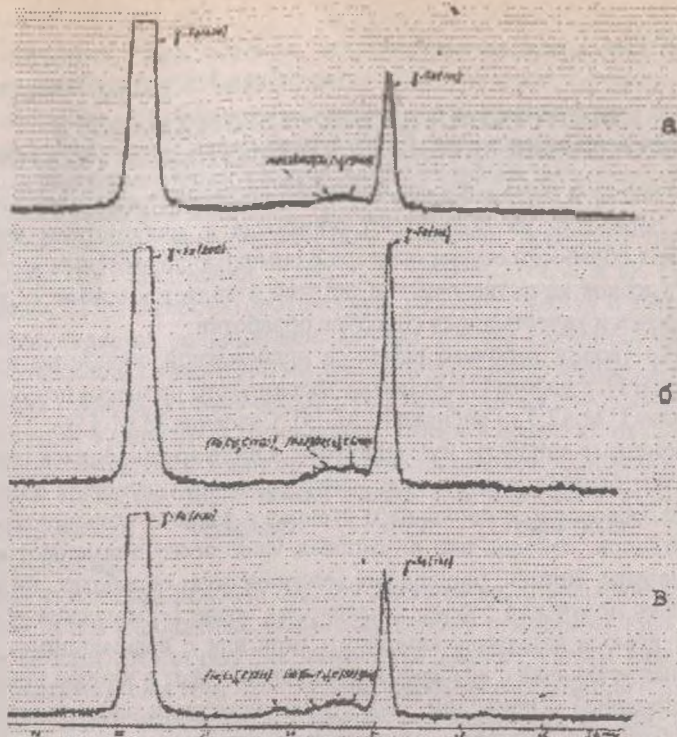


Рис.3. ДИФРАКТОГРАММЫ СЛОЕВ ПОСЛЕ ЭИО СТАЛИ 40X: а - электродом из FeC₆, б - электродом из 30X13; в - электродом из T15K6.

Проведенными исследованиями показано, что концентрация основных легирующих элементов анода в большей мере равномерно распределяется по периметру обрабатываемого образца (изменение концентрации не превышает 5-28%), чем по глубине слоя, где неоднородность их концентрации возрастает в 2-3 раза, особенно в первый период обработки (10-25 мин).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Еган О.М., Разумов В.П. Изменение некоторых характеристик слоя в зависимости от взаимного распределения материалов основы и покрытия при электронно-сродном легировании // Электронная обработка материалов. - 1977. - №4. - С.25-27.
2. Верхотуров А.Д., Анфимов И.С. Распределение вещества электродов в их рабочих поверхностях после электронно-сродного легирования стали переходными металлами 4-6 групп // Физика и химия обработки материалов. - 1978. - №3. - С.93-98.
3. Гитлевич А.Е., Михайлов В.В., Таран Г.Ф. и др. Особенности структурных превращений в поверхностных слоях титановых сплавов при электронно-сродном легировании // Электронная обработка материалов. - 1987. - №4. - С.19-22.
4. Михайлюк А.И., Гитлевич А.Е., Михайлов В.В. и др. Влияние режимов электронно-сродного легирования на структуру и износостойкость железа // Электронная обработка материалов. - 1988. - №4. - С.10-13.