

УДК 621.762

**ЗАВИСИМОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
СЛОИСТОГО МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА
С ДИСПЕРСНЫМ ПОРОШКОВЫМ СЛОЕМ ОТ РЕЖИМОВ
ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ**

Ю. Л. Бобарикин, А. Н. Швецов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Определены оптимальные режимы процесса электроимпульсной обработки для достижения требуемого уровня технологических свойств слоистого композита: среднее абсолютное обжатие материала при предварительном формовании и спекании – 1,65–1,86 мм; скорость вращения валков-электродов – 0,8–0,9 м/мин; сила тока спекания – 19 кА.

Ключевые слова: слоистый металлополимерный материал, режимы электроимпульсной обработки.

**DEPENDENCE OF TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF LAYERED
METAL-POLYMER MATERIAL WITH DISPERSED POWDER LAYER
ON THE MODES OF ELECTRIC PULSED PROCESSING**

Yu. L. Bobarikin, A. N. Shvetsov

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

Optimal modes of the process of electric pulse processing for achieving the required level of technological properties of the layered composite were determined: average absolute compression of the material during preliminary molding and sintering – 1.65–1.86 mm; speed of rotation of the roller electrodes – 0.8–0.9 m/min; sintering current – 19 kA.

Keywords: layered metal-polymer material, electric pulse processing modes.

Одним из перспективных методов нанесения износостойких порошковых покрытий является метод электроимпульсного спекания [1–3]. Он заключается в электроконтактном припекании порошкового материала в виде композиционного слоя к поверхности стальной полосы. В зону припекания порошок подается в свободно насыпанном состоянии, где он одновременно спекается в слой покрытия и припекается к поверхности полосы. Полосы с покрытием используются для дальнейшего изготовления из них подшипников скольжения различных конструкций. Основными преимуществами этого метода являются: высокая производительность, низкая энергоемкость, возможность получения спеченных изделий с незначительной пористостью. Основная проблема этой технологии заключается в достижении требуемых прочностных свойств слоистого композита в зависимости от технологических режимов. Прочностные свойства слоистого композита определяются величиной угла его перегиба, при котором наступает разрушение композиционного слоя.

Цель исследований – получение зависимости технологических свойств слоистого композита с дисперсным порошковым слоем от режимов электроимпульсной обработки.

Получение слоистого композита состоит из следующих этапов:

1. Подготовка поверхности полосы-подложки. Для увеличения адгезионного взаимодействия «сырого» слоя и полосы-подложки, а также исключения применения специ-

альных флюсов при спекании полоса-подложка подвергается механической обработке. На ней создается с помощью металлических щеток шероховатость ($Rz\ 60$).

2. Предварительное формование. На стальную полосу-подложку насыпается слой порошковой ихты и прокатывается между двумя прокатными валками на прокатном стане. Для обеспечения точной дозировки шихты используется дозирующее устройство. Метод предварительного формования позволяет избежать выноса ферромагнитных порошков из зоны контакта при последующем спекании, так как ферромагнитные включения находятся в спрессованном состоянии.

3. Электроимпульсное пекание. Полоса с «сырым» слоем прокатывается между двумя прокатными валками-электродами, подключенными к сварочному трансформатору. Эта операция обеспечивает спекание «сырого», предварительно спрессованного порошкового слоя и одновременно его припекания к поверхности стальной полосы.

4. Калибровка прокаткой. Завершающей операцией является калибровка путем прокатки полосы в размер.

В качестве материала композиционного слоя для проведения экспериментов по данной технологии использован композиционный материал, включающий в себя порошковые компоненты: 70 мас. % Fe, 7–10 мас. % Cu, 5–10 мас. % Ni, 5–10 мас. % Sn и 10–15 мас. % омедненного графита.

Методика проведения исследований. Для определения оптимальных технологических режимов получения композиционного слоя на металлической матрице с ферромагнитными порошковыми компонентами использован статистический метод планирования многофакторного эксперимента [4]. В качестве исследуемой функции отклика был выбран качественный критерий – проверка на адгезию композиционного слоя с полосой-подложкой методом перегиба (α°) и визуальная оценка отсутствия выноса ферромагнитных компонентов из зоны формирования покрытия, а в качестве варьируемых факторов – параметры технологического процесса: среднее абсолютное обжатие при предварительном формовании и спекании (X_1); скорость вращения валков-электродов (X_2); и сила тока спекания (X_3).

