

## ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭИО ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

*В.Г. Фомин, 4 курс, Рузаевский институт машиностроения (филиал)  
 Научный руководитель – к.т.н. С.П. Сульдин  
 Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва*

Для снижения интенсивности изнашивания деталей, образующих прецизионные пары трения, необходимо изменять их физико-механические свойства, в частности повышать твердость и снижать коэффициент трения контактирующих поверхностей.

Для реализации данной задачи наиболее подходящим методом является электроискровая обработка (ЭИО), которая позволяет локально наносить металлопокрытия необходимой толщины с заданными физико-механическими свойствами.

Поиск рациональных технологических режимов механизированной ЭИО изношенной цапфы шестерён связан с требованиями обеспечения необходимой толщины нанесенного слоя ( $h$ ) и его микротвердости ( $H_\mu$ ). Функции  $h$  и  $H_\mu$  зависят от многих переменных, которые носят как качественный, так и количественный характер:

$$h; H_\mu = f(S_{эл}, m, d_{эл}, n_d, n_{эл}, M_d, M_{эл}, W, \dots) \quad (1)$$

где  $S_{эл}$  - подача электрода,

$m$  – число проходов электрода,

$d_{эл}$  - диаметр электрода,

$n_{об}$ ;  $n_{эл}$  - соответственно, число оборотов в минуту детали (образца) и электрода,

$M_d$ ,  $M_{эл}$  - соответственно материал детали и электрода,

$W$  – энергия единичного искрового разряда.

Параметры  $S_{эл}$ ,  $d_{эл}$ ,  $n_d$ ,  $n_{эл}$ ,  $W$  имеют размерный характер, а остальные - качественный и безразмерный.

Для конкретных фиксированных значений параметров  $m$ ,  $M_d$ ,  $M_{эл}$ ,  $n_{эл}$ , функция (1) может быть записана в виде:

$$h; H_\mu = f(S_{эл}, d_{эл}, n_d, W) \quad (2)$$

Как следует из формулы (2) определяющими факторами толщины и микротвердости наплавленного слоя, для конкретных сочетаний материалов электрода и детали, являются – подача и диаметр электрода, частота вращения детали, а также энергия единичного искрового разряда.

Для определения степени влияния каждого фактора на толщину и качество наплавленного покрытия использованы методы статистического моделирования, математической моделью для которых является преобразованное уравнение (2) в виде:

$$\begin{aligned} \ln h &= \ln b_0 + b_1 \ln S_{эл} + b_2 \ln d_{эл} + b_3 \ln n_d + b_4 \ln W \\ \ln H_\mu &= \ln b_0 + b_1 \ln S_{эл} + b_2 \ln d_{эл} + b_3 \ln n_d + b_4 \ln W \end{aligned} \quad (3)$$

Для определения коэффициентов уравнения (3) использовался полный факторный эксперимент типа  $2^4$ .

Оптимизация полученных математических моделей позволяет выбрать область технологических режимов электроискровой наплавки цапф шестерен, при которой одновременно выполняются следующие условия:

- толщина нанесенного слоя  $h \geq h_n$ ;
- микротвердость слоя  $H_\mu \rightarrow \max$ . (4)

где  $h_n$  – необходимая нормативная толщина слоя металлопокрытия.

Многофакторный корреляционный, дисперсионный и регрессионный анализ полученных экспериментальных данных по ЭИО позволил получить математические модели связи толщины и микротвердости слоя металлопокрытия, нанесённого на изношенные поверхности цапф шестерён, с технологическими режимами ЭИО.

Модель влияния факторов с двойной связью на толщину слоя имеет следующий вид:

$$h = \frac{e^{4,78} \cdot W^{(0.254-0.073 \ln n_d - 0.042 d_{эл})} \cdot S_{эл}^{(0.086 \ln d_{эл} - 0.0128)}}{n_d^{(0.09 \ln d_{эл} - 0.077)} \cdot d_{эл}^{(0.66-0.019 \ln S_{эл} \cdot n_d \cdot d_{эл})}} \quad (5)$$

Анализ выражения (5) показывает, что на толщину покрытия значительно влияют энергия единичного искрового разряда  $W$ , продольная подача электрода  $S_{эл}$ , частота вращения детали  $n_d$ , диаметр электрода  $d_{эл}$ , а так же парные взаимодействия  $W$  и  $S_{эл}$ ,  $W$  и  $d_{эл}$ ,  $S_{эл}$  и  $d_{эл}$ , а также  $W n_d S_{эл} d_{эл}$ . Таким образом, члены модели (5) по значимости эффектов располагаются следующим образом:  $d_{эл}$ ,  $S_{эл} d_{эл}$ ,  $W d_{эл}$ ,  $n_d d_{эл}$ ,  $W$ ,  $W n_d S_{эл} d_{эл}$ ,  $W d_{эл}$ ,  $n_d$ ,  $S_{эл}$ .

