

Для расчета величины S/S_I воспользуемся моделью элементарной ячейки. Тогда величина S_{II} в пределах такой ячейки изменяется от $S_{I \text{ min}} = D_1^2 - \pi/4 D_1^2$ до $S_{I \text{ max}} = D_1^2$. Для характеристики всей зоны перекрытия возьмем среднее значение этой величины $S_{I \text{ до}} = D_1^2 - \pi/8 D_1^2$. Тогда $\frac{S}{S_I} = \frac{1}{1 - \pi/8}$.

На основе разработанного авторами статьи программного комплекса «Порошковые фильтрующие материалы», была построена компьютерная модель двухслойного порошкового фильтра с учетом зоны перекрытия слоев.

На рис. 1.а. представлена зависимость $K_{\text{эф}}(D_2)$ для h_{II} равных $D_1, 2D_1, 3D_1, 4D_1$ соответственно, при $D_1 = 100$ мкм. На рис. 1.б. зависимость $K_{\text{эф}}(h_{II})$ для D_2 равных $0,1D_1, 0,2D_1, 0,3D_1, 0,4D_1$, при $D_1 = 100$ мкм.

Моделирование процесса восстановления деталей машин с применением гибкого производственного модуля на постоянных магнитах

Кожуро Л. М., докт. техн. наук, проф., **Миранович А. В.,** **Тризна В. В.,**
БГАТУ, г. Минск

Восстановление и упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственного производства путем наплавки износостойких покрытий на поверхность последних является актуальной задачей. Для нанесения покрытий на поверхности деталей с применением гибкого производственного модуля (ГПМ) на постоянных магнитах использовался метод электромагнитной наплавки (ЭМН). Электромагнитные потоки энергии наиболее технологичны, легко управляемы и позволяют эффективно использовать ресурсо-энергосберегающие процессы.

С целью обеспечения заданных эксплуатационных свойств поверхностей деталей выполнены исследования с применением математического планирования эксперимента, которые проводили с использованием ГПМ на постоянных магнитах.

Анализ априорной информации и проведенные ранее исследования показали, что процесс ЭМН достаточно полно описывается статистическими моделями второго порядка, полученными по матрице центрального композиционного рототабельного униформ плана (ЦКРУП).

В качестве параметра оптимизации наплавки износостойких покрытий взят параметр - производительность процесса Q .

Независимыми переменными приняты следующие факторы: плотность разрядного тока i , А/мм²; величина рабочего зазора δ , мм; скорость подачи

S, мм/об; окружная скорость заготовки V, м/с; расход ферромагнитного порошка q, г/с·мм².

Постоянными взяты факторы: магнитная индукция в рабочем зазоре B=0,9 Тл; размер зерен ферромагнитного порошка Δ= 240...320 мкм; расход рабочей жидкости q=0,4·10⁻³ дм³/(с·мм²), СОЖ – 50%-й раствор товарного эмульсола Э2 в воде, ферромагнитный порошок Fe-2%V.

С учетом известных работ установили условия проведения эксперимента для получения математической модели нанесения износостойких покрытий ЭМН (таблица). Все опыты рандомизировались во времени при помощи таблицы случайных чисел.

Обработка результатов экспериментов, полученных по матрице ЦКРПУ второго порядка, с использованием прикладной программы Excel пакета MS Office, работающей в среде Windows, позволила получить математическую модель, устанавливающую зависимость исследуемого параметра Q от технологических факторов и определить оптимальный режим нанесения износостойкого покрытия:

$$Y=Q=2,822-1,005 \cdot X_1+1,962 \cdot X_2-4,448 \cdot X_3-26,324 \cdot X_4-0,723 \cdot X_5-0,395 \cdot X_1 X_2+1,024 \cdot X_1 X_3+5,975 \cdot X_1 X_4+0,468 \cdot X_1 X_5-0,596 \cdot X_2 X_3-3,181 \cdot X_2 X_4-0,356 \cdot X_2 X_5+16,251 \cdot X_3 X_4+0,910 \cdot X_3 X_5+6,327 \cdot X_4 X_5-0,101 \cdot X_1^2-0,029 \cdot X_2^2-1,521 \cdot X_3^2-39,752 \cdot X_4^2-0,141 \cdot X_5^2.$$

