

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА НАНЕСЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА СТАЛЬНУЮ ПОЛОСУ С ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

В. В. Белаш

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

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 энергоемкость, минимальная потеря порошкового материала. Однако такой способ, имея неоспоримые достоинства, имеет свои недостатки. Так, затруднено применение ферромагнитных порошков, в том числе самофлюсующихся, из-за выноса их из зоны припекания электромагнитными силами, что обуславливает необходимость применения дорогостоящих порошков цветных металлов и флюсов. В этой связи является актуальным совершенствование способа нанесения порошковых покрытий с электроимпульсным спеканием, который позволит использовать ферромагнитные порошковые компоненты покрытия. Решение этой задачи даст возможность рационально и рентабельно использовать материалы, заменить дорогостоящие цветные металлы менее дефицитными ферромагнитными порошками.

Цель работы - совершенствование и исследование процесса электроимпульсного нанесения порошкового композиционного покрытия с ферромагнитными компонентами на металлическую полосу-подложку.

Совершенствование процесса нанесения порошковых композиционных покрытий на металлической основе является актуальной работой, отвечающей потребностям Республики Беларусь в ресурсосберегающих, энергосберегающих технологиях и новых материалах.

Для решения поставленной цели на основе известного способа разработан усовершенствованный способ нанесения порошковых покрытий на стальную полосу с электроимпульсным воздействием. Условно его можно представить в виде следующих этапов:

1. Подготовка поверхности полосы-подложки. Для увеличения адгезионного взаимодействия «сырого» слоя и полосы-подложки, а также исключения применения специальных флюсов при спекании, полоса-подложка подвергается механической обработке. На ней создается с помощью металлических щеток шероховатость ($Rz\ 60$).

Секция II. Материаловедение и технология обработки материалов 77

2. Предварительное формование. На стальную полосу-подложку насыпается слой порошковой шихты 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 будут находиться в спрессованном состоянии.

3. Электроимпульсное спекание. 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.

Для проведения экспериментов использовался прокатный двухвалковый стан, оборудованный устройством для дозированной подачи порошковой смеси на металлическую прокатываемую полосу и установка электроконтактного спекания. В качестве материала-покрытия для проведения экспериментов по данной технологии был выбран композиционный материал, включающий в себя порошковые компоненты: 70 мас. % Fe, 7-10 мас. % Си, 5-10 мас. % Ni, 5-10 мас. % Sn и 10-15 мас. % омедненного графита.

Для определения оптимальных технологических режимов получения композиционного покрытия 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 K_1 ; скорость вращения валков-электродов K_2 ; и сила тока спекания K_3 .

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, которое обеспечивало 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 K_1 , K_2 , K_3 на качество адгезии композиционного слоя с полосой-подложкой проводилось с помощью метода рототабельного планирования второго порядка. Величина и область изменения параметров процесса нанесения порошковых покрытий на стальную полосу с использованием электроимпульсного воздействия приведены ниже:

Величина и интервалы варьирования независимых переменных

Уровни варьирования	Кодовые значения	Факторы		
		Среднее абсолютное обжатие при предварительном формовании и спекании К1	Скорость вращения валков-электродов К2	Сила тока спекания К3
		X1, мм	X2, м/мин	X3, кА
Основной	0	2,0	0,7	19
Нижний	-1	1,79	0,6	16
Верхний	+1	2,21	0,8	22
Нижнее «звездное» плечо	-1,682	1,65	0,5	13,9
Верхнее «звездное» плечо	+1,682	2,35	0,9	24,1
Интервал варьирования	—	0,25	0,1	3,0

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

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

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

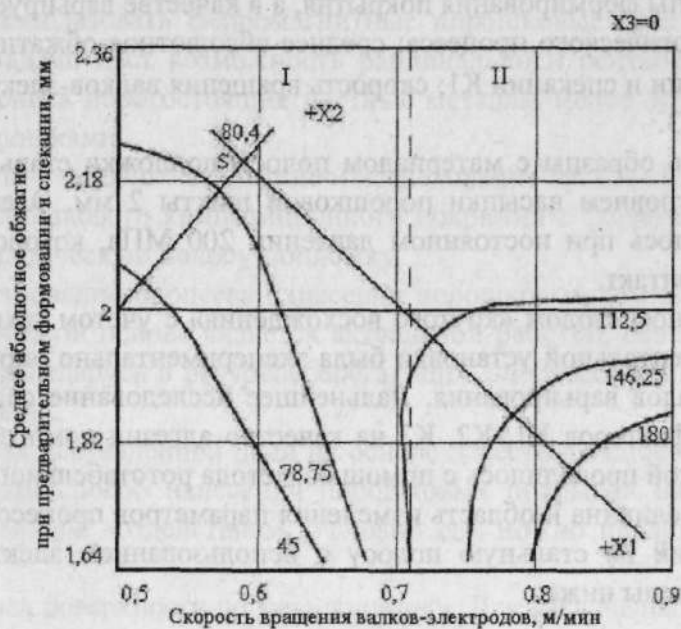


Рис. 1. Уровни равных значений величины угла перегиба композиционного покрытия от кодовых значений среднего абсолютного обжатия при предварительном формовании и спекании и скорости вращения валков-электродов при X3 = 0

Секция II. Материаловедение и технология обработки материалов 79

Анализ приведенного уравнения и его графической интерпретации (рис. 1) позволил определить режимы процесса, обеспечивающие угол перегиба 180° , который на основании экспериментальных данных является достаточным условием отсутствия расслоений после последующей штамповки подшипников скольжения из получаемого полосового материала.

Получены следующие оптимальные режимы процесса порошковых покрытий на стальную полосу с электроимпульсным воздействием: 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.

Таким образом, разработан способ нанесения порошковых композиционных покрытий с ферромагнитными компонентами на стальную полосу. Основными этапами способа являются: 1) подготовка поверхности полосы; 2) предварительное формование слоя покрытия совместной прокаткой полосы и порошка материала покрытия; 3) электроимпульсная обработка полосы с покрытием во вращающихся прокатных валках-электродах; 4) калибровка полосового материала в прокатных валках. Проведена экспериментальная апробация способа. Определены оптимальные технологические режимы и их влияние на адгезию композиционного слоя с полосой-подложкой.