Модель влияния факторов с двойной связью на микротвердость слоя имеет следующий вид:

$$H_\mu = \frac{e^{8.597} \cdot W^{(0.044-0.017 \ln d_{эл})} \cdot n_d^{(0.011 \ln d_{эл} - 0.011)}}{S_{эл}^{(0.012+0.01 \ln d_{эл})} \cdot d_{эл}^{(0.011+0.01 \ln S_{эл} + 0.147 \ln d_{эл} \cdot S_{эл} \cdot n_d)}} \quad (6)$$

Оценка коэффициентов влияния показала, что наибольшее влияние на микротвёрдость металлопокрытия оказывает энергия единичного искрового разряда  $W$ , продольная подача электрода  $S_{эл}$ , частота вращения детали  $n_d$ , диаметр электрода  $d_{эл}$  и сочетание факторов  $W d_{эл}$ ;  $S_{эл} d_{эл}$ ;  $n_d d_{эл}$  и  $W S_{эл} n_d d_{эл}$ .

Корреляционный анализ показывает, что дисперсия параметров оптимизации на 95,73% для толщины и 92,18% для микротвердости определяют факторы, включенные в исследования.

Оптимизация математических моделей (5) и (6) при выполнении условия (4) позволила определить рациональные технологические режимы ЭИО цапф шестерен (сталь 18ХГТ):

– наибольшая толщина наплавленного слоя металлопокрытия ( $h=192$  мкм.) достигается на следующих режимах электрод - сталь 85: энергетический режим генератора «Элитрон-22Б» - Р- 5 (рабочий ток  $I=3,8$  А, энергия разряда  $W=1,66$  Дж),  $S_{эл} = 1,31$  мм/мин,  $n_d = 11,5$  мин<sup>-1</sup>,  $d_{эл}=3,5$  мм.

– наибольшая микротвёрдость наплавленного слоя ( $H_{\mu}^{P.3.} = 5844$  МПа) металлопокрытия достигается на следующих режимах электрод - сталь 85: Р- 5 ( $I=3,8$  А,  $W=1,66$  Дж),  $S_{эл} = 1,11$  мм/мин,  $n_d = 11,9$  мин<sup>-1</sup>,  $d_{эл}=3,46$  мм.

Исследование микротвёрдости покрытий, образованных на цилиндрических поверхностях цапф шестерен, показало, что при нанесении стали 85 на режимах обеспечивающих максимальную толщину металлопокрытия, микротвердость в рабочей зоне  $H_{\mu}^{P.3.} = 5586$  МПа, при использовании режимов позволяющих получить наибольшую микротвёрдость  $H_{\mu}^{P.3.} = 5844$  МПа (исходная микротвердость  $H_{\mu} = 4497,215$  МПа).

Литература:

1. Адлер А.А., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1971 - 284с.

2. Верхотуров А.Д., Муха И.М. Технология электроискрового легирования металлических поверхностей. - Киев: Техніка, 1982. - 181 с.

3. Бурумкулов Ф.Х., Величко С.А., Ионов П.А. Нанесение слоя металла на поверхности детали искровым электрическим разрядом. В кн.: Современные технологии, средства механизации и технического обслуживания в АПК. Сборник научных трудов всероссийской научно - технической конференции. - Саранск: Красный Октябрь, 2002. - С. 223-236.

---

УДК 631.3.004.67

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЭИО**

*К.Г. Фомин, 4 курс, Рузаевский институт машиностроения (филиал)*

*Научный руководитель – к.т.н. С.П. Сульдин*

*Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва*

Для выбора электродов и технологических режимов электроискровой обработки (ЭИО) при восстановлении корпуса насоса изготовленного из алюминиевого сплава АЛ11 были поставлены целевые эксперименты по оценке кинетики изменения толщины покрытия, микротвердости и сплош-