Таблица. Условия проведения опытов

Уровень факторов	Технологические факторы				
	i, А/мм ²	δ, мм	S, мм/об	V, м/с	q, г/(с·мм ²) · 10 ⁻³
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
Основной (0)	1,80	2,00	0,25	0,06	2,55
Верхний (+1)	2,20	2,50	0,35	0,08	3,00
Нижний (-1)	1,40	1,50	0,15	0,04	2,10
Звездная точка (+α)	2,60	3,00	0,45	0,10	3,45
Звездная точка (-α)	1,00	1,00	0,05	0,02	1,65
Интервалы варьирования:					
основной	0,40	0,50	0,10	0,02	0,45
по α	0,80	1,00	0,20	0,04	0,90

Выявлено, что все коэффициенты регрессии значимы с 95%-й вероятительной вероятностью по критерию Стьюдента. Также установлено, что математическая модель адекватна при 5%-м уровне значимости по критерию Фишера.

Установлено, что технологические факторы по степени влияния на параметр Q располагаются в следующий ряд: $V \rightarrow S \rightarrow \delta \rightarrow g \rightarrow i$. Определен следующий оптимальный режим нанесения износостойкого покрытия с применением ГПМ на постоянных магнитах: $V=0,05$ м/с; $S=0,17$ мм/об; $\delta=2,00$ мм; $q=2,65 \cdot 10^{-3}$ г/(с·мм²); $i=1,70$ А/мм².

Моделирование процесса упрочнения деталей машин комбинированной обработкой

Кожуро Л. М., докт. техн. наук, проф., Тризна В. В., Миранович А. В.,
БГАТУ, г. Минск

В настоящей работе исследуется комбинированный метод упрочнения деталей сельскохозяйственного производства с использованием электромагнитной наплавки (ЭМН) и электромеханического упрочнения (ЭМУ). Данная технология представляет собой формирование высокоизносостойкого покрытия методом ЭМН и последующей термомеханической обработкой, заключающейся в совместном действии механического давления шапrikового накатника и тепловой энергии, возникающей за счет электрического сопротивления при прохождении постоянного электрического тока в зоне контакта накатник-заготовка.

Проведенные ранее исследования показали, что процесс достаточно полно описывается статистическими моделями второго порядка, полученными по матрице центрального композиционного ротatableного униформного плана (ЦКРУП).

Учитывая вид и уровень оптимизации, в качестве параметра оптимизации ЭМН с ЭМУ взята производительность процесса Q .

Независимыми переменными были приняты основные факторы технологического режима: сила разрядного тока I , А; магнитная индукция в рабочем зазоре B , Тл; окружная скорость заготовки v , мм/с; скорость подачи s , мм/с; усилие деформирования P , кН.

Постоянными приняты следующие технологические факторы: рабочий зазор $\delta=2,5$ мм; толщина слоя пасты $\delta_1=1,5$ мм; состав пасты: ферромагнитный порошок Fe-2%V с размером зерен $\Delta=240 \dots 320$ мкм – 50 %; эпоксидная смола ЭДП – 35 %; жидкое стекло – 15 %.

Условия проведения эксперимента приведены в таблице. Все опыты рандомизировались во времени при помощи генератора случайных чисел.

Обработка результатов экспериментов по матрицам ЦКРУП второго порядка с использованием прикладной программы Excel пакета MS Office, работающего в среде Windows, позволила получить математическую модель, определяющую зависимость исследуемого параметра от технологических факторов КМ ЭМН с ЭМУ: