

$\sigma_s = 798$ МПа, $\sigma_{0,2} = 671$ МПа, $\delta = 12$ %, $\psi = 48$ %. Данное снижение механических характеристик может быть связано с фиксированием в процессе закалки с 1100 °С остаточного аустенита.

УДК 621.793

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛОШНОСТИ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКОЙ

Л. М. Акулович, А. В. Миранович, О. Н. Ворошухо

Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск

Известно [1], что для обеспечения стабильности процесса электромагнитной наплавки (ЭМН) необходима согласованность во времени частоты и фазы следования импульсов напряжений электромагнита (ЭМ) и источника технологического тока (ИТТ). Для достижения этой согласованности требуются электромагнитные системы (ЭМС) со сложной системой управления. Альтернативой решения данной проблемы является применение постоянных магнитов (ПМ) в рабочей зоне (РЗ) устройств ЭМН, позволяющих управлять качеством формируемых покрытий.

Целью проведенных экспериментальных исследований являлось установление рациональных значений величин индукции постоянного магнитного поля (ПМП) в РЗ и плотности разрядного тока, определяющих качество формирования покрытий. для этого была разработана и изготовлена экспериментальная установка (рис. 1), позволяющая исследовать параметры внешнего магнитного поля (величину и характер распределения магнитной индукции в РЗ) варьированием различными формами и геометрическими размерами постоянных магнитов относительно обрабатываемой поверхности изделия [2].

При проведении экспериментов использовался центральный композиционный ротатабельный униформ-план (ЦКРУП) второго порядка. Исследуемым параметром принята сплошность покрытий g , от значений которой зависит средняя площадь опорной поверхности покрытия. Предварительная оценка сплошности покрытий выполнялась визуально с использованием лупы 4 – 7-кратного увеличения, точная – по фотографиям шлифов поперечного среза.

Независимыми переменными были технологические факторы – величина магнитной индукции в рабочем зазоре B_3 и плотность разрядного тока i , оказывающие основное влияние на величину электродинамических сил, действующих на частицы ферромагнитного порошка (ФМП) в РЗ. По-

стоянные факторы: рабочий зазор $\delta_n = 2,0$ мм; размер зерен ФМП $\Delta = 240 \dots 320$ мкм; скорость вращения образцов $v = 0,05$ м/с; расход ФМП (Fe – 2 % в ГОСТ 9849-86) $q = 2,8 \cdot 10^{-3}$ г/(с·мм²); расход РЖ (эмульсол Э-26) $q = 2,0 \cdot 10^{-3}$ дм³/(с·мм²); длина полюсных наконечников $r_n = 15$ мм; форма постоянного магнита – прямоугольная с габаритными размерами 100×80×40 мм, материал – ЮНДК18. Значения величины магнитной индукции в РЗ обеспечивались изменением расстояния между магнитотвердым материалом и образцами [2]. В качестве ИТТ применялся сварочный аппарат модели invertec v 270 t (на рис. 1 не показан).

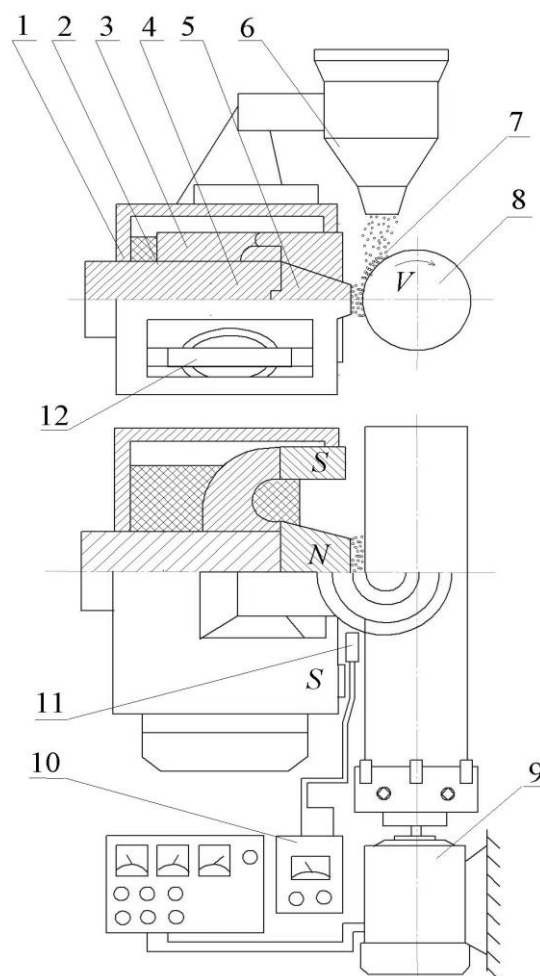


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

1 – корпус; 2 – основание; 3 – постоянный магнит; 4 – сердечник; 5 – сменный полюсный наконечник; 6 – контейнер; 7 – ФМП; 8 – изделие; 9 – электродвигатель; 10 – тесламетр Т-10/1; 11 – датчик холла; 12 – крепление корпуса

С учетом работы [3] установили условия проведения экспериментов (табл. 1), опыты которых рандомизировались во времени при помощи таблицы случайных чисел.

Обработка результатов экспериментов, полученных по матрице ЦКРУП второго порядка, с использованием прикладной программы Excel пакета MS Office, работающей в среде Windows, позволила получить статистическую модель в нормированном виде, определяющую зависимость

сплошности покрытий G от основных характеристик магнитного и электрического полей B_3 и i :

$$Y = 90,990 + 6,286 \cdot X_1 + 4,245 \cdot X_2 - 2,417 \cdot X_1 \cdot X_2 - 2,366 \cdot X_1^2 - 0,573 \cdot X_2^2.$$

Таблица 1

Условия проведения опытов

Уровень факторов	Технологические факторы	
	$i, \text{А/мм}^2$	$B_3, \text{Тл}$
	x_1	x_2
Основной (0)	1,8	0,5
Верхний (+1)	2,4	0,7
Нижний (-1)	1,2	0,3
Звездная точка (+ α)	2,6	0,8
Звездная точка (- α)	1,0	0,2
Интервалы варьирования:		
основной	0,6	0,2
по α	0,8	0,3

Выявлено, что все коэффициенты регрессии значимы с 95 %-ной доверительной вероятностью по критерию Стьюдента. Также установлено, что статистическая модель адекватна при 5 %-ном уровне значимости по критерию Фишера.

Графическое отображение модели представлено одномерными сечениями функции отклика Y в двумерной системе координат (рис. 2).

Анализ статистической модели показывает, что по степени влияния на сплошность покрытий в порядке убывания значимости факторы можно расположить в последовательности G : B_3 (59,7 %) \rightarrow i (40,3 %).

Проанализировав зависимости (рис. 2), можно сделать вывод, что для магнитной индукции в рабочем зазоре B_3 и плотности разрядного тока i рациональными являются диапазоны, при которых удовлетворяются следующие условия: $0,65 < B_3 < 0,75$ Тл и $1,80 < i < 1,95$ А/мм².

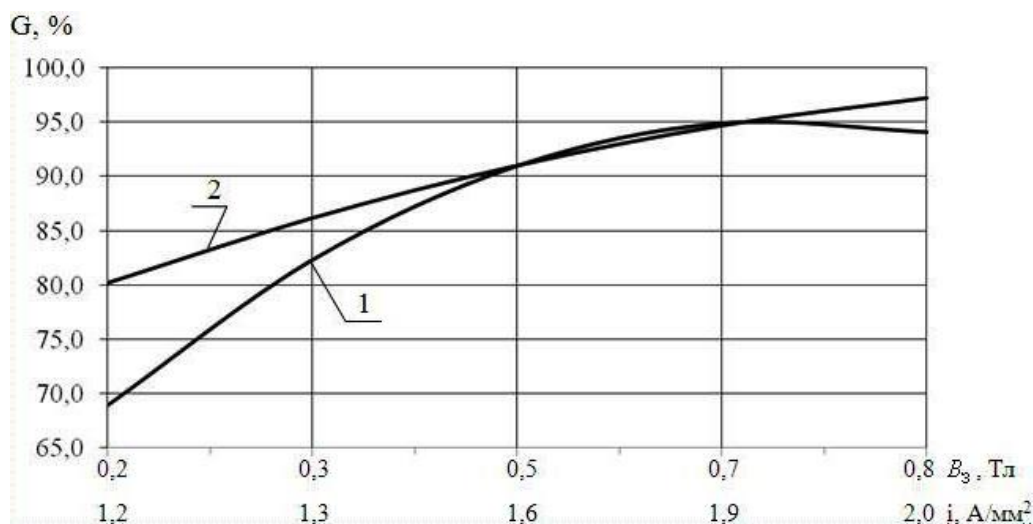


Рис. 2. Зависимость сплошности покрытий G от величины магнитной индукции в рабочем зазоре 1 и плотности разрядного тока 2

На основании технологических ограничений и с применением прикладной программы Mathcad, работающей в среде Windows, установлены рациональные значения величин магнитной индукции в РЗ и плотности разрядного тока. Результаты выполненных расчетов показывают, что обеспечивается оптимальная сплошность покрытий, равная 95,1 %, при $B_z = 0,7$ Тл и $i = 1,95$ А/мм² при высоте рабочего торца полюсного наконечника 5,7 мм и угле охвата $\alpha = 12^\circ$. Процесс ЭМН идет стабильно с формированием покрытия, состоящего из плотно расположенных точечных вкраплений.

Литература

1. Акулович, Л.М. Об устойчивости электромагнитной наплавки / Л.М. Акулович, А.В. Миранович, А.В. Линник // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: ГУ ВПО «Белорусско-российский университет», 2012. – С. 98 – 100.
2. Миранович, А.В. Установка для электромагнитной наплавки поверхностей деталей машин / А.В. Миранович, Ж.А. Мрочек, Л.М. Кожуро // Вест. БНТУ. – 2005. – № 2. – С. 30 – 33.
3. Лялякин, В.П. Ресурсосберегающие технологии восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственных машин и оборудования / В.П. Лялякин // Технология машиностроения. – 2003. – № 3. – С. 33 – 38.