

УДК 629.114.2

**АКТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО  
НАПЫЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ**

**ACTIVE CONTROL OF THE THERMAL SPRAYING OF  
COATINGS**

**В.С. Ивашко, д-р техн. наук, проф., К.В. Буйкус, канд. техн. наук,  
доц., В.М. Изоитко, канд. техн. наук**

**Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь**

*V. Ivashko, Doctor of technical Science, Professor, K. Buikus, Ph.D. in  
Engineering, Associate Professor, V. Izoitko, Ph.D. in Engineering  
Belarusian national technical university Minsk, Belarus*

На основе анализа методов контроля технологического параметров процесса газотермического напыления покрытий предложена конструкция автоматизированной установки для активного контроля скорости наносимых частиц.

Based on the analysis of methods for monitoring the technological parameters of the thermal spraying of coatings the design of an automated installation for active control of the speed of spraying particles is proposed.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Вследствие многоступенчатости технологического процесса газотермического напыления контроль над ним наиболее целесообразно осуществлять на этапе подготовки частиц к взаимодействию с подложкой.

В настоящее время в технике применяется косвенный контроль качества газотермического напыления, который состоит в наблюдении за неизменностью подвода электрической энергии, расходов проволоки (порошка) и распыляющих газов и т. д.

При напылении покрытий высокоскоростными газотермическими методами одним из параметров двухфазного потока, влияющим на качество получаемого покрытия (прочность сцепления с основой, пористость, когезионная прочность и др.), является скорость расплавленных (подплавленных) частиц наносимого материала.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ

В связи с повышением требований к качеству покрытий обнаружилось значительное несовершенство косвенного метода контроля. Оно обусловлено, прежде всего, тем, что за свойства газотермических покрытий ответственно значительное число параметров. Контроль каждого параметра осуществляется с какой-то малой погрешностью, но вследствие большого количества этих погрешностей газотермическое устройство может выйти из заданного технологического режима.

Также необходимо учесть тот факт, что в распылительном устройстве постоянно изменяются геометрии быстроизнашивающихся деталей, что приводит к существенному изменению параметров газотермической струи, и, следовательно, интенсивности теплообмена и ускорения частицы в двухфазном потоке.

К тому же, при газотермическом напылении на некоторые детали требуется плавная регулировка параметров частиц по заданной программе (напыление многослойных покрытий, особенно разными материалами, напылении изделий неодинаковой толщины и сложной геометрической формы).

Косвенный контроль параметров не позволяет оперативно переключать рабочий режим установки из-за отсутствия однозначных теоретических зависимостей скорости и температуры частиц от того или иного параметра.

Все указанные выше недостатки могут быть устранены применением прямого непосредственного контроля скорости частиц в газотермической струе путем прямых измерений.

Результаты теоретических исследований движения частиц в газотермических потоках показали, что вследствие многообразия элементарных физико-химических процессов при газотермической обработке существующие методы позволяют получать только оценочные результаты. Поэтому для развития и совершенствования теоретических методов, для выбора оптимальных режимов уже реализующихся в технике процессов, для разработки методов и аппаратуры контроля необходимо проведение экспериментальных исследований. Наиболее значительные результаты в этом направлении получены при изучении ускорения частиц газотермическим потоком.

## *Секция «ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ»*

В [1] детально изложены применяющиеся в экспериментах методы определения скорости частиц. В основу их положено определение расстояния и времени прохождения его частицей на определенном участке траектории. Различия в методах обусловлены методикой визуализации базисного расстояния или способом измерения времени.

Также в практике получил распространение способ непрерывной фото регистрации с использованием скоростной видеокамеры.

Предложен метод определения скорости частиц, основанный на регистрации времени перекрытия проходящего через двухфазный поток лазерного излучения частицами известного размера. Сравнительно простой анализ движения и состояния частиц в газотермической струе показывает, что данный метод будет иметь значительные погрешности.

Нами предлагается установка, лишенная указанных выше недостатков [2–4].

Установка для измерения скорости потока частиц предназначен для автоматизации активного контроля процесса напыления покрытий высокоскоростными газотермическими методами.

Установка обеспечивает автоматизацию, повышенную точность и дистанционность процесса измерения скорости потока частиц при газотермическом напылении и состоит из оптико-механического блока со светочувствительным микродатчиком, блока управления, аналого-цифрового преобразователя, согласующего устройства и персонального компьютера.

Измерение скорости частиц потока в установке основано на связи скорости потока со скоростью развертки светящегося пучка линии треков частиц потока.

Работа установки осуществляется следующим образом: после стабилизации потока частиц, корпус установки монтируют так, что ось оптической системы должна быть перпендикулярна потоку частиц, на расстоянии от потока частиц до объектива, равном оптической базе устройства и обеспечивающем четкое изображение развертки при выбранном масштабе изображения, определяемом конструкцией устройства.

Компьютер, выполняя команды программы, управляет оптико-механическим блоком со светочувствительным микродатчиком, про-

## *Секция «ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ»*

изводит вычисления текущей скорости потока частиц с выводом результата на экран монитора с выдачей рекомендаций по оптимизации параметров режима газотермического напыления.

Установка может быть использована для измерения скоростей и других потоков, способных излучать или отражать световой поток (например, скорость дроби при струйно-абразивной обработке).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана установка для измерения скорости потока частиц, позволяющая вести активный контроль одного из главных параметров двухфазного потока напыляемых частиц газотермическими методами. Малогабаритность, оперативность измерений, удобство в работе позволили получать надежные результаты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Устройства и элементы систем автоматического регулирования и управления. Техническая кибернетика. Книга 1. Измерительные устройства, преобразующие элементы и устройства [Текст] / Под ред. В. В. Солодовникова. – М. : Машиностроение, 1973. – 671 с.
2. Устройство для измерения скорости потока частиц [Текст] : Пат. РБ № 597 : МПК G 01 P 5/00 / К. В. Буйкус (РБ). – № u20010306 ; заявл. 21.12.2001 ; опубл. 30.09.2002.
3. Устройство для измерения скорости потока частиц [Текст] : Пат. РБ № 5973 : МПК G 01 P 5/00 / К. В. Буйкус, В. М. Изоитко (РБ). – № a19990657 ; заявл. 01.07.1999 ; опубл. 30.03.2004.
4. Буйкус, К. В. Автоматическая установка для измерения скорости потока частиц [Текст] // Современные направления развития производственных технологий и робототехника: Материалы междунар. науч.-практ. конф., Могилев, 22-23 апр. 1999 г. – Могилев : МГТУ, 1999. – С. 66.