

М. А. Белоцерковский, доц., д-р техн. наук;
А. В. Сосновский, канд. техн. наук;
А.С. Прядко; В. С. Александрова
ОИМ НАН Беларуси, г. Минск

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОПЛОТНЫХ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ С ПСЕВДОСПЛАВНОЙ СТРУКТУРОЙ МЕТОДОМ ГИПЕРЗВУКОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

Введение

Одним из перспективных видов композиционных покрытий являются покрытия с псевдосплавной структурой, состоящие из материалов, которые не образуют твердых растворов и соединений в жидком и твердом состоянии (отличаются температурой плавления, не сплавляются между собой). Благодаря отсутствию взаимодействия этих материалов в значительной области концентраций и температур псевдосплавные покрытия сочетают в себе свойства каждого из компонентов. В процессе нанесения многокомпонентного покрытия частицы каждого из наносимых металлов сохраняются в слое индивидуально, хотя при металлизации они и находились в расплавленном состоянии. Материалы типа псевдосплавов характеризуются рядом важных свойств – сочетанием высоких значений температуры плавления и испарения с механической прочностью, твердостью, демпфирующей способностью, износостойкостью, способностью к самосмазыванию в условиях сухого трения, а также высоким уровнем электро- и теплопроводности [1]. Требуемые свойства псевдосплавов получают путем изменения соотношения компонентов. На свойства псевдосплавов существенно влияют способы их изготовления: жидкофазное, твердофазное спекание, а также пропитка.

Наиболее простым и эффективным методом формирования псевдосплавных покрытий является электродуговая металлизация, при которой происходит распыление двух проволок из разнородных металлов и последующая эвакуация расплава струей сжатого воздуха. Однако данный способ обладает рядом недостатков, такими, как низкая плотность и высокое о получаемого покрытия, что снижает его триботехнические свойства и коррозионную стойкое.

Технология гиперзвуковой металлизации

Проведенные ранее исследования [2] показали, что одним из перспективных методов повышения плотности поверхностных слоев, является гиперзвуковая металлизация сплавами на основе хромосодержащих сталей. Отличительной особенностью процесса гиперзвуковой металлизации является использование в аппаратах малогабаритной высокоэффективной камеры сгорания пропановоздушной смеси, формирующей распыляющую расплавленный материал проволоку струю, которая имеет на выходе скорость 1300-1500 м/с при температуре около 2200 К. (рис. 1) Размер распыленных частиц при такой схеме распыления составляет не более 15 мкм, а их скорость - до 500 м/с., что обеспечивает возможность формирования высокоплотных покрытий с прочностью сцепления на отрыв более 50 МПа и пористостью порядка 1 - 4%.

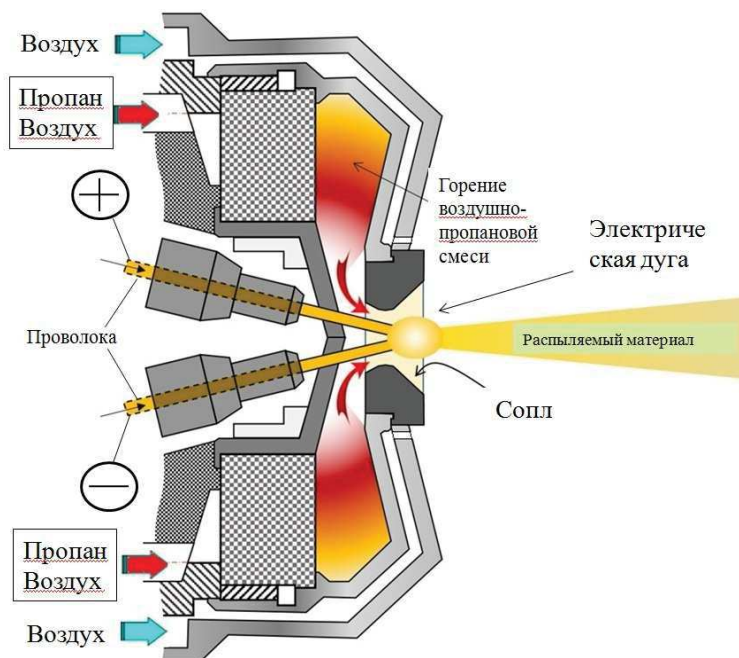


Рисунок 1 – Схема распылительной головки металлизатора установки гиперзвуковой металлизации

Целью данной работы являлось исследование свойств псевдосплавных покрытий из цинка и алюминия, полученных методом гиперзвуковой металлизации (ГМ) и электродуговой металлизации (ЭДМ).

Сравнительные исследования покрытий полученных гиперзвуковой металлизацией и электродуговой металлизацией

Для нанесения покрытий был разработан технологический процесс, включающий предварительную подготовку поверхности дробеструйной обработкой и последующее напыление покрытия.

Были определены технологические режимы ГМ. Покрытие толщиной 0,5 мм наносилось на образцы из низкоуглеродистой стали при давлении воздуха 4 атм., давление пропана 4 атм., напряжение дуги 27 В, сила тока 150А, дистанция напыления 50 - 150 мм. Нанесение покрытия методом ЭДМ проводили при тех же значениях напряжения, силы тока и дистанции. В качестве материала использовали алюминиевую проволоку АД1 на положительном потенциале и цинковую проволоку Ц1 на отрицательном потенциале.

Исследование влияния толщины покрытия на величину его открытой пористости на примере образцов с псевдосплавным покрытием показало, что при ГМ открытая пористость покрытий заметно снижается, особенно в области малых толщин (менее ~ 0,1 мм) по сравнению с ЭДМ (рисунок 2).

