

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗА МАФ ПРИ НАПЫЛЕНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ГИПЕРЗВУКОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

М.А. Белоцерковский¹, А.В. Сосновский², А.С. Прядко², Д.И. Трусов¹

¹ Белорусский национальный технический университет, Минск

² Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск

Проведен анализ перспективы использования газа МАФ вместо пропана для нанесения металлических покрытий методом гиперзвуковой металлизации

Технологии изготовления, восстановления, упрочнения и защиты быстроизнашивающихся деталей машин и элементов конструкций, основанные на формировании покрытий методами газотермического распыления проволок – электродуговой металлизации и газопламенном проволочном напылении, хорошо зарекомендовали себя при восстановлении деталей машин и механизмов общемашиностроительного профиля.

Одним из способов повышения физико-механических и эксплуатационных характеристик покрытий, нанесенных методом традиционной электродуговой металлизации, является повышение скорости полета частиц напыляемого материала за счет нагрева распыляющего газа непрерывным источником энергии, при этом максимальную скорость истечения газовой струи можно получить путем использования сверхзвукового сопла Лаваля. Разработанная малогабаритная камера сгорания пропано-воздушной смеси оригинальной конструкции позволила создать ручной аппарат с высокими динамическими параметрами распыляющего потока (скорость 1300 – 1500 м/с), что и обусловило название процесса – «гиперзвуковая металлизация» (ГМ). Разработанная технология и оборудование ГМ позволяют наносить на детали износостойкие покрытия с повышенной прочностью сцепления, выдерживающие высокие контактные нагрузки при ударном нагружении. При этом пористость покрытий составляет менее 4%, прочность сцепления 40 – 50 МПа, твердость покрытия до 850 HV [1].

Однако, несмотря на все преимущества ГМ, требования современного производства к деталям машин постоянно увеличиваются. Поэтому стоит задача повысить физико-механические свойства покрытий, и тем самым, совершенствовать процессы газотермического напыления.

Основным критерием, определяющим качество напыляемых покрытий, является скорость потока распыляющего расплавленного металла. Чем выше скорость потока, тем выше скорость распыляемых частиц металла, и соответственно выше плотность, твердость покрытия, а также его проч-

ность сцепления с основой. Максимальная скорость струи газа на срезе сопла при ГМ определяется по формуле [2]

$$w_1 = \sqrt{2 \frac{K}{K-1} RT_1 \left[1 - \beta_2^{\frac{K-1}{K}} \right]}, \quad (1)$$

где T – температура в камере сгорания, К; k – показатель адиабаты; R – удельная газовая постоянная, Дж/(кг·К); $\beta_2 = \frac{P_2}{P_1}$, P_2 и P_1 – соответственно давление в среде (атмосфере) и камере сгорания.

Анализируя формулу (1), а также проведя теоретический анализ влияния начальных параметров состояния распыляющего газа на термодинамические характеристики двухфазной струи и на степень диспергирования материала проволочных электродов установлено [3], что параметрами, влияющими на величину силы струи, действующей на частицу расплавленного металла, являются давление P_1 и температура T газа в камере сгорания металлизатора. Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее оптимальный путь повышения скорости распыляющей струи является увеличение её температуры. Для повышения температуры предложено использовать в качестве горючего газа МАФ (метилацетилен-алленовая фракция), который представляет собой смесь метилацетилена и аллена (пропадиена). Характеристики газа МАФ в сравнении с пропаном представлены в таблице.

Таблица

Наименование	Теплосодержание Ккал/м ³	Удельный вес кг/м ³	Предельная т-ра пламени, °С, в смеси с:		Термический к.п.д. относительно		Отношение кислорода к горючему газу при нормальном пламени		Теплота разложения молекул ккал/кг
			кислород	воздух	стали	меди	м ³ /м ³	м ³ /10000 ккал	
Пропан	22 160	2,01	2 500	1 925	0,46	0,57	3,5	1,68	-560
МАФ	21 200	1,70	3 020	2 165	0,54	0,63	2,2	1,04	+290

Как видно из таблицы, газ МАФ имеет температуру горения с воздухом на 240°С выше, чем у пропана. В то же время для горения газа МАФ необходимо на 30% меньше кислорода, чем при горении пропана, что способствует снижению окисления распыляемого металла.

