

НАНЕСЕННЯ БАГАТОШАРОВИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ХРОМУ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОІСРОВОЇ ОБРОБКИ

**Автухов А.К., д.т.н., доцент; Мартиненко О.Д., к.т.н., доцент;
Мартиненко В.О., магістр**
(*Державний біотехнологічний університет*)

Одним з перспективних методів відновлення деталей машин з вуглецевих, низьколегованих і легованих матеріалів є метод електроісрової обробки (ЕІО), який забезпечує нарощування зношеного шару до 1,0мм (90% деталей мають такий знос) і не змінює лінійних розмірів і якості серцевини деталей. Оскільки в існуючій практиці довгомірні деталі найчастіше відновлюють залізненням або хромуванням, то пошук ефективного матеріалу анода обмежили тими ж сплавами, з яких виготовлені деталі, а також хромистими - відносно недефіцитними.

Вибір матеріалу електрода [1, 2] нерозривно пов'язаний з матеріалом відновлюваної деталі і вимогами до неї. При цьому, під час обробки, істотний вплив на шар що формується надають не тільки параметри обробки а і хімічний склад анода, який визначає експлуатаційні показники (рівень фізико-механічних властивостей, зносостійкість, схильність до викришування, міцність зчеплення нанесеного шару з металом відновленої деталі). Враховуючи це, розглянули взаємозв'язок сумарного приросту ваги катоду - деталі $\sum_{i=1}^n \Delta k_i$ від енергії імпульсу обробки та матеріалу аноду - електроду.

Для досліджень вибрано сплави на основі заліза з різним вмістом вуглецю та хрому (табл. 1), які використовуються для виготовлення деталей машин.

Обробку проводили за двома режимами: $E = 0,9$ Дж; $E = 3,4$ Дж. Встановлено, що зі збільшенням енергії імпульсів $E_1 \rightarrow E_2$ приріст катода зростає для всіх досліджуваних матеріалів (див. табл. 1).

З наведених даних видно, що сумарна ерозія аноду та додаток ваги катоду при ЕІО мають тенденцію до збільшення в матеріалах, у яких температура плавлення нижче (подібна температура обробки вище), і більшою мірою інтенсифікуються процеси дифузії.

Таблиця 1. Сумарна ерозія аноду і додаток ваги катоду при ЕІО матеріалів сплавом 100Х17 (електрод з вмістом 17,0% Cr та 1,0%С) при кількості проходів n=3

Матеріал Катоду	Енергія імпульсу, Е, Дж	Додаток катоду, $\sum_{j=1}^n \Delta k \times 10^{-2}, \text{г/см}^2$	Ерозія аноду, $\sum_{j=1}^n \Delta a \times 10^{-2}, \text{г/см}^2$
Вуглецеві сталі:			
Ст.3,	0,9	0,5	1,5
	3,4	1,2	3,0
Сталь 45	0,9	0,5	1,5
	3,4	1,2	3,0
Сталь 40Х	0,9	0,6	1,5
	3,4	1,2	3,0
Заевтектонічна сталь:			
ШХ-15	0,9	0,6	1,7
	3,4	1,3	3,1

Обробка з енергією імпульсу $E=3,4\text{Дж}$ меншою мірою впливає на ерозію анода (збільшення не перевищує 8,3%) і додаток катоду (збільшення не перевищує 10,3%) при використанні різних матеріалів. Зі збільшенням енергії імпульсу від 0,9 до 3,4Дж приріст ваги катоду в залежності від оброблюваного матеріалу зростає в 2,0-2,4 рази, ерозія анода в 1,68-2,07 рази.

Відомо, що найбільш якісний шар, що нарощується, досягається при умові, коли використовуються однакові матеріали для анода і катода (коефіцієнти лінійного розширення рівні) [1-3].

Для оцінки структуроутворення та якості покриття провели комплексні дослідження з використанням сучасних методик.

При розробці оптимальних параметрів шару, що нарощується, дуже важливо знати не тільки вплив кожного фактора окремо, але і їх спільний. Відомо, що у ряді випадків взаємний вплив може бути більш значущим, ніж роль кожного чинника окремо.

Для вивчення явища масопереносу та зв'язку між параметрами були визначені залежності сумарної ерозії аноду і додатку ваги катоду при ЕІО в залежності від параметрів обробки.

При фіксованому значенні вмісту вуглецю, зі збільшенням енергії імпульсу при обробці приріст ваги катоду істотно зростає, проте більшою мірою для матеріалів зі зниженою концентрацією хрому. При фіксованому значенні хрому, що дорівнює 30,0% та

різному вмісті вуглецю зі збільшенням енергії імпульсу обробки зростають додаток катоду і ерозія анода. Разом з тим необхідно зазначити, що ерозія аноду і приріст ваги катода зростають з підвищенням концентрації вуглецю при однакових значеннях числа проходів електрода і енергії імпульсу обробки.

