

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НА АДГЕЗИЮ ПОРОШКОВОГО ПОКРЫТИЯ К СТАЛЬНОЙ ПОЛОСЕ ПРИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

А.Н. Швецов

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

Научный руководитель Бобарикин Ю.Л.

Одна из основных проблем, общая для всех областей техники, – повышение надежности и долговечности машин, механизмов и приборов. Главной причиной выхода из строя машин, сокращения срока их службы является износ. Большинство вопросов, решающих эту проблему, связано с устранением износа путем применения специальных покрытий, имеющих высокую износостойкость. Особое место занимают порошковые композиционные материалы и покрытия, позволяющие получать широкий диапазон эксплуатационных свойств.

Одним из перспективных методов нанесения износостойких порошковых покрытий является метод электроимпульсного спекания. Он заключается в электроконтактном припекании порошкового материала 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 энергоёмкость, возможность получения спечённых изделий с незначительной пористостью, минимальная потеря порошкового материала.

Однако такой способ, имея неоспоримые достоинства, имеет свои недостатки. Так, например, затруднено применение ферромагнитных порошков, в том числе самофлюсующихся, из-за выноса их из зоны припекания электромагнитными силами. Поэтому существует необходимость применения дорогостоящих порошков цветных металлов и флюсов, т. е. имеет место узкий диапазон свойств применяемых порошков.

Для получения покрытий с применением порошков расширенного диапазона свойств разработан усовершенствованный способ, исключаящий вынос ферромагнитных порошковых компонентов из покрытия.

Условно его можно представить в виде следующих этапов: 1) подготовка поверхности полосы-подложки; 2) предварительное формование; 3) электроимпульсное спекание; 4) калибровка прокаткой.

В качестве материала-покрытия был выбран 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.

Для определения оптимальных технологических режимов разработанного способа использован статистический метод планирования многофакторного эксперимента. В качестве исследуемой функции отклика был выбран качественный критерий – проверка на адгезию композиционного слоя с полосой-подложкой методом перегиба ( $\alpha^\circ$ ) 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; скорость вращения валков-электродов; сила тока спекания.

Исследовались образцы с материалом полосы-подложки сталь 08кп, шириной полосы 15 мм и уровнем насыпки порошковой шихты 2 мм. Электроимпульсное

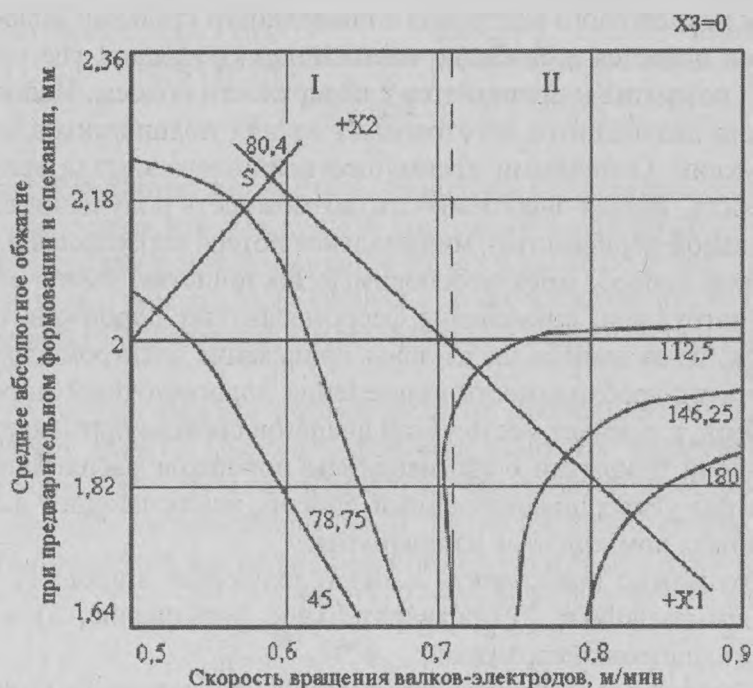
спекание проводилось при постоянном давлении 200 МПа, обеспечивающее плотный электроконтакт.

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

После обработки экспериментальных данных было получено уравнение регрессии, отражающее влияние факторов на исследуемую функцию:

$$\alpha^{\circ} = 100,9 + 5,6X_1 - 29,8X_2 + 29,8X_3 + 1,75X_1X_2 - 3X_1X_3 + 5X_2X_3 - 16,57 X_1^2 + 10,25X_2^2 - 17,8X_3^2. \quad (1)$$

На рисунке представлены сечения поверхности отклика, при этом кривые имеют вид двуполостных гиперboloидов.



На основании анализа уравнения (1) и его геометрической интерпретации (см. рис.) можно сделать следующие выводы: адгезия композиционного слоя с полосой-подложкой зависит от среднего абсолютного обжатия материала при предварительном формовании и спекании, скорости вращения валков-электродов и силы тока спекания по квадратичной зависимости.

Из графиков сечения поверхности отклика видна неоднозначная взаимосвязь обжатия и скорости на величину адгезии композиционного слоя. Для объяснения такого характера зависимостей можно предположить, что для поддержания постоянной величины адгезии композиционного слоя необходимо: во первых, поддержание постоянного давления при спекании; во вторых, поддержание постоянной температуры спекания. В свою очередь, температура в покрытии зависит от обжа-

тия и скорости, а обжатие влияет на толщину композиционного покрытия и электросопротивление порошкового слоя. Можно предположить, что в I-ом диапазоне графиков на температуру спекания в большей степени влияет электросопротивление порошкового слоя, а во II-ом диапазоне – толщина композиционного покрытия, что и наблюдается на рисунке.

Анализ результатов эксперимента позволяет определить режимы процесса, обеспечивающие угол перегиба  $180^\circ$ , который на основании экспериментальных данных является достаточным условием отсутствия расслоений 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:

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.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Н.В. Друзик

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

Научный руководитель Рыженко М.М.

### Введение

При перевозке агрессивных жидкостей в металлических емкостях вследствие коррозии они часто выходят из строя. К наиболее эффективным способам защиты металлов от коррозии можно отнести поверхностное насыщение стали хромом, кремнием, а также нанесение лакокрасочных и полимерных покрытий. Особенно эффективны полимерные покрытия от различных видов коррозии в условиях абразивного изнашивания. Долговечность покрытий при работе в таких условиях зависит, в основном, от химической стойкости полимера, проницаемости покрытия, ударной прочности и адгезии к металлам. В химической промышленности наиболее широкое применение получили покрытия из эпоксидных покрытий. По способности противостоять ударным нагрузкам и изнашиванию эпоксидные смолы превосходят многие полимеры, а по химической стойкости находятся близко к фторсодержащим полимерам. Эпоксидные смолы используются как в чистом виде, так и с различными наполнителями. Эпоксидные композиции наносят на металлическую поверхность в виде порошков, паст, растворов.

### Методика эксперимента

Для получения покрытий использовали следующие материалы: эпоксидную жидкую смолу ЭД-20 (ГОСТ 10587-84), каучук СКН 26-1А (ТУ 38-103-16-78), аэросил А-175, графит, металлический порошок из оксида титана, отвердитель ПЭПА (полиэтиленполиамин). Добавка компонентов эпоксидной композиции производится весовым методом. Свежеприготовленные эпоксидные композиции перед испытаниями выдерживали 336 часов при температуре  $20^\circ\text{C}$ . Покрытия из жидкой эпоксидной композиции на стальные образцы наносили в литевых формах методом литья под давлением в вакууме. Были проведены исследования физико-