

И.Р. ОВСЯНКИН, Ф.В. ФУНТОВ, В.Н. ПЕТРОВСКИЙ, В.Д. МИРОНОВ, П.С. ДЖУМАЕВ,  
В.И. ПОЛЬСКИЙ, Е.С. ЕРМИЛОВА

Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКРЫТИЙ $NiZnAl_2O_3$ , СОЗДАНЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРА

В данном исследовании порошок никеля с добавлением порошка цинка и оксида алюминия подвергались холодному напылению под низким давлением с помощью лазера на углеродистую сталь. Покрытия наносились с использованием воздуха в качестве технологического газа. В экспериментах использовался мощный волоконный лазер непрерывного действия мощностью 3,5 кВт и установка для холодного напыления под низким давлением ДИМЕТ-404. Было изучено влияние мощности лазера, режима расхода подачи порошка, режима нагрева сжатого воздуха на микроструктуру и плотность нанесения покрытий. Результаты показали, что лазерное облучение повышает плотность покрытия, а также эффективность напыления.

I.R. OVSYANKIN, F.V. PHUNTOV, V.N. PETROVSKIY,  
V.D. MIRONOV, P.S. DZHUMAEV, V.I. POLSKIY, E.S. ERMILOVA

National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

## THE EFFECT OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE CHARACTERISTICS OF $NiZnAl_2O_3$ COATINGS CREATED LOW-PRESSURE COLD SPRAYING TECHNOLOGY USING A LASER

In this study, nickel powder with the addition of zinc powder and aluminum oxide were subjected to cold spraying under low pressure using a laser on carbon steel. The coatings were applied using air as a process gas. The experiments used a powerful continuous- action fiber laser with a power of 3.5 kW and a DIMET-404 low-pressure cold spraying unit. The effect of laser power, powder flow rate mode, and compressed air heating mode on the microstructure and coating density was studied. The results showed that laser irradiation increases the coating density, as well as the spraying efficiency.

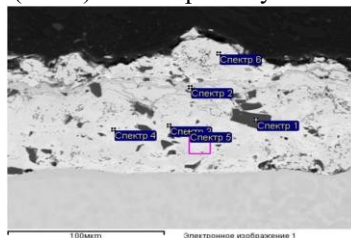
В данной работе представлен гибридный процесс нанесения покрытия - холодное напыление под низким давлением с помощью лазера или (LALPCS). Лазерное излучение взаимодействует одновременно с точечным холодным напылением под низким давлением на подложке для улучшения свойств покрытия.

При термическом напылении с использованием лазера (или лазерном гибридном напылении) целью лазера является увеличение мощности плавления термического пистолета-распылителя и, таким образом, создание гораздо более плотных и адгезионных покрытий по сравнению с обычными покрытиями, наносимыми термическим напылением.

Установлено, что нанесение покрытий холодным напылением с помощью лазера может быть достигнуто при скоростях частиц ниже обычных, требуемых для холодного напыления. В процессе нанесения не происходит существенного расплавления нанесенного материала и практически отсутствует зона термического воздействия на подложку.

В данном исследовании для получения образцов металлокерамических покрытий в качестве исходного материала использовался порошок марки N7-00-14 (никель, цинк, корунд) производства Обнинского центра порошкового напыления, состоящий из частиц технического чистого никеля, цинка и электрокорунда. Назначение данного порошка: заполнение каверн, прогаров, узких и сквозных дефектов в изделиях, работающих при температурах от 800 до 1200 °С. Крупность порошка составляла 5 – 50 мкм. В качестве подложки для нанесения покрытий использовались пластины, изготовленные из малоуглеродистой стали Ст. 3. Размеры образцов составляли 60 × 20 × 3 мм. Напыление покрытий осуществлялось методом холодного газодинамического напыления низкого давления (ХГДН) установкой "ДИМЕТ – 404" с использованием непрерывного лазерного излучения мощностью до 3,5 кВт.

В работе были реализованы две геометрии эксперимента процесса LALPCS. При первой геометрии лазерный луч использовался для одновременного лазерного облучения пятна распыления и локального предварительного нагрева подложки (Рис.1). Во втором случае пятно холодного распыления низкого давления следовало за лазерным лучом.



Спектр	O	Al	Fe	Ni	Zn	Итог
Спектр 1	45.03	53.92	0.00	1.05	0.00	$Al_2O_3$
Спектр 2	15.97	0.64	0.00	8.11	75.28	оксид цинка
Спектр 3	0.67	0.00	0.00	99.33	0.00	Ni
Спектр 4	0.00	0.00	0.48	66.54	32.97	сплав цинка и никеля
Спектр 5	0.97	0.00	0.31	75.80	22.92	сплав цинка и никеля
Спектр 6	0.49	0.00	0.19	99.32	0.00	Ni

Рисунок 1 - Микрофотография поперечного шлифа напыления и элементный состав покрытия.