УДК 621.891:620.22

Ковтун В.А., Пасовец В.Н.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО СПЕКАНИЯ

Введение. Совмещение процессов прессования и спекания позволяет получать порошковые покрытия со значениями плотности близкими к литым материалам при использовании меньших температур нагрева. В последнее время значительно возрос интерес к методам быстрой консолидации исходных компонентов на основе прямого воздействия электрическим током с одновременно прикладываемым давлением. Пропускание электрического тока непосредственно через образец обеспечивает выделение джоулева тепла непосредственно внутри образца, что ведет к очень высоким скоростям нагрева (до 800 $°C \cdot c^{-1}$) и, как правило, более равномерному распределению температуры. Высокие скорости нагрева позволяют замедлить процесс роста зерен и избежать поверхностной диффузии, которые обычно наблюдаются при низких скоростях нагрева. Однако, несмотря на важность данного вопроса, влияние скорости нагрева исходных компонентов при электроконтактном спекании на свойства получаемых покрытий остается мало изученным.

Цель работы заключалась в исследовании влияния технологических режимов формирования порошковых наноструктурированных покрытий на их триботехнические и физико-механические характеристики.

Материалы и методика эксперимента. В работе в качестве металлической матрицы покрытий использовался порошок меди ПМС-1 ГОСТ 4960-2017. В качестве наноразмерного наполнителя матрицы использовались УНТ. Содержание УНТ в материале составляло 0,07 мас. %.

Формирование покрытий осуществлялось со скоростью 0,4 м/мин при пропускании электрического тока плотностью 100 – 600 А/мм^2 и приложении давления 100 – 500 МПа. Интенсивность изнашивания определяли по изменению его линейных размеров в направлении нормальном к поверхности трения. Пористость покрытий определяли методом гидростатического взвешивания по ГОСТ 18898-73. Микротвердость покрытий определялась с помощь нанотестера FISCHERSCOPE H100C по стандартным методикам.

Результаты и их обсуждение. Анализ результатов исследований по влиянию величины давления электродов на физико-механические характеристики формируемых методом электроконтактного спекания покрытий на основе порошковых систем «медь – УНТ» показал, что повышение давления при нанесении исходной порошковой смеси на металлическую ленту от 100 МПа до 400 МПа позволяет улучшить такие физико-механические характеристики покрытий как микротвердость (рисунок 1), пористость (рисунок 2) и интенсивность изнашивания (рисунок 3).

Так покрытия на основе порошковой системы «медь – УНТ», полученные при давлении электродов 400 МПа, имеют следующие величины физико-механических характеристик: микротвердость – 1400 – 1500 МПа, пористость – 3 – 4 %, интенсивность изнашивания – 0,06 – 0,08 мкм/км.

Результаты исследований показали, что дальнейшее увеличение давления электродов 500 МПа практически не приводит к изменению физико-механических характеристик исследуемых наноструктурированных порошковых материалов.

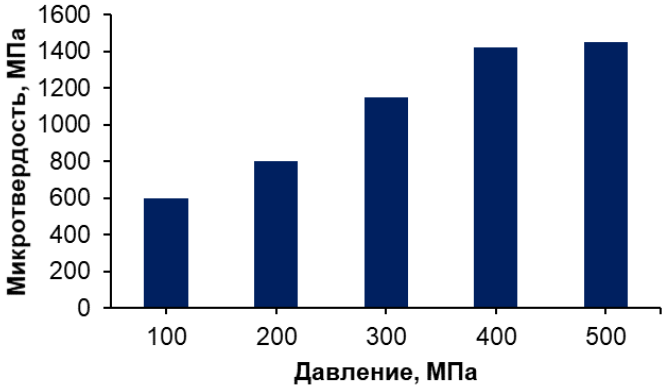

Рисунок 1. – Зависимость микротвердости покрытий на основе порошковых систем «медь – УНТ» от давления электродов

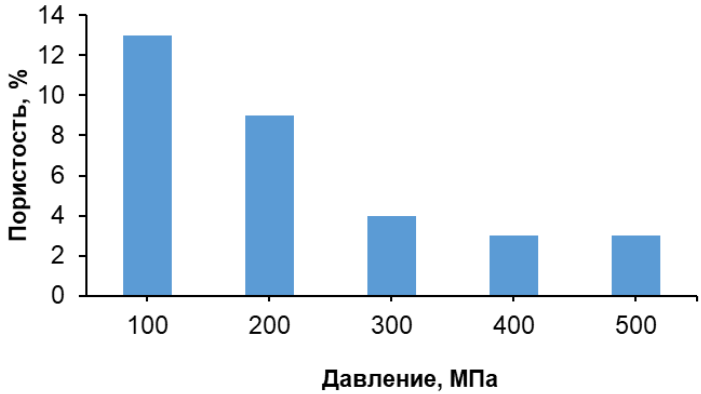

Рисунок 2. – Зависимость пористости покрытий на основе порошковых систем «медь – УНТ» от давления электродов

Рисунок 3. – Зависимость интенсивности изнашивания порошковых покрытий на основе систем «медь – УНТ» от давления электродов

Анализ результатов исследований по влиянию плотности тока на физико-механические характеристики получаемых покрытий показал, что при повышении плотности тока спекаемых порошковых материалов на основе порошковой системы «медь – УНТ» от 100 А/мм^2 до 400 А/мм^2 наблюдается улучшение таких характеристик как микротвердость, пористость и интенсивность изнашивания (рисунки 4 – 6).

