



УДК 620.193.1:193.13

## ПРИМЕНЕНИЕ ЗАЩИТНОГО НАСАДКА ПРИ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОМ НАПЫЛЕНИИ КВАЗИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

А. П. МУРАШОВ, канд. техн. наук, И. А. ДЕМЬЯНОВ, А. П. ГРИЩЕНКО,  
А. Н. БУРЛАЧЕНКО, Н. В. ВИГИЛЯНСКАЯ, инженеры (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Исследована эффективность применения насадка при плазменно-дуговом напылении покрытий из квазикристаллического сплава системы Al–Cu–Fe. Установлено, что насадок позволяет увеличить в напыляемом покрытии количество икосаэдрической фазы за счет улучшения условий нагрева и снижения степени окисления напыляемого материала.

*Ключевые слова:* газотермическое напыление, насадок, покрытие, квазикристаллический сплав, икосаэдрическая фаза

Одним из приемов управления процессом плазменно-дугового напыления является применение специальных защитных насадков, с помощью которых могут быть решены следующие задачи:

частичное освобождение покрытий от загрязнений, обусловленных протеканием неконтролируемых реакций напыляемого материала и напыленного слоя с активными компонентами окружающей среды;

защита от перегрева, окисления и запыления поверхности основы вне зоны напыления или эффективного пятна напыления;

варьирование коэффициентом сосредоточенности газопорошковой струи, протяженностью ее высокотемпературной области, составом и давлением среды в зоне напыления [1].

В данной работе защитный насадок был применен при плазменно-дуговом напылении покрытий из сплава  $Al_{63}Cu_{25}Fe_{12}$ , имеющих квазикристаллическую структуру с целью увеличения протяженности нагрева порошка и уменьшения степени окисления напыляемого материала [2]. Одним из условий получения покрытий с высоким содержанием квазикристаллической составляющей является максимальное сохранение исходного состава, особенно алюминия как элемента, имеющего высокое сродство к кислороду [3]. Задачей работы являлось максимальное сохранение состава исходного порошка при напылении покрытия путем дополнительного обжима плазменной струи потоком спутного газа, ограничивающим подмешивание кислорода воздуха в объем струи, возможного уменьшения необходимой мощности плазменной струи, обеспечивающей нагрев напыляемого материала без перегрева поверхности частиц порошка.

Насадок (рис. 1) включает керамическую и медную водоохлаждаемую части. Внутри керамической втулки через два штуцера, расположенных друг напротив друга, подается транспортирующий газ вместе с напыляемым порошком. Кроме того, через каналы, выполненные по периметру керамической втулки сверху, на границе с соплом подается спутный защитный газ (аргон или азот). Применение керамической изолирующей втулки позволяет электрически разделить насадок от соп-

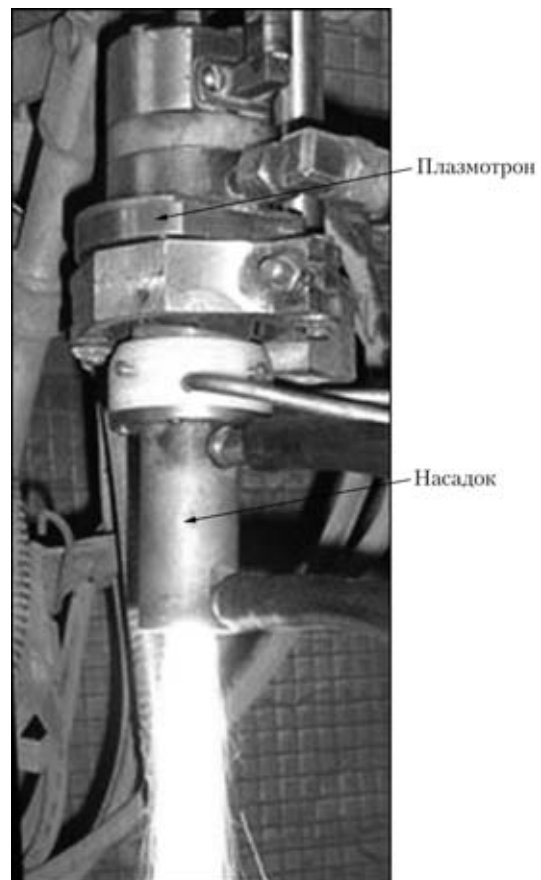


Рис. 1. Система плазменно-дугового напыления с насадком



Параметры напыления порошка сплава  $Al_{63}Cu_{25}Fe_{12}$  плазменно-дуговым методом

Параметр	Напыление без насадка	Напыление с насадком
Ток напыления, А	500	350...400
Напряжение на плазмотроне, В	30	30
Расход плазмообразующего газа (аргона), л/мин	26	26
Расход транспортирующего газа (азота), л/мин	3,7	4,5
Расход спутного газа (аргона), л/мин	—	4,75
Расход порошка, г/мин	30	45
Дистанция напыления, мм	110	110