Зі збільшенням концентрації вуглецю в електродному матеріалі зростає частка хрупкої карбідної фази, що сприяє інтенсивному зростанню ерозії анода [3].

На підставі цих досліджень підтверджується, що масоперенесення металу з аноду на катод визначається матеріалом аноду, числом проходів електродом та енергією імпульсу.

Для встановлення залежності впливу розглянутих факторів використали метод планування експерименту. Як основні фактори були обрані наступні: концентрація вуглецю - (X1) і хрому - (X2) в металі аноду; енергія імпульсу E - (X3) та число проходів електрода n - (X4). Отримана математична модель має вигляд:

$$Y=0,84-0,38X_1-0,18X_2+0,83X_3+0,73X_4-0,48X_1X_3-0,33X_2X_3+0,32X_4X_3-0,12X_1X_4-0,12X_2X_4+0,62X_1X_2X_3+0,52X_1X_2X_4-0,48X_1X_3X_4-0,28X_2X_3X_4+0,28X_1X_2X_3X_4$$

Максимальний приріст приросту ваги катода досягається при енергії імпульсу і числі проходів на верхній межі значень, а також при концентрації вуглецю і хрому в аноді на - нижньому. При аналізі парних взаємодій видно, що вуглець і хром не впливають на приріст ваги катода, проте їхня роль значно проявляється при спільній взаємодії з технологічними параметрами обробки - E і n. І тут стає мало значимим рівень концентрації цих хімічних елементів. Тому може виявитися ефективним і використання не тільки хромистих сплавів, що містять вуглець і хром, а й ферохрому.

Важлива роль у формуванні якості шару належить числу проходів обробного електрода. Виявлено закономірність, що свідчить про те, що зі збільшенням числа проходів оброблювального електрода зростає мікропористість покриття. З іншого боку, при 1-3 проходах формується дисперсна структура на основі хімічних елементів катоду і аноду.

Зі збільшенням числа проходів оброблюючого електрода частка хімічних елементів катода в шарі практично відсутня, і починають кристалізуватися оксидні фази, а також збільшується кількість скоагульованих і відокремлених карбідних включень.

Зростання мікропор, кількості оксидних фаз на поверхні шару

особливо чітко проглядається після трьох проходів при $E = 3,4$ Дж. У цьому випадку за рахунок розкладання оксидних фаз при наступних проходах електроду формуються пори, що призводить до крихкості покриття.

При формуванні шару з числом проходів більше трьох проявляється кристалізація неоднорідної структури.

Як показали дослідження, використання в якості електродів матеріалів з вмістом вуглецю 1,5-2,5% і хрому 10,0-15,0% не доцільно вибирати число проходів електроду понад 2-3х. За такого обмеження забезпечується достатній приріст катода. Чим вище концентрація вуглецю та хрому, тим раніше проявляється ефект "граничного шару".

Висновок. Дослідженнями встановлено, що зі збільшенням енергії імпульсу від $E=0,9$ Дж до $E=3,4$ Дж приріст катода зростає в 2,0 2,4раза, а ерозія анода - в 1,68 2,07раза. При цьому суммарна ерозія анода і приведення катода при ЕЮ у випадку, якщо вони виготовляються з одного матеріалу, мають тенденцію до збільшення в сплавах з найбільш високою подібною температурою.

Максимальний додаток катоду при ЕЮ досягається при впливі кожного фактора в окремоті: енергія імпульсу $E=3,4$ Дж; число проходів $n=6$; концентрація хрому - 10% та вуглецю - 0,5%.

Список використаних джерел

1. Электродные материалы для электроискрового легирования. /Верхотуров А.Д., Подчерняева И.А., Прядко Л.Ф., Егоров Ф.Ф. - М.: Наука, 1988. - 224с.

2. Лазаренко Н.И., Лазаренко Б.Р. Электроискровое легирование металлических поверхностей // Электронная обработка материалов.

3. Мартыненко А.Д., Скобло Т.С., Сидашенко А.И. Исследование влияния химического состава анода на величину и качество слоя, восстановленного электроискровым методом. // Сб. науч. тр.: Повышение надежности восстанавливаемых деталей машин: - Харьков: ХГТУСХ, 1997. – С.75-81.

4. Влияние химического состава и пластической деформации на склонность к графитизации высокоуглеродистых сплавов / Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Мартыненко А.Д. и др. // Сб. науч. тр.: Повышение надежности восстанавливаемых деталей машин. – Харьков: ХГТУСХ, 1996. - С.56-62.