Исследовались образцы с материалом полосы-подложки – сталь 08 кп, шириной полосы 15 мм и уровнем насыпки порошковой шихты 2 мм. Электроимпульсное спекание проводилось при постоянном давлении 200 МПа, обеспечивающем плотный электроконтакт.

Предварительно методом «крутого восхождения» с учетом технических характеристик экспериментальной установки была экспериментально определена область изменения интервалов варьирования. Дальнейшее исследование совместного влияния варьируемых факторов X_1 , X_2 , X_3 на качество адгезии композиционного слоя с полосой подложкой проводилось с помощью метода рототабельного планирования второго порядка.

Согласно рототабельному плану эксперимента было проведено 20 опытов, каждый из которых осуществлялся трижды.

Для проверки однородности дисперсий параллельных опытов использовался критерий Кохрена. Гипотеза об однородности дисперсий была подтверждена при уровне значимости $\alpha = 0,05$, что позволяет использовать регрессионный анализ и провести статистическую обработку полученных результатов эксперимента. Проверка адекватности математической модели проводилась с помощью F-критерия Фишера для уровня значимости $\alpha = 0,05$.

Полученные результаты. После обработки экспериментальных данных и с учетом значимости коэффициентов уравнения регрессии, которая проверялась по t -критерию Стьюдента для уровня значимости $\alpha = 0,05$, было получено уравнение регрессии, отражающее влияние факторов на исследуемую функцию:

$$\alpha^0 = -1562,05 + 1526,8X_1 - 1817,2X_2 + 78,7X_3 + 83,3X_1X_2 - 4,8X_1X_3 + \\ + 16,7X_2X_3 - 366,9X_1^2 + 757,3X_2^2 - 1,9X_3^2.$$

На основании анализа уравнения можно сделать следующие выводы: адгезия композиционного слоя с полосой-подложкой зависит от среднего абсолютного обжатия материала при предварительном формовании и спекании X_1 , скорости вращения валков-электродов X_2 и силы тока спекания X_3 по квадратичной зависимости.

Анализ результатов эксперимента позволяет определить режимы процесса, обеспечивающие угол перегиба 180° до проявления трещинообразования в композиционном слое, который на основании экспериментальных данных является достаточным условием отсутствия разрушения после последующей штамповки подшипников скольжения из получаемого полосового материала.

После анализа результатов математического планирования эксперимента и на основании проведенных экспериментов можно определить следующие оптимальные режимы процесса, обеспечивающие угол перегиба 180° :

1. Среднее абсолютное обжатие материала при предварительном формовании и спекании: 1,65–1,86 мм.
2. Скорость вращения валков-электродов: 0,8–0,9 м/мин.
3. Сила тока спекания: 19 кА.

Л и т е р а т у р а

1. Ковтун, В. А. Триботехнические покрытия на основе порошковых медно-графитовых систем / В. А. Ковтун, Ю. М. Плескачевский. – Гомель : ИММС НАН Беларуси, 1998 – 148 с.
2. Ярошевич, В. К. Электроконтактное упрочнение / В. К. Ярошевич, Я. С. Генкин, В. А. Верещагин. – Минск : Наука и техника, 1982. – 250 с.
3. Дорожкин, Н. Н. Получение покрытий методом припекания / Н. Н. Дорожкин, Т. М. Абрамович, В. И. Жорник. – Минск : Наука и техника, 1980. – 176 с.
4. Тихомиров, В. Б. Планирование и анализ эксперимента / В. Б. Тихомиров. – Москва : Легкая индустрия, 1974. – 262 с.

УДК 539.213.27+539.25

СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ MgO, ЛЕГИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ МЕТАЛЛОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

С. М. Э. Эльшербини, М. Ф. С. Х. Аль-Камали, А. А. Бойко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Разработана технологическая схема формирования сорбентов для очистки сточных вод от нефтепродуктов на основе оксида магния с добавлением НЧ металлов. Исследовано влияние легирующих элементов – оксидов цинка и железа – на структурные особенности получаемых материалов. Результаты показывают, что каркас ксерогеля формируется из агрегированных первичных частиц, покрытых наночастицами оксидов легирующих элементов,