

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СОЗДАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

М.В. Радченко, Т.А. Мошкина

Для восстановления и упрочнения рабочей поверхности деталей, работающих в условиях абразивного износа, агрессивных сред, температурных нагрузок, эффективно используются технологии нанесения защитных покрытий, где особое место занимает газотермическое напыление [1-4]. Вместе с тем, сдерживающим фактором применения газотермического напыления является недостаточно глубокое изучение механизма физических процессов образования соединения основы с покрытием. В связи с этим необходимо выявить факторы, влияющие на процесс образования соединения основы с покрытием, оценить их влияние на прочность и структуру покрытия, а также и их взаимное влияние, и на основе этого сделать выводы об общих закономерностях процесса газотермического напыления. Общей методики определения влияния совокупности факторов на покрытия не существует, поэтому в данной статье рассматривается вопрос разработки методики для выявления и прогнозирования величин технологических параметров при улучшении технологии создания износостойких защитных покрытий.

В течение последних десятилетий роль математического моделирования при исследовании физических явлений, в том числе и в нанесении защитных покрытий, непрерывно возрастает [5]. Это связано как с усовершенствованием и усложнением моделей физических процессов, так и с появлением новых вычислительных комплексов и систем. Другим важным фактором является относительно низкая стоимость вычислительного эксперимента по сравнению с физическим. Это тем более относится к созданию износостойких защитных покрытий, где стоимость наносимого покрытия, как правило, относительно велика. Кроме того, современные средства визуализации численных расчетов позволяют получать статическую и динамическую панораму протекающего процесса, что чрезвычайно важно для конструктора и технолога.

В области создания защитных и упрочняющих покрытий был разработан и создан программный комплекс, позволивший на основе экспериментальных данных провести математическое моделирование процесса электроннолучевой наплавки (ЭЛН) в вакууме в автоматическом режиме и разработать практические рекомендации для оптимизации технологических параметров ЭЛН [6]. Данная программа (программа BESSER) позволяет избежать неточностей и ошибок в применении математического аппарата и при анализе полученных результатов. В качестве базового метода построения математических моделей в данной программе был использован метод наименьших квадратов (МНК), позволяющий строить регрессионные математические модели. Этот метод широко применяется при проведении исследований в области сварочного производства. Созданный программный комплекс позволяет автоматически обрабатывать экспериментальные данные по ЭЛН в вакууме, а также позволяет выполнять построение математических моделей отдельных характеристик электроннолучевой наплавки, их технологическую и экономическую оптимизацию. При изменении или дополнении имеющихся экспериментальных данных разработанный комплекс позволяет выполнить автоматическое построение новых математических моделей и соответственно корректирует конечные результаты. В данный момент нами проводится работа по разработке модифицированного программного комплекса применительно к процессам газотермического напыления.

Зачастую при математическом моделировании не удается учесть все факторы, влияющие на качество покрытий. Поэтому при моделировании часто пользуются методом учета основных факторов, от которых зависят качественные показатели защитных покрытий. В этом случае ожидается, что результаты математического моделирования наиболее близко приблизятся к практическим

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СОЗДАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

результатам. Выявление основных параметров, влияющих на формирование покрытия, можно проводить с помощью планирования эксперимента. Кроме того, этот прием позволяет оценить влияние различных параметров на качественные показатели получаемых покрытий, а также дает возможность определить сложные взаимосвязи явлений различной природы. Пользуясь этим методом, можно найти пути получения необходимых (прогнозируемых) качественных показателей. При этом необходимо разработать научные принципы целенаправленного варьирования отдельных факторов на стадии проектирования.

При решении вышеназванных вопросов был выполнен комплекс подготовительных работ по выявлению различных факторов, которые могут влиять на качественные показатели. Используя методы планирования эксперимента, были выявлены основные факторы. К основным факторам, влияющим на образование покрытия, можно отнести следующие: температура и скорость напыляемых частиц в момент их контакта с подложкой, дистанция напыления, гранулометрический, фазовый состав и форма частиц порошка, вид горючего газа и его расход, а также соотношение горючий газ – кислород.

Кроме того, были выявлены взаимосвязи между этими факторами и качественными показателями, с учетом которых была построена математическая модель. С помощью этой модели можно проводить комплексное исследование процессов газотермического напыления, а также построение эффективных численных алгоритмов решения соответствующих уравнений, которые являются теоретической основой для практического использования при газотермическом напылении.

Таким образом, на основании вышеизложенного, метод планирования

эксперимента, принятый для выявления наиболее существенных факторов, влияющих на качество наносимого покрытия, позволил получить наиболее приемлемую математическую модель для исследования и прогнозирования нанесения защитных покрытий газотермическим методом. Полученная методика позволяет существенно сократить количество экспериментов по подбору режимов, улучшить качество и стабильность свойств покрытий, напыленных газотермическими методами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. От дозвукового к сверхзвуковому газопламенному напылению покрытий при восстановлении и упрочнении деталей машин (обзор) / В.Н. Хромов, В.Г. Верцов, А.Я. Коровин и др. // Сварочное производство. – 2001. – №2. – С. 39-48.
2. Балдаев Л.Х., Волосов Н.А. Современные процессы газотермического напыления и их применение в авиастроении // Полет. – 2002. – №1. – С. 58-60.
3. Куприянов И.Л., Геллер М.А. Газотермические покрытия с повышенной прочностью сцепления. – Минск: Навука і тэхніка, 1990. – 176 с.
4. Газотермическое напыление композиционных порошков / А.Я. Кулик, Ю.С. Борисов, А.С. Мнухин, М.Д. Никитин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 190 с.
5. Современные аспекты компьютерного моделирования тепловых деформационных процессов и структурообразования при сварке и сопутствующих технологиях / С.Н. Киселев, А.С. Киселев, А.С. Куркин и др. – Дмитров, 1992. – Т.1. – С.91-95.
6. Дружинин А.В. Разработка программного комплекса для моделирования и оптимизации процессов электроннолучевой наплавки в вакууме: Дис. ...канд. техн. наук: 05.03.06-Барнаул, 1999. – 125 с.