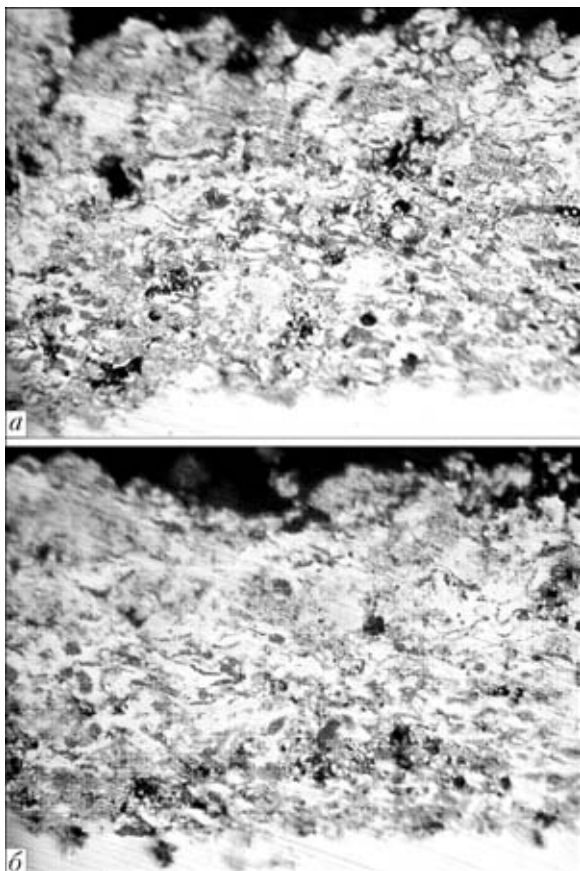


Рис. 2. Микроструктура ( $\times 200$ ) покрытий из порошка  $Al_{63}Cu_{25}Fe_{12}$ , напыленных плазменно-дуговым методом с насадком (а) и без (б)

ла и использовать его, не изменяя параметры напыления, установленные без применения насадка. Подача спутного защитного газа позволяет защитить порошок при напылении от окисления кислородом воздуха, обычно втягивающегося в насадок из-за разницы давления внутри насадка и окружающей средой. Применение подачи порошка через два штуцера позволяет повысить произ-

водительность при напылении в результате возможности увеличения расхода транспортирующего газа в 1,5...2 раза, что снижает риск образования «пробок» из порошка, особенно при подаче порошков, имеющих плохую текучесть.

Общая высота насадка составляет 82 мм, что позволяет использовать его для получения покрытий из большинства порошков с дистанцией напыления 90...140 мм и больше.

Порошок квазикристаллического сплава  $Al_{63}Cu_{25}Fe_{12}$  получен распылением водой и состоит из частиц неправильной округлой и продолговатой формы с развитой поверхностью. Фракция порошка от  $-63$  до  $+40$  мкм. Текучесть порошка составляет 35 с/50 г, насыпная плотность  $2,15 \pm 0,01$  г/см<sup>3</sup>. Результаты рентгеноструктурно-фазового анализа показали содержание в нем квазикристаллической икосаэдрической  $\psi$ -фазы около 80 мас. %.

В таблице приведены значения выбранных параметров напыления.

На рис. 2 приведена микроструктура покрытий, напыленных плазменно-дуговым методом с насадком и без насадка из порошка  $Al_{63}Cu_{25}Fe_{12}$ .

Результаты рентгеноструктурнофазового анализа покрытий показали, что содержание квазикристаллической фазы в покрытии, напыленном с насадком, увеличивается на 12 % по сравнению с покрытием, напыленным без насадка (62 и 50 % соответственно). В обоих случаях покрытия получают плотные с малым количеством пор, имеют ламелярную структуру, отслоений от основы не наблюдается.

Таким образом, применение защитного насадка в условиях плазменно-дугового напыления покрытий с квазикристаллической структурой позволяет получать покрытия с повышенным содержанием квазикристаллической фазы.

1. Кудинов В. В., Косолапов А. Н., Пекиев П. Ю. Насадки для создания местной защиты при плазменном напылении // Изв. СО АН СССР. Сер. техн. наук. — 1987. — 21, Вып. 6.
2. Оптимизация параметров и условий применения газодинамических насадок при газотермическом напылении / Ю. С. Борисов, В. Н. Коржик, А. В. Чернышев, А. П. Мурашов // Автомат. сварка. — 1991. — № 8. — С. 67–70.
3. Sordelet O., Besser M. Particle size effects on chemistry and structure of Al–Cu–Fe quasicrystalline plasma sprayed coatings // Proc. of the 9th National Thermal Spray conf., Cincinnati, Ohio. — 1996, 7–11 Oct. — P. 419–428.

The effectiveness of application of an attachment in plasma-arc spraying of coatings from a quasi-crystalline Al–Cu–Fe alloy was studied. It is established that attachment allows increasing the amount of the icosahedral phase in the coating by improvement of the conditions of heating and lowering the degree of oxidation of the sprayed material.

Поступила в редакцию 13.01.2009