

УДК 621.791.927.55

ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ, НАПЫЛЕННЫХ ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ ПЛАЗМЫ

¹Кравченко И.Н., ¹Сельдяков В.В., ²Пузряков А.Ф., ³Бобряшов Е.М.

¹ФГБВОУ ВПО «Военно-технический университет», Балашиха;

²Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва;

³НИИ «Геодезия» Министерства промышленности и торговли, Красноармейск,
e-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

В работе предложен метод определения толщины частиц и пористости по радиусу пятна напыления. Приведены результаты металлографических исследований структуры никелевых покрытий, напыленных на воздухе с использованием специального конического насадка и без него.

Ключевые слова: газотермическое напыление, никелевые покрытия, металлографические исследования, газотермический поток, сегрегация частиц

INVESTIGATION OF THE STRUCTURE OF NICKEL COATINGS, SPRAYING AIR FLOW OF PLASMA

¹Kravchenko I.N., ¹Seldyakov V.V., ²Puzryakov A.F., ³Bobryashov E.M.

¹Federal State Educational Institution of Higher Military education «Military-Technical University»,
Balashikha;

²Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, Moscow;

³Scientific-Research Institute «Geodesy» of the Ministry of Industry and Trade, Krasnoarmeysk,
e-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

This paper presents a method for determining the thickness and porosity of the particles along the radius spot spraying. The results of metallographic studies of the structure of nickel coatings deposited on the air using a special conical nozzle and without.

Keywords: thermal spraying, nickel coatings, metallurgical studies, thermal gas flow, particle segregation

Газотермическое напыление все шире используется при создании конструкционных композиционных материалов, в том числе со специальными физико-химическими свойствами [3, 4]. При формировании таких покрытий необходимо обеспечить регулярность их макро- и микроструктуры. Для реализации этих задач необходимо уменьшить градиенты значений скорости и температуры частиц в конусе напыления, которые определяют деформацию частиц на подложке, а следовательно скорость охлаждения частиц и их микроструктуру.

Материалы и методы исследования

Порошок фракции 50...70 мкм напыляли на стандартной установке УПУ-3Д. Для формирования газотермического потока использовали аргон и аргон-гелиевую смесь. Анализировали шлифы покрытий, напыленных в точку (без перемещения подложки относительно газотермического потока). Плоскость шлифов была перпендикулярна поверхности подложки и проходила через ось симметрии покрытия, что позволило исследовать изменение структуры покрытия от центральной части к периферии. Планиметрическим методом измеряли пористость покрытий вдоль радиуса пятна напыления. Толщину частиц, формирующих покрытия, определяли методом секущих в направлении, перпендикулярном подложке.

Результаты исследования и их обсуждение

Большая часть частиц, формирующих покрытия, имеют форму дисков неправильной формы. Толщина частиц этого типа увеличивается от центральной зоны пятна напыления к периферии (рис. 1). Такой характер изменения толщины частиц объясняется уменьшением их деформируемости вследствие понижения температуры и скорости газотермического потока и, следовательно, понижением температуры и скорости напыляемых частиц от центра к периферии пятна напыления [1, 2]. Следует отметить некоторое уменьшение роста толщины частиц в области относительно радиуса пятна напыления равного, примерно, $r_i / r_0 = 0,6$ (см. рис. 1, кривые 2, 3, 5). Это явление, видимо, можно объяснить сегрегацией частиц в газотермическом потоке, когда мелкие частицы располагаются преимущественно в периферийной зоне.

При равной мощности газотермического потока толщина частиц вдоль всего радиуса пятна напыления меньше при использовании насадка, вследствие более высоких

значений скорости (1,5 раза) и удельной энтальпии частиц (в 2 раза).

Некоторые частицы частично или полностью затвердевают до соударения с подложкой. При этом частицы этого типа имеют форму тел вращения с объемом, равным объему исходных частиц (рис. 2). Заметим, что содержание частиц такого типа увеличивается от центра к периферии пятна напыления [3].

Оценка температуры напыляемых частиц, сделанная с использованием их удельной энтальпии (полученной экспериментально калориметрированием), позволяет утверждать, что для ряда режимов по периферии пятна напыления движутся переохлажденные частицы. При этом деформируемость таких частиц на подложке

резко уменьшается вследствие повышения их вязкости на несколько порядков. Уменьшение деформируемости частиц приводит к повышению пористости покрытия в периферийной зоне. Таким образом, видимо, существует еще один способ формирования пористых покрытий из слабдеформированных частиц за счет их интенсивного переохлаждения до соударения с подложкой.

Пористость покрытия в пятне напыления увеличивается от центра к его периферии с 4,5% до 17% при напылении без насадка (мощность распыляющего потока 8,3 кВт) и с 4% до 8% при напылении с коническим насадком (см. рис. 2, кривые 1 и 2). Мощность распыляющего потока при этом составляет порядка 7,4 кВт.

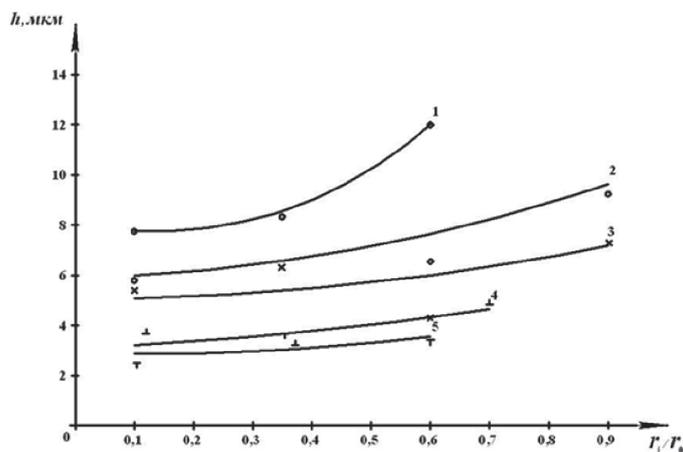


Рис. 1. Зависимость толщины частиц в покрытии пятна напыления от относительного радиуса при напылении без насадка с мощностью: 1 – 5,8 кВт; 2 – 7,9 кВт; 3 – 7,1 кВт; при напылении с насадком с мощностью 4 – 7,4 кВт; 5 – 10 кВт

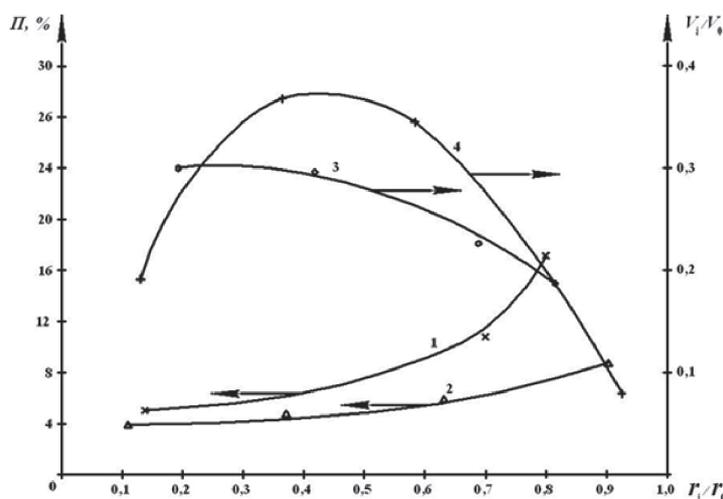


Рис. 2. Распределение пористости (1 и 2) и относительного объема (3 и 4) исследуемых зон пятна напыления по относительному радиусу: 1, 3 – напыление без насадка (мощность газотермического потока 8,3 кВт); 2, 4 – напыление с насадком (мощность газотермического потока 7,4 кВт)

Некоторые служебные свойства покрытий определяются средним значением его пористости. Подсчитать среднее значение пористости покрытия \bar{P}_Σ (пятна напыления) можно, используя экспериментальные значения пористости по зонам пятна напыления P_n и относительного объема зоны в общем объеме пятна напыления V_i/V_o :

$$\bar{P}_\Sigma = P_1 \cdot V_1/V_o + \dots + P_n \cdot V_n/V_o. \quad (1)$$

Вклад в среднюю пористость покрытия отдельных зон определяет произведение пористости зоны на ее относительный объем ($P_n \cdot V_n/V_o$). Для опытов (см. рис. 2) провели расчет по уравнению (1), условно разбив пятно напыления на четыре зоны.

Для опытов без насадка (мощность распыляющего потока 8,3 кВт)

$$\bar{P}_\Sigma = 1,3\% + 2,6\% + 2,6\% + 2,9\% = 9,4\%.$$

Для опытов с насадком (мощность распыляющего потока 7,4 кВт)

$$\bar{P}_\Sigma = 0,7\% + 1,8\% + 1,5\% + 0,7\% = 4,7\%.$$

В данных экспериментах вклад каждой зоны в среднюю пористость при напылении с насадком гораздо меньше по всем зонам.

Заключение

Для анализа влияния на структуру покрытия отдельных зон конуса напыляемых частиц рассмотрен дифференцированный анализ толщины частиц и пористости по радиусу пятна напыления. Предложенный метод чувствителен к режимам напыления. Использование конического насадка позволило в два раза уменьшить толщину напыленных частиц и пористость покрытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобров Г.В. Повышение качества плазменных покрытий изменением характера воздействия потока частиц на поверхность напыления // Исследование и разработка теоретических проблем в области порошковой металлургии и защитных покрытий. – Минск, 1984. – Часть 3. – С. 255–261.
2. Кудинов В.В. Металлографические исследования пятна напыления / В.В. Кудинов, В.И. Калита, О.Г. Коптева, Д.И. Комлев // Теория и практика газотермического нанесения покрытий. – Дмитров, 1992. – Том 1. – С. 158–161.
3. Кудинов В.В. Нанесение покрытий плазмой / В.В. Кудинов, П.Ю. Пекшев, В.Е. Белашенко и др. – М.: Наука, 1990. – 408 с.
4. Кудинов В.В. Плазменные покрытия / В.В. Кудинов. – М.: Наука, 1977. – 183 с.