Анализ профилограмм показывает уменьшение степени шероховатости поверхности покрытия, полученного по методу ГМ. Средняя высота микровыступов поверхности псевдосплавного покрытия толщиной $t = 0,1$ мм, нанесенного ГМ на дистанции 120 мм на шлифованную поверхность подложки составляет 5–10 мкм, в то время как в традиционном методе ЭДМ эта величина достигает 30–50 мкм и более.

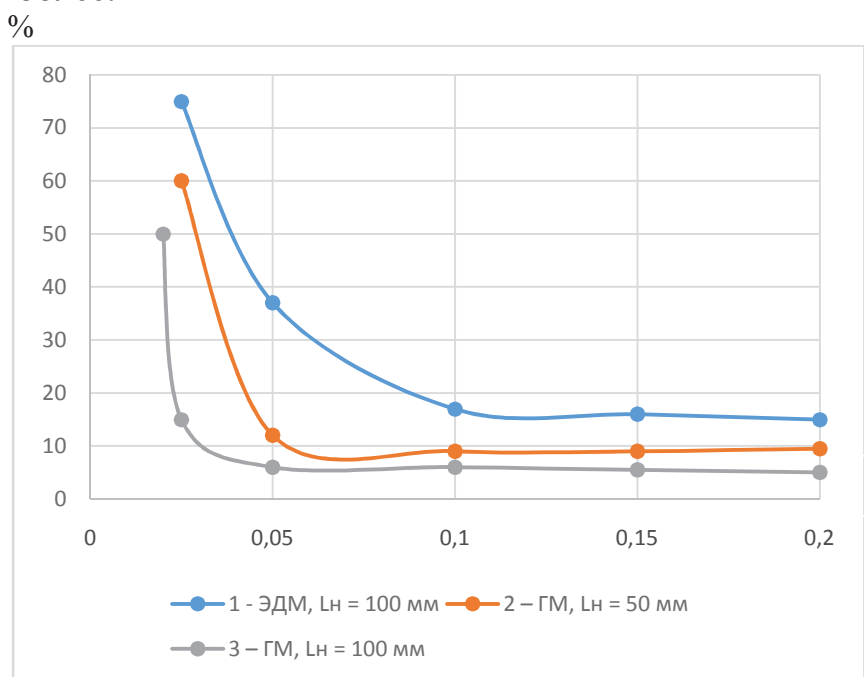


Рисунок 2 – Влияние толщины псевдосплавного покрытия из алюминия и цинка на его открытую пористость при различных способах напыления и дистанции напыления L_n .

Снижение степени шероховатости покрытия при ГМ связано с уменьшением среднего размера частиц и, очевидно, является основной причиной меньших значений открытой пористости слоя в области малых толщин из-за снижения поверхностной составляющей обусловленной шероховатостью поверхности.

Анализируя рисунок 2 видно, что ГМ покрытие обладает более низкой пористостью, по сравнению с ЭДМ. Столь существенное снижение открытой пористости покрытия, нанесенного ГМ (например, при толщине покрытия $t = 0,05$ мм открытая пористость для сравниваемых способов различается почти на порядок), неизбежно влечет за собой еще большее различие в газопроницаемости. В случае распыления проволочных электродов ЭДМ снижение толщины покрытия менее 0,1 мм ведет к быстрому увеличению газопроницаемости. То же самое происходит и в случае ГМ, но начиная с толщины слоя 0,05 мм.

Резкий рост газопроницаемости видимо объясняется появлением сквозной пористости и увеличением среднего гидравлического радиуса пор.

Таким образом, газопроницаемость псевдосплавного покрытия из алюминия и цинка толщиной более 0,1 мм, напыленного по методу ГМ, на 2-3 порядка меньше, чем при распылении холодным сжатым воздухом, а при толщинах слоя 0,05–0,1 мм разность достигает 4-5 порядков.

Так же было установлено, что прочность сцепления покрытий, наносимых ГМ при оптимальной технологии в 2–2,5 раза выше по сравнению с ЭДМ. Это можно объяснить меньшей дисперсностью распыляемых частиц и большей их скоростью полёта. При ГМ прочность сцепления достаточно велика даже в случае напыления на шлифованную поверхность подложки, что в немалой степени является следствием снижения уровня остаточных напряжений при нанесении покрытия.

Заключение

Анализируя проведенные исследования, можно сделать вывод, что псевдосплавные покрытия, полученные методом ГМ, обладают рядом преимуществ по сравнению ЭДМ. Прежде всего, это более низкая шероховатость покрытия (в 3 – 4 раза), меньшая газопроницаемость (2-3 порядка), 5 – 10 раз меньшая пористость и в 2 – 2,5 раза выше прочность сцепления с подложкой.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что напылением покрытия из псевдосплава цинк - алюминий методом ГМ

можно значительно повысить коррозионную стойкость, а также триботехнические свойства по сравнению с ЭДМ покрытиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энциклопедия неорганических материалов. — Киев: Укр. сов. энцикл., 1977. — Т. 2. — 813 с.

2. Белоцерковский М.А., Сосновский А.В., Григорчик А.Н., Прядко А.С., Черепко А.Е. перспективы замены гальванического хромирования гиперзвуковой металлизацией. Международная научно-техническая конференция «Инновации в машиностроении-2014», 2–3 октября 2014 г. Минск, Беларусь: сборник научных трудов «Актуальные вопросы машиностроения» - Минск, 2014. С. 324 – 328.