Для проведения исследования был разработан аппарат гиперзвуковой металлизации АДМ-12, использующий МАФ в качестве горючего газа для создания распыляющей струи. Опытные образцы покрытий напыляли из проволоки Св-08Г2С. В качестве подложки использовали пластинки, изготовленные из стали 20 с размерами 20×30×4. Толщина напыляемого покрытия составляла 2 мм. Давление воздуха в процессе напыления бы-

ло 0,4 МПа, давление МАФ 0,5 МПа. Сварочный ток при напылении составлял 210 А. Дистанция напыления 100 – 120 мм. Для сравнения на тех же самых режимах напыляли образцы с использованием пропана в качестве горючего газа.

ДюрOMETрические исследования образцов показали, что твёрдость покрытий полученных с использованием пропана составляет 280 – 300 НV, в то же время твёрдость покрытия, полученного с использованием газа МАФ составляет 330 – 340 НV. Исследования плотности покрытия показали, что пористость при напылении с пропаном составляет 2,9%, а при напылении на МАФ 2,2 %. Исходя из полученных данных можно предположить, что благодаря увеличению плотности покрытия происходит возрастание его твёрдости.

Таким образом, использование газа МАФ является перспективным направлением при дальнейшем совершенствовании процесса напыления покрытий методом ГМ.

Литература

1. Витязь, П.А. Замена гальванического хромирования на технологию гиперзвуковой металлизации при ремонте деталей узлов трения скольжения / П.А. Витязь, М.А. Белоцерковский, А.С. Прядко // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2010. – №10. – С. 2 – 5.
2. Ляшков, В.И. Теоретические основы теплотехники / В.И. Ляшков. – М.: Машиностроение, 2008. – 319 с.
3. Белоцерковский, М.А. Анализ процесса взаимодействия газопламенного факела и независимого спутного потока / М.А. Белоцерковский // Механика машин, механизмов и материалов. – 2013. – №2 (23). – С. 68 – 73.

УДК 621.793

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ГИПЕРЗВУКОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ПРИ НАНЕСЕНИИ ПОКРЫТИЙ ИЗ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

М.А. Белоцерковский¹, А.П. Ялович², А.В. Сосновский¹,
¹А.С. Прядко

¹ Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск

² ОАО «Нефтезаводмонтаж», Новополоцк

Представлены результаты экспериментальных исследований процесса формирования стальных покрытий методом гиперзвуковой металлизации. Описан характер влияния электрических параметров процесса металлизации на свойства покрытий.

В связи с высокой стоимостью большинства методов активированного газотермического напыления порошковых материалов особенно акту-

альными являются исследования, направленные на разработку активированных методов формирования покрытий из монокристаллических и композиционных проволочных материалов.

Наиболее эффективным на сегодняшний день является технология гиперзвуковой металлизации [1], отличающаяся от традиционной электрометаллизации использованием непрерывного источника энергии для нагрева газа, распыляющего расплавленные в дуге проволоки. В процессе гиперзвуковой металлизации (ГМ) распыление жидкого металла, образующегося в результате теплового воздействия электрической дуги на торцы двух проволочных электродов, производится струей продуктов сгорания пропано-воздушной смеси. При этом скорость струи на выходе из сопла достигает 1500 м/с при температуре 2200 К. Скоростной напор потока при ГМ составляет $23,5 \cdot 10^4$ кг/м·с², что втрое больше, чем при плазменном напылении. Это позволяет частицам расплавленного металла двигаться в потоке со скоростью свыше 500 м/с и формировать покрытия, имеющие вдвое выше прочность сцепления с подложкой, чем при ЭДМ. Методом ГМ формируют покрытия с максимальной пористостью от 3% (для цветных металлов) до 7% (для стальных композиционных проволок). Прочность сцепления на отрыв напыленных слоев составляет 45 – 60 МПа.

Предварительные исследования показали, что свойства формируемых покрытий зависят не только от тепловых и динамических параметров распыляющей струи, состава газовой смеси, образующей распыляющий факел, но также и от электрических параметров металлизации.

В настоящее время для восстановления деталей различного функционального назначения методом гиперзвуковой металлизации наиболее широко применяется комплект экспериментального оборудования, имеющий технические характеристики, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики оборудования для гиперзвуковой металлизации

Наименование показателя	Величина
Диаметр применяемой проволоки, мм	1,2 – 2,0
Скорость подачи проволоки, м/мин	0 – 6,3
Рабочий ток дуги, А	До 500
Коэффициент использования материала, не менее	0,85
Расход воздуха при 0,6 МПа, м ³ /ч	60
Расход газа (пропан-бутан), кг/мин	0,011

Необходимо отметить, что величина рабочего тока примерно пропорциональна выбранной производительности напыления. График для определения производительности по рабочему току приведен на рис. 1.