

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ НАПЛАВКА ФЕРРОПОРОШКА В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ

Хейфец М.Л., Хилько Д.Н.

ГНПО «Центр» НАН Беларуси

г. Минск, Беларусь, E-mail: centrmash@mail.belpak.by

Для упрочнения плоских рабочих поверхностей изделий, работающих в условиях абразивного износа, предложен способ электромагнитной наплавки ферропорошков в составе композиционной пасты [1]. С целью интенсификации процесса наплавки на рабочую зону обеспечивают воздействия мощным потоком энергии механических колебаний ультразвуковой частоты (рис.1). Поэтому для разработки технологии получения композиционных покрытий наплавкой порошковых паст в комбинированных физических полях исследовали влияние ультразвука на процесс электромагнитной наплавки ферропорошка [2] в составе пасты и на формирование структуры и обеспечение свойств покрытий [3].

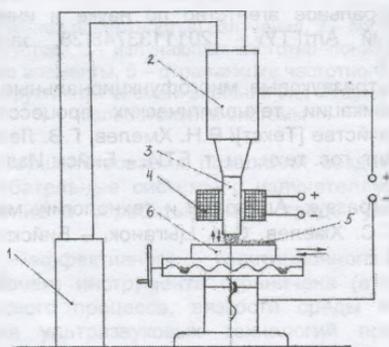


Рисунок 1 – Схема установки для электромагнитной наплавки ферропорошка в ультразвуковом поле: 1 – ультразвуковой генератор; 2 – магнитострикционный преобразователь; 3 – волновод; 4 – катушка электромагнита; 5 – токопроводящая паста; 6 – деталь

Исследования проводились на экспериментальной установке, включающей в себя наплавочный модуль и вспомогательное оборудование.

Наплавочный модуль состоит из корпуса, магнитострикционного преобразователя ПМС-7, электромагнитной катушки и волновода, выполняющего роль сердечника с полюсным наконечником.

К вспомогательному оборудованию относятся сварочный выпрямитель ВД-401, ультразвуковой генератор УЗГ-2.5 и поперечно-строгальный станок, на котором закреплялся наплавочный модуль.

Экспериментальную наплавку ферромагнитного порошка Fe-2% в составе токопроводящей пасты (эпоксидная смола – мас. доля 35%; жидкое стекло – мас. доля 15%; ферропорошок – мас. доля 50%) проводили на плоские заготовки из низкоуглеродистой стали при силе сварочного тока 85–90 А, магнитной индукции на торце волновода 0,9–1,0 Тл как с наложением на межэлектродный промежуток ультразвуковых колебаний частотой 21–23 кГц и амплитудой 8–12 мкм, так и без них.

Сравнение микроструктуры наплавки, полученных без наложения ультразвука и покрытий, сформировавшихся из обработанного ультразвуком расплава, позволило констатировать значительные преимущества последних [4, 5].

Наплавленный слой ультразвуковых наплавов представляет собой конгломерат дисперсных пластин, по фазовому составу являющихся пересыщенным твердым

раствором ванадия в  $\alpha$ -железе. Вблизи границы с основой покрытие имеет дендритно-ячеистое строение, ориентированное в направлении действия ультразвука, что способствует повышению микротвердости до 8000 МПа.

Результаты микроспектральных исследований показано, что при наплавке под действием ультразвука значительно увеличивается переход легирующих элементов из материала ферропорошка в покрытие, в частности, повышается концентрация ванадия, марганца и кремния. Ширина переходной диффузионной зоны при ультразвуковой обработке наплавляемого металла увеличивается, что положительно влияет на качество наплавки и соединение наплавляемого слоя с подложкой.

В результате сравнительных исследований установлена возможность управления процессом формирования структуры и свойств затвердевающего расплава с помощью источника ультразвуковых колебаний при электромагнитной наплавке ферромагнитного порошка в составе пасты в ультразвуковом поле.

Преимущество применения порошковых паст в технологии электромагнитной наплавки в ультразвуковом поле заключается в следующем:

во-первых, машиностроительные, приборостроительные, ремонтно-восстановительные предприятия перестают быть зависимыми от завода-поставщика проволоки требуемого химического состава. Порошковые пасты могут быть приготовлены в условиях любого предприятия с помощью мобильной дозировочной установки и набора металлических порошков, позволяющих получить наплавочную пасту требуемого состава;

во-вторых, решается проблема энерго- и ресурсосбережения. Традиционным способом электродуговой наплавки монолитными проволочными или ленточными электродами свойственно значительное термическое влияние сварочной дуги на систему покрытие-основа. В предлагаемой технологии наплавки в качестве присадочных материалов используются порошковые пасты, благодаря чему решается проблема термического влияния электрической дуги на материалы основы и покрытия. Связано это с тем, что для расплавления зерен порошка требуется намного меньше тепловой энергии, чем при расплавлении такого же количества монолитного проволочного материала из-за большой теплоемкости и лучшей теплопроводности;

в-третьих, обеспечивается гарантированный и надежный способ ввода ультразвуковых колебаний в сварочную ванну за счет акустического контакта системы «охлаждаемый волновод – цепочки порошка – расплав».

Проведенные исследования позволили расширить возможности метода электромагнитной наплавки, наметить пути совершенствования оборудования и повышения эффективности упрочнения и восстановления деталей машин управлением технологической средой в комбинированных физических полях.

#### **Список литературы:**

1. Патент РФ № 3906 «Способ наплавки». Заявка № а19980370 от 16.04.1998. Авторы: Акулович Л.М., Кожуро Л.М., Гальго В.И., Шиляев А.С, Лугаков Н.Ф., Хилько Д.Н., Стукин А.С.
2. Акулович, Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле / Л.М. Акулович. – Новополюцк: ПГУ, 1999. – 240 с.
3. Хейфец, М.Л. Проектирование процессов комбинированной обработки / М.Л.Хейфец. – М: Машиностроение, 2005. – 272 с.
4. Клубович В.В., Хейфец М.Л., Хилько Д.Н. Упрочнение поверхностей изделий с управлением свойствами технологической среды в электрофизических полях / В.В.Клубович, М.Л.Хейфец, Д.Н.Хилько // Упрочняющие технологии и покрытия. 2013. – №10. – С.12–17.
5. Анисович, А.Г. Влияние технологической среды на формирование структуры покрытия при наплавке ферромагнитного порошка в электромагнитном поле / А.Г.Анисович, М.Л. Хейфец, Д.Н. Хилько // Упрочняющие технологии и покрытия. 2015. – № 11. – С. 17–22.