Результаты исследований также позволили установить, что порошковое покрытие, полученное при плотности тока спекания 400 А/мм^2, имеет микротвердость 1450 – 1500 МПа, пористость 3 – 5 %, интенсивность изнашивания – 0,06 – 0,065 мкм/км. Дальнейшее увеличение плотности тока спекания выше 400 А/мм^2 ведет к ухудшению исследуемых физико-механических характеристик, что вероятно связано с пережогом материала.

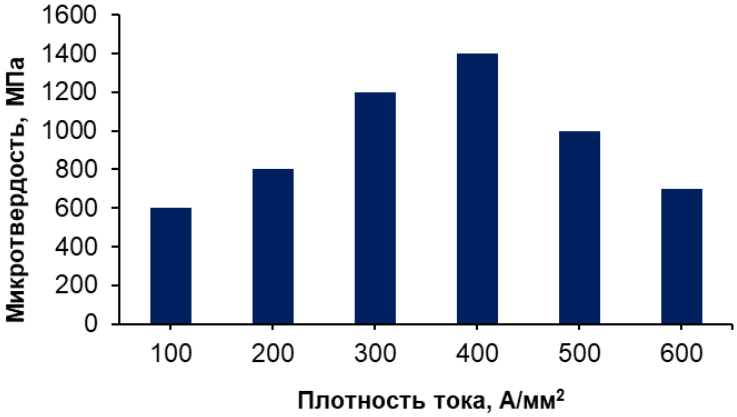

Рисунок 4. – Зависимость микротвердости покрытий на основе порошковых систем «медь – УНТ» от плотности тока спекания

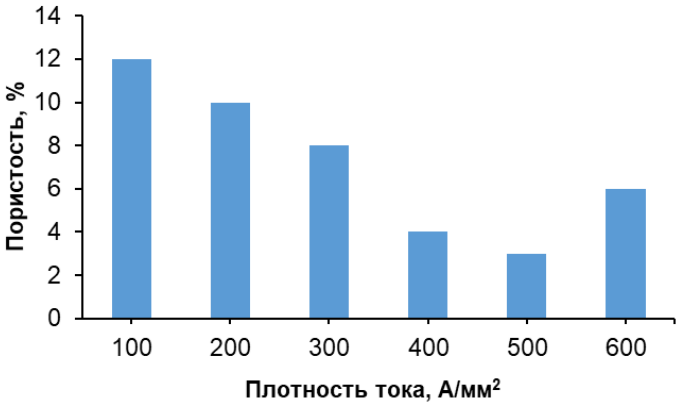

Рисунок 5. – Зависимость пористости покрытий на основе порошковых систем «медь – УНТ» от плотности тока спекания

Необходимо отметить, что значительное улучшение физико-механических характеристик композиционных материалов на основе порошковых систем «медь – УНТ» при повышении плотности тока спекания до величины

400 А/мм^2 связано с формированием прочных металлических контактов между порошковыми частицами металлической матрицы, процессами упрочнения медной матрицы наноразмерными УНТ и отсутствием разрушения и деструкции наноразмерного наполнителя.

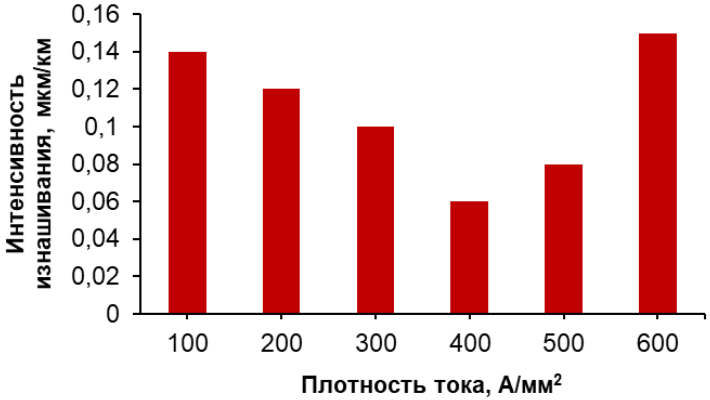

Рисунок 6. – Зависимость интенсивности изнашивания порошковых покрытий на основе систем «медь – УНТ» от плотности тока спекания

Заключение. Экспериментальным путем оптимизированы технологические режимы электроконтатктного спекания наноструктурированных металлополимерных композиционных материалов. Анализ результатов исследований по влиянию технологических режимов электроконтактного спекания на физико-механические характеристики получаемых покрытий показал, что сформированные при давлении прессования 400 МПа и плотности тока 400 А/мм^2 обладают микротвердостью – 1400 – 1500 МПа, пористостью – 3 – 4 %, интенсивностью изнашивания – 0,06 – 0,08 мкм/км.

Аннотация

Экспериментальным путем оптимизированы технологические режимы электроконтатктного спекания наноструктурированных металлополимерных композиционных материалов. Анализ результатов исследований по влиянию технологических режимов электроконтактного спекания на физико-механические характеристики получаемых покрытий показал, что сформированные при давлении прессования 400 МПа и плотности тока 400 А/мм^2 обладают микротвердостью – 1400 – 1500 МПа, пористостью – 3 – 4 %, интенсивностью изнашивания – 0,06 – 0,08